

УДК 531.86

Ф. Кравцов, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.,
І. Лук'яник, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКРИТТІВ ЗІР АСТЕРОЇДАМИ МЕТОДОМ РОЗГОРТКИ ЇХНІХ ЗОБРАЖЕНЬ У 2008–2011 РР

Наведені результати спостережень покриттів зірок астероїдами методом часової розгортки їхніх зображень за допомогою телескопа АЗТ–8 на спостережній станції в с. Лісники у 2008–2011 рр.

Results of observations of asteroid occultation by the method of temporal unsqueezing their images with help telescope AZT–8 at the Lisnyky observational station during 2008–2011 are summarized and analyzed.

Вступ. В роботах [1,2] описано метод часової розгортки зображень, за допомогою якого спостерігались покриття зірок астероїдами у 2005–2007 рр. Ця робота є продовженням публікації результатів спостережень покриттів зірок астероїдами цим методом.

Спостереження та результати. Спостереження покриттів зірок астероїдами проводилися в первинному фокусі (D=70см, F=2800см) телескопа АЗТ–8, який розташований на спостережній станції Астрономічної обсерваторії Київського університету імені Тараса Шевченка в селі Лісники (30° 5247 східної довготи, 50° 2979 північної широти). В 2008 – 2009 роках зображення небесних об'єктів реєструвалися за допомогою ПЗЗ–камери ST–8 МХЕ. Робоче поле (чип) камери нараховує 1530 x 1020 пікселів (розміром 9 мікрон кожен), лінійні розміри чипу – 13.8 x 9.2 мм, що при спостереженні в первинному фокусі відповідає кутовим розмірам 16.7x13'.4. В 2010 – 2011 використовувалася ПЗЗ–камера PL47–10 FLI. Робоче поле (чип) цієї камери нараховує 1020 x 1020 пікселів (розміром 13 мікрон кожен), лінійні розміри чипу – 13.8 x 9.2 мм, що при спостереженні в первинному фокусі відповідає кутовим розмірам 16.7x13'.4 Для прив'язки до часу використовується GPS приймач.

Моменти та інші параметри можливих покриттів вираховувалися за допомогою програми Д. Гаральда OCCULT Asteroidal Occultations v.3.6.0. В 2008 – 2011 погодні умови та розташування спостережної станції дозволили нам провести спостереження 35 явищ можливих покриттів зірок астероїдами. Ефемеридні дані цих 35 явищ наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Обставини можливих астероїдних покриттів

№	Дата	Астероїд	Зірка	t_0, UT	$\Delta t, \text{сек}$	$d_{ast}, ''$	$l, \text{км}$
1.	2008 Лютий, 26	1570 Brunonia	TYC 0271–00025–1u	19 ^h 37. ^m 0	1.4	0.011	521
		1196 Sheba	TYC 1990–03003–1u	21 41. 6	2.0	0.018	66
		2204 Lyyli	TYC 5786–00981–1u	21 49. 6	1.8	0.021	439
		3260 Visbor	TYC 1863–00588–1u	23 42. 4	4.7	0.016	479
		1389 Onnie	TYC 0635–00053–1u	19 39. 4	2.3	0.021	678
		1340 Yvette	TYC 1402–01109–1u	01 35. 9	1.7	0.012	660
		1466 Mundleria	TYC 6376–00384–1u	17 10. 1	1.4	0.014	131
		3469 Bulgakov	TYC 0635–00180–1u	17 27. 2	2.5	0.013	218
9.	2009	226 Weringia	TYC 0690–01196–1u	18 17. 0	1.1	0.013	318
		477 Italia	2UCAC 28735093	20 32. 6	1.8	0.019	200
		550 Senta	TYC 1816–01850–1u	18 59. 8	1.3	0.018	600
		915 Cosette	TYC 1400–01317–1u	21 35. 9	1.2	0.011	191
		155 Scylla	TYC 2455–01753–1u	21 08. 7	1.1	0.022	17
		102 Miriam	TYC 0823–00424–1u	20 23. 2	4.5	0.035	538
		686 Gersuind	TYC 1106–01158–1u	00 06. 6	4.1	0.048	39
		459 Signe	2UCAC 20409578	19 55. 8	4.0	0.017	330
		213 Lilaea	TYC 6294–00633–1u	21 15. 9	12.9	0.081	91
		853 Nansenia	2UCAC 37129195	00 51. 4	1.4	0.032	628
		96 Aegle	TYC 0568–00661–1u	20 43. 3	10.9	0.095	365
		433 Eros	HIP 106069	17 35. 1	2.6	0.048	484
		1157 Arabia	HIP 116660	21 16. 3	2.7	0.024	406
		1063 Agnilegia	TYC 5834–00785–1u	22 22. 6	1.7	0.018	432
		1653 Yakhontovia	TYC 1858–00579–1u	21 53. 3	1.2	0.018	208
		1428 Mombasa	2UCAC 36449640	23 36. 5	2.5	0.029	487
		2864 Soderblom	TYC 1290–00457–1u	01 30. 6	1.4	0.010	237
		1714 Sy	HIP 114062	21 04. 6	1.6	0.015	608
		832 Karin	2UCAC 39994817	22 44. 9	1.0	0.010	94
		921 Jovita	2UCAC 29487074	17 24. 0	2.4	0.032	258
		1442 Corvina	TYC 0001–00563–1u	00 09. 5	1.6	0.013	384
30.	2010 Вересень, 10	1189 Terentia	TYC 5189–00173–1u	20 26.5	11.6	0.047	209
		325 Heidelberga	2UCAC 42540387	18 50. 9	4.0	0.040	345

Закінчення табл. 1

№	Дата	Астероїд	Зірка	t_0, UT	$\Delta t, \text{сек}$	$d_{ast}, ''$	$l, \text{км}$
32.	Березень, 7	874 Rotraut	TYC 0778-00432-1u	19 38. 6	8.3	0.031	293
33.	Березень, 12	1351 Usbekistania	2UCAC 35579288	23 49. 9	4.7	0.040	270
34.	Листопад, 5	375 Ursula	TYC 1415-00677-1u	22 28. 3	10.2	0.083	28
35.	Листопад, 17	1867 Deiphobus	TYC 0539-01224-1u	17 20. 9	7.8	0.034	393

В цій таблиці t_0 – ефемеридний момент середини покриття, Δt – його тривалість, d_a – видимий діаметр астероїда, l – найменша відстань від центра смуги покриття до пункту спостережень.

Знімки поля зірок з астероїдом робилися з короткими експозиціями з годинниковим веденням, тобто в режимі накопичення. В залежності від яскравості астероїда та зірки, що покривається, тривалість експозиції вибиралася в межах від 2с до 120с. За таких умов фіксувалося кілька десятків зображень потрібного зоряного поля, як до моменту покриття, так і після.

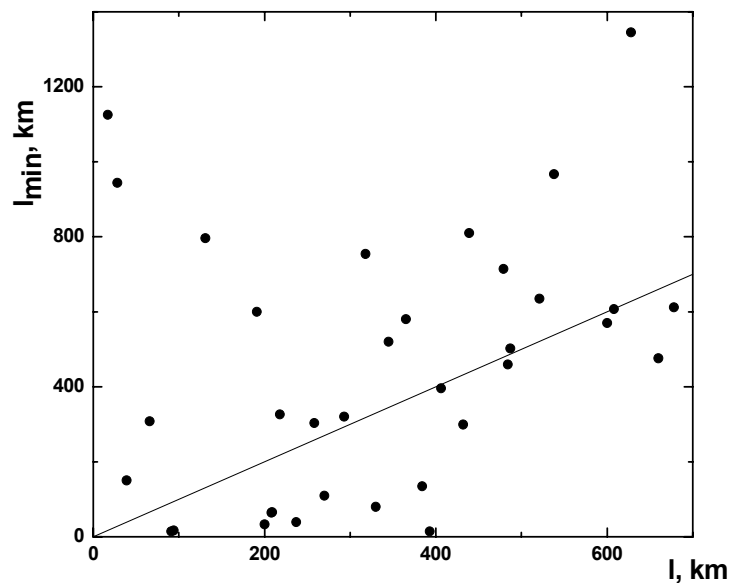


Рис. 1. Графік залежності найменшої видимої відстані між центрами зорі та астероїда від відстані пункту спостережень до центра смуги покриття

Методами аналітичної геометрії вираховувались найменша ρ_{min} видима відстань, на яку зблизилися зірка та астероїд, спочатку в пікселях, а потім і в кутовій мірі, табл. 2. Для цього, по зоряних полях кожної ночі спостережень, був обрахований масштаб зображень. Масштаб від ночі до ночі практично не змінювався: 0.655 ± 0.002 секунд дуги в одному пікселі для камери ST-8 MXE та 0.948 ± 0.001 секунд дуги в одному пікселі для камери PL47-10 FLI.

Таблиця 2

Результати обрахунків даних спостережень

№	$\rho_{min}, ''$	t_{min}, UT	$\Delta\alpha \cos\delta, ''$	$\Delta\delta, ''$	$l_{min}, \text{км}$	$t_{0ef} - t_{0obs}, \text{с}$
1.	0.45 ± 0.04	$19^{\text{h}} 36^{\text{m}} 50.529 \pm 0.502$	0.19 ± 0.02	0.41 ± 0.03	635	9.3
2.	0.19 ± 0.04	$21 42 06 \pm 3$	0.12 ± 0.03	0.15 ± 0.03	308	-12.0
3.	0.68 ± 0.03	$21 48 34.09 \pm 0.03$	0.48 ± 0.02	0.48 ± 0.02	810	80
4.	0.60 ± 0.03	$23 44 22 \pm 2$	0.18 ± 0.01	-0.57 ± 0.03	714	-118
5.	0.45 ± 0.01	$19 40 17.7 \pm 0.4$	0.156 ± 0.004	-0.42 ± 0.01	612	-53.7
6.	0.22 ± 0.03	$01 35 19 \pm 9$	0.15 ± 0.02	-0.17 ± 0.02	476	35
7.	0.49 ± 0.09	$17 10 15 \pm 3$	0.11 ± 0.02	-0.48 ± 0.08	796	-9
8.	0.17 ± 0.02	$17 27 27.9 \pm 0.2$	-0.032 ± 0.003	-0.16 ± 0.02	326	-15.9
9.	0.29 ± 0.02	$18 17 07.2 \pm 0.2$	0.099 ± 0.007	-0.27 ± 0.02	754	-1.2
10.	$0.027 \pm .008$	$20 32 19.4 \pm 1.2$	0.025 ± 0.007	-0.010 ± 0.003	33	17
11.	0.23 ± 0.03	$19 00 12.04 \pm 0.07$	0.037 ± 0.005	-0.23 ± 0.03	570	-24.0
12.	0.45 ± 0.05	$21 37 20.2 \pm 0.2$	0.34 ± 0.04	-0.30 ± 0.04	600	-86.2
13.	0.63 ± 0.15	-	0.30 ± 0.07	-0.56 ± 0.14	1125	-
14.	0.41 ± 0.02	$20 23 08.52 \pm 0.01$	0.194 ± 0.009	-0.36 ± 0.02	967	3.5
15.	0.18 ± 0.01	$00 06 37.740 \pm 0.002$	0.17 ± 0.01	-0.024 ± 0.002	150	-1.4
16.	$0.047 \pm .005$	$19 53 21 \pm 1$	-0.028 ± 0.003	0.038 ± 0.004	80	146
17.	0.013 ± 0.011	$21 16 43.8 \pm 0.7$	-0.006 ± 0.005	0.012 ± 0.009	14	-49.8

Закінчення табл 2

№	$\rho_{\min}, ''$	t_{\min}, UT	$\Delta\alpha \cos \delta, ''$	$\Delta\delta, ''$	$l_{\min}, \text{км}$	$t_{0\text{ef}} - t_{0\text{obs}}, \text{с}$
18.	0.52 ± 0.03	00 50 44.4 ± 0.4	0.070 ± 0.005	-0.52 ± 0.03	1345	39.6
19.	0.323± 0.008	20 42 51 ± 5	-0.050 ± 0.001	-0.319±0.008	580	20
20.	0.920± 0.009	17 34 50 ± 1	0.0132±0.0001	-0.920±0.009	460	16
21.	0.28 ± 0.01	21 16 03.4 ± 0.6	-0.042 ± 0.002	-0.28 ± 0.01	396	14.6
22.	0.29 ± 0.02	22 22 21.3 ± 0.3	0.26 ± 0.01	-0.140±0.007	299	14.7
23.	0.067± 0.013	21 52 22.38 ± 0.02	0.0023± 0.0004	0.067 ± 0.013	64	55.6
24.	0.25 ± 0.02	23 36 10.44 ± 0.04	-0.016 ± 0.001	0.25 ± 0.02	502	19.6
25.	0.02 ± 0.03	01 30 31.75 ± 0.01	0.0001±0.0002	-0.023±0.032	39	4.2
26.	0.54 ± 0.02	21 04 16.68 ± 0.001	-0.185 ± 0.007	-0.51 ± 0.02	607	19.3
27.	0.009± 0.02	22 44 22.9 ± 0.3	0.0005± 0.001	-0.009 ± 0.02	17	31.1
28.	0.16 ± 0.02	17 22 53.02 ± 0.05	-0.041 ± 0.005	0.16 ± 0.02	303	67
29.	0.11 ± 0.03	00 06 52.9 ± 0.1	-0.048 ± 0.015	0.10 ± 0.03	135	157.1
30.	0.05 ± 0.01	20 26 26 ± 8	-0.016 ± 0.007	0.05 ± 0.02	66	4
31.	0.27 ± 0.02	18 51 34 ± 3	-0.048 ± 0.006	0.27 ± 0.04	520	-44
32.	0.19 ± 0.03	19 39 19.618 ± 0.002	-0.181 ± 0.027	0.048 ± 0.007	320	-44
33.	0.07 ± 0.02	23 50 17.04 ± 0.01	-0.018 ± 0.008	0.07 ± 0.03	110	-23
34.	0.36 ± 0.04	22 28 42 ± 35	-0.17 ± 0.02	0.32 ± 0.04	944	-30
35.	0.004 ± 0.029	17 21 29.7 ± 0.2	-0.001 ± 0.003	-0.004±0.028	14	-36

В табл.2, t_{\min} – момент часу, коли астероїд знаходився на мінімальній видимій відстані від зорі, $\Delta\alpha$ та $\Delta\delta$ – екваторіальні координати точки мінімальної видимої відстані астероїда відносно зорі, l_{\min} – обчислена за спостереженнями відстань від центру смуги покриття до спостерігача, $t_{0\text{ef}} - t_{0\text{obs}}$ – різниця моменту можливого покриття за ефемеридою та моменту найбільшого видимого зближення зірки та астероїда. Для обчислення t_{\min} , будувались графіки руху астероїдів відносно зірок, що покривались в кутовій мірі. Методом найменших квадратів вираховувалась видима швидкість руху астероїда відносно зірки, а потім по відомій відстані ρ_{\min} обчислювався час t_{\min} .

Проведено аналіз точності визначення ефемерид можливих явищ покриття зірок астероїдами за їх спостереженнями. По визначених нами мінімальних відстанях між центрами видимих дисків зірок, що покриваються, та астероїдами, таблиця 2, пораховано реальну відстань l_{\min} від центру смуги покриття до спостерігача, таблиця 2. В цій таблиці наведено також різницю між ефемеридним моментом можливого покриття та обчисленим нами на базі спостережень моментом найбільшого видимого зближення астероїда та зорі. На рис.1 наведено графік залежності найменшої видимої відстані між центрами зорі та астероїда l_{\min} від відстані пункту спостереження до центра смуги покриття l .

Висновки. Протягом 2008–2010 рр на замиській спостережній станції Астрономічної обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка було проведено 35 спостережень явищ можливих покриттів зірок астероїдами методом часової розгортки їхніх зображень. Результати спостережень були відіслані в EAON (European Asteroidal Occultation Network) та IOTA/ES (International Occultation Timing Association European Section). Отримані результати (див. табл. 2, рис.1) вказують на неточності каталогів зір або ефемерид астероїдів (або і те, і інше). Відтак, проведення спостережень явищ покриттів зірок астероїдами є доцільним з точки зору уточнення каталогів зір та елементів орбіт астероїдів. До того ж, вдале спостереження дає можливість оцінювати розміри астероїда.

1.Кравцов Ф.І., Лук'яник І.В. Спостереження покриттів зір астероїдами методом часової розгортки їхніх зображень. // Кинематика і фізика небесних тел. – 2008. – Т.24, №4. – С.291–298. 2.Кравцов Ф.І., Лук'яник І.В. Спостереження покриттів зірок астероїдами за допомогою ПЗЗ–камери у 2005–2007 роках. // Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія. – 2009. – Вип. 45. – С.55–60.