

4. félévi beszámoló

ELTE Fizika Doktori Iskola – Részecskefizika és csillagászat

Juhász Áron

Klasszikus pulzáló változócsillagok és a Blazskó effektus

Témavezető: Dr. Jurcsik Johanna
CSFK KTM Csillagászati Intézet – Tudományos tanácsadó

2019/2020/2 (tavaszi félév)

Bevezetés

Az M3 halmazban található V123 egy anomális RRab típusú pulzáló változócsillag. Fénygörbéjének morfológiája az úgynevezett Blazskó modulált csillagokra emlékeztető torzulásokat mutat [1]. Nincs benne "bump" (gödör – egyfajta lokális minimum) a főminimumot megelőzően, sem "hump" a felszálló ág során (púp – tényleges kidudorodás a görbére rakódva). Sőt, a felszálló ág alakja ráadásul még konvex is, és a karakterisztikus hossza is nagyobb a (modulálatlanoktól elvárt) normálisnál.

Ezen jellemzők a különösen nagy modulációs amplitúdójú (ezért egyébként is igen könnyen detektálható) Blazskós RRab csillagokat jellemzik, miközben nem fordulnak elő a modulálatlanok körében. Mindennek ellenére a V123 fénygörbéje hosszú időn keresztül változatlan, sem amplitúdó sem fázismodulációkkal nem terhelt, egyértelműen stabil. A félév során olyan adatbázisokkal foglalkoztam, melyekben az arhív adatok alapján találhatóak olyan változók, melyek a V123 anomáliáival rendelkeznek. Egyik ilyen adatbázis a már 27 éve futó Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) felmérés 4. kampányának a galaktikus dudort vizsgáló része, valamint egyes gömbhalmazok, különböző katalógusokból.

A célom az volt, hogy a jövőben részletesebb vizsgálatra érdemes targeteket azonosítsak, illetve, hogy a már rendelkezésre álló adatok alapján a lehető legtöbbet állapítsam meg ezekről. A keresés alapja a célpontcsillagok elhelyezkedése bizonyos paraméterterekben (pl. periódus/amplitúdó), ugyanis az RR Lyrae csillagok nem vehetnek fel ezekben tetszőleges értéket, jól lehatárolható tartományokban fordulnak elő. A V123-at is jellemző elhelyezkedések alapján sikerült azonosítsak olyan szintén nem Blazskó-modulált RRab-eket, amelyek potenciálisan ugyanilyen módon térnek el a normális RRab-k csoportjától.

V123 az M3-ban

Ha az M3 gömbhalmaz valamennyi alaplómódusú és modulálatlan RR Lyrae változójának Fourier paramétereit felpontozzuk a periódus szerint (1-es ábra), akkor láthatjuk, hogy azok az Oosterhoff osztályok alapján két határozottan elkülönülő csoportra válnak szét. A nem mezőbeli RR Lyrae megfigyelések tanúsága szerint bármely tetszőleges halmaz esetén hasonló módon csoportosulnak a csillagok, aminek okát a halmaz tagjainak hasonló kora és fémtartalma adja. Emiatt a saját halmazuk paraméterterekben (mint a V123) eltérő helyen felbukkanó csillagoknál feltételezhetjük, hogy azok hasonló módon anomálisak a halmaz többi tagjához képest, mint a V123 az M3-ban.

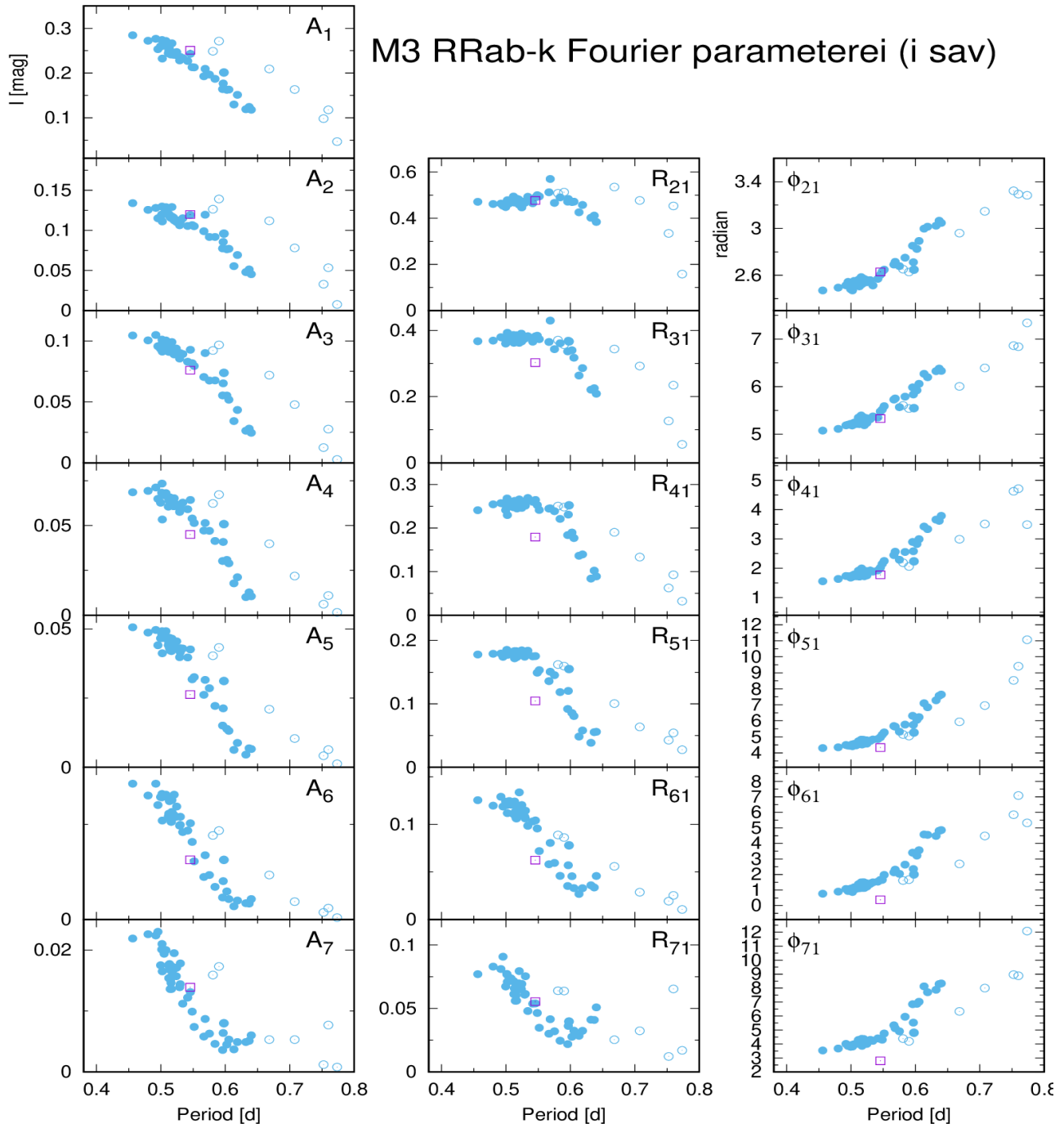
Az 1.-es ábrát szemlélve a következők láthatók. A magasabb rendű felharmónikusok ($A_{n=3;4;5}$) amplitúdói kisebbek annál, mint amit a periódus indokolna, miközben magának az alaplómódusnak (A_1) az amplitúdója pedig egy picit nagyobb annál. Emiatt az egyes R_{n1} amplitúdóarányok ($R_{n1} = A_n / A_1$) is eltérnek a halmaz többi tagjától. Az alaplómódus és a felharmónikusainak fázisaiból származtatható ϕ_{n1} ($\phi_{n1} = \phi_n - n \cdot \phi_1$) Fourier-féle fázisdifferencia paraméterek (továbbiakban FFD-k) esetében pedig az "n" növekedésével egyidejűleg egy folyamatos "lefelé esést" tapasztalhatunk. A ϕ_{31} -től kezdődően mennél magasabb fokszámú FFD-t vizsgálunk, az annál nagyobb mértékben tér el a halmaz többi tagjától. Továbbá megfigyelhető még, hogy ezt úgy teszi, mintha az Oosterhoff II-es csoport egy alacsonyabb periódusú folytatása lenne (miközben a többi paraméterterben világosan látszik, hogy nem tartozik közéjük).

OGLE IV adatok

A felmérés a galaktikus dudor irányában több tízezer RR Lyrae változót figyelt meg. Ezekből választottam ki azokat az alaplómódusú RRab csillagokat, melyekről (többé-kevésbé) megbízhatóan

tudjuk, hogy modulálatlanok [2]. A vizsgált csillagokról már számos adat eleve rendelkezésre áll, így azokat egyszerűen adoptálhattuk az OGLE megfelelő katalógusaiból. Ezek a katalógusok a periódus és a fényességértékeken (I és V beli magnitúdók) túlmenően tartalmazzák a csillagok ϕ_{21} és ϕ_{31} valamint R_{21} és R_{31} értékeit is.

Azonban ismeretlen az, hogy ezen értékek (akár a hozzájuk tartozó amplitúdók akár a periódusok függvényében) vajon anomálisnak számítanak-e, illetve az sem, hogy egymáshoz képest azok lennének-e? Ki kellett derítenem, melyek azok a csillagok, amik a V123-hoz hasonló mértékben és dimenziókban térnek el a halmazuk többi tagjától.



1. Ábra: A V123 elhelyezkedése (lila négyzet) az Oosterhoff I (kék teli karika) és II (kék üres karika) csillagok között a periódusoknak a különböző Fourier-paraméterekkel képzett paramétertereiben. Megfigyelhető, hogy a V123 mindkettő csoporttól markánsan elkülönül.

A csillagaim jellemzéséhez rendelkezésre álltak a periódusok (P), alpmódus amplitúdók (A_1), két-féle amplitúdóarányok (R_{21} és R_{31}), és két-féle FFD érték (ϕ_{21} és ϕ_{31}). Ténylegesen 4 paramétert vizsgáltam, a P, az A_1 , az R_{31} és ϕ_{31} értékeket használtam fel, minthogy a V123-et is legjobban a periódusnak az R_{31} -el képzett aránya jellemezte, illetve Az FFD-k közül is a magasabb fokszámú jellemzi jobban az anomaliást.

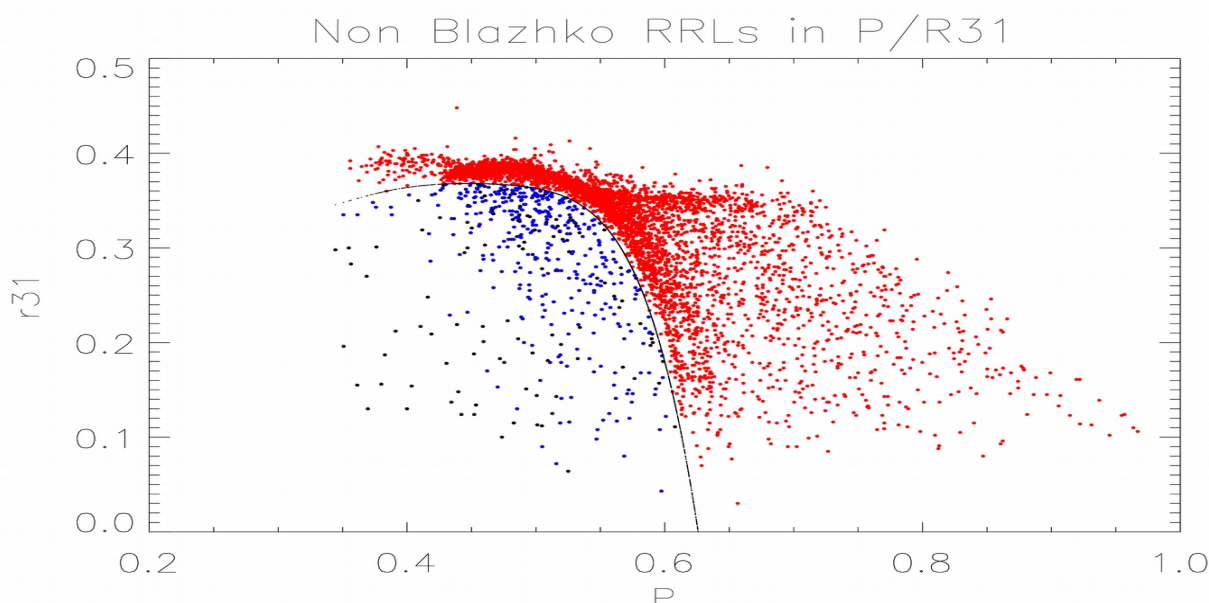
Páronként (2 dimenzióban) előállítottam mind a négy érték egymással alkotott paramétertereit, azaz mind a hat-féle kombinációt. Fejlesztettem ebből egy adatbázist (2-es ábra), mely tartalmazza a csillag ismert adatain túl a kérdéses paraméterpárosok anomaliási flag-jét, vagyis azt, hogy az adott térben normális vagy anomális-e a csillag elhelyezkedése.

OGLE-ID	l _{mag}	V _{mag}	P	P_err	T_maxlum	Amp(l)	R_21	Phi_21	R_31	phi_31	radv	Amp/P	R_31/P	Phi_31/P	R_31/Amp	Phi_31/Amp	Phi_31/R_31
217	17.310	18.497	0.52854506	0.00000014	7000.18686	0.670	0.539	4.595	0.340	3.005	-	0	1	0	0	0	0
234	16.259	17.545	0.56377729	0.00000018	7000.02133	0.329	0.413	4.816	0.220	3.553	-	1	1	0	0	0	0
265	16.422	17.745	0.57374852	0.00000021	7000.19824	0.335	0.413	4.783	0.212	3.486	-	1	1	0	0	0	0

2. Ábra: A fejlesztett adatbázis első három tagja.

A 3-as ábrán a R_{31}/P -t látjuk, amin több száz (475) a periódus szerint nagyon alacsony R_{31} -el bíró célpont található. Ezek szemmel láthatóan jól elkülönülnek mind az Oosterhof I-es, mind a II-es csoporttól is, akárcsak a V123 az M3 gömbhalmaz többi RRab csillagától. Ezek közül a további vizsgálatokhoz kiválasztottam azokat, melyek az A_1/P téren kívül minden paraméterterben normális viselkedésűek (leszámítva természetesen magát az R_{31}/P -t).

Az A_1/P terével szembeni megengedésnek egy gyakorlati oka van, mi szerint a galaktikus dudor csillagsűrűsége igen nagy. Nagyon gyakran előfordul, hogy úgy készül fotometria egy célpontról, hogy az egy vagy több másik csillaggal együtt kerül lemérésre. Ez sajnos még a rendkívül jó térbeli felbontással rendelkező OGLE felmérés esetében is gyakran előfordul. Emiatt az észlelt amplitúdók (a csillag fényességéhez hozzáadódó, de valójában egy a látóirányban közeli másik csillagtól származó plusz fluxus miatt) összemennek a zavaró csillagok fényességének megfelelően, mely hatás sajnos nem leszeparálható a vizsgált csillagokról.



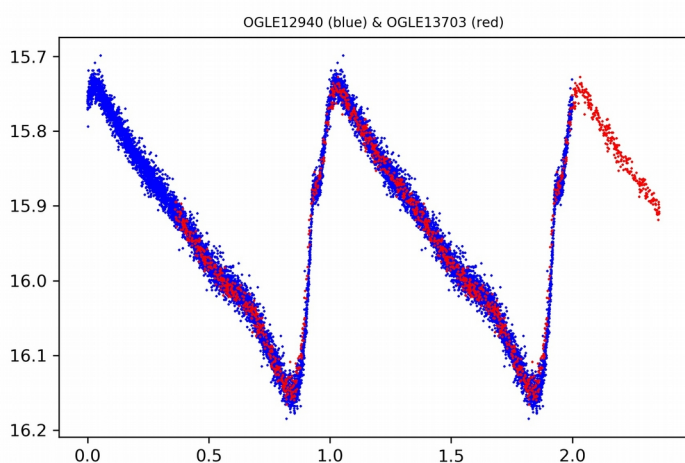
3. Ábra: Az OGLE IV felmérés modulálatlan RRab csillagainak R_{31} amplitúdóarányai a P periódus szerint. Az ezen paraméterterben való anomaliás mellett (ami itt a fekete vonal alatti elhelyezkedés) megkülönböztetjük még a többi paraméterben (legalább egyikben) is anomáisan elhelyezkedő csillagokat (fekete pontok) azoktól, akik a többi térben normális tartományban vannak (kék pontok).

Összességében 365 db ilyen viselkedésű csillagot találtunk. A továbbiakban ezekkel foglalkoztam, ezekhez kerestem olyan "hasonmásokat", melyek az R_{31}/P paraméterterben normálisan viselkednek.

Eredmény

Olyan összehasonlítási célpontokat kerestem (természetesen a halmazom tagjai közül) minden egyes az R_{31}/P ben anomálisnak számító csillaghoz, amelyek (az R_{31}/P -beli normalitás, azaz átlagosan nagyobb periódus mellett) individuálisan mind az alaplómódus amplitúdóban (A_1), mind a ϕ_{31} -ben, mind az R_{31} -ben nagyon hasonló értékeket mutatnak. Praktikusan a (gömbi tartománynormált) $A_1/R_{31}/\phi_{31}$ három dimenziós paraméterterben megkerestem az egyes R_{31}/P -ben anomális csillagokhoz legközelebb eső R_{31}/P -ben normális értéket felvevő csillagokat.

A hasonmások elnevezés nem véletlen. Az előre nem várt de igen meglepő eredmény ezen csillagpárosok egymáson való ábrázolásakor mutatkozott meg. A párosok tagjainak túlnyomó



4. Ábra: Az (R_{31}/P szerint) normális OGLE13703 fázisba lapolt fénygörbéje (piros pontok) az anomális OGLE12940 (kék pontok) felett.

többsége ugyanis kísértetiesen hasonlít egymáshoz, a saját periódusukon alapuló "feltekert" fénygörbéjük gyakorlatilag tökéletesen egyező alakot mutat, egymással fedésbe hozhatóak, és az egyetlen lényeges különbség a morfológiájukban a különböző periódusban jelentkezik. Az M3-beli V123-hoz hasonló módon nem mutatnak "bump"-ot a minimum előtt, és a felszálló águk karakterisztikus hossza is szintén nagyobb egy kicsivel, mint egy modulálatlan RRab-tól várnánk. Különbség azonban, hogy a felszálló ágaknak az alakja általában konkáv mint sem konvex, és egyes esetekben "hump" is előfordul benne.

További feladatok

Továbbra sem tisztázott számunkra a V123 anomális viselkedése, miközben a vizsgálataink során egy eddig ismeretlen jelenségbe is belebotlottunk. Nem tudjuk hogyan lehetséges egymáshoz ennyire hasonló fénygörbealak két különböző periodicitású RRab esetében.

A párosaink egy részéről további méréseket szeretnénk beszerezni, melyek segíthetnek a viselkedésük feltárásában. Mivel a galaktikus dudor irányában szeretnénk meglehetősen halvány célpontokat vizsgálni, ezért megállapítottuk, hogy kifejezetten fényerős, jó térbeli felbontású "nagyvadakra való fegyverre" lesz szükségünk.

Fotometriai vizsgálatra elegendő lehet a másfél méteres Danish telescope a La Silla Observatóriumból (Chile, Atacama-sivatag), spektroszkópiára azonban még a "nagyok közül is az elefántlövőre" van szükségünk. Ilyen halvány objektumokról (Imag~14 vagy még több) sajnos ténylegesen csak a legnagyobb távcsövek tudnak a vizsgálatainkhoz (spektroszkópiai fémességmegállapításhoz kielégítően pontos) megfelelő felbontású spektrumot készíteni, így témavezetőmmel a VLT távcsőhálózat (Paranal Observatory) műszereire szeretnénk mérési pályázatot beadni a következő észlelési időszakokban.

Hivatkozások

[1] Jurcsik J., 2013, ApJL 778, L27

[2] Prudil Z., Skarka M., 2017, MNRAS, 466, 2602

Használt programok

A munka során **python**-nal és **IDL**-lel dolgoztam fel az OGLE adatokat. Az egyes fénygörbék analízisét, amplitúdó és fázisértékeik meghatározását a **Period04** program segítségével végeztem el, míg az adataim vizualizálásához a **GNU PLOT** nevű programot használtam.

Elvégzett kurzusok

A félév során 6 kredit értékben egy tantárgyat teljesítettem:

-”Csillagaktivitás - aktív csillagok I-II. EA” (azonosító: FIZ/2/033E)

Publikációk a félévben

Ebben a félévben egy tudományos cikk szerzőlistájában szerepeltem.

-Gaia Data Release 2. Kinematics of globular clusters and dwarf galaxies around the Milky Way (Corrigendum) – A&A 637, Volume 637

Publikációk összesen

- Molnar L., Juhász A. L., Plachy E., Szabo R., 2016, IBVS 6175, 1
- Juhász A. L., Molnar L., Plachy E., 2016, CoKon, 105, 205
- Plachy E. és mtsai., The RR Lyrae 2017 Conference arXiv:1807.05369
- Juhász Á., Molnár L., The RR Lyrae 2017 Conference. ArXiv:1803.10028
- Rimoldini L., és mtsai., The RR Lyrae 2017 Conference. arXiv:1804.04079
- Molnár L., és mtsai., 2017, European Physical Journal Web of Conferences arXiv:1703.02420
- Holl B., és mtsai., 2018, A&A, 618, A30
- Molnár L., Plachy E., Juhász Á. L., Rimoldini L., 2018, A&A, 620, A127
- Leeuwen F., és mtsai., 2018, Gaia DR2 documentation, Gaia DR2 documentation
- Gaia Collaboration, 2018a, A&A, 616, A1
- Gaia Collaboration, 2018b, A&A, 616, A10

- Gaia Collaboration, 2018c, A&A, 616, A11
- Gaia Collaboration, 2018d, A&A, 616, A12
- Gaia Collaboration, 2018e, A&A, 616, A13
- Gaia Collaboration; 2018f, A&A, 616, A14
- Eyer L., és mtsai., 2018, Gaia DR2 documentation Chapter 7
- Rimoldini L., és mtsai., 2019, A&A, 625, A97
- Gaia Collaboration., 2020, A&A, 637, C3

Egyéb tevékenységek

- Résztvettem a Svábhegyi Csillagvizsgáló bemutatóképzőjén, csillagászati előadásokat tartottam a Svábhegyi Csillagvizsgálóban.
- Csillagászati és csillagásztörténettel kapcsolatos előadásokat tartottam a Svábhegyi csillagvizsgálóban, illetve nappali és éjszakai távcsöves bemutatók lebonyolításában vettem részt.