



UDK: 524.45, 520.87

Jaqsiliq BALTAMURATOV,
O'zRFA Astronomiya instituti tayanch doktoranti
E-mail: jaksilik_baltamuratov@mail.ru
Rivkat KARIMOV,
O'zRFA Astronomiya instituti katta ilmiy xodimi
Otabek BURXONOV,
O'zRFA Astronomiya instituti katta ilmiy xodimi
Timur BOYQOBILOV,
O'zRFA Astronomiya instituti kichik ilmiy xodimi

PhD S.Turayev taqrizi asosida

TIC 166672575 O'ZGARUVCHAN YULDUZINING DASTLABKI FOTOMETRIK TAHLIL NATIJALARI

Annotatsiya

Ushbu maqolada TIC 166672575 to'siluvchan o'zgaruvchan yulduz tizimining Maydanak observatoriyasi va TESS kuzatuvlaridan olingan fotometrik ta'hlil natijalari keltirilgan. MAO va TESS kuzatuv ma'lumotlari asosida bu tizimning orbital aylanish davri 0.1929278962 sutkaga teng ekanligi aniqlandi. Kuzatuv ma'lumotlari alohida tahlil qilinganda aylanish davrlar orasidagi farq 3 sekundni tashkil etti. Bu natija bizning va kosmik teleskop kuzatuv natijalari o'rtasidagi yuqori moslikni ko'rsatdi. TIC 166672575 yulduz tizimining ravshanlik egri chiziqlaridagi assimetriya O'Connell effekti belgilari mavjudligini ko'rsatmoqda.

Kalit so'zlar: Fotometriya, o'zgaruvchan yulduzlar, to'siluvchan o'zgaruvchan, ravshanlik egri chizig'i, chastota ta'hlili, orbital davr.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ TIC 166672575

Аннотация

В данной статье представлены результаты фотометрического анализа системы затухающей переменной звезды TIC 166672575, полученные по данным наблюдений Майданакской обсерватории и телескопа TESS. На основании данных наблюдений MAO и TESS определено, что орбитальный период этой системы составляет 0,1929278962 суток. При раздельном анализе данных наблюдений разница в периодах вращения составила 3 секунды. Этот результат показал высокую степень согласия наших результатов с результатами наблюдений, полученными с помощью космического телескопа. Асимметрия кривых блеска звездной системы TIC 166672575 указывает на наличие признаков эффекта O'Коннелла.

Ключевые слова: Фотометрия, переменные звезды, затухающая переменная звезда, кривая блеска, частотный анализ, орбитальный период.

PRELIMINARY PHOTOMETRIC ANALYSIS RESULTS OF THE VARIABLE STAR TIC 166672575

Annotation

This article presents the results of the photometric analysis of the TIC 166672575 obliterating variable star system from the Maidanak Observatory and TESS observations. Based on the MAO and TESS observation data, it was determined that the orbital period of this system is 0.1929278962 days. When the observation data were analyzed separately, the difference between the rotation periods was 3 seconds. This result showed a high agreement between our and the space telescope observation results. The asymmetry in the brightness curves of the TIC 166672575 star system indicates the presence of signs of the O'Connell effect.

Keywords: Photometry, variable stars, obliterating variable, brightness curve, frequency analysis, orbital period.

Kirish. Yulduzlar ko'pincha yakka holda emas, balki qo'shaloq yulduzlar tizimi sifatida kuzatiladi. Odatda bunday tizimlarda ikki yulduz o'zaro gravitatsion tortishish kuchi ta'sirida umumiy massa markazi atrofida aylanadi [1]. Agar ushbu orbital tekislik kuzatuvchiga nisbatan deyarli yon tomondan ko'rinsa, bu yulduzlar bir - birini ma'lum bir davriylik bilan to'sib o'tadi va bu holat to'siluvchan qo'shaloq yulduzlar tizimi deb ataladi [2].

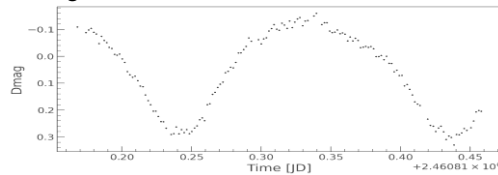
To'siluvchan qo'shaloq tizimlar fotometrik kuzatuvlar orqali o'rganilganda ularning ravshanlik egri chizig'ining shaklida ikkita to'silish momenti kuzatiladi. Bu momentlar minimum I (Min I) va minimum II (Min II) deb yutiriladi. Kuzatuvchiga nisbatan Min I momentida qo'shaloq tizimning nisbatan xiraroq bo'lgan yulduzi yorqinroq bo'lgan yulduzini to'sgan holatiga mos keladi. Min II momentida aksincha holat yuz beradi. Bu o'zgarishlar yulduzlarning o'zaro nisbiy o'lchamlari, haroratlari va orbital parametrlarini aniqlash imkonini beradi [1].

To'siluvchan qo'shaloq yulduzlar tizimi astrofizikada juda muhim ahamiyatga ega. Qo'shaloq yulduzlar tizimining ravshanlik egri chizig'i bizga tizimning fizik holati, massasi, radiusi, tizim komponentalari orasidagi orbital masofani, kuzatuvchiga nisbatan orbital tekisligining og'maligini, orbital davri va boshqa parametrlarini yetarlicha aniqlik bilan baholash imkonini beradi. Ba'zan ularning kuzatilgan ravshanlik egri chizig'ida assimetriya yuzaga keladi. Bunday kuzatiladigan hodisa bugungi kunda qo'shaloq yulduz tizimidagi fizik jarayonlar bilan bog'liq deb qaraladi [3].

Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) [4] missiyasida koordinatasi $RA_{2000} = 3:58:43.26$, $DEC_{2000} = +31:25:10$ bo'lgan yulduz TIC 166672575 nomi bilan identifikatsiyalangan (TIC – TESS input catalog). Ushbu yulduz birinchi marta 1983 yilda A.Fresneuning (1983) “Astrographic Catalogue [2]” katalogida qayd qilingan [5]. Keyinchalik 2015-yilgi tadqiqot natijalarida TIC 166672575 yulduzi o'zgaruvchan yulduz sifatida tasdiqlangan [6]. GCVS 5.1 katalogida [7] va AAVSO o'zgaruvchan yulduzlar bazasida ushbu yulduz GG CVn nomi bilan identifikatsiyalangan va EW tipidagi qo'shaloq tizim ekanligi aniqlangan. Bu tizimning aylanish davri $P = 0.3859492$ sutka bo'lib 9.26278 soatga teng. TIC 166672575 qo'shaloq tizimi F7 spectral sinfiga tegishli ekanligi kuzatuvlardan topilgan [8]. Tizimning B yurug'lik filteridagi ko'rinma yulduz kattaligi 13.43 ga teng [9].

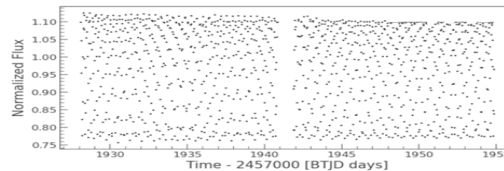
Kuzatuv. TIC 166672575 to'siluvchan qo'shaloq yulduzlar tizimi Maydanak observatoriyadagi (MAO) [10] bosh ko'zgusining diametri 0.6 meter bo'lgan Z-600 “Sharqiy” teleskopida 2025 yil 20-may sanasida kuzatildi. Teleskopda yorug'lik qabul qilgich sifatida QHY600M/C. CONY IMX455 ZAQ (Zaryad aloqali qurilma – ing., CCD) kamerasi ishlatildi. Kameraning chip o'lchami 36×24 mm, har bir piksel o'lchami 3.76×3.76 mkm bo'lib, umumiy o'lchamlari 9576×6388 pikselga (≈ 61 MP) mos keladi, ko'rish maydoni 17.2×11.5 yoy minutiga teng. Kuzatuv vaqtida kameraning ishchi xarorati -15°C qilib olindi. Yorug'lik filtri sifatida Bessel BVRI filtrlaridan foydalanildi, ekspozitsiya vaqtlari esa $B = 30$, $V = 20$, $R = 20$, $I = 60$ sekund qilib tanlab olindi. Har bir filterda 154 tadan jami tun davomida 616 ta ZAQ astrotasvirlar olindi. Kuzatuv ma'lumotlariga ishlov berish uchun kerak bo'ladigan yordamchi bias, dark va flat tasvirlar shu kun uchun olindi. Kuzatuv vaqtida kameradan astrotasvirlarni oqib olish uchun MaxIm DL6 dasturidan foydaladildi. Bunda har bir piksel o'lchami juda kichik bo'lganligi sababli biz bining rejimida ishladik va yakuniy piksel o'lchamini 7.52×7.52 mkm bo'lgani holda, pikselning yoy sekundlardagi o'lchami 0.10340752 ga teng bo'ladi.

Tadqiqot metodologiyasi. Kuzatuvlardan olingan ZAQ ta'svirlarini qayta ishlash va tahlil qilish uchun astronomiyada keng qollaniladigan IRAF [3] (Image Reduction and Analysis Facility) dasturlar jamlanmasidan foydalandik. Kuzatuv boshlanishidan oldin kechki shafaq va yakunlangandan keyin tonggi shafaq vaqtida olingan yordamchi (bias, dark, flat) tasvirlardan mos ravishdan o'rtacha (superbias, superdark, superflat) tasvirlar IRAF IMRED/CCDRED dasturlar jamlanmasidan foydalanib hosil qilindi. Ishchi ZAQ ta'svirlarga birlamchi ishlov berish ham shu dasturlar jamlanmasida amalga oshirildi [11]. Birlamchi ishlov berilgan ZAQ ishchi tasvirlardagi ob'yektning fotometrik o'lchashlarini IRAF ning APPHOT paketida amalga oshirildi va olingan natijalar asosida ravshanlik egri chizig'i chizildi 1-rasm.



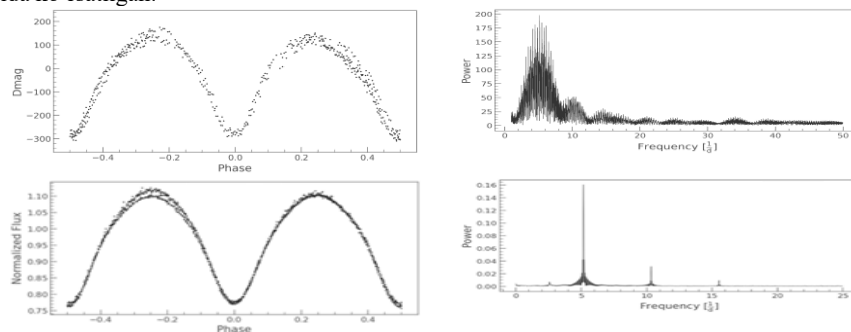
1-rasm. MAO kuzatuvlari asosidagi TIC 166672575 yulduz tizimining R filterdagi ravshanlik egri chizig'i.

TIC 166672575 yulduz tizimining tadqiqoti doirasida MAO malumotlari bilan birga TESS kosmik missiyasining fotometrik ma'lumotlaridan solishtirish maqsadida foydalandik. Buning uchun TIC 166672575 yulduzi ma'lumotlarini Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST) [4] orqali olish mumkin. TIC 166672575 yulduzi TESS missiyasining 23 sektorida 30 minut ekspozitsiya bilan 2020 yil 4 – 31 may oraliq'ida 27 kun davomida kuzatilgan. TESS kuzatuvlari asosida chizilgan ravshanlik egri chizig'i 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. TIC 166672575 yulduz tizimining TESS ma'lumotlari asosidagi ravshanlik egri chizig'i.

Tahlil va natijalar. TIC 166672575 tizimining orbital davrini qayta aniqlashda Lomb-Scargle (LS) metodidan foydalanildi [12]. Lomb-Scargle periodogrammasi bu teng oraliqda bo'lmagan notekis vaqtli qatorlarida davriylikni aniqlash uchun ishlatiladigan statistik usuldir. Astronomiyada kuzatuvlar asosan notekis vaqt oraliq'ida olinadi (masalan, kun va tun almashinuvi, bulutli tunlar, texnik muammolar, va shu kabilar sababli). LS periodogrammasini hosil qilish PYTHON [5] dasturiy muhitida amalga oshirildi. LS periodogrammasida topilgan o'zgaruvchanlik davri asosida ravshanlik egri chiziqlari va quvvat spektrlari 3-rasm va 1-chi jadvalda ko'rsatilgan.



3-rasm. TIC 166672575 tizimining fazaviy ravshanlik egri chizig'i (chap) va periodogrammalari (o'ng): Yuqorida MAO kuzatuvlari asosida, pastda TESS kuzatuvlari asosida.

1-jadval. MAO va TESS ma'lumotlari asosida TIC 166672575 yulduzi uchun qayta aniqlangan orbital davrlari.

Parametr	MAO	TESS 23 sektor
Davr, P (sutka)	0.1929278962	0.1929647426
Chastota (1/sutka)	5.1833	5.1823

TIC 166672575 yulduz tizimi uchun MAO va TESS kuzatuv ma'lumotlar asosida aniqlangan orbital davr qiymatlari xatoliklar doirasida bir xil bo'lib, farq atiga 3 sekundni tashkil qildi. TIC 166672575 o'zgaruvchan qo'shaloq yulduz tizimining Min I va Min II momentlarini aniqlash uchun MAVKA_1.0 dasturidan foydalanildi. Ushbu dastur statistik jihatdan optimal moslashtirish usullaridan foydalanadi, bu esa tahlil natijalarining ishonchligini oshiradi. MAVKA_1.0 dasturi odatda to'siluvchan qo'shaloq, pulsatsiyalanuvchi yulduzlar va ekzosayyoralar tranzitining minimum momentlarini aniqlashda foydalaniladi [13]. Biz TIC 166672575 yulduzi uchun minimum momentlarini aniqlashda MAVKA_1.0 dasturidagi MIKULASHEK usulidan foydalandik [14]. Bu usul yordamida to'siluvchi qo'shaloq yulduzlar tizimining minimum momentlarini yuqori aniqlik hisoblash mumkin.

TIC 166672575 yulduz tizimi uchun MAO kuzatuv ma'lumotlaridan ikkita, TESS kuzatuvidan to'rtta minimum momentlari aniqlandi. Dastur tomonidan hisoblangan xatoliklar har bir tutilish nuqtasi uchun alohida ko'rsatildi. MAO va TESS kuzatuvlaridan aniqlangan minimum momentlari 2-jadvalda keltirilgan.

TIC 166672575 yulduz tizimining aniqlangan minimum momentlari aha'miyati shundaki, orbital davr o'zgarishini aniqlash uchun O – C diagrammasidan (Observed minus Calculated., O-C) foydalanganda tizimning orbital va fizik xususiyatlarida sodir bo'ladigan o'zgarishlar haqida aniq ma'lumot olish mumkin. Bu ayniqsa, massa almashinuvi yoki burchak momentini yo'qolishi, tizimda uchinchi jismning mavjudligi, yulduzlar evolyutsiyasi va boshqa omillar tufayli yuzaga kelishi mumkin bo'lgan orbital davr o'zgarishlarini o'rganish uchun foydalidir.

2-jadval. TIC 166672575 yulduzining MAO va TESS kuzatuvlari asosida aniqlangan minimum momentlar.

Ma'lumotlar	Min I (HJD +2457000)	Min II (HJD +2457000)
MAO	3816.2250250 ± 0.0003429	3816.4185232 ± 0.0003437
TESS	1928.1979432 ± 0.0005739	1928.3929799 ± 0.0007727
Sektor 23	1928.5844480 ± 0.0007563	1928.7779769 ± 0.0003368

Xulosa. Kuzatuv malumotlari asosida TIC 166672575 yulduzining ravshanliklik egri chizig'i chizildi. MAO va TESS missiyasi ma'lumotlarining tahlil natijalari taqqoslandi. Ushbu ma'lumotlardan TIC 166672575 yulduzining davri qayta aniqlandi va aniqlangan davr 0.1929278962 sutkaga teng bo'lib chiqdi. MAO va TESS kuzatuvlaridan aniqlangan orbital davr qiymatlari 3 sekundlik farq bilan bir-birini tasdiqladi. MAO va TESS kuzatuv malumotlaridan tizimning jami 6 ta Min I va Min II momentlari aniqlandi (2-jadval). TIC 166672575 yulduz tizimining faza ravshanlik egri chiziqlaridan ko'rinadiki, minimumlari orasidagi maksimum yorqinligi bo'yicha farqlanadi. Bu hodisaga turli xil mexanizmlar sabab bo'lishi mumkin. Ravshanlik egri chizig'idagi assimetriyaning yuzaga kelish sabablariga tizim atrofida uchinchi jism mavjudligi, tizimdagi yulduzlar shaklining ellipsoidal o'zgarishlari, yulduzlarning birida yoki tizimda dog'larining mavjudligi, orbital davrning vaqt bo'yicha o'zgarishi hamda evolyutsiyasi sabab bo'lishi mumkin. Bunday hodisalar O'Connell effekti bilan izohlanadi.

ADABIYOTLAR

1. <https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR-4>
2. <https://iraf-community.github.io/>
3. <https://mast.stsci.edu/portal/Mashup/Clients/Mast/Portal.html>
4. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.lombscargle.html>
5. R. W. Hilditch, *An introduction to close binary stars*. Cambridge University Press, 2001.
6. J. Kallrath and E. F. Milone, 'Introduction', in *Eclipsing Binary Stars: Modeling and Analysis*, in Astronomy and Astrophysics Library., New York, NY: Springer New York, 2009, pp. 3–36. doi: 10.1007/978-1-4419-0699-1_1.
7. M. Beaky, 'Eclipsing Binary Stars as Astrophysical Laboratories', *Juniata Voices*, vol. 14, p. 171, 2014.
8. G. R. Ricker *et al.*, 'Transiting exoplanet survey satellite', *J. Astron. Telesc. Instrum. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 014003–014003, 2015.
9. A. Fresneau, 'Survey of the astrographic catalogue from 1 to 31 degrees of northern declination', *Astron. J. ISSN 0004-6256 Vol 88 Sept 1983 P 1378-1381*, vol. 88, pp. 1378–1381, 1983.
10. J. Hubscher, 'BAV-Results of observations - Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars', *Inf. Bull. Var. Stars*, vol. 6152, p. 1, Oct. 2015.
11. N. N. Samus', E. V. Kazarovets, O. V. Durevich, N. N. Kireeva, and E. N. Pastukhova, 'General catalogue of variable stars: Version GCVS 5.1', *Astron. Rep.*, vol. 61, no. 1, pp. 80–88, 2017.
12. C. Akerlof *et al.*, 'ROTSE All-Sky Surveys for Variable Stars. I. TestFields', *Astron. J.*, vol. 119, no. 4, p. 1901, 2000.
13. A. A. Henden, M. Templeton, D. Terrell, T. C. Smith, S. Levine, and D. Welch, 'VizieR online data catalog: AAVSO photometric all sky survey (APASS) DR9 (Henden+, 2016)', *VizieR Online Data Cat.*, vol. 2336, p. II/336, 2016.
14. S. Ehgamberdiev, 'Modern astronomy at the Maidanak observatory in Uzbekistan', *Nat. Astron.*, vol. 2, no. 5, pp. 349–351, 2018.
15. A. R. Hafizov, O. A. Burxonov, and J. A. Boltamurodov, 'TYC 3125-278-1 O'ZGARUVCHAN YULDUZI TADQIQOTINING DASTLABKI NATIJALARI', *«Ёш Олимлар Ахборотномаси»—«Вестник Молодых Ученых»*, vol. 3, no. 3, pp. 44–47, 2024.
16. J. D. Scargle, 'Studies in astronomical time series analysis. II. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data.', *Astrophys. J.*, vol. 263, pp. 835–853, Dec. 1982, doi: 10.1086/160554.
17. K. D. Andrych, D. E. Tvardovskiy, L. L. Chinarova, and I. L. Andronov, 'MAVKA: Investigation of stellar brightness extrema approximation stability for various methods', *Contrib Astron Obs Skaln. Pleso*, vol. 50, pp. 557–559, 2020.
18. K. D. Andrych and I. L. Andronov, 'MAVKA: Software for statistically optimal determination of extrema', *ArXiv Prepr. ArXiv181206949*, 2018.