**Опыт поиска астероидов методом синтетического трекинга**

***Назаров С.В.1***

***Чернышёв А.С.2***

1*Крымская астрофизическая обсерватория РАН*

*2АО «Нева Электроника»*

*astrotourist@gmail.com*

Изобретение цифровых приёмников и ввод в строй поисковых телескопов-роботов кардинально увеличили количество открытых малых тел Солнечной системы. Но многие остаются необнаруженными и неисследованными в силу малого размера и зачастую большой скорости. С целью наблюдения таких тел разработан метод синтетического трекинга, суть которого в сложении серии снимков с короткими экспозициями со сдвигом в направлении предполагаемого движения малой планеты. Увеличение количества сложенных кадров повышает соотношение сигнал к шуму (SNR). Первое применение такого способа на практике представлено в публикации [1]. Выдержка подбирается так, чтобы накопить побольше света и сохранить резкое изображение. Это компромисс между желанием зафиксировать как можно более слабые и быстрые тела.

Мы разработали собственное программное обеспечение (ПО) в среде Matlab, позволяющее автоматически обнаруживать объекты методом синтетического трекинга.

Ключевая часть работы — это многократное суммирование кадров со сдвигом по скорости. Перебираются возможные скорости движения объектов в заданном диапазоне. В каждом суммированном кадре пороговым способом определяются вероятные объекты.

Основная часть вычислений проводятся на GPU, что значительно снижает временные затраты. Обработка 100 изображений разрешением 60 Мп занимает 10 часов при поисковом радиусе 25 ”/час. Обнаружение околоземных астероидов требует подбора широкого диапазона скоростей, поэтому шаг перебора берётся крупнее для экономии времени. Точка отсчёта - средняя скорость главного пояса астероидов 33 ”/час. Дальнейший перебор идёт по спирали на графике скорость-направление.

По каждому потенциальному объекту повторно делается суммирование. Теперь скорости подбираются с переменным шагом для поиска максимума яркости. Далее определяются координаты и блеск. Для астрометрической и фотометрической редукции используется библиотека MATLAB Astronomy and Astrophysics Toolbox (MAAT) и каталог UCAC4.

 Выявленные кандидаты проверяются на известность онлайн-сервисом MPChecker Minor Planet Center (MPC). Измеренные параметры записываются в файл в формате MPC. Для контроля делаются суммы по 30% кадров, дающее три изображения для визуального блинкования. Программа позволяет прогнозировать положение астероида на следующие ночи для сопровождения. Этапы от калибровки до проверки результата выполняются в пакетном режиме. В целом алгоритм близок к описанному в статье [2].

Применение нашего ПО на 350 мм телескопе «Синтез» в Крымской астрофизической обсерватории позволило обнаружить за два года 400 неизвестных астероидов, среди которых троянец Юпитера и околоземный астероид из семейства Amor. Один объект относится к семейству Hungaria, остальные принадлежат главному поясу. Самый быстрый носит обозначение 2022 YT10, на момент открытия он смещался на 85.3 " в час. В нескольких случаях наблюдения на «Синтезе» стали ключевыми для определения параметров орбит, например, 2022 FA9 и 2022 EL15 [3].

**Литература**

 *[1] Tyson J. A., Guhathakurta P., et. al. Limits on the Surface Density of Faint Kuiper Belt Objects // American Astronomical Society Meeting Abstracts: American Astronomical Society Meeting Abstracts. — 1992. — Vol. 181. — P. 06.10.*

*[2] Heinze A. N., Trollo Joseph, Metchev Stanimir. The Flux Distribution and Sky Density of 25th Magnitude Main Belt Asteroids // Astron. J. — 2019 — Vol. 158, № 6 — P. 232 1910.13015.*

*[3] Назаров, С. В. Модернизация телескопа "Синтез" в Крымской астрофизической обсерватории // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2022. – № 4. – С. 2240204. – EDN MLMVSI.*