

РЕСУРС УКРВО ДЛЯ ЗАДАЧ ПОШУКУ, ПЕРЕВІДКРИТТЯ ТА УТОЧНЕННЯ ОРБІТ АСТЕРОЇДІВ

Ядром Української віртуальної обсерваторії (УкрВО) є об'єднаний цифровий архів спостережень, проведених упродовж ХХ ст. в обсерваторіях України. За даними результатів сканувань та обробки декількох тисяч платівок спостережних програм ФОН, ОРБІТА отримано понад 150 положень і зоряних величин астероїдів. Розроблена і впроваджена в ГАО НАН України технологія обробки цифрових зображень дозволяє одержати високу точність результатів. Попередній аналіз отриманих даних вказує на доцільність використання фотографічних спостережень минулих 1950–1990 років.

Ключові слова: УкрВО, малі планети

Вступ. У ГАО НАН України розроблена методика опрацювання оцифрованих зображень [1; 2; 4; 8; 10; 18; 24] і накопичений великий досвід використання Об'єднаного Цифрового Архіву УкрВО [3, 20, 25]. Фотографічні спостереження минулих періодів ХХ ст. залишаються важливим джерелом інформації про малі тіла Сонячної системи для заповнення положеннями їх ранніх опозицій та фотометричних оцінок блиску в міжнародних базах даних. Сучасний підхід до переопрацювання ранніх спостережень з використанням нових цифрових технологій вимірювань і обробки забезпечує досить високу точність положень [5; 6; 9; 10; 11; 14; 23]. Це може бути ефективним особливо для мало-спостережуваних у ті часи астероїдів, або тих, що відкриті значно пізніше і фотографічні платівки для яких – єдине джерело інформації у попередній до моменту відкриття час.

Результати та їх аналіз. Наразі закінчена цифрова обробка фотографічних платівок програми Фотографічного Огляду Неба (ФОН), за матеріалами якої складено каталог зір північної небесної півкулі. У [7] детально наведено опис методики, отримані результати, внутрішню і зовнішню точність положень та В-величин зір. Під час редуційної обробки цифрових зображень платівок каталог зірок Tycho-2 використано в якості опорного.

Результати обробки 93 платівок 8 зони ФОН ($\alpha = 0^h \div 24^h$, $\delta = +4^\circ \div +12^\circ$) використані для масового пошуку астероїдів. Астероїди ідентифіковані на 66 платівках. Для цих платівок середня квадратична похибка редуції одного положення становить 0.097 і 0.093 arcsec по прямому сходженню і схиленню відповідно, а по зоряній величині 130. На сканах ідентифіковано 130 астероїдів, 157 астрометричних положень і В-величин яких зібрано в каталог. Отримані всі астероїди із зоряною величиною від $7.^m8$ до $15.^m7$, що відображено їх розподілом по зоряних величинах на рис. 1. За середній час експозиції 20 хв для платівок ФОН можна стабільно отримати всі астероїди до $14.^m3$ зоряної величини. Слабкішу решту із зазначених на рисунку можна ідентифікувати тільки за сприятливих обставин, таких як найкращі умови спостереження, відносно незначний рух астероїда за експонований час та інші. Зазвичай усі ідентифіковані астероїди належать до Main belt. Виключення становлять тільки 748 і 2204, що належать до сімейств Hilda і Mars crosser.

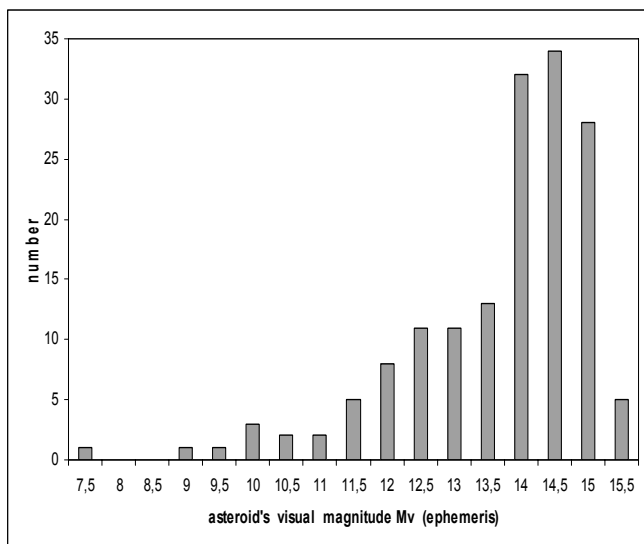


Рис. 1. Розподіл астероїдів по зоряних величинах

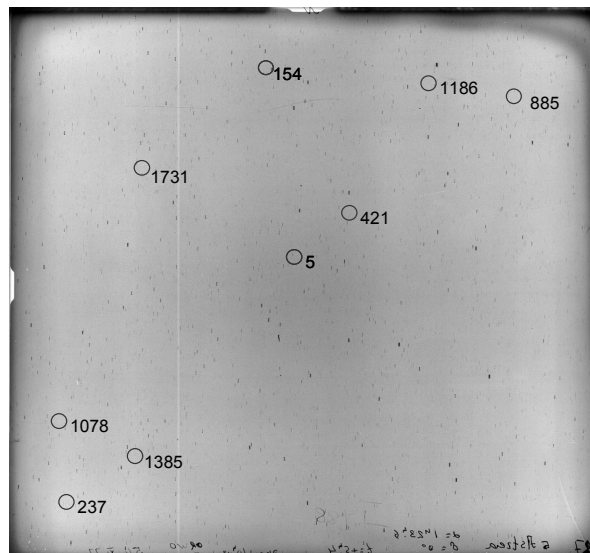


Рис. 2. Малі планети на платівці GUA040C000887B

На платівках, отриманих за іншими, ніж ФОН, програмами, є також велика кількість різноманітних астероїдів. Проте виділити спостережний ряд певного астероїда не завжди можливо. Зображення платівки, отриманої за програмою спостережень малих планет методом Блажко показано на рис. 2. Дев'ять астероїдів із візуальною зоряною величиною від $10.^m7$ до $15.^m0$, які позначені на рис. 2 – ідентифіковано, для них отримано точні положення.

Виконано порівняння всіх положень астероїдів з ефемеридою JPL(14-106) DE431 [17], отримані значення різниць (O-C) і B-Mv, де Mv – приблизна ефемеридна візуальна зоряна величина астероїда. Розподіл (O-C) і B-Mv залежно від зоряної величини і альбедо астероїда наведено на рис. 3, 4. Відмітимо, що частково розкид (O-C) астероїдів може бути наслідком застосування різних ефемерид для них. На рис. 4а залежність B-Mv від зоряної величини представлена для всіх отриманих 157 астероїдів. На рис. 4б додатково відображені вибрані нами з даних JPL і MPC значення показника кольору B-V для 82 астероїдів, що найбільш достовірно визначені. Кількість наших даних вибрана відповідною для порівняння. Обидва рисунки демонструють пониження значення показника кольору для низькоальбедних астероїдів. Для астероїдів з альбедо меншим ніж 0.07 ці значення найменші. Таким астероїдам відповідає значна їх частина від 11 до 15 зоряної величини.

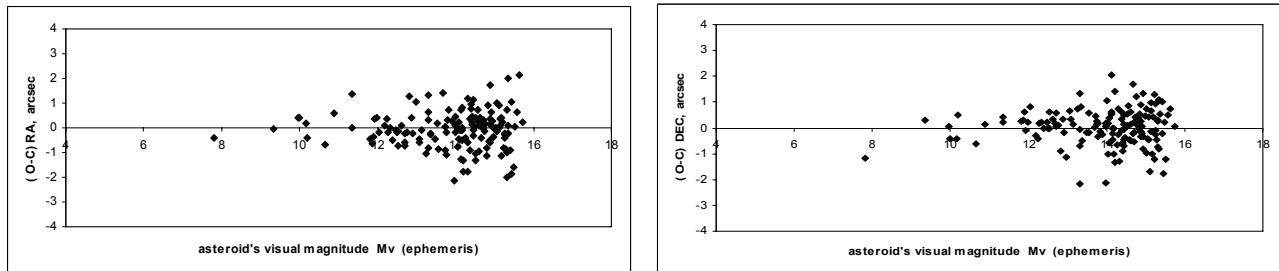


Рис. 3. Розкид отриманих різниць (O-C)_α, (O-C)_δ за зоряною величиною Mv астероїда

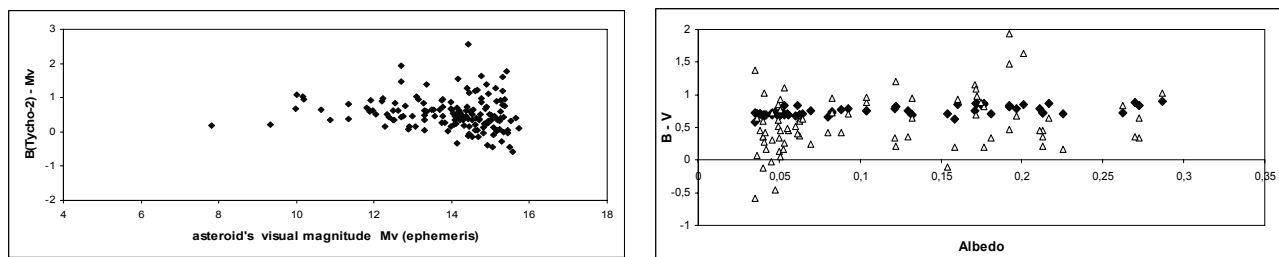


Рис. 4 а), б). Розподіл різниць показників кольору B-Mv за зоряною величиною Mv і альбедо астероїда

У каталозі містяться поодинокі зображення астероїдів. Знайдена невелика кількість двох-трьох положень для окремих 24 астероїдів. Від платівки до платівки для одного й того самого астероїда помітні значні зміни O-C, що не може бути наслідком порівняння з ефемеридою. Причини цього мають бути досліджені.

Серед усієї кількості отриманих астероїдів є такі, що спостерігались в часи, які передували моменту їх відкриття. Це – астероїди 14691 і 6475. Окрім них, є спостереження, які виконані поблизу років відкриття астероїда або в той проміжок часу, де недостатня кількість спостережень за даними MPC [19]. Це – астероїди 3767, 3509, 1817, 5363, 3478. Розподіл всіх наявних в світі спостережень астероїдів 14691 і 6475 за даними MPC, наведено на рис. 5, де схематично відображені також наші спостереження. Отримані екваторіальні координати і B-величини для цих семи астероїдів, а також різниці (O-C) після порівняння з ефемеридою наведені в табл. 1. Для кожного з них за архівами даних УкрВО і обсерваторії в Балдоне (Латвійський університет) виконано пошук можливих їх інших спостережень. Знайдено кілька десятків платівок, що відповідають одночасно моменту, місцезнаходженню на платівці і прийнятній для телескопа зоряній величині астероїда. На даний момент проаналізовані результати чотирьох вже відсканованих і опрацьованих платівок (№ 1134, 1443, 1453, 1749) для інших зон ФОНу.

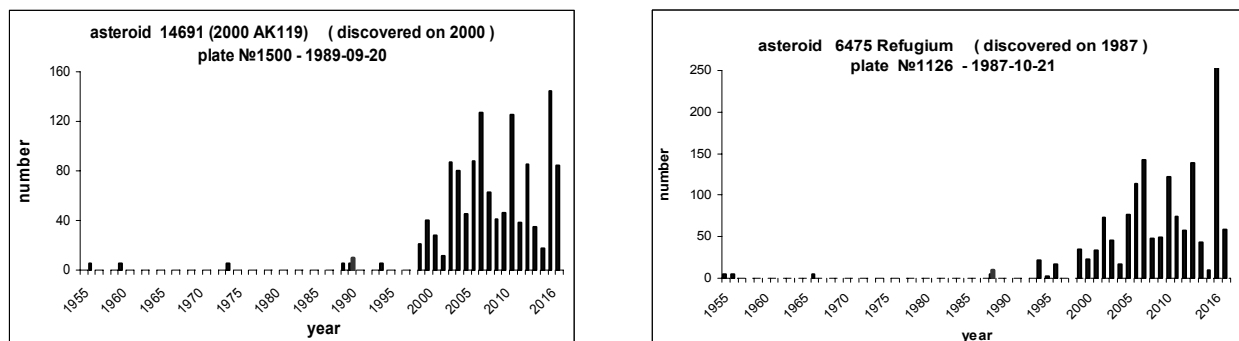


Рис. 5. Розподіл всіх наявних в MPC світових спостережень астероїдів 14691 і 6475 за часом

На жаль, вказані вище астероїди досить слабкі, і на знайдених платівках ФОНу не виявлені внаслідок недостатньої проникної здатності останніх. Можливо, решта зі знайдених платівок із більшою експозицією матиме такі зображення. Подібна робота була успішно відпрацьована під час обробки всіх спостережень Плутона в архівах УкрВО і обсерваторії в Балдоне [13].

Таблиця 1

Окремі астероїди, спостереження яких відбулося до або поблизу моменту їх відкриття

№ plate	UTC	Asteroid	RA	DEC	B (Tycho-2)	(O-C) _a *cosδ, arcsec	(O-C) _b , arcsec	B – Mv
1126	1987-10-21.792517	6475	225928.789	+074648.932	15.661	-0.41	-0.10	0.40
1500	1989-09-20.831430	14691	213153.404	+051221.230	15.767	0.11	-0.80	0.43
1522	1989-10-26.857446	5363	010859.721	+111206.804	15.539	-0.54	-0.32	0.67
1586	1990-02-23.108033	3767	142439.044	+044817.322	16.517	-0.98	0.28	1.21
1646	1990-05-30.881617	1817	153141.792	+081952.504	13.806	1.34	1.33	0.50
1682	1990-07-22.969889	3509	211833.902	+071103.564	15.862	-0.22	0.95	0.60
2033	1992-09-27.027028	3478	030729.902	+101914.612	16.051	0.10	0.66	0.90

Висновки. Опрацювання оцифрованих фотографічних платівок попередніх років розширює діапазон спостережних даних, дає можливість підвищити точність отриманих результатів з урахуванням нових даних та методик обробки. Отримані в процесі ідентифікації поодинокі положення астероїдів зможуть поповнити кожну окрему їх опозицію в міжнародних банках даних, але сама кількість їх недостатня для корекції руху астероїдів та інших небесномеханічних задач. Вибрані із загальної кількості малоспостережувані і так звані *перевідкриті* астероїди мають більшу цінність. Отримані нами положення астероїдів не можуть конкурувати за першість серед всіх відомих світовій спільноті, як спостереження з 1.2-м телескопа Шмідта обсерваторії в Балдоне, де виявлені [12] унікальні 1973–1974 р. зображення деяких астероїдів до 17.^m1 зоряної величини. Але вони мають високу точність, а наявність спостережень з 1949 р. в цифрових архівах JDA UkrVO дозволяє вибрати і визначити унікальні й доцільні для обробки й використання об'єкти. Ряд сучасних результатів і попередніх обробок окремих платівок з астероїдами [12; 20; 26] ГАО НАН України і обсерваторії в Балдоне дозволяють зробити висновки про доцільність використання ранніх фотографічних спостережень 1950–1980 р. із колекції UkrVO для вирішення задач корекції руху астероїдів та їх перевідкриття.

Список використаних джерел

1. Andruk V. A trial Microtek scan maker application for star photometry / V. Andruk, L. Pakuliak (in ukr.: Андрук В. Дослідження можливості використання сканерів Microtek для фотометрії зір / В. Андрук, Л. Пакуляк) // J. of Phys. Studies, 2007. Vol. 11. № 3. – P. 329–333.
2. Andruk V. M. Photometry of plates digitized using Microtek ScanMaker 9800xl TMA scanner / V. M. Andruk, G. Z. Butenko, A. I. Yatsenko // KPCB, 2010. – Vol. 26, № 3. – P. 146–150.
3. Astroinformation resource of the Ukrainian virtual observatory: Joint observational data archive, scientific tasks, and software / I. B. Vavilova et al. // KPCB, 2012. – Vol. 28, № 2. – P. 85–102.
4. Astrometry of PSA plates digitalized by two kinds of scanners. Separation of images of the stars from two exposures / V. Andruk, G. Ivanov, A. Yatsenko et al. (in ukr.: Астрометрія платівок ДША, оцифрованих двома типами сканерів. Розділення зображень зір двох експозицій / В. Андрук, Г. Іванов, А. Яценко та ін.) // KNUB. Astronomy, 2012. – № 48 – P. 11–13.
5. Golovnia V. Astrometry of the plates of the DWA digitized with the Microtek scanmaker 9800XL TMA / V. Golovnia, V. Andruk, A. Yatsenko (in ukr.: Головня В. Астрометрія платівок ПША, оцифрованих сканером MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA / В. Головня, В. Андрук, А. Яценко) // J. of Phys. Studies, 2010. – Vol. 14, № 2. – P. 1–8.
6. Catalog of positions and B-magnitudes of stars in the circumpolar region of the Northern Sky Survey (FON) project / V. M. Andruk et al. // KPCB, 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 38–47.
7. Catalog of equatorial coordinates and B-magnitudes of stars of the FON project / V. M. Andruk et al. // KPCB, 2016. – Vol. 32. № 5. – P. 260–263.
8. On application of a scanner for determination of coordinates and photometric characteristics of stars from the FON program plates / V. M. Andruk, G. A. Ivanov, M. T. Pogoreltsev, A. I. Yatsenko (in rus.: Об использовании сканера для определения координат и фотометрии звезд на пластинках программы ФОН / В. Н. Андрук, Г. А. Иванов, М. Т. Погорельцев, А. И. Яценко) // KFNT, 2005. – Vol. 21, № 5. – P. 396–400.
9. Processing results of digitized photographic observations of Pluto from the collections of the Ukrainian Virtual Observatory / L. V. Kazantseva et al. // KPCB, 2015. – Vol. 31. – № 1. – P. 37–54.
10. Scanning results of images of the 60th declination zone of the FON project. Measurement reduction methods and characterization of the output catalog A. I. Yatsenko et al. // KPCB, 2011. – Vol. 27, № 5. – id. 249.
11. Andruk V.M., Pakuliak L.K., Golovnia V.V. et al. // 2015, arxiv.org/abs/1512.05535.
12. Asteroids from digitized processing of photographic observations in Baldone / I. Eglitis., M. Eglite, S. V. Shatokhina, V. M. Andruk, Yu. I. Protsyuk // Book of Abstr. "AstroPlate", Prague, March 14–18, 2016. – P. 41 [http://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/discrete/AstroPlate-2016_020.jpg].
13. Astrometric and photometric processing of Pluto digitized photographic observations during 1961 to 1996 / I. Eglitis., M. Eglite, L. V. Kazantseva et al. // Book of Abstr. "AstroPlate", Prague, March 14–18, 2016. – P. 40 [http://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/discrete/AstroPlate-2016_020.jpg].
14. Golovnia V. Digital Archive of UkrVO The Positional Accuracy of Minor Planets Determinations / V. Golovnia, V. Andruk // Odessa Astron. Publ., 2013. – Vol. 26, Is. 2. – P. 226–228.
15. Catalog of positions and B-magnitudes of stars in the circumpolar region of Northern Sky Survey (FON) project / V. M. Andruk, L. K. Pakuliak, V. V. Golovnia et al. // Odessa Astron. Publ., 2015. – Vol. 28, № 2. – P. 192–195.
16. Compilation of catalog of stellar equatorial coordinates and B-magnitudes using UkrVO plate database / V. M. Andruk, V. V. Golovnia, G. A. Ivanov et al. // Odessa Astron. Publ., 2014. – Vol. 27, N 1. – P. 53–54.
17. Jon. Giorgini HORIZONS [Web-Interface http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi].
18. Method for evaluating the astrometric and photometric characteristics of commercial scanners in their application for the scientific purpose / Yu. I. Protsyuk, V. N. Andruk, M. M. Muminov et al. // Odessa Astron. Publ., 2014. – Vol. 27, N 1. – P. 61–62.
19. Minor Planet Center Web-Interface [http://www.minorplanetcenter.net/db_search].
20. Observations in the Past of Solar System Bodies with MAO NANU Plate Archives / T. P. Sergeeva, V. V. Golovnia, E. M. Yizhakevych et al. ; eds. M. Tsvetkov, V. Golev, F. Murtagh & R. Molina. – Sofia :Towards the WFPDB Integration VIRTUAL OBSERVATORY: Plate Content Digitization, Archive Mining and Image Sequence Proc., 2006. – P. 161–166.
21. Results of processing of astronegatives with commercial scanner / Yu. Protsyuk, O. E. Kovylianska, S. V. Protsyuk, V. M. Andruk // Odessa Astron. Publ., 2014. – Vol. 27, N 1. – P. 63–64.
22. Sergeeva T. MAO NAS of Ukraine Plate Archive: "Observations in the Past" of Minor Planets / T. Sergeeva, V. Golovnia, A. Sergeev // Kinematics and physics of celestial bodies, Suppl., 2005. – N 5. – P. 577.
23. Shatokhina S. Finding of the observations of external planets' satellites using Plate Archive. First results / S. Shatokhina, E. Yizhakevych // Kinematics and physics of celestial bodies, Suppl., 2005. – N 5. – P. 570.
24. Software for processing of digitized astronegatives from archives and Databases of Virtual Observatory / Yu. I. Protsyuk, V. M. Andruk, L. V. Kazantseva // Odessa Astron. Publ., 2014. – Vol. 27, N 1. – P. 59–60.
25. UkrVO Joint Digitized Archive and Scientific Prospects / I. B. Vavilova, L. K. Pakuliak, Yu. I. Protsyuk et al. // Baltic Astronomy, 2012. – Vol. 21, N 3. – P. 356–365.
26. Wide field plate archive of MAO NAS of Ukraine: electronic plate collection / T. P. Sergeeva, A. V. Sergeev, L. K. Pakulyak, V. V. Golovnia // Baltic Astronomy, 2004. – Vol. 13.