

Коуровская астрономическая обсерватория УрФУ

ASTROKIT. РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

А. Ю. Бурданов¹, В. В. Крушинский²

Екатеринбург 2014

ВВЕДЕНИЕ

Данный документ представляет собой подробное руководство по использованию программы Astrokit. Основная цель программы – постобработка длинных рядов фотометрических данных, полученных в пакете IRAF. Описание алгоритмов работы Astrokit представлено во [3-м номере 69-го тома журнала "Astrophysical Bulletin"](#), а также доступно на веб-сайте Коуровской обсерватории УрФУ по адресу http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/astrokit_paper.pdf.

УСТАНОВКА ПРОГРАММЫ

Для компиляции Astrokit на ОС Linux необходим дистрибутив программы, доступный по адресу <http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/astrokit.gz>. Также необходимо наличие g++ (GNU C++) – свободно распространяемого компилятора языка C++. Ниже представлен пример установки Astrokit версии 1.5 в терминале на ОС типа Debian GNU/Linux:

```
bu@bu-S540:~$ mkdir Astrokit
bu@bu-S540:~$ cd Astrokit
bu@bu-S540:~$ wget http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/astrokit.gz
bu@bu-S540:~$ gunzip astrokit.gz
bu@bu-S540:~$ g++ -o astrokit astrokit*.cpp
bu@bu-S540:~$ chmod a+x astrokit
bu@bu-S540:~$ sudo cp astrokit /usr/local/bin
```

¹burdanov.art@gmail.com

²krussh@gmail.com

ЗАПУСК И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ

Поскольку исполняемый файл *Astrokit* находится в директории `/usr/local/bin`, то программа может запускаться из любой директории путем выполнения команды *astrokit*:

```
bu@bu-S540:~/Data/test astrokit
```

Для корректной работы программы входные данные должны содержаться в двух файлах: файле фотометрии и координатном файле.

Файл фотометрии (*outfile*) формируется командой *pdump* в пакете *IRAF/apphot*. В файл необходимо вывести следующие столбцы: *ID*, *FLUX*, *AREA*, *SUM*, *NSKY*, *MSKY*, *ITIME*:

```
apphot> pdump @list "ID,FLUX,AREA,SUM,NSKY,MSKY,ITIME" > outfile
```

В координатном файле (*coo*) необходимо иметь 3 столбца, разделенных символом табулирования:

- *RA* (прямое восхождение в градусах);
- *DEC* (склонение в градусах);
- *ID* (порядковый номер звезды);

Дополнительно может быть столбец с показателем цвета для каждой звезды *CI*, но он не обязателен. Порядок следования столбцов не важен. Данный файл удобно создавать с помощью программы *Aladin*.

Примеры входных файлов находятся на веб-сайте Коуровской астрономической обсерватории по адресу <http://astro.ins.uafu.ru/sites/default/files/data.zip>

Запустив *Astrokit*:

1. Введите коэффициент усиления ПЗС в *e/ADU*:

Enter CCD gain in e/ADU: 1.5

2. Введите шум считывания ПЗС в e/px:

Enter CCD readout noise in e/px: 10.5

3. Укажите имя файла с результатами фотометрической обработки из пакета IRAF:

Enter name of input photometry file: outfile

В случае отсутствия файла с заданным именем в рабочей директории в терминал выводится сообщения об ошибке: "ERROR: can't open photometry file".

4. После считывания файла выводится информация о количестве кадров и звезд.

5. Укажите имя файла с координатами:

Enter name of coordinate file: coo

В случае отсутствия файла с заданным именем в директории с запущенной программой в терминал выводится сообщения об ошибке: "ERROR: can't open coordinate file".

5.1 Укажите порядковый номер столбца с прямым восхождением:

Enter number of column with RA: 1

5.2 Укажите порядковый номер столбца со склонением:

Enter number of column with DEC: 2

5.3 Укажите порядковый номер столбца с порядковыми номерами звезд:

Enter number of column with ID: 3

5.4 Если есть столбец с показателем цвета и необходимо его учитывать, то выбираем "y" в вопросе "Do you want to add color index (y or n)? " Затем указываем его порядковый номер. В нашем случае этого столбца нет.

Примечания:

– количество звезд, для которых выполнена фотометрическая обработка, должно совпадать с количеством звезд, указанном в файле с координатами; Если это условие не выполнено (количество звезд действительно разное или в конце координатного файла есть пустые строки), то выводится сообщение об ошибке: "ERROR: number of stars in the coordinate file and in the photometry file is not equal. Please check format of files!".

– в случае, если ID одной и той же звезды различаются в файле фотометрии и в координатном файле, то в терминал выводится сообщение об ошибке: "ERROR: ID = 11 in the photometry file on frame #1 is not equal to ID 121 in the coordinate file";

6. Далее, предлагается проверить правильность считывания входных данных. Настоятельно рекомендуется не пропускать данный этап при первом знакомстве с работой программы. В терминал выводится часть файла фотометрии (информация для 1-го кадра) и координатный файл.

7. Введите устраивающее вас соотношение плохих звезд к общему числу звезд на кадре:

Enter ratio of bad stars in the frame to mark the frame as bad

Под плохими звездами понимаются звезды, у которых стандартное отклонение звездной величины больше 1 или средняя ошибка меньше 0.002 звездной величины.

Если соотношение плохих звезд к общему числу звезд на конкретном кадре будет больше, чем указанное вами соотношение, то подобный кадр будет помечен плохими. Такие кадры не будут поступать в дальнейшую обработку.

Пример:

– будем считать кадр плохим, если на нем более 35% плохих звезд

Enter ratio of bad stars in the frame to mark the frame as bad (bad stars / all stars = 0.1, 0.5, etc): 0.35

All frames are good!

– будем считать кадр плохим, если на нем более 1% плохих звезд. Данное условие является достаточно жестким, поэтому многие кадры ему не удовлетворяют и будут отмечены как плохие.

Enter ratio of bad stars in the frame to mark the frame as bad (bad stars / all stars = 0.1, 0.5, etc): 0.01

2 bad stars from 56 on frame #67; Frame is marked as bad

2 bad stars from 56 on frame #68; Frame is marked as bad

2 bad stars from 56 on frame #69; Frame is marked as bad

2 bad stars from 56 on frame #70; Frame is marked as bad

8. В терминал выводится информация о минимальных и максимальных значениях координат звезд (RA и DEC), размерах обрабатываемой площадки (в угловых минутах) и центра площадки.

Пример:

RA maximum (h:m:s) = 03:12:7.0

RA minimum (h:m:s) = 03:07:44.0

approximate width on RA (arcminutes) = 56.6484

DEC maximum (d:m:s) = 31:03:31.0

DEC minimum (d:m:s) = 30:04:27.0

approximate width on DEC (arcminutes) = 59.0619

center of area:

RA (h:m:s) = 03:09:55.0

DEC (d:m:s) = 30:33:59.0

9. В программе существует возможность использования простейшей трехточечной медианной фильтрации данных (*Use median filtering? (y/n)*). Для этого необходимо ответить "y".

10. Для исправления данных за неравномерность прозрачности атмосферы для каждой звезды формируется свой ансамбль опорных звезд, с помощью которого и происходит исправление инструментальных звездных величин звезд.

10.1 Необходимо задать начальный радиус области, в которой будет происходить поиск опорных звезд для ансамбля.

Enter initial distance in arcminutes for stars to align (recommended 5 arcmin): 5

Рекомендуемое значение – 5 угловых минут.

10.2 Помимо условия геометрической близости, для опорных звезд ансамбля вводится ограничение на отличие их блеска от блеска выравниваемой звезды.

Enter max magnitude difference for stars to align (recommended 2 mag): 2

Рекомендуемое значение – 2 звездные величины. Чем меньше разница звездных величин, тем меньше звезд попадет в ансамбль.

10.3 Если в наборе входных данных имеются значения показателей цвета, то предлагается ввести ограничение на различие показателей цвета выравниваемой звезды и опорных звезд. Важно, чтобы показатели цвета были в одной системе для всех звезд в списке.

11. После первичного формирования ансамбля вычисляется величина стандартного отклонения для всех опорных звезд и находится ее наибольшее значение. Если оно

более чем в σ раз превышает среднюю по всем кадрам теоретическую ошибку фотометрии, то звезда удаляется из ансамбля опорных звезд и процедурам выравнивания повторяется.

Enter sigma criteria (magnitude stdv/theoretical error; recommended 2): 2

Если после удаления звезд с большим стандартным отклонением, в ансамбле опорных звезд меньше 10 звезд, то увеличивается область поиска опорных звезд на 5 угловых минут и все шаги повторяются снова. Таким образом, выравнивание представляет собой итеративный процесс, который будет выполняться до тех пор, пока в ансамбле не будет больше 9 звезд или пока область поиска не увеличится до 30 минут. Во время выравнивания в терминал выводится ID звезды, для которой выполняется процедура.

12. На этом этапе начинается поиск переменных объектов. Для каждой звезды вычисляется коэффициент RoMS (Robust Median Statistics). Звезды с RoMS больше значения, введенного пользователем, то они считаются кандидатами в переменные звезды.

Enter ROMS criteria for variable stars (recommended 1-3): 1

Рекомендуемое значение – 1

13. В конце работы программы в терминал выводится информация о количестве найденных переменных звезд (variable stars), постоянных звезд (constant stars) и звезд, классифицированных как плохие (bad stars).

Total number of stars = 2837

bad stars = 80 (2.8%)

variable stars = 151 (5.3%)

constant stars = 2606 (91.9%)

14. В директории, где была запущена программа Astrokit для выходных файлов создается отдельная директория (ее название - координаты центра обрабатываемой площадки), в которую помещаются следующие файлы:

clear_mag_all – файл с исправленными значениями звездных величин для каждой звезды на каждом кадре. В шапке файла – порядковый номер звезды. В файле может содержаться не более 256 звезд. Если звезд больше, то создаются дополнительные файлы.

raw_mag_all – файл с *исходными* значениями звездных величин для каждой звезды на каждом кадре.

clear_mag_var – файл с исправленными значениями звездных величин только переменных звезд.

err_all – в данном файле содержится:

- идентификационный номер звезды (ID);
- средняя звездная величина звезды (mean_mag);
- количество звезд в ансамбле, который использовался для выравнивания (ens_star);
- расстояние от звезды (в угловых минутах), в радиусе которого были найдены звезды для ансамбля (dist);
- стандартное отклонение звезды в звездных величинах (stdv);
- теоретическую ошибку измерения блеска (mean_err)
- значение коэффициента RoMS (RoMS);
- координаты звезды (RA(deg), DEC(deg), RA(h:m:s), DEC(d:m:s)).

raw_err_all - в данном файле содержатся исходные данные (до процесса выравнивания):

- идентификационный номер звезды (ID);
- средняя звездная величина звезды (mean_mag);
- стандартное отклонение звезды в звездных величинах (stdv);
- теоретическую ошибку измерения блеска (mean_err)
- координаты звезды (RA(deg), DEC(deg), RA(h:m:s), DEC(d:m:s)).