

Описание программы CRAB

(первоначально программа предназначалась для тайминга и обработки КЧД данных по пульсару в Крабе)

Программа предназначена для работы с изображениями, полученными на КЧД, особенностью которых является регистрация времени прихода каждого фотона. В мире существуют и другие программы как для тайминга пульсаров, так и для работы с подобными изображениями. Эта программа написана на Си и использует библиотеку LIBSX. Для запуска требуется файл инициализации crab.pol. Туда-же осуществляется и вывод.

Данные для ввода и выходные организованы в так называемом .psr формате - ASCII, 4 поля в строке: [TOA (time of arrival of photon) double float] [sign of photon (1, но после некоторых процедур в выходном файле sign of photon может быть дробным)] [x] [y] Между строчками допустимы комментарии после #, без пробела, с общей длиной (с #) не более 80 символов. Первая строка - без комментариев.

Можно загружать также панорамные и векторные *.fts файлы.

Далее, в этом описании, функциональные клавиши клавиатуры и окна программы обрамлены скобками <>. Параметры программы, в том числе имена файлов, которые редактируются или в <Edit>, или после вызова функции программы, отмечены (*).

Имеется вывод контрольной информации на дисплэй и в "Log file" (*).

Обычно режим действия функциональной клавиши клавиатуры продолжается пока не нажата другая клавиша, чтобы отменить ее нужно нажать любую другую (не функциональную, напр. space).

Программа и некоторые процедуры имеют редактируемые через соответствующие меню параметры, которые обычно уже имеют оптимальные значения (по умолчанию).

I. Функциональные клавиши

<?> Вызов этого описания

<a> Запомнить центр текущей апертуры: отмеченный мышкой пиксел, или центр масс изображения (дробная величина пиксела) - если <a> непосредственно после <f>. Заметим, что по <f> отмеченный мышкой центр изменяется к целочисленным значениям пиксела, ближайшего к центру масс, что можно использовать для более точного определения репера для записи по <w> в .str файл. Отмеченные центры образуют набор, который может быть использован в <Deconv>, <Im fit>, фотометрировании по <f> и (последние учитывают только 1 апертуру).

<A> Очистить память о выделенных по <a> апертурах.

Создать квадратную апертуру: центр отмечается мышкой, далее, с нажатой клавишей мышки, передвигают курсор на расстояние нужного

размера апертуры, где отпускают клавишу. Процедура повторяется до достижения нужного результата.

<c>Кросс-корреляция двух векторов, загруженных последовательно. Второй вектор сдвигается к первому на сдвиг, найденный по части профиля, указанной в параметре Band of phase curve for fit (*) в <Edit>: по всему профилю - 0, по главному пульсу - 1, по его переднему фронту - 2, заднему фронту - 3 и по вторичному пульсу - 4. Перед этим должны быть определены границы фазовых интервалов: выполнить <Prof> после загрузки 1-го вектора. Сдвинутый 2-ой вектор запоминается в vect.fts.

<d>Создать круглую апертуру, действие аналогично квадратной апертуре. Aperture radius (*) редактируется.

<f>В апертуре определяются: центр тяжести изображения (см. также <a> и <w>), его FWHM, потоки фона и объекта. Однако для фотометрирования используется апертура с первоначально определенным мышкой центром. Поэтому для более точных потоков следует делать измерения по уточненной апертуре, используя значения центра изображения предыдущего измерения. Если плоское поле активизировано (= загружаемые изображения сразу корректируются за FF - см. FField), то ошибки фотометрии рассчитываются с учетом FF. В ошибку потока от объекта входит оценка пуассоновской ошибки от подложки, полученная по кольцевой апертуре.

Средний фон и его rms рассчитываются двумя способами: а) в кольцевой апертуре (с inner sky radius (*) и outer sky radius (*)) и б) по выборке участков изображения вокруг объекта, площадью

равной площади центральной апертуры, равномерно расположенных по окружности снаружи от внутреннего радиуса кольцевой апертуры.

Среднее фона в кольцевой апертуре определяется по данным в интервале ± 4 rms около средней величины (т.е. в две итерации).

Из фонового кольца можно исключить некоторый участок при оценке фона (например если он отягощен вкладом от соседней звезды или чем-то плох): перед процедурой нужно отметить (кликая мышкой после <d>) центр соседней звезды, запомнить (нажатием <a> после <f>) - все пиксели в данном кольце на расстоянии от соседней звезды меньшем внутреннего радиуса кольца будут игнорироваться.

Результат вычитания фона из исходного изображения выводится в файл sub.fts, а вычитаемый фон в div.fts.

Если была обозначена квадратная апертура, то результатом операции будет только суммарный поток и средний на пиксел.

Также см. ниже п. VII

<V>Для сильно неоднородного фона предусмотрено определение фона под

объектом по другому изображению, без объекта. Это изображение должно быть загружено непосредственно до загрузки изображения с объектом (изображение с фоном в стеке Y) При этом изображение с фоном масштабируется к изображению с объектом так, чтобы был равен их средний фон в кольцевой апертуре.

Все остальное так же как по <f>.

<h>По фазовой кривой считаются потоки в интервалах фазы (запись добавляется в crab.flx). Интервалы фазы возможно редактировать только в тексте программы (par_flux in art). В crab.flx исходные потоки выводятся без коррекций.

Предварительно можно задать значения Background flux (*) и Its rms (*) в <Edit> для фазы off-pulse.

Эту процедуру можно также использовать в функции <Integr>, при этом <h> должна быть заранее "активизирована" (нажата до вызова <Integr>), а значение Background flux (*) в <Edit> равно 0. Тогда *.fts файлы фазовых кривых будут записываться с вычтенным уровнем фона - поток в off-pulse - и умноженные каждый на свой корректирующий коэффициент (данный в .str файле), что может быть нужным при суммировании фазовых кривых.

<L> Вывод на экран графика аппроксимирующего полинома остаточного изменения периода пульсара (essence of the timing).

<F> То-же для аппроксимации первой гармоникой Фурье.

<l>

Несущественная для программы функция аппроксимации данных из phot_x.dat методом наименьших квадратов. Формат данных:

```
используемое число переменных
число данных
у дисперсия(y) x1 x2 x3
. ....
```

Вывод в koef.dat

<r> Визуализация на графике удвоенного вектора (это может быть двойная фазовая кривая). Одновременно вектор в ASCII формате выводится в файл phase_cur.dat, с тем же разрешением, что и на графике. На графике визуализируются одновременно: черным - последний загруженный вектор (0), если параметр сглаживания вектора - Number points to squeeze (*) в <Edit> - больше 1, то вектор выводится сглаженный скользящим средним по данному числу точек; зеленым - предыдущий вектор (1); красным - (0) - (1). Масштабирование окна по (0) вектору.

<P> Тоже что и <r> но для вектора или его интервала, если его границы были отмечены (левой клавишей мыши).

<s>Разрез между отмеченными (мышкой, после <s>) точками.
Последовательные разрезы разного цвета, текущий - черный. Нажатием <s> иницируется чистое окно. Окно масштабируется по максимальным интервалам X и Y из набора разрезов.

<t>Чтение и запись (если не было) опорного образца фазовой кривой (в процедуре тайминга) Terplate phase file (*).

<w>Записать репер, отмеченный мышкой, в .str файл, используется в арифметике для линейного сдвига изображений на целое число px. См. замечание к <a>.

<z> Инициализация параметров визуализации (рудимент).

II. Основные функции программы

1. Работа с изображениями: арифметика, сдвиг по реперу, автоматический поиск смещения между изображениями, масштабирование по интенсивности и геометрическое, разрез по отрезку, вырезание участка изображения
2. "Деконволюция" изображений (компенсация дрефта изображения объекта в поле КЧД).
3. Тайминг: а) построение фазовой кривой пульсара, по примерно заданному периоду, определение изменения периода от заданной модели, уточнение фазовой кривой с учетом этого (для учета ухода пульса требуется несколько файлов данных), определение параметров фазовой кривой;
б) нарезка изображений в выделенном интервале фазы;
с) построение кривой блеска.
4. Фотометрия изображений.

III. Функции клавишей в окне программы (buttons)

<Load>: Загрузка файлов (из панели файловой библиотеки): 2D, 1D, *.prs, *.fts. После загрузки имя файла записывается в файл стека (.str). На изображении можно отметить мышкой и записать (<w>) репер (см. также замечание к <a>), по которым изображения могут быть сдвинуты к одному центру в arithmetics (<=>).

После загрузки *.prs файла генерируется fits файл изображения, если его не было. Согласно признаку деконволюции (0/1, переключается в <Edit>) используется 1/(некоторая дробная величина) при формировании .fts файла. Для свертки изображения с FF его нужно "пропустить" через <=> (в Arithmetics).

Допустимый максимальный размер рабочего окна ограничен параметрами в тексте программы X_BIT <= 1024 и Y_BIT <= 1024. Исходные значения рабочего окна в тексте программы определяются параметрами X_WIN1=1024 и Y_WIN1=1024. В свою очередь эти параметры ограничивают

максимально возможный размер входных и записываемых изображений, что является конечно неудобным свойством программы.

<Reset>: Восстановление изображения и параметров визуализации.

<ColorMap>: Выбор из 4-х цветовых палитр.

<Cuts>: Масштабирование изображения по интенсивности с шагом 0.1. По умолчанию (когда Lower cut (*) и Upper cut (*) в <Edit> равны 0) минимальная или максимальная интенсивность = k (коэффициент масштабирования) * максимум изображения. Если Lower cut (Lc) не равен 0, тогда мин интенс = (1 + k) * минимум изображения. Если Upper cut (Uc) не равен 0, тогда макс интенс = k * Uc.

<FField>: Flat fielding: создание из последнего загруженного изображения плоского поля, нормированного на 1, и сохранение его в памяти - в меню появляется признак активизированного FF on/off of flat fielding (*, его можно "отключать"). При некоторых процедурах программа также сообщает о состоянии FF (1/0 - on/off); его можно регулировать в подменю процедур <Edit>, <Crop>, <Deconv> и <Integr>. Важно заметить, что в последней а) флаг признака деконволюрованного изображения включается (будет on) независимо от его установки в меню <Integr>, если файл данных имеет суффикс DEC - признак деконволюрованного изображения, б) деконволюрованные данные могут быть уже исправлены за FF, см. <Deconv>.

FF-image используется: в арифметике - читаемое из стека изображение будет сразу же корректироваться за FF, "деконволюции", при вырезании участка изображения <Crop>, при получении фазовой кривой и вырезании изображения в интервале фазы <Integr> - при этом в .psr файл в поле признака фотона записывается дробная величина, равная FF в соответствующем пикселе.

<Deconv>: "Деконволюция" размытых (из-за дрейфа поля наблюдения) изображений. Нужно отметить (<a> после <f>) апертуры желаемого числа звезд. Предварительно загружаются файлы данных в .psr формате, с указанием арифметической операции между ними и возможных опций арифметики (для сдвига и т.д.).

Размеры центральной апертуры для объекта и кольцевой апертуры для фона одинаковы для всех отмеченных объектов, они вводятся мышкой (для первого) и из меню (для всех). Программа определяет смещение в небольших временных интервалах "общего", по апертурам, объекта, используя для расчетов визуализируемый на экране описанный около круглой апертуры квадрат. Согласно найденному сдвигу смещается все изображение, а в .psr файл записываются координаты, скорректированные соответствующим образом. Вывод осуществляется в .psr файл с концовкой _DEC, а также изображения суммарное и индивидуальные - в .fts файлы. Контрольная информация по "деконволюции" - в "Dec Log file" (*).

Кроме параметров апертуры настраиваются 4 параметра собственно "деконволюции" (в подменю):

INHWM - полуширина на половине интенсивности мгновенного профиля звезды, т.е. за время одного "кадра";
RES - пороговая точность определения центра звезды на одном "кадре";
SEEING - полуширина звезды наблюдаемая;
NDEC - количество кадров (нечетное), по которым сглаживается положение центра звезды.

Для оценки потока фона можно использовать квадратную апертуру в стороне от звезды; для этого ширину кольцевой фоновой апертуры нужно установить < 0 (в <edit>) после того, как определен бокс для фона (по , и не изменять значение hot key до выполнения <Deconv>!).

На график (по <r>) можно вывести развертку по времени колебаний центра звезды на кадрах и его сглаженный тренд.

Флаг деконволюции после процедуры остается тем же, каким был до:

0 - off

1 - on

Последний означает, что в деконволюрованных данных записана откорректированная за FF "интенсивность" фотонов, если FF было включено (флаг On/off of flat fielding (*)), и что эта коррекция учитывалась при деконволюции.

При последующей итерации - с уже деконволюрованными данными, что определяется по концовке DEC в имени файла - этот флаг автоматически переключается на 1.

Признак деконволюции можно переключать в <Edit>, <Integr> и <Crop>. При загрузке изображения из стека и при работе с данными будет использоваться 1 или значение FF при значении флага 0 или 1 соответственно.

Также см. старую методику ниже, п. VI

<Crop>: Вырез данных 1) в круглой <апертуре> (*) 2) в <интервале времени>
(*) Вырез по фазе осуществляется в <Integr>

<Arithmetics>:

Арифметика +-* / и <-> (blink) осуществляется с изображениями и числами, которые считываются из файла стека crab.str (пример ниже). Также арифметика работает с векторами. Данные в него заносятся последовательно. Это могут быть: имя файла с изображением или вектором, репер (X Y) для сдвига данного изображения в первом, множитель изображения (для возможности введения коррекции, по умолчанию = 1), нецелочисленное значение сдвига по X и Y (при сдвиге используется линейная интерполяция), арифметическая операция. Результат считается по кнопке <=>, при этом из crab.str считываются только последние строки - между операндами которых определена арифметика. Результат записывается в <FITS image file> (*), по умолчанию buff.fts. Суммарные изображения и вектора после выполнения других подпрограмм также записываются в buff.fts, в зависимости от подпрограммы имя buff-файла может иметь то или иное

расширение.

При загрузке изображения из стека и при работе с данными будет использоваться 1 или значение FF (flat field) при значении флага 0 или 1 соответственно.

Пример файла стека:

```
f /u/panf/prog_Ci/crab04/cb00102.fts
k 1.6                               множитель
s 5.6 1.3                           значение сдвига относительно себя
o +                                   операция
c 10000                              константа
f /u/panf/prog_Ci/crab04/cb00107.fts
r 66 77                               репер для сдвига последующих изображений
o *
f /u/panf/prog_Ci/crab04/cb00108.fts
r 67 78                               этот репер (и все изображение) должен
f /u/panf/prog_Ci/crab04/cb00102.fts быть сдвинут к первому в блоке операций
s 2.9 -1.7
f /u/panf/prog_Ci/crab04/buff1.fts     начало операций: предыдущие операнды
s -2.9 1.7                             "оборваны"
o -
f /u/panf/prog_Ci/crab04/cb00102.fts
```

Операция (<->) (blink) приводит к выводу на экран предыдущего изображения. Повторное нажатие восстановит визуализацию первого.

<Im fit>: Определение сдвига наилучшего совпадения 2-х изображений из регистров X и Y (от предыдущей загрузки), первого ко второму. В меню функции задаются границы возможных значений сдвига 1-го изображения, целочисленный коэффициент масштабирования, равный 1/желаемое разрешение на изображении в долях пиксела (изображение интерполируется линейно), указывается также радиус исключаемых из корреляции апертур, отмеченных по <a>, на втором изображении. Перед выполнением функции надо загрузить изображения (используйте функцию блинка <-> для обмена между X и Y регистрами), отметить центры объектов/областей на Y, которые не хотите использовать при фите, и указать по бокс изображения на Y (потом блинком можно поменять местами X<->Y), по которому будет искаться оптимальный сдвиг. Существуют ограничения по памяти на размеры бокса и интервалы сдвига, о чем программа сообщает.

Оптимальный сдвиг записывается в .str файл. Далее изображение можно сдвинуть по найденным значениям сдвига, используя функцию = в арифметике. Необходимо однако проконтролировать, что запись сдвига следует непосредственно после имени изображения, которое нужно сдвинуть.

В изображение fit.fts - невязки между изображениями в разрешенных пределах для сдвига, нормированные на минимальное (для наилучшего сдвига) значение.

<Edit>: Редактирование основных параметров.

<Integr>: Техника сложения фазовой кривой. Здесь получают данные для тайминга, которые используются в свою очередь для фазовой кривой, т.е. полная процедура - итеративна.

Предварительно загружаются файлы данных в .psr формате, с указанием репера (логично для центра объекта), арифметической операции между ними и возможных опций арифметики (для сдвига и т.д.) и выполняется операция <=>. После чего на суммарном изображении отмечается центральная апертура, из которой выбираются фотоны для фазовой кривой.

См. ниже п. V и VII

<Ph fit>: Аппроксимация расхождений TOA от модели (= the fit of timing model).

<Prof>: Определение параметров фазовой кривой. Положение пиков и границы фазовых интервалов рассчитываются на основании задаваемых параметров процедуры (см. в конце V) и в тексте программы. Положение пика вектора на графике не меняется если "No/yes template flag" ((* в <Prof>) равен 1, т.е. кривая привязана по фазе к образцу для корреляций. И наоборот - если 0. В последнем случае кривая сдвигается так, чтобы первый пиксель крыла пульса приходился на бин 0 фазовой кривой.

<L curv>: Кривая блеска. Вывод на дисплей (не более 10000 первых бинов кривой) и в ASCII файл *_CUR.dat (время, поток, норм коэф или коэф скважности). В меню этой функции указываются признаки деконволюции и FF, начальное время и временной интервал для бина кривой. Предварительно загружаются файлы данных в .psr формате, с указанием арифметической операции между ними и возможных опций арифметики (для сдвига и т.д.). Если длина кривой блеска превосходит размер графического окна и нужно увидеть на графике пропущенный кусок кривой, то используйте данные по кускам или переопределите время начала кривой. В программе происходит нормировка реальных отсчетов в бине на отношение длине бина к полному времени накопления, приходящемуся на данный бин. Коэффициент выводится в .dat файл; значение меньше единицы означает малое врем разрешения: бин проскакивает между фотонами. На дисплей выводятся число записей в одном файле, средняя длина записи и интервал между записями.

<Quit>: Выход из программы.

IV. Окна

1. Основное окно для работы с изображением.
2. Иконка первоначального изображения в левом верхнем углу.
3. Графическое окно внизу, налагающееся на 1-е.

Положение курсора и отсчет на изображении/графике выводятся в левом нижнем углу, когда курсор находится в окне изображения/графика.

V. Работа с таймингом.

Предварительно загружаются файлы данных в .psr формате, с указанием репера сдвига изображений к одному центру (логично для центра объекта), арифметической операции между ними и возможных опций арифметики (для сдвига и т.д.) и выполняется операция <=>. После чего на суммарном изображении отмечается центральная апертура. При работе <Integr> из crab.str считывается информация об именах файлов и операциях с ними. Можно также непосредственно редактировать файл crab.str.

Подгонка модели изменения периода пульсара осуществляется итеративно процедурами <Integr>, <Ph fit> и <Prof>. Вследствии изменения периода фазовая кривая размывается. Последовательные итерации устраняют размытие фазовой кривой - пульс становится уже.

Программе задается первоначальный период P0 (*) (в <Integr>) и форма полинома (*) (в инициализирующем файле crab.pol при первом запуске программы, нормально 2-ой степени, т.е. spin-down model, и в <Ph fit> - Degree of spindown polinome (*) - в итерациях фазы), описывающего сдвиг фазы пульса, что эквивалентно изменению периода. 2-ая степень полинома соответствует \dot{P} . С этими значениями все фотоны в обозначенной апертуре сворачиваются в фазовую кривую. Далее измеряется относительный сдвиг фазовых кривых: или от первой фазовой кривой или от заранее созданного образца - суммарной фазовой кривой (соответственно вариантам 0 или 1 в параметре No/Yes template flag (*) в <Integr>). Это работа <Integr>. Далее по <Ph fit> определяются коэффициенты полинома "spin-down" модели, методом наименьших квадратов. Они используются для последующей итерации - новые отклонения пульса фазовых кривых (по <Integr>), новые коэффициенты полинома (по <Ph fit>). Таким образом улучшается фазовая кривая. При этом каждый раз по <Integr> записываются фазовые кривые для индивидуальных файлов и суммарная в .fts файлы с теми же именами и суффиксом PH. Имя суммарного файла определяется параметром в <Edit> FITS image file (*), по умолчанию - buff.

Если перед <Integr> была активизирована <h>, то индивидуальные фазовые кривые записываются с вычтенным background, который рассчитывается по off-pulse интервалу, если Background flux (*) был равен 0 <Edit>. и умноженные на свой корректирующий множитель (например за ff, или нормировку за атмосферу), задаваемый изначально в .str файле (см. выше описание Arithmetics). Суммарная кривая будет их суммой.

При первой итерации опорной фазовой кривой будет кривая для первого файла. При последующих итерациях опорной можно выбрать суммарную кривую, которая будет с лучшим S/N. Для этого нужно прочесть ее из файла "Template phase file" (*) (в <Edit>) непосредственно перед каждой итерацией (<Integr>) по клавише <t>. По ней же опорный образец фазовой кривой записывается в этот файл (после <Integr>), если его не было.

Времена наблюдения T и отклонения фазы D рассчитываются как средние значения для каждого файла. Ввиду аппроксимации набора этих величин полиномом число файлов должно быть больше, чем степень полинома.

Визуализация фазовой кривой, после работы <Integr>, - по <p> (двойная

фазовая кривая) или <P> (одна фазовая кривая или ее сегмент, выделенный мышкой). Визуализация фита набора отклонений (T,D), после работы <Ph fit> - по <L>. Также результаты фита выводятся в Log file (*).

Аппроксимация набора (T,D) рядом Фурье (1-ые гармоники) - при значении параметра "Phase curve fit regime" 2 в <Ph fit>. Визуализация результата аппроксимации Фурье на график - по <F>.

Итак, программа считает фазу и ее отклонения D следующим образом:
 $\phi = t/P_0 + D$, $D = k_0 + k_1 * t + k_2 * t^2 + \dots$, где t - время наблюдения, k₀, k₁ ... - коэффициенты аппроксимации, вычисленные в предыдущей итерации или считанные из файла scab.pol (который можно обновлять в файле scab.pol, после очередной аппроксимации, по <Prof>).

После нескольких прогонок поправки (отклонения D) минимизируются и становятся соизмеримыми с ошибкой их определения, т.е. определения смещения фазы или просто фазы. Поэтому можно использовать величину поправок как значение точности определения фаз. Процедура не является сходящейся (но минимизирующая расхождения), потому что фазовые кривые, пересчитываемые каждый раз с новыми аппроксимациями поправок, будут различаться в пределах своей точности.

Выражение для фазы можно записать и через период:

$$\phi = t/P_0 - t^2 * \dot{P}_0 / P_0^2 + t^3 * ((\dot{P}_0)^2 / P_0^3 - \dot{\dot{P}}_0 / 2 P_0^2) \dots$$

Сравнивая с выражением для D, получаем:

$$\phi(t=0) = k_0,$$

$$P_0'(t=0) = (1 + k_1 * P_0) / P_0,$$

$$k_2 = - \dot{P}_0' / P_0'^2, \text{ откуда можно получить } \dot{P}_0',$$

$$k_3 = (\dot{P}_0')^2 / P_0'^3 - \dot{\dot{P}}_0' / 2 P_0'^2, \Rightarrow \dot{\dot{P}}_0'.$$

Можно увеличить масштаб фазовой кривой в графическом окне, выбирая участок фаз, кликая средней или правой клавишей мышки. Границы фазового интервала присваиваются параметрам "Left phase (relat of peak)" (*) и "Right phase (relat of peak)". Если же кликать левой то будет рассчитываться поток в выбранной фазе и информация будет записываться в Log file (*).

Если границы фазового интервала не совпадают, то в процедуре <Integr> из изображений в scab.str, разрешенных для операции, будут выбираться фотоны в данном интервале фазы и записываться в индивидуальные файлы изображений * _CUT* и в сумму вырезов - в FITS image file (*) с суффиксом CUT. При этом измерение сдвига фазы не происходит. Порядок выбора границ интервала от меньших к большим величинам, и интервал должен быть не больше 1.

Фазовые кривые в fits файлах соответствуют коэффициентам из scab.pol. Поэтому раз сформировав, их можно вызывать после перерыва работы с программой, чтобы отметить нужный интервал фаз для вырезки в нем изображений.

Фаза отсчитывается относительно максимума главного пульса, т.е. это ноль-пункт. Положение максимума главного профиля на фазовой кривой (ноль-пункт) и коэффициенты spindown модели запоминаются в файл scab.pol (*) по выполнению процедуры <Prof>, если она выполнена непосредственно

после <Integr>.

По <Prof> определяются параметры фазовой кривой. При этом положение ноль-пункта (т.е. главного пульса) не меняется если "No/yes template flag" ((*) в <Prof>) равен 1, т.е. кривая привязана по фазе к образцу для корреляции, и наоборот - если 0. В последнем случае кривая сдвигается так, чтобы первый пиксель крыла пульса приходился на 1 бин фазовой кривой. Т.о. привязка фазы осуществляется по раннее найденному решению уравнения фазы прихода сигнала (полиному "spindown" модели). Это решение, определяемое в <Ph_fit>, возможно по всей фазе (Band of phase curve for fit (*) = 0, в <Ph fit> или в <Edit>), по главному пульсу (1), по его переднему фронту (2), заднему фронту (3) и по вторичному пульсу (4). Т.е. фотоны только этих участков фазы могут быть использованы для формирования набора (T,D) и его последующей аппроксимации. Перед этим должны быть определены границы фазовых интервалов: выполнить <Prof> после загрузки template по <t> или сразу после <Integr>.

Для определения максимума профиля он аппроксимируется по частям методом наименьших квадратов. Параметры аппроксимации редактируются в меню <Integr> и <Prof>. Профиль разбивается на "Number of pulse segments" (*) (нечет) частей и каждая аппроксимируется по отдельности сплайном степени "Degree of core spline" (*) для ядра профиля и "Degree of side spline" для остального профиля. Крайние уровни разбиения профиля (для ядра и крыльев) определяются параметрами "Profile fit Up level" (*) и "Profile fit LOW level" (*). Также число точек перекрытия можно изменять в тексте программы параметром str. Можно изменить и последовательность фитов с разными значениями str для достижения наилучшего фита такой кусочно-сплайновой аппроксимацией.

Параметр "Number of CC peak segments" (*) - определяет разбиение профиля кросс-корреляции между разными фазовыми кривыми, при поиске их относительного смещения.

Для кросс-корреляции кривых и оценки их параметров требуется определять уровень подложки пульса и корреляционного профиля, что в свою очередь требует знания ширины профиля на нулевой интенсивности FWZI - она определяется параметром "Full width of puls at 0" (*) в <Prof>. Кроме того в тексте подпрограммы cur_par, заданы полуширины (на 0 интенсивности) вторичного пульса как FWZI/2 и 0.6*FWZI для левой и правой половинок.

Части одного изображения (напр. с разными поляризациями), имеющие одно и то же время, могут суммироваться в один профиль (для которого затем ищется сдвиг к опорному профилю), если их имена отличаются лишь последним символом, например: cb00101_d и cb00101_u. Чтобы это работало требуется раскомментировать строку 223 в phase.c (if (strncmp(fsave, fname, j) !=0)).

VI. Деконволюция (старая методика).

Действующая методика описана по п. <Deconv>

Это не реальная деконволюция. Название указывает на улучшение качества (размера) изображения. Для чего сдвигаются к отмеченному мышкой центру С небольшие порции изображений. Накопление отдельной порции определяется

превышением суммы фотонов N_{sum} в квадратной диафрагме Portion for deconvolution (*) N_{Sum} . Далее, если поток от объекта ($F_{obj} = N_{sum} - F_{sky_px} * N_{px_obj}$, где F_{sky_px} средний фон неба на 1 пиксел, оцениваемый по потоку в периметре диафрагмы шириной Sky perimetr width (*) + внутренняя граница, N_{px_obj} число пикселей внутри диафрагмы, на которые попали фотоны) превышает Threshold object flux (*) (критерий 1, влияет на точность определения центра масс изображения объекта, эта точность зависит также от ширины профиля, но эта точность не анализируется, она будет слабо меняться, и для быстроты счета лучше, раз определив ее зависимость от F_{obj} , сразу задаться Threshold object flux) и отношение первого к средней величине среднеквадратического отклонения фона неба ($= rms_F_sky / \sqrt{N_{px_obj}}$, rms_F_sky стандартное) превышает Object flux / sky sigma (*) (критерий 2), определяется центр "массы" изображения в диафрагме, из каждого ненулевого пиксела которого перед этим вычитается F_{sky_px} , и далее требуемое смещение по X и Y к центру C. Величина смещения округляется к ближайшему значению (т.е. 0, +- 1, +-2 и т.д.). Если критические пределы Threshold object flux и Object flux / sky sigma не удовлетворены к предыдущей порции исходного изображения добавляется новая, пока в диафрагме не накопится поток кратный N_{sum} , и процедура повторяется. На выходе записывается файл с измененными координатами фотонов. Имя этого файла *.dN, где N число. Он может быть использован для последующей деконволюции.

Метод будет эффективнее если: использовать не фиксированную диафрагму, а подвижную, с центром на максимуме предварительно сглаженной порции изображения (из-за малого числа фотонов в отдельной порции); к критерию (критерий1 и критерий2) добавить контроль отношения времени накопления порции изображения к времени дрожания изображения, этот контроль позволит выбирать оптимальные значения критериев 1 и 2, но в случае слабых изображений будет лишь констатировать невозможность деконволюции по нашему методу.

VII. Методика измерения потоков по фазовой кривой Краба.

Кривая блеска сворачивается в фазовую кривую (далее профиль) согласно модели времени прихода пульсов (TOA), которая находится по наблюдаемым данным с помощью этой программы. Для этого профили (свернутые в первом приближении постоянного P) для каждой экспозиции кросс-коррелируются с суммарным профилем. Из чего определяется относительный сдвиг фазы каждого профиля и в результате значение \dot{P} . Процедура повторяется итеративно, с использованием полученной на предыдущем этапе модели TOA, чтобы улучшить свертку профиля. Модель TOA получается отдельно для u- и d-поляризаций, так как их профили заметно сдвинуты относительно друг друга.

Профили получают интегрированием всех данных с одинаковыми параметрами наблюдений, именно параметрами поляризации: это по 2 экспозиции для каждой комбинации параметров. Для данных наблюдений - оптимальная апертура 8 px, при FWHM изображений 8-10 px.

По изображению плоского поля в фильтре В можно определять корректирующие множители (kf) за неоднородность чувствительности КЧД. Их rms ок. 0.01. Фазовые кривые умножаются на свой корр. множ. Из них вычитается подложка, которая полагается равной потоку в интервале фаз

0.75-0.825. Считается что там вклад пульсара равен 0 и излучение полностью от туманности. Т.о. в вычтенных профилях остается излучение только пульсара. Далее определяются потоки в фазовых интервалах, с границами -0.120, -0.019, 0.019, 0.120, 0.270, 0.380, 0.450, 0.658 и 0.880, определенных, как и off-интервал 0.75-0.825, в статьях ирландцев и TEXAS's (только из графика). 0-пункт фазы соответствует максимуму главного пульса. Для перехода к интенсивностям полученные потоки нормированы на соответствующие интервалы фазы (dfi) и на время экспозиции (texp). Таким образом общая коррекция есть $K=kf/dfi*texp$, и интенсивности выражены в единицах отсчетов/сек.

Вычет подложки из потоков:

$$F'_i = F_i - F_b * dfi_i / dfi_b.$$

Дисперсия полученных интенсивностей:

$$D_i = (F_i + F_b * (dfi_i / dfi_b)^2) * K^2, \text{ где}$$

F_i - полный поток в i -ом интервале фаз dfi_i , в единицах отсчетов,

F_b - полный поток в dfi_b , в котором определяется интенсивность подложки профиля.

Дисперсия интенсивностей частичных потоков:

$$Dp_i = D'_i / F'^2 + D' * (F''_i / F'^2)^2, \text{ где}$$

$$D'_i = (F_i + F_b * (dfi_i / dfi_b)^2) / dfi_i^2,$$

F' - полный поток от пульсара в профиле $[0,1]$,

D' - его дисперсия, $F_{tot} + F_b / dfi_b^2$,

$$F''_i = F'_i / dfi_i.$$

В таблицах выводятся исходные потоки (однако в суммарные данные - по разным экспозициям - с каждым слагаемым входит свой kf), интенсивности и их rms. Потоки расположены под соответствующими фазовыми интервалами:

$[0,1]$ - вся фаза,

1p - главный пик,

2p - второй пик,

далее указаны границы интервалов.

Ключ к знаку поляризации в имени файла:

суффикс u - верхняя поляризация,

суффикс d - нижняя поляризация.

Fri Nov 23 14:21:18 MSK 2001

Comments

04.06.02 Сглаживание мелких неоднородностей в IRAF frmedian, лучший размер кольца 2-4. Лучше в две итерации. Следует проверять результирующий квази-FF image (= image / filtered image), чтобы не оставалось следов объектов.

VIII. Методика обработки изображений Краба
и измерения потоков.

1. Поделить объектные изображения (I_x , $x=1-12$) и маску пуговиц (F18) на плоское поле (F13), чтобы убрать дефектную полосу. => I_{x_n} , F18_n

2. Затем найти сдвиг маски пуговиц (F18_n) к пуговицам объектных изображений (Ix_n) по <Im fit>. При этом можно отметить объекты на изображении, чтобы они не влияли на результаты корреляции. => shift_x

3. Сгладить изображение плоского поля без пуговиц (F13) с широким окном. Загрузить его и сгенерить плоское поле по <FField>. => FF в памяти и активизировано

4. Сгенерить объектные изображения в нужных фазах, напр. off-pulse и main pulse, по <Integr>, можно пакетом, т.е. записав сумму всех изображений в стек crab.str. Т.к. FF активизировано, результирующие изображения и данные в .psr файлах будут нормированы на FF. Для фазировки данных использовать ранее найденное решение spin-down модели в crab.pol. => Ix_ff_ph

5. Измерить потоки в Ix_ff_ph и получить background изображения off-pulse изображений Ix_ff_ph. Для чего:

а) сделать flat fielding исходной маски пуговиц F18 (загрузить и выполнить арифметическое равно <=>, при этом FF от F13 должно быть в памяти, а флаг FF активизирован); => F18_ff

б) сдвинуть F18_ff к объектному изображению на найденный выше shift_x; => F18_ff_sh_x

в) померить потоки по процедуре , используя маску пуговиц F18_ff_sh_x как модель background; изображения background и разницы между Ix_ff_ph и им перезаписать из буферных файлов bkg и obj соответственно; предварительно следует отмечать соседние объекты по <a>, которые имеют вклад в измеряемую апертуру; центры объектов следует найти предварительно по изображениям в полной фазе с вычтенным background, в качестве которого также использовать модель F18_ff_sh_x;

=> Ix_ff_ph_bkg, Ix_ff_ph_obj, потоки Fl_x и их ошибки dFl_x

Сделать аналогичное для суммарных изображений.

6. Сгенерить фазовые кривые для каждого изображения и поляризации по исходным .psr данным, по <Integr>. Они должны быть получены с учетом FF, для чего предварительно сгенерить FF (п.3). => PHx_ff

7. Измерить потоки во всех интервалах фазы по фазовым кривым PHx_ff, индивидуальным и суммарным, по <h>. Для этого предварительно надо задать значения параметров Background flux (*), Its rms (*) <Edit>, которые были найдены ранее - Fl_x, dFl_x. => потоки в crab.flx