

# Opponensi vélemény

**Benkő József Miklós**

## RR Lyrae változócsillagok vizsgálata fotometriai úrtávcsövekkel

### *c. akadémiai doktori értekezéséről*

**Benkő József Miklós** 1992 óta az MTA CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetének (korábban MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetének) tudományos munkatársa. PhD fokozatot 1999-ben szerzett.

Szakmai fejlődésében meghatározó volt a CNES/ESA *CoRoT* úrtávcsövének előkészítő munkálataiban való részvétel, illetve a nemzetközi *CoRoT* RR Lyrae csoportban végzett tevékenysége. Szakterülete a különféle típusú változócsillagok vizsgálata és az úrfotometria.

#### A doktori értekezés fejezetei

Jelölt dolgozatának **Előszavában** a témaválasztását is indokoló gondolatok után tájékoztat a dolgozat szerkesztésében követett konvenciókról (helyesírási, jelölési, mértékegységek). Az értekezés felvezető részét **Köszönetnyilvánítással** zárja.

A dolgozat 8 fejezetét egy **Függelék** és **Irodalomjegyzék** követi. Az értekezés érdemi részét (2-8. fejezet) négy nagy tematikus egységbe (I. –IV. rész) sorolta a jelölt.

Az első fejezetet képező **Bevezetésben** a dolgozat témájához tartozó alapfogalmakat, a csillagpulzációra, a csillagok fejlődésére vonatkozó fontos háttérismeretek összefoglalását találjuk. A jelölt itt rámutat az úrfotometriának az RR Lyrae csillagok elméletében játszott szerepére.

#### **I. Műszerek és adataik**

Ebben a részben a *CoRoT* (**2. Fejezet**) és a Kepler (**3. Fejezet**) missziókra vonatkozó alapvető tudnivalókat ismerteti a jelölt.

#### **II. A CoRoT**

Az első nagy pontosságú idősoros RR Lyrae észlelésekből kiválasztott RRab csillagok analízise:

- A **4. fejezet** a V1127 Aql (*CoRoT* 100689962) és a *CoRoT* 101128793 RRab típusú csillagok analízisét tárgyalja. A *CoRoT* - Blazsko minta nagy pontosságú idősoraiban újonnan feltárt jelenségeket az 1.a-b. és 5.a-b. tézispontokban foglalja össze a jelölt.
- Az **5. fejezet** a teljes *CoRoT* adatbázis szisztematikus átvizsgálása során kiválasztott, 9 korábban még nem vizsgált RRab csillag adatsorának analízisét tárgyalja. Az eredményeket a 2.a-b-c. tézispontokban foglalja össze a jelölt.

### III. A Kepler

A Kepler adatbázisa nagy homogén minta vizsgálatát tette lehetővé.

- A **6. fejezet** a Kepler-űrtávcső első 138 napos észlelési ciklusának adatfolyamából kiválasztott 29 RR Lyrae csillag analízisét tartalmazza. Az eredményeket a 3.a-b. és 5.a. tézispontok foglalják össze.
- A **7. fejezet** a Kepler misszió teljes adatbázisából származó, a Blazskó RR Lyrae csillagokról készült leghosszabb és legpontosabb, homogén adatsorok analízisét tárgyalja. A „Kepler-Blazskó minta” 25 csillagra vonatkozó eredményeit a jelölt a 4.a-b-c-d. tézispontokban foglalja össze.

### IV. Blazskó RR Lyrae fénygörbék matematikai leírása

Ez a rész a Blazskó-effektust mint modulációt feltételezve tárgyalja, a fénygörbék leírásának matematikai apparátusát mutatja be.

- A **8. fejezet** a különböző periodikus függvényekkel modulált szintetikus fénygörbék viselkedésének matematikai vizsgálatát tartalmazza. A vizsgálatok megállapításait a 6.a-b-c-d-e tézispontok összegezik.

*Benkő József Miklós* dolgozatában modern űrfotometriai mérési eredményeket, azok elemzését, hozzájuk kapcsolódó elméleti vizsgálatokat, valamint ezek kapcsán előremutató gondolatokat és új módszereket közöl. A két űreszköz által észlelt adatsorok elemzése nyomán született új eredmények korszakos mérőföldkönek számítanak az RR Lyrae típusú változócsillagok kutatásának történetében.

Az óriási adatfolyamon alapuló megállapításait jelölt 20 pontban fogalmazza meg, amelyek hat tematikus egységbe sorolva alkotják a 6 tézis alpontjait. A két űrmisszió földi légkör zavaró hatásaitól mentes nagy pontosságú észlelési adatsorainak analízisére alapozott 20 megállapítás mindegyike új, az RR Lyrae csillagokra vonatkozó, korábban nem publikált tudományos eredmény.

Példaként csak néhány gondolatot említve:

- Első ízben sikerült egy Blazskó RR Lyrae csillag fénygörbéjének Fourier-spektrumában 4. rendnél magasabb rendű oldalcsúcsokat kimutatni. Megállapítást nyert, hogy a Blazskó-effektus frekvenciamodulációja nem lineáris (**1. tézis**).
- A monoperiodikus RRab csillagok fénygörbéinek vizsgálata során kiderült, hogy a meglévő modellek nem alkalmasak a finomszerkezetek leírására. Az RR Lyrae csillagok pulzációs periódusa véletlenszerűen ciklusonként több másodpercet változik (**2. tézis**).
- A Kepler RRab csillagok vizsgálata alapján jelölt pontosította a Blazskó-effektus definícióját, összefüggést talált a Blazskó-effektus periódusa és az amplitúdó moduláció amplitúdója között (**3. tézis**).
- Jelölt kimutatta, hogy a többszörös Blazskó-moduláció inkább szabály, mint kivétel. Vizsgálta az amplitúdó- és fázismoduláció egymáshoz viszonyított erősségét, és a többszörös moduláció periódusarányait. Ez utóbbi több esetben kis egész számok hányadosával írható le, ami rezonanciára utalhat. (**4. tézis**).
- A Kepler-Blazskó minta űrfotometriai vizsgálatából kiderült, hogy a csillagok Fourier-spektrumában három jellegzetes, eddig ismeretlen frekvencia szerkezet jelenik meg (**5. tézis**).

- Jelölt új formalizmust alkalmazott a Blazskó-effektus matematikai leírására. Ez minden korábbinál pontosabban írja le a jelenséget, megmagyaráz számos korábbi megfigyelést (pl. a fő pulzációs frekvencia és harmonikusai körül megjelenő oldalcsúcsok amplitúdóviszonyait) és lehetővé teszi fizikai következtetések levonását is. (6. tézis)

#### **Az értekezés alapjául szolgáló tudományos közlemények**

A dolgozat téziseinek alapjául szolgáló **15** tudományos közlemény közül **9** referált szakfolyóiratban jelent meg, **hatot** pedig a nemzetközi konferenciákon való szereplés eredményeként, konferenciakiadványokban közöltek. Szakmai (hazai és nemzetközi) kapcsolatrendszerének jellemzője, hogy a közleményeknek – melyek közül **11** esetben a jelölt első szerzőként szerepel – fele részben több külföldi társzerzője is van és jelentős a hazai kutatókkal végzett közös tevékenység is. A tézispontokhoz kapcsolódó közlemények független idézeteinek száma meghaladja a **200**-at, az összes idézetek száma pedig **444**.

#### **A jelölt összes tudományos közleménye**

Referált szakfolyóiratban, illetve konferencia kiadványokban **Benkő József Miklós** által is jegyzett **102** tudományos közlemény jelent meg. Független idézeteinek száma **774**. Összes hivatkozásainak száma meghaladja az **1500**-at. Az összes hivatkozásból számolt h-indexe **23**, g-index **35**.

#### **Az értekezés külalakja, nyelvezete**

A dolgozat külalakját tekintve mindenben teljesíti a mai informatikai felszereltség mellett elvárható minőséget, ábra-anyaga gazdag. A dolgozat nyelvezete, megfogalmazásai világosak, érthetőek. Mindvégig követi a dolgozat **Előszavában** közölt konvenciókat.

#### **A dolgozat minősítése**

Az értekezés rangos nemzetközi szakfolyóiratokban, illetve konferencia kiadványokban publikált, hiteles adatokat tartalmaz, amelyek csak a dolgozat témakörében kapott **202** független hivatkozás tanúsága szerint jelentős eredeti tudományos eredménnyel gyarapította a tudományozakat. Közvetlen illusztrációnak számíthat ehhez a 4-8. fejezeteket záró **Utóélet** című rész.

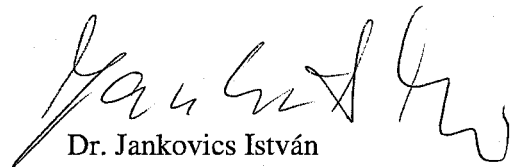
A tézisek mind a 6 pontjában összefoglalt kijelentéseket hiteles, önálló eredménynek ismerem el. A benyújtott dolgozat és mellékletei mind a tartalmi, mind a formai követelmények tekintetében megfelelnek a doktori eljárás lefolytatására vonatkozó előírásoknak.

**Javaslom a doktori cím megadására benyújtott kérelem elfogadását és a benyújtott értekezés védeésre bocsátását. Sikeres védeés esetén javaslom az MTA Doktora cím odaítélését.**

### A dolgozattal kapcsolatos kérdések

1. Van-e olyan, a jelölt által vizsgált (felfedezett) jelenség az RR Lyrae csillagoknál, ami más pulzáló változócsillag típusnál is megjelenik. Ha igen, miként segítheti ez az eltérő tömegű és fejlődési állapotban lévő csillagok megismerését?
2. Magyarózható-e az RR Lyrae csillagok Fourier-spektrumában megjelenő nagy számú extra frekvencia az analízishez használt matematikai eszközök okozta hamis csúcsokkal (lásd pl. Balona, MNRAS, 439, 3453, 2014)? Hogyan döntötte el a jelölt, hogy egy adott frekvenciacsúcs még szignifikáns-e, hogy valódi, a csillagban jelenlevő periodicitásról van szó?
3. A dolgozatban a dominánsan alapmódusban pulzáló RRab típusú csillagokról és azok modulációjáról ír a jelölt. Mit lehet tudni az első felhangban pulzáló RRc (és esetleg a kétmódusú, RRd) csillagok modulációjának gyakoriságáról, tulajdonságairól? Alkalmazta-e a dolgozat 8. pontjában tárgyalt formalizmust ezen csillagokra? Van-e hasonlóság, illetve különbség a matematikai leírás szempontjából a két típus között?

Szombathely, 2018. február 15.



Dr. Jankovics István  
az MTA Doktora