

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра теоретичної фізики та астрономії

(повна назва кафедри)

## Дипломна робота

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «**Статистично оптимальне визначення характеристик змінності групи подвійних та пульсуючих зір**»

«Statistically optimal determination of the variability characteristics of the group of binary and pulsating stars»

Виконала: студентка денної форми навчання

спеціальність: 104 Фізика та астрономія

Андрич Катерина Дмитрівна

Керівник к. ф.-м. н, доцент Марсакова В. І. \_\_\_\_\_

Рецензент д.ф.-м.н., Мішеніна Т.В.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ \_\_ від \_\_.\_\_.2019 р.

Захищено на засіданні ЕК № \_\_

протокол № \_\_ від \_\_.\_\_.2019 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

Адамян В.М.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Шевчук В.Г.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Одеса – 2019

# Зміст

---

Вступ.....	3
1. Ефекти, які викликають змінність блиску зір та відповідні форми кривих блиску .....	5
2. Алгоритми визначення феноменологічних параметрів з неповної кривої блиску та програма MAVKA .....	9
3. Рекомендації до застосування методів апроксимації екстремуму, в залежності від типу змінної зорі. ....	16
4. Порівняння методів «асимптотична парабола» та «параболічний сплайн» та застосування до пульсуючої зорі Z UMa.....	20
5. Визначення феноменологічних параметрів для затемнюваної системи та оцінка фізичних параметрів.....	27
6. Алгоритм Wilson–Devinney для фізичного моделювання затемнюваних систем.....	32
7. Застосування фізичного моделювання на основі визначених феноменологічних параметрів.....	36
Висновки.....	41
Література.....	42

## Вступ

---

Актуальність теми дослідження.

Спостереження та аналіз змінних зір дозволяють отримувати їх фізичні параметри. На даний момент є велика кількість спостережень, які необхідно обробляти, й тому існує потреба вдосконалювати методи оцінки фізичних параметрів систем задля їх наступного уточнення фізичним моделюванням.

Мета і задачі дослідження.

Провести дослідження залежності точності визначення екстремуму від розподілу даних по короткому інтервалу поблизу екстремуму за допомогою програми MAVKA [25]. Застосувати програму до аналізу затемнюваних та пульсуючих зір. З використанням попередньо оцінених параметрів подвійних систем, в тому числі за допомогою параметрів екстремумів, визначених MAVKA, провести фізичне моделювання затемнюваної системи GSC 3950-00707 з використанням програми, розробленої S. Zola та ін. [13]

Об'єкт дослідження.

У якості об'єкту дослідження було обрано змінні зорі різних типів: затемнювану змінну типу W UMa GSC 3950-00707, пульсуючу зорю Z UMa, типові криві блиску різних типів змінних зір з бази даних AAVSO [19].

Використані дані.

Для роботи були використані спостереження П. Дубовського та власні, отримані на телескопі C14 Celestron Edge HD CGE Pro1400, та оброблені автором у програмах Muniwin 2.1 та MCV.

Власний внесок.

Вдосконалено програму MAVKA, яка дозволяє визначити параметру екстремумів на коротких інтервалах даних. У програму додано різні запобігання вильотів, аби забезпечити максимальну автоматизацію. Реалізовано можливість автоматичного перебору інтервалів даних із розмічених користувачем. Розроблено рекомендації по вибору методів

апроксимації для різних випадків даних на інтервалі та типів зір в рамках програми MAVKA та поліпшено роботу програми. Застосовано програму до аналізу затемнених та пульсуючих зір. Досліджено ефективність різних апроксимацій в залежності від ширини інтервалу та розташування його меж, а також проведено порівняння методів «асимптотична парабола» та «параболічний сплайн» на даних пульсуючої зорі Z UMa. Проведено власні спостереження затемненої системи GSC 3950-00707 у фільтрах V, R, I протягом чотирьох ночей, та оброблено їх за допомогою програм Muniwin 2.1 та MCV. З використанням попередньо оцінених параметрів подвійних систем, в тому числі за допомогою параметрів екстремумів, визначених MAVKA, проведено фізичне моделювання об'єкту.

## Висновки

---

- Вдосконалено програму MAVKA, яка дозволяє визначити параметру екстремумів на коротких інтервалах даних. У програму додано різні запобігання вильотів, аби забезпечити максимальну автоматизацію. Реалізовано можливість автоматичного перебору інтервалів даних із розмічених користувачем.
- Проведено дослідження залежності точності визначення екстремуму від розподілу даних по короткому інтервалу поблизу екстремуму за допомогою програми MAVKA.
- Розроблено рекомендації по вибору методів для різних випадків даних на інтервалі та типів зір.
- Досліджено ефективність різних апроксимацій в залежності від ширини інтервалу та розташування його меж, а також проведено порівняння методів «асимптотична парабола» та «параболічний сплайн» на даних пульсуючої зорі Z UMa.
- Застосовано програму до визначення феноменологічних параметрів кривої блиску контактної подвійної системи GSC 3950-00707, та оцінки її фізичних параметрів.
- Проведено фізичне моделювання GSC 3950-00707 на основі програми, розробленої S. Zola та ін. [13]

## Література

---

1. Андронов И. Л., Чинарова Л. Л. Строение и эволюция переменных звёзд. – Одеса: ОНУ, 1992. –84с.
2. Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звёзды. –Москва: Наука, 1990. –360с.
3. Климишин И. А. Астрономія. – Львів: Світ, 1994. –384с.
4. Цесевич В. П. Переменные звёзды и их наблюдение.–Москва: Наука, 1980. –176с.
5. Чинарова Л.Л. Двойные звёзды и их эволюция.–Одеса: ОНУ, 2006. – 56с.
6. Samus N.N., Durlevich O.V., Kazarovets E V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., Zharova A.V., et al., General Catalog of Variable Stars, 2009
7. Marsakova V.I., Andronov I.L. Local Fits of Signals with Asymptotic Branches// Odessa Astronomical Publications, vol. 9, p. 127 (1996)
8. Mikulášek Z.: 2015, A&A, 584A, 8
9. Andronov I.L. Phenomenological modeling of the light curves of algal-type eclipsing binary stars// Astrophysics, Volume 55, Issue 4, pp.536-550, 2012
10. Andronov, I. L.; Andrych, K. D.; Antoniuk, K. A.; Baklanov, A. V.; Beringer, P.; Breus, V. V.; Burwitz, V.; Chinarova, L. L.; Chochol, D.; Cook, L. M.; Cook, M.; Dubovský, P.; Godlowski, W.; Hegedüs, T.; Hoňková, K.; Hric, L.; Jeon, Y.B.; Juryšek, J.; Kim, C.H.; Kim, Y.; Kim, Y.H.; Kolesnikov, S. V.; Kudashkina, L. S.; Kusakin, A. V.; Marsakova, V. I.; Mason, P. A.; Mašek, M.; Mishevskiy, N.; Nelson, R. H.; Oksanen, A.; Parimucha, S.; Park, J.W.; Petřík, K.; Quiñones, C.; Reinsch, K.; Robertson, J. W.; Sergey, I. M.; Szpanko, M.; Tkachenko, M. G.; Tkachuk, L. G.; Traulsen, I.; Tremko, J.; Tsehmeystrenko, V. S.; Yoon, J.-N.; Zola, S.; Shakhovskoy, N. M. Instabilities in Interacting Binary Stars // Non-Stable Universe: Energetic Resources, Activity Phenomena, and Evolutionary Processes. Proceedings of an International Symposium dedicated to the 70th anniversary of the Byurakan Astrophysical Observatory (BAO) held at National Academy of Sciences of the Republic of Armenia (NAS RA), Yerevan

and Byurakan Astrophysical Observatory (BAO), Byurakan, Armenia 19-23 September 2016. Edited By Areg M. Mickaelian, Haik A. Harutyunian, and Elena H. Nikoghosyan. ASP Conference Series, Vol. 511. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2017, p.43

11. Bódi, A., Szatmáry, K., Kiss, L. L. Periodicities of the RV Tauri-type pulsating star DF Cygni: A combination of Kepler data with ground-based observations// *Astronomy & Astrophysics*, Volume 596, id.A24, 8 pp.

12. Wilson, R. E. & Devinney, E. J. 1971, *ApJ*, 166, 605

13. Zola, S., Kolonko, M., & Szczech, M. 1997, *A&A*, 324, 1010

14. Kjurkchieva D. P., Popov V. A., Lyubenova V. D., Petrov N. I. Observations and light curve solutions of a selection of middle-contact W UMa binaries// *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 18, Issue 4, article id. 046 (2018).

15. Josef Kallrath, Eugene F. Milone *Eclipsing Binary Stars: Modeling and Analysis* [Текст]// Springer Dordrecht Heidelberg London New York. – 2009. – 428 p.;

16. *Allen's Astrophysical Quantities*. [Текст] // Ed. Arthur N. Cox.; Springer, 2015. – 721 P.

17. Astrocamp “Variable-2017” [E-resource]. Available from: <http://www.astrokolonica.sk/aktuality/oznamy/variable-2017-sprava>

18. C-Munipack software package, [E-resource]. Available from: <http://c-munipack.sourceforge.net/>

19. AAVSO (American Association of Variable Stars Observers). [E-resource]. Available from: <http://www.aavso.org/>

20. General Catalogue of Variable Stars (GCVS). [E-resource]. Available from: <http://www.sai.msu.su/gcvs>

21. SIMBAD Astronomical Database – CDS (Strasbourg). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>;

22. Andrych K.D., Andronov I.L., Chinarova L.L., Marsakova V.I. ”Asymptotic parabola” fits for smoothing generally asymmetric light curves // *Odessa*

Astronomical Publications, 2015, v.28, № 2, pp. 158-160. ADS:  
2015OAP....28..158A

23. Andrych, K. D.; Andronov, I. L.; Chinarova, L. L. Statistically Optimal Modeling of Flat Eclipses and Exoplanet Transitions. The Wall-Supported Polynomial" (WSP) Algorithms // Odessa Astronomical Publications, vol. 30, p. 57 (2017)

24. Savastru, S. V.; Marsakova, V. I.; Andrych, K. D.; Dubovsky, P. Improved Ephemeris of Poorly Studied Eclipsing Binary GSC 3950-00707 = 2MASS J20355082+5242136 // Odessa Astronomical Publications, vol. 30, p. 126 (2017)

25. Andrych K.D. MAVKA: Software for Statistically Optimal Determination of Extrema / Andrych K.D., Andronov I.L. // Proceedings "Open European Journal on Variable Stars" 2019, pp. 65-70

26. M.G. Tkachenko, I.L. Andronov, L.L. Chinarova. Phenomenological Parameters of the prototype eclipsing binaries Algol,  $\beta$  Lyrae and W Uma//Journal of physical studies— v.20, № 4 (2016) — 6 c.

27. Eggleton P.P. Approximations to the radii of Roche lobes// Astrophys.J., 1983. – Vol. 268. – P. 368–369.

28. Andronov I. L. Analytical approximations for some functions in the Roche model// Astronomical and Astrophysical Transactions, 1992.–V.2.–P. 341–345.

29. ARI's Gaia Services [E-resource]. Available from: <http://gaia.ari.uni-heidelberg.de>

30. French association of variable star observers (AFOEV) [E-resource]. Available from: <http://cdsarc.u-strasbg.fr/afoev>