

OBSERVAREA FOTOMETRICĂ A STELELOR VARIABLE DE TIP DELTA SCUTI

Jan Ovidiu TERCU^{1,2}, Gabriel Cristian NEAGU^{2,3,4}

¹Complexul Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați, România

²American Association of Variable Stars Observers, USA

³Astroclubul „Călin Popovici”, Galați, România

⁴Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, România

Rezumat. În acest articol este prezentată metodologia observațiilor fotometrice la stelele variabile de tip Delta Scuti, realizată la Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. Stelele variabile de tip Delta Scuti sunt variabile pulsante. Observarea acestor stele s-a făcut fotometric folosindu-se telescopul Ritchey–Chrétien având diametrul oglinzii principale $D = 0,4$ m și raportul focal $f/8$, dotat cu camera CCD SBIG STL-6303E, fiind utilizate filtre de fotometrie Johnson/Cousins BVRI împreună cu Sloan r' . Analiza fotometrică a imaginilor a fost realizată cu softurile MaxIm DL V5, MPO Canopus și AstroImageJ. Pentru analiza curbei de lumină a stelelor variabile s-a folosit softul Peranso. Rezultatul acestor observații fotometrice a fost descoperirea a șapte stele variabile de tip Delta Scuti. Datele obținute în urma acestor observații au fost raportate în VSX (The International Variable Star Index) care aparține de AAVSO (American Association of Variable Star Observers).

Abstract. This paper presents the method of observing DSCT variable stars, used at the Astronomical Observatory of the "Răsvan Angheluță" Museum Complex of Natural Sciences Galați. Delta Scuti variables are a type of pulsating stars. We observed these stars using the 0.4 m $f/8$ Ritchey–Chrétien and CCD SBIG STL-6303E. Johnson/Cousins BVRI filters were used along with Sloan r' . The photometric analysis was done using MaxIm DL V5, MPO Canopus and AstroimageJ. For the lightcurve analysis we used Peranso. The methods used resulted in the discovery of 7 DSCT variable stars, reported in the International Variable Star Index, moderated by the American Association of Variable Star Observers.

Cuvinte – cheie: stea variabilă, Delta Scuti, observații fotometrice, cameră CCD, analiză.

Key words: variable star, delta scuti, photometry, CCD camera, analysis.

1. Introducere

Stelele variabile sunt stele a căror magnitudine/luminozitate variază în timp. Există două categorii principale de stele variabile: intrinseci și extrinseci. La stelele variabile intrinseci variația luminozității se datorează unor fenomene fizice ce au loc în interiorul sau la suprafața stelei. Variația luminozității la stelele variabile extrinseci este din cauza unor factori externi cum ar fi eclipsare reciprocă a două stele dintr-un sistem binar sau datorită unor fenomene legate de rotația lor. Stelele variabile de tip Delta Scuti sunt variabile intrinseci pulsante. Aceste stele au tipurile spectrale A0-F5 III-V cu amplitudinea magnitudinii cuprinsă între 0,003 – 0,9 în V. Stelele variabile de tip Delta Scuti au pulsații radiale, precum și non-radiale [1]. În domeniul astronomiei, cercetarea științifică se poate face și prin analiza luminii emise de corpurile cerești. Cea mai utilizată metodă pentru observarea stelelor variabile este fotometria cu cameră CCD (Charge-Coupled Device). Măsurarea fluxului sau intensității

radiației electromagnetice emise de corpurile cerești în intervale largi de lungimi de undă se numește fotometrie astronomică. Principalii receptori utilizați de-a lungul timpului în observațiile astronomice au fost ochiul, fotometrul fotoelectric, placa fotografică, bolometrul, etc. În acest moment cel mai întâlnit receptor în fotometrie este camera CCD.

Un cip CCD are o structură bidimensională formată din linii și coloane, fiind un circuit integrat din siliciu și este alcătuit din mai mulți pixeli așezați sub forma unei matrice. Funcționarea CCD-ului se bazează pe efectul fotoelectric și constă în stocarea electronilor produși de fotonii incidenti sub formă de sarcini electrice. Forma pixelilor este pătrată, iar latura acestora se măsoară în microni. Softurile camerelor CCD pot permite „unirea” mai multor pixeli într-unul singur, iar acest lucru se numește binning. Modurile de binning pot fi: 2X2, 3X3, 4X4, etc. Acest lucru duce la creșterea sensibilității, dar la scăderea rezoluției imaginii obținute. Binning 2X2 înseamnă că 4 pixeli ai camerei CCD sunt grupați pentru a da un pixel în imaginea obținută. Cea mai importantă caracteristică a camerelor CCD necesară în fotometrie este liniaritatea. Această caracteristică înseamnă că numărul de electroni generați în fiecare pixel este proporțional cu numărul de fotoni incidenti [2]. În funcție de dimensiunea pixelului și distanța focală a telescopului se poate calcula pixel scale, care înseamnă cât din cer „vede” un pixel.

2. Metodologia observațiilor fotometrice și reducerea de date

Observațiile fotometrice și reducerea de date prezentate în acest articol s-au realizat la Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. Observațiile au fost realizate cu telescopul Ritchey–Chrétien având diametrul oglinzii principale $D = 0,4$ m și raportul focal $f/8$, dotat cu camera CCD SBIG STL-6303E, câmpul de observație al telescopului fiind de $29,7' \times 19,8'$. Senzorul camerei Kodak KAF-6303E NABG are o matrice de 3072×2048 pixeli.

În perioadele iulie – noiembrie 2012, octombrie – noiembrie 2014, octombrie 2016, septembrie 2020, noiembrie 2020 și aprilie 2021, au fost realizate observații fotometrice în urma cărora au fost descoperite șapte stele variabile de tip Delta Scuti. În perioadele amintite anterior s-au efectuat 31 de nopți de observații, imaginile obținute având următorii timpi de expunere: 20 s, 30 s, 60 s, 90 s și 120 s. Timpii de expunere au fost aleși diferiți în funcție de strălucirea stelei și de filtrul de fotometrie utilizat. Imaginile obținute în urma acestor observații au fost realizate folosind binning 2X2, cu pixel scale de 1,16 arcsec/pixel și au fost calibrate cu softul MaxIm DL V5, utilizând cadre master dark, master flat și master bias. Filtrele de fotometrie utilizate la aceste observații au fost Johnson/Cousins BVRI și Sloan r' . Pentru detecția acestor stele variabile s-a utilizat softul MuniWinIn. Analiza fotometrică a imaginilor a fost realizată cu softurile MaxIm DL V5, MPO Canopus și AstroImageJ. Pentru a determina foarte precis perioada și amplitudinea acestor stele variabile s-au utilizat și date fotometrice de survey de la: Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), Hipparcos, All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) și The Zwicky Transient Facility (ZTF).

Pentru analiza curbei de lumină a stelelor variabile s-a folosit softul Peranso. Datele obținute în urma analizei curbei de lumină au fost: perioada, epoca, minimumul și maximumul strălucirii și tipul stelei variabile. În final, toate datele obținute și Phase Plot-ul stelelor variabile au fost raportate în VSX care este o bază de date internațională de stele variabile. În figura 1 se poate vedea Phase Plot-ul stelei variabile Galati V3 (2MASS J00004537+5857083) raportată în VSX.

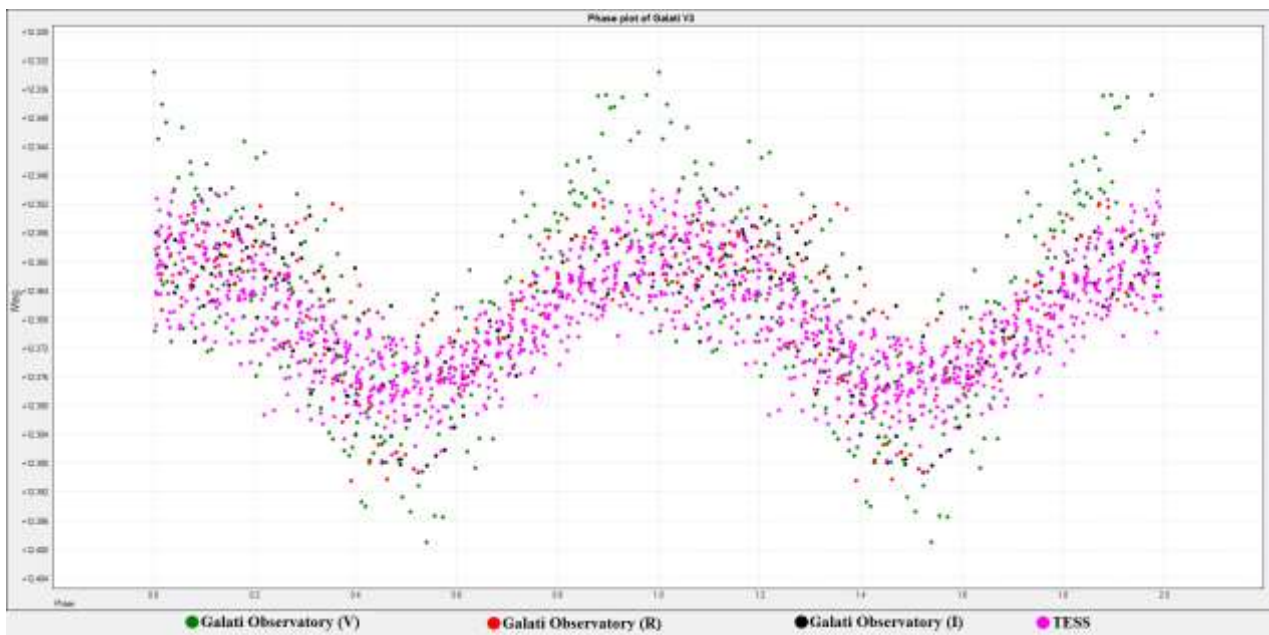


Figura 1. Phase Plot al stelei variabile Galati V3 (2MASS J00004537+5857083)

3. Rezultate și discuții

Prin observații fotometrice la Observatorul Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați au fost descoperite șapte stele variabile de tip Delta Scuti (Tabelul 1 și 2).

Tabelul 1. Identificatorul și coordonatele stelelor variabile

Numele intern al stelei (VSX)	Identificator 2MASS	Coordonate (RA/DEC)
Galati V1	2MASS J23581334+5038031	23 58 13,34 +50 38 03,2
Galati V2	2MASS J23580303+4541240	23 58 03,03 +45 41 24,1
Galati V3	2MASS J00004537+5857083	00 00 45,37 +58 57 08,4
Galati V20	2MASS J20140064+5557112	20 14 00,65 +55 57 11,3
Galati V21	2MASS J19590579+5704307	19 59 05,78 +57 04 30,7
Galati V22	2MASS J06314830+1132398	06 31 48,30 +11 32 39,9
Galati V24	2MASS J05223348+7913519	05 22 33,53 +79 13 52,1

Tabelul 2. Amplitudinea, perioada și epoca stelelor variabile

Numele intern al stelei (VSX)	Amplitudinea (magnitudini)	Filtru	Perioada (zile)	Eroarea (zile)	Epoca (HJD)
Galati V1	0,054	V	0,125471	0,000082	2459100,296
Galati V2	0,014	V	0,102000	0,0001	2459079,428
Galati V3	0,04	V	0,099553	0,000001	2459440,402
Galati V20	0,013	V	0,071515	0,000001	2459114,226
Galati V21	0,086	V	0,039660	0,000001	2457277,883
Galati V22	0,04	V	0,050492	0,000001	2459175,642
Galati V24	0,01	V	0,047038	0,000005	2447873,761

Perioada, epoca, minimul și maximul strălucirii și Phase Plot-ul stelelor variabile au fost raportate în VSX. Observarea fotometrică a stelelor variabile de tip Delta Scuti a fost realizată împreună cu mai mulți elevi și studenți, membri ai astroclubului „Călin Popovici” care este principalul program educațional al Observatorului Astronomic din cadrul Complexului Muzeal de Științele Naturii „Răsvan Angheluță” Galați. Implicarea acestor elevi și studenți în activitatea de cercetare științifică a avut două scopuri principale: dezvoltarea de competențe investigaționale în cadrul unor activități de cercetare extrașcolare și mărirea productivității observaționale a observatorului astronomic.

4. Contribuții/Mulțumiri

În primul rând vreau să le mulțumim colegilor de la AAVSO, în mod special domnului Sebastian Otero, pentru consultanța de specialitate oferită. Dorim să le mulțumim și următorilor membri ai Astroclubului „Călin Popovici” din Galați: Alexandru Dumitriu și Vlad Tudor, care au contribuit la descoperirea unora dintre aceste stele variabile.

Bibliografie

1. <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=about.vartypes>
2. WARNER, B. D. *A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis*. Second Edition. Editura Springer International Publishing, 2016.