

Dok. 2018 MARCH 26. n.

BENKŐ JÓZSEF MIKLÓS MTA DOKTORI DOLGOZATÁNAK BÍRÁLATA

Hegedüs Tibor (PhD), Baja

- 1.) **A dolgozat témája rendkívül időszerű.** A közelmúlt aktív űrtávcsöveinek (pl. a dolgozat témája szempontjából elsősorban a CoRoT-nak és a Kepler-nek) köszönhetően elérhetővé vált nagy pontosságú, hosszú időn keresztül, összefüggően, egyenletesen mintavételezett adattömegben az RR Lyr típusú változók eddig (földi eszközökkel, hagyományos módon) még soha nem tapasztalt mélységben váltak vizsgálhatóvá. E területen végzett élvonalbeli kutatómunkát a szerző az elmúlt években. A disszertáció által feldolgozott téma mind a szakma, mind a közvélemény kiemelt szintű érdeklődésére tart számot (ezt az idézettségei száma is mutatja – itt jegyzem meg, hogy valamiért a tudományometriai mellékleteket most sem kaptam meg a doktori tanácstól, a szerzőtől kaptam meg). Eredményei a következő űrprogramok tervezési szakaszai-, valamint más földi bázisú észlelési kampányok számára is útmutatóvá váltak.
- 2.) **A dolgozat szerkezete** világos, felépítése jól követhető. A témát felvezető bevezetés mindössze a dolgozat terjedelmének 10%-át teszi ki, amit talán egy kicsit kevésnek érez az olvasó. Az 1.4. fejezet címe „Amit a földi észlelésekből megtudtunk”, ami kis csalódást okozott, mert nem arról szól a fejezet, amit ígért – hanem pusztán az elmúlt időkben az RR Lyr-ék kutatásában alkalmazott módszerekről, azok problémáiról (melyik módszer mennyiben volt hasznos a célpontok vizsgálatában, mennyiben volt elégtelen, ezen mennyit segített egy újabb módszer alkalmazása, stb.) de szinte alig olvashatunk arról, hogy tehát akkor mit is tudtunk meg a földi észlelésekből az RR Lyr-ékről? Szépen idézi a neves magyar elődök munkáit – de néhány munkát (amelyeknek legalábbis történeti érdekessége biztosan van) hiányolok, pl. Detre nevével fémjelzetteket, mint Detre és Szeidl, 1973. Jól jött volna az eredményekről némi plusz áttekintés (akárcsak vázlatosan, pár ábrával ill. összefoglaló táblázattal). Talán az 1.4.3. alfejezetben van némi információ arról, ami a földfelszíni mérésekből jött ki. Minthogy munkájának alapvető része a Blazskó-effektus, én azért ebben a részben áldoztam volna egy nevesített külön alfejezetet magának a Blazskó-effektusnak, kezdeti vizsgálatainak, és a földi mérések alapján csak igen lassan tisztuló képnek. Magával az effektus felfedezésével az 1.4.1. alfejezet szövegében elbújtatva találkozunk először – amely viszont a kozmikus távolságlétra elemeiként taglalja az RR Lyr-éket. Az effektus lehetséges elméleti magyarázatai már kaptak saját fejezetet hátrébb, szóval ezért is gondolnám, hogy logikus lett volna egy külön megcímzett részt szentelni az effektus megfigyeléses előéletének.

„A műszerek és adataik” című rész két fejezetében 15 oldalon korrektül mutatja be az általa használt adatok forrásaként megjelölt két űrtávcső: a CoRoT és a Kepler megfigyelési adatok feldolgozásai során szükséges legfontosabb tudnivalóit. A Keplerre kicsit kevesebb terjedelmet és kevesebb ábrát is szánt, mint a francia misszióra.

A következő nagy egység már a kutatási eredményekkel érdemben foglalkozó rész. „A CoRoT” címmel 42 oldalon keresztül mutatja be a CoRoT adatbázisából származó adatokra alapuló vizsgálati eredményeit. Az első fejezetben a V1127 Aql és CoRoT 101128793 Blazskós csillagok részletes feldolgozásáról olvashatunk, a második fejezetben pedig a CoRoT utolsó 3 évének mások által át nem vizsgált adataiban talált további 9 db RR Lyr típusú csillag vizsgálatairól (7 teljesen új felfedezésű, és ebből 3 Blazskós).

Logikus folytatásként „*A Kepler*” címet viselő, 59 oldalas részben ismét két fejezetre tagolva mutatja be előbb a Kepler első két negyedének teremtéséből származó adatokra alapuló analizisét, majd további 16 negyedét átfogó vizsgálatainak eredményeit. Az első fejezetben 29 csillagot vizsgált, amiből 14-nél mutatta ki a Blazskó-effektust (*1 kivételével mind új felfedezés*). 9 csillag alapparamétereinek meghatározása is új eredményként aposztrofálható. A második fejezet már csak a 15 db-ot számláló Blazskós mintára koncentrált, és ennek mutatja be az alapos feldolgozását. A Kepler periódusok mindegyikére újradefiniálta a fotometriai apertúrát, és újramérte a csillagok fényességeit. Így elérte, hogy a minta 9 csillagára a teljes fénymerenységet bevonhatta az analizisbe, de a fennmaradó 6 esetben sajnos az összes letöltött pixeltartalom figyelembe vétele mellett is elveszett valamennyi fluxus. Ettől függetlenül még így is sokat sikerült javítani a Kepler archívumba került alapfeldolgozottságú adatsorokon. 21 oldalon keresztül egyenként is bemutatja az egyes csillagok eseteit, a feldolgozásuk során tapasztalt problémákkal, és a csillagról feltárt érdekességekkel együtt.

Az utolsó nagy rész 37 oldalon mutatja be a „*Blazskó RR Lyrae fénygörbék matematikai leírása*” címmel a téma mérnöki alkalmazások analógiájára alapuló matematikáját. A korábbi hasonló magyar eredményeknél általánosabb formulákra jut, amelyek nem csak amplitúdó vagy frekvencia modulációt engednek meg, hanem mindkettőt egyszerre is – továbbá nem csupán szinuszos, hanem sokkal általánosabb periodikus függvényekkel számol.

Legvégül egy rövid magyarázó függelék, és egy részletes irodalomjegyzék zárja a dolgozatot.

Tézisfüzete 15 oldalas, aminek fele a téma összefoglalása, az előzményekkel. Szerencsésen eltérések tapasztalhatóak a dolgozathoz képest, pl. itt találtam meg a hazai előzmények alaposabb áttekintését, ami végül helyre tette bennem is a dolgozat olvasásakor keletkezett hiányérzetet! A doktori tézisekkel szorosan összefüggően 15 publikációt sorol fel, amelyek 73%-ában volt első szerző, további egy esetén második, a maradék háromnál 5-nél távolabbi helyen szerepel. Az első szerzős cikkeinek nagyobbik része (55%) súlyos (IF-os) publikáció, a többi konferenciakiadvány.

3.) A munka során alkalmazott vizsgálati módszerek színvonala, modernsége stb.

A dolgozatban elért eredményeihez a legkorszerűbb űrtávcsövek adatbázisaiból származó méréseket használt fel – ezen adatok színvonala, modernsége meg sem kérdőjelezhető! Érti az űrtávcsöves adatok gyenge pontjait, szakszerű módon tudja korrigálni, tudományos felhasználásra alkalmasabbá tenni azokat – erre saját programot is kifejlesztett. Láthatóan magas szinten ismeri és használja a Fourier-analizist, pontosan érti a szakmai körökben általánosan használt erre a célra kifejlesztett szoftverek működését (*Mufra*, *Period04*, *SigSpec*), interpretációi korrektek. Az eredmények nagy részét kis számosságú teammel együttműködve érte el (*első szerzős cikkei jellemzően 1-3 társszerzősek, egy kivételével*), tehát sok más részterülettel szemben itt sokkal jobban kidomborodik, jobban követhető az egyéni munka jellege, értéke.

4.) A dolgozat tudományos értéke: az új tudományos eredmények kiemelése, vitatható kérdésekre való figyelemfelhívás:

A szerző téziseit összesen 6 fő pontban sorolta fel, a pontokon belül további alpontokra tagolva, úgyhogy tulajdonképpen 20 tézist tudok elkülöníteni. Ezeket maradéktalanul elfogadom eredeti és új tudományos eredménynek – mindamellert nem egyenlő súlyúak, némelyik pusztán egyszerű ténymegállapítás, de mások elég komplexek: ezeknél egy pont alatt tulajdonképpen több súlyosabb eredményt is hivatkozik, amelyek akár külön is önálló tézisként lennének elfogadhatóak. Több tézispont kiemelhető értéke, hogy korábbi fontosnak látszó feltételezéseket, sejtéseket döntöt el pozitív vagy negatív irányba, valamint a vizsgált jelenség alapjai tekintetében is definíció-pontosítást hajtott végre, fontos értelmezési kérdéseket feszegetett.

Mindössze néhány észrevételt tennék:

1. Az első tézispontokhoz mindössze 1 cikket rendel, amiben csak második szerző (és egyébként ez egy 17 szerzős cikk).
2. Az ötödik tézispontokhoz felsorolt cikkek közül számomra nem világos a 2. és 3. cikkek relevanciája (az előbbiben 6. szerző, a másodikban 7., amely utóbbi egyébként ráadásul 16 szerzős).
3. Végül a hatodik tézispontnál szereplő 12. cikk fontosságát sem tudom megítélni a saját részesedés szempontjából (itt 16 szerző közül az 5. szerző volt).

A többi tézissel, ill. felsorolt cikkel kapcsolatban nincs megjegyzésem. A legtöbb eredmény kiemelten figyelemre méltó, jelentős és további nemzetközi kutatásokat inspiráló, némelyik pedig ezen túlmenően iránymeghatározó jellegű is!

5.) Az értekezéssel összefüggő tudományos közlemények a szakterület által előírt követelményeket kielégítik-e?

A szerzőnek a dolgozat téziseivel összefüggő, azokat alátámasztó cikkeinek száma néhány általam korábban megismert nagydoktori dolgozathoz beidézett listához képest némileg szűkösebbnek értékelhető (15 db-ról van szó), de kiemelendő, hogy nagy részük manapság ritkaságszámba menően 2-3 szerzős! A cikkek jól lefedik a dolgozat témáit, és az MTA doktori cím elérésének feltételéül előírt követelményeket kielégítik. 60%-uk (9) magas IF-ű, vezető szaklapokban jelent meg.

6.) Az értekezés egészével vagy egyes részleteivel kapcsolatos kérdések:

Nagy mennyiségű számítást és adatfeldolgozást felvonultató mű. A szerző munkássága alapvető eredményekkel járult hozzá a tudományterület továbbfejlődéséhez!

A védésre megfogalmazott kérdéseim:

- 1.) Mindjárt a munkája elején bemutatta az úrfotometriai adatok használhatóvá tételének kulcsfontosságú lépését: a trend-, és ugrásmentesítést – amiben ha jól értettem meg, a

vezérfonalat az adja, hogy az átlagszint egy konstans fluxus kell legyen. Azonban, amint a szerző a dolgozat későbbi részében maga is hivatkozza: az RR Lyr-ék átlagfényessége változik (ami az amplitúdó-moduláció természetes következménye), ld. pl. 146. old. és Jurcsik et al. 2005b. *Kérem, mutassa be néhány példán ill. ellenpéldán, hogy a detrendelési eljárása mennyiben befolyásolja vagy sem a későbbi Fourier-analízisből kijövő eredményeket (pl. hasonlítsa össze ugyanazon csillagnak földfelszíni, detrendelést nem igénylő adatsorából kapott eredményeket úrfotometriából származóakkal – már ha van elérhetőségében ilyen adat, ha nincs, akkor szimulált adatokon történő bemutatással is megelégszem). Mit veszünk el a konstans átlagszintre transzformálással, miről nem tudunk így nyilatkozni, ill. ezt hogyan lehet figyelembe venni a csillagok viselkedésének teljeskörű értelmezésénél?*

- 2.) A 47. oldalon példát látunk arra, hogy a fénygörbe maximumokból és minimumokból konstruált O-C görbék hogyan néznek ki. Megemlíti, hogy a minimumok alapján készült O-C görbék nagyobb szórásúak, mint a maximumokból készült – és ennek okaként a felszálló ág előtti „bump” megzavarja a minimum számoló programokat. *Ehhez képest én úgy látom, a maximumok O-C-ja is hasonló szórású a periodikus görbe minimumai környékén. A kérdésem az, hogy ez mivel magyarázható? Egyébként az is érdekes, hogy a minimumokból felépített O-C szórása meg inkább épp a periodikus viselkedés maximumai környékén nagyobb... Van ennek valami oka ill. magyarázata?*
- 3.) A 40. oldalon nagyon impresszív a V1127 Aql-re sikerrel meghatározott rengeteg harmonikus és modulációs oldalcsúcs térképe. Utána relatíve sokat foglalkozik az egyes tagok amplitúdóival, ezek amplitúdó-arányaival. *Kérdésem: egy relatíve nem is bonyolult technikával nem érné meg a 4.3. ábra n-k térképére harmadik dimenzióként (vagy pl. szürkefokozattal, színskálával, stb.) ábrázolni az amplitúdókat is? Szemléletesebb lenne, és az érdekességek megértését is segíthetné. A védsre be tudna-e egy ilyen mutatni – és ezen látszódná-e valami érdemi többlet?*
- 4.) *Ha jól gondolom a dolgozat elolvasása után – a V1127 Aql –en kívül egyetlen másik RR Lyr sem mutat gyaníthatóan rotáció miatti felhasadásokat? Ellenben a V1127 Aql-nál viszont ugye ennek tudhatóak be a majdnem reguláris frekvenciaközök a $3,647 - 3,749 \text{ d}^{-1}$ közt? (46. oldal)*
- 5.) *Nem igazán értem, hogy miért az Exo-DAT katalógus 3 leghalványabb RRab csillaga esetén a legnagyobb a maximum körüli fluxusvesztés? Azt gondolná az ember, hogy a legfényesebb csillagok maximuma körül a legnagyobb... Valami más oka lehet ennek esetleg, mint pusztán a szórt fény, és az űrtávcső nem kívánt pozíció-ingadozásai? (72. oldal)*
- 6.) A 39. oldalon a fehérítési folyamat megállítási szintjéről írva, $\sigma=5,2$ spektrális szignifikancia szintet határoz meg, de rögtön utána írja, hogy egyes frekvenciáknál alacsonyabb értékeket is elfogadott (azt viszont nem írja, hogy mennyit)... *Ez így nem túl egzakt, nem lenne jobb inkább jel/zaj viszonyban gondolkodni végig? Hisz közben meg is magyarázta a fenti döntését azzal, hogy a magasabb frekvencia-tartományokban alacsonyabb volt a zajszint. Tehát akkor nem lenne egyszerűbb és egzaktabb a jel/zaj viszony adott értékében meghúzni a határt a σ helyett? Felesleges plusz kivételezéstől és körülírástól kímélnénk meg magunkat.*

- 7.) Több helyen is használja a „frekvenciatartam” terminológiát (pl. 39. oldal, 106. oldal), de nem tudom értelmezni az adott szövegek környezetében. Igaz nem vagyok jártas a témában, így lehet, hogy elfogadott szakzsargonról van szó – de nekem úgy tűnik, hogy inkább „frekvenciatartalom” –ról van minden ilyen helyen szó, azaz az adott tartományban biztonságosan azonosítható csúcsok számáról...? Ez nem olyan jellegű, mint amit a „tartam” szóval írunk le (ami időbeli hossz, ill. tartomány).
- 8.) A 118. oldal O-C görbéi kapcsán (V353 Lyr és V450 Lyr) nem merült-e fel a lehetősége, hogy a „túl gyors” maradék parabola esetleg egy rejtett második komponens tagnak betudható fényidő-effektus (és imígyen tehát nem is parabola)?
- 9.) Kérem, kicsit részletesebben magyarázza el a 123. oldalon található 7.17. ábra O-C-jének (V838 Cyg) ezt a fura kettős hullámát! Abszolúte nem értem, és bár a következő oldalon ír egy „szisztematikus hullámzás”-ról, aminek mindenféle okai vannak – de a baj itt nagyobb: az értékek rövid időn belül ugrálnak, mintha többértékű függvényt látnánk... Talán nagyobb felbontásban jobban látszana, hogy miről van szó. Kérem, a védéskor mutassa be részleteiben ennek a csillagnak az O-C-jét (ill. ha azóta már tisztázódott, akkor a probléma megoldását)! Ugyanitt: az ábra alatti formulában nem hiányzik az f_0 frekvencia előtt a k szorzótényező?
- 10.) Számomra nagyon meggyőző volt a Blazskó jelenség amplitúdó és frekvencia modulációként történő, elegáns matematika tárgyalása, a mérnöki világ analógiájára. A megfigyelésekből tapasztalt tények legtöbbször nyilvánvaló magyarázatot nyer így. Azonban érzésem szerint teljesen eltávolodtunk a megfigyelt pontsorozatok mögött megbúvó fizikától. Maguknak a pontsorozatoknak, ill. szélsőértékeik időbeli viselkedésének, a Fourier-analízissel kapott elemi függvény-összetevők viselkedésének dolgait meg tudtuk magyarázni. De vajon most mennyiben kerültünk közelebb a csillagfelszín alatt működő fizikai eseményekhez, ezekből mit lehet látni, mit lehet mondani az úrfotometria alapján? A dolgozatban pár helyen említi is, hogy a modellek számára megszorításokat, megmagyarázandó tulajdonságokat jelentenek egyes általa feltárt tények (pl. 63. oldal 5.6. ábrái: a harmonikusok amplitúdó arányai, fáziskülönbségei) – de vajon ezeken túlmenően lát-e a szerző közvetlenebb, direkt kapcsolatokat az egyes kívülről megfigyelt periodikus történések, és a csillagbelső fizikája között? Kérem, a védéskor kicsit konkrétan és részletesebben is mutassa be, hogy az általa kimutatott megfigyelési tények/konzekvenciák, ill. valamilyen irányba eldöntött korábbi sejtések a pulzáció fizikai megértésének mely pontjain okoznak most megmagyarázatlan problémát, a modellekben javítandó részleteket – és melyek helyességét/korrekttségét erősítik/igazolják?
- 11.) A témától távoli emberként nagyon eretnek gondolat-e annak felvetése, hogy pl. a 110. oldal 7.10. ábráján a legvégül megmaradó, valószínűleg tűnő változások a V2178 Cyg O-C görbéjén rendszertelenül, de gyakran bekövetkező, kis mértékű periódus ugrándozások lehetnek (különböző meredekségű egyenes szakaszok)? Egy másik csillag esetén (igaz hosszabb időszakokra vetítve, és nagyobb változásoknál) ilyen lehetőséget fel is vetett maga a szerző is, de ennél a csillagnál nem. Mi erről a véleménye, lehetne-e ez magyarázat ebben az esetben is? Ha nem, miért nem?
- 12.) A bennem kialakult kép szerint a fehér fényben végezhető hasonló úrtávcsöves fotometriák ezen a ponton túl nem tudnak igazán többet adni, a fizikai helyzet tisztázásához – mondjuk újabb 10-20 csillagnál megint oldalcsúcsokat nézegetni, nem

azonosítható újabb frekvenciák megjelenését nyugtázni, stb. de úgy érzem, ezzel sem kerülünk a várt válaszokhoz már közelebb. **Kérdésem tehát: látja-e valamely kardinális pont(ok)on értelmét RR Lyr-ék CoRoT-hoz vagy Keplerhez hasonló stílusú, jövőbeli űrtávcsővel az eddigiekhez teljesen hasonló módon elvégezhető mérése folytatásának? Ha igen, akkor pontosan mire kellene koncentrálni, mit kellene kicsit másképp kivitelezni? Ha pedig tényleg nem ez vezet igazi eredményre, akkor további űrfotometriai idősorok erőltetése helyett mi lenne most a logikusabb következő lépés az RR Lyr–Blazskó problémakör tanulmányozásában?**

- 13.) *Az eddigi munkássága, ill. a doktori dolgozatban is bemutatott vizsgálatai alapján mi a személyes véleménye arról, hogy valóban reális végállapot maradhat-e az a ténymegállapítás, hogy az RR Lyr csillagok kb. fele Blazskós, a másik fele pedig stabil? És ha igen, akkor mi a sejtése: mitől lesz Blazskós az egyik, és nem az egy másik?* Egyszerűbb lenne megérteni, ha az ilyen állapotban lévő csillagok mind „Blazskóznának”, csak esetleg eltérő mértékben (*amplitúdóval*), mert akkor mégiscsak egy homogén csoportunk lenne... De hogy kvázi ugyanolyan globális fizikai paraméterek mellett az egyik mutatja, a másik meg nem, az bizony zavarba ejtő!

6.) Az értekezés nyelvezete, stílusa, érthetősége, kiállítása, esztétikuma:

A szerző értekezését magyar nyelven készítette, az MTA legutóbbi helyesírási szabályzatának döntéseire hivatkozva a szakmai szövegekben immáron elfogadható tizedespont használatának alkalmazásával – így ezt elfogadom. Szintén korrektül rögzíti a frekvenciák későbbi indexelésének jelzéseit is a bevezetőben – de ez sajnos a szakterületen kívüli olvasón végül nem sokat segít, nekem a végén sikerült belekeverednem az azonosított vagy nem azonosított frekvenciák vesszős, zárójellezett és egyéb típusú jelöléseibe. Tipográfia: szépen szedett, könnyen olvasható, logikusan tagolt dolgozat, szembeötlően kevés elütéssel, és mindössze két helyen találok véletlenül odakerült angol szóval (*pl. 131. old. felül*). Mindez jól mutatja, hogy a szerző a magyar nyelvű publikálásban is régóta benne van, gyakorlott szakíró. Azért egy idegen kifejezés még nála is berögzült: a **reziduál**. Ezt úgy látszik, nem sikerül a szaknyelvből kiírtani, pedig a „maradék” szavunk tökéletesen leírná ugyanezt. Nem a szerzőnek felróható kérdéstről szeretnék még szólni itt, hanem az egész szakmánk egy még nem megoldott dolgáról: egyes külföldi mértékegység-megjelölések átvételével néha nagyon furcsa (*mi több rémes*) helyzetek állnak elő a magyar szövegek környezetbe illesztve, különösen amikor ragozott alakban fordulnak elő! Pl. nem hiszem, hogy csak nekem furcsa a „ d^{-1} –pal ” alak (*116. oldal, a V355 Lyr-nál*). E kérdésekben jó lenne mielőbb jó megoldást találni...

A formulák kiszedése jó, habár az I-III. fő részekben alig néhány képlettel találkozunk – annál többel az utolsó részben, és a függelékben. Egy helyen egy szövegközi elütés kicsit az átlagosnál is zavaróbb: az 57. oldalon „80,7 d^{-1} periódus”-ról ír, de a felső index nyilvánvaló elütés, mert itt ténylegesen 80,7 napról van szó, és nem frekvenciáról. Az ábrák és táblázatok informatívak, igényesen megszerkesztettek, és kellően alátámasztják a mondanivalót.

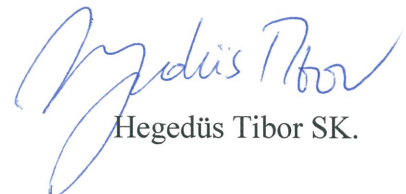
Azt azonban kissé a mű olvashatóságának, könnyebb követhetőségének rovására menőnek ítélem, hogy jó néhány esetben a hozzátartozó szövegtől távolabb helyezte el az ábrákat. Ezeket jó lett volna egy kicsit jobban racionalizálni. Néhány csillag szöveganyagánál a szöveg hossza, és a közbejött kényszerű lapdobás miatt persze nem lehet egyértelmű jó megoldást találni – de egy konkrét ellenpéldaként hadd említsem a 113. oldalt, ahol felül a 7.12. ábra a

V354 Lyr-re vonatkozik, amely leírása viszont csak a következő lapon kezdődik, itt teljesen kézenfekvő lenne a jó megoldás. Teljesen tipikus (*gyakori*) akár 8-10 oldalnyi előre-, ill. hátralapozás szükségessége, de találok 14 oldallal később idézettet is. Persze olyan esetben ez érthető, amikor több csillag fénygörbéit és O-C görbéit egy egyesített nagy ábrán teszi közzé, és utána az egyedi csillagok tárgyalásánál visszahivatkozik erre az ábrára – érthető, de nem kellemes. Egyre később sorra kerülő csillagok esetében egyre több lapozgatásra van így szükség. Nyilvánvalóan ad valami többletet sok Blazskó fénygörbe-, vagy O-C görbe együtt történő ábrázolása, pl. általános jellegek összehasonlításos alapon történő megállapításához – de minthogy a szerző ezután egyenként is alaposan taglalja a Blazskó minta minden egyes csillagával kapcsolatos eredményeit, érzésem szerint többlet veszt azzal, hogy a szöveges leírás mellé nem teszi oda az épp szóban forgó görbéket is. Nem túl nagy terjedelem-növelés lett volna. Ezzel még az is lehetővé vált volna, hogy kicsit nagyobb felbontásban, jobban széthúzva ábrázolhatta volna ezeket az adott csillagoknál, mint a gyűjteményes áttekintésnél. Ettől még a teljes minta áttekintő nagy ábráit (7.4., 7.6., 7.7., 7.8.) is meg lehetett volna tartani, annál a szövegrésznél, ahol épp a közös jellemzőiket taglalja. Egyébiránt még egy megjegyzés ezekhez a nagy, egész oldalas panelekhez: igazából nem világos a számomra, milyen alapon rendezte őket sorba – merthogy nem a későbbi szöveges tárgyalás, ill. a 6.2. vagy 7.2. táblázatok sorrendjében (*a szöveg a 7.2. táblázattal konzisztens*). Az ábrákon kívül egy helyen (100. oldal) két lábjegyzet is tévesen másik oldalra került.

Mindenesetre ezek a megemlített esetek sem mennyiségileg, sem jelentőségükben nem számottevőek, semmit nem vonnak le a dolgozat igazi értékeiből. Egy nemzetközi szinten is kiváló kutató élvonalbeli eredményeit foglalja össze a dolgozat, teljesítve a nagydoktori követelményeket – így a fentiek alapján, összegzésként egyértelműen:

az MTA doktora cím megítélését javaslom!

2018. 03. 21.



Hegedüs Tibor SK.