

BSA-Analytics-2 - модуль визуализации — приложение 1

Калькулятор плотности потока среднего профиля

1. Как пользоваться	1
2. Особенность для площадки N4	1
3. Используемые параметры	2
4. Порядок вычислений	2
5. Ф-ция вычисления sigma	3
6. Пояснение 1 — получение плотности потока	4
7. Пояснение 2 — значение флуктуационной чувствительности	5

Калькулятор позволяет посчитать интегральную и пиковую плотность потока в среднем профиле, и просмотреть все промежуточные выкладки счёта. Пик вводится в форму как номера точек или период начала и конца пика.

1. Как пользоваться

- Заходим в меню [«Multi / Average profiles – periods»](#);
- Загружаем директорию пульсара со средними профилями.
Например: [examples/multi_profiles/N1/004834_341200_m3_r4_best_p4](#);
- Если в пути загруженной директории нет площадки – указываем её в поле [«Plosh»](#);
- Нажимаем на кнопку [«One graph»](#) – появится блок [«Calculator»](#).
Раскрываем содержимое блока, отметив его чекбокс;
- Редактировать в форме можно только [{period1, period2}](#) и [{n1, n2}](#).
Они связаны: при вводе [n1](#) и [n2](#) меняются значения [period1](#) и [period2](#), и наоборот.
По-умолчанию [n1](#) и [n2](#) равны плюс минус 10 точек от центра среднего профиля;
- Нажать на кнопку [«Calculate»](#), чтобы:
 - посчитать интегральную и пиковую плотность потока,
 - поместить результаты счёта и все промежуточные результаты в форму;
- Либо нажать на кнопку [«Show»](#), чтобы сделать то же самое, что в [«Calculate»](#), но ещё:
 - показать результаты промежуточных вычислений во всплывающем окне,
 - скопировать результаты счёта в буфер обмена.

2. Особенность для площадки N4

В случае площадки N4 число точек исходного отрезка нужно разделить на косинус дельта.
Для N4 мы берём исходный отрезок в 65536 точек. Сообщить дельта программе можно двумя способами:

1. По имени директории пульсара: если имя директории не содержит дельта (011530_m17_r1), то можно его туда вставить (011530_632530_m17_r1).

2. Отредактировав delta в форме. Если в имени директории нет дельта, то программа определит его по модулю-лучу. Это не совсем верно — лучше поставить в форму дельта, с которой был посчитан профиль.

3. Используемые параметры

period	—	период, для которого построен средний профиль;
plosh = N0,N1,N2,N4	—	площадка, в которой находится координата дельта пульсара;
tres = 0.0124928 (N0,N1,N2) 0.003072 (N4)	—	постоянная времени в сек. для исходных данных (определяется при выборе площадки);
n0 = 16384 (N0,N1,N2) 65536 (N4)	—	начальное число точек в отрезке, с которым работаем (для N4 оно его ещё нужно разделить на косинус дельта);
n=n0 (N0,N1,N2) n=n0/cos(delta) (N4)	—	число точек в исходном отрезке, по которому строили средний профиль (для N4 делим на косинус дельта);
np	—	число точек в среднем профиле (нумерация точек от 0 до n_points-1) np=period/tres, но в форме оно берётся из графика;
N=n_periods = round(tres*n/period)	—	число сложенных периодов при получении среднего профиля;
arr		массив значений среднего профиля, который видим на графике, число точек в нём — np, нумерация точек от 0 до n_points-1
n1, n2	(вводим в форме)	— номера точек, введенные в форму
T178 = 300 K	(корректируем в форме)	— температура фона на 178 МГц
k1 = 0.85	(корректируем в форме)	— поправка, учитывающая огибающую лучей БСА
k2 = 1	(корректируем в форме)	— поправка, учитывающая не попадание пульсара в луч БСА
sigma = 0.28		— флуктуационная чувствительность (0.17 Ян * 1.64 = 0.28) (см. пояснение 1)
koeff1 = 3.33		— константа
Tr = 270		— температура приёмника

4. Порядок вычислений

- 1) Вычисляем сигму шумов sigma1 в массиве профиля за вычетом интервала сигнала [n1,n2]:
 - выкидываем из массива arr точки [n1, n2];
 - по оставшейся части массива вычисляем $\sigma_1 = \text{getSigma}(\text{arr})$;
(описание ф-ции getSigma() ниже).
- 2) Вычисляем пиковую высоту среднего профиля в единицах СШ как $\text{СШ} = H / \sigma_1$, где:
 - H — максимум графика,
 - $\text{snr} = H / \sigma_1$

- 3) Температура фона на 178 МГц: T_{178} (по-умолчанию 300 К),
 температура фона на нашей частоте: $T_{111} = T_{178} * \text{koeff1} = T_{178} * 3.333$;
 температура системы фон+приемник: $T_s = T_{111} + T_r = T_{111} + 270$.
- 4) Вычисляем чувствительность телескопа в направлении пульсара:
 $dS = \sigma * T_s / 1000$; ($\sigma = 0.28$ константа)
- 5) Вычисляем пиковую плотность потока:
 $S_p = \text{snr} * dS / \sqrt{n_periods}$

Учитываем поправки:

$$S_p = S_p / (k_1 * k_2)$$

- 6) Вычисляем интегральную плотность потока:
 Считаем сумму значений среднего профиля в интервале от n_1 до n_2 :

```
sum = 0;
for(int i=n1; i<=n2; i++) {
    sum += arr[i];
}
```

Делим на σ , умножаем на чувствительность телескопа и делим на корень из числа сложений:

```
sum = (sum / sigma) * dS / sqrt(n_periods);
S_int = sum / n_points;
```

Учитываем поправки:

$$S_{int} = S_{int} / (k_1 * k_2)$$

- 7) Считаем ширину среднего профиля на половине высоты:
 x_1, x_2 - границы вертикальных линий на пересечении графика с горизонталью на $H/2$,
 $y = H/2$ - значение половины высоты,
 $w_{50} = x_2 - x_1$ - искомая полуширина,
 чекбокс «[show lines](#)» показывает горизонтальную линию, на которой считается полуширина

5. Ф-ция вычисления σ

```
function getSigma(arr) {

    // Считаем среднее по всем точкам
    double middle = 0;
    for(int i=0; i<n; i++) {
        middle += arr[i];
    }
    middle = middle/n;

    // Вычисляем сумму квадратов отклонения от среднего
    double sigma = 0;
    for(int i=0; i<n; i++) {
        sigma += (arr[i] - middle)*(arr[i] - middle);
    }
    sigma = sqrt(sigma/(n-1)); }
```

6. Пояснение 1 — получение плотности потока.

Плотность потока — это количество получаемой от пульсара энергии.

Пиковая плотность потока — это количество энергии в пике импульса в среднем профиле.

Интегральная плотность потока — это общее количество энергии от пульсара.

Если бы мы использовали данные в единицах, которые даёт программа при показе средних профилей на экран, задача была бы очень простой:

Пиковая плотность потока — это величина максимума на среднем профиле.

Интегральная плотность потока — это сумма всех точек среднего профиля, делённая на количество точек в среднем профиле.

Где начинаются проблемы?

1). Во-первых, мы хотим получить плотность потока в янских, а для этого нужно знать размер шумовой дорожки в янских. Для каждого пульсара размер шумовой дорожки зависит от периода и от температуры фона Галактики в направлении пульсара.

Пример.

Допустим, что:

- Мы знаем меру дисперсии, и сложили все частотные каналы с учетом этой меры дисперсии;
- Сигма шумов равна единице;
- У нас есть два пульсара, у одного $P=1$ сек, а у другого $P=9$ сек;
- Высота импульса на каждом периоде одинакова для обоих пульсаров;
- Длина записи равна 180 сек.

Тогда для первого пульсара мы сложим дорожку 180 раз для получения среднего профиля, и если в дорожке был реальный пульсар, то СШ вырастет в $180/2=13.4$ раза.

Для второго пульсара дорожка сложится 20 раз, и СШ вырастет в $20/2=4.47$ раза.

Сравнивая, видим, что СШ дорожек пульсаров отличается в $13.4/4.47=2.99=3$ раза.

(Заметим, что разница периодов в 9 раз, а корень из 9 равен 3).

Это означает, что сигма шумов в янских для двух пульсаров со всеми прочими равными характеристиками, кроме периода, будет разной.

2). Во-вторых, пульсары находятся в разных участках неба. Температура неба в разных направлениях разная. Температура входит в формулу, по которой оценивается величина шумовой дорожки. Таким образом, для корректной оценки нужно знать температуру фона в направлении пульсара.

3). В-третьих, все оценки верны только тогда, когда правильно вычтена базовая линия.

7. Пояснение 2 — значение флуктуационной чувствительности

В калькулятор вместо 0.17 нужно вставить по умолчанию 0.28.

Согласно формуле радиометрического выигрыша при подстановке используемого времени опроса 12.4928 мс, мы получаем флуктуационную чувствительность $\sigma_S = 0.17$ Ян для температуры фона на 111 МГц равна 834 K ($T_{178} = 250$ K) и температуры окружающей среды 270 K ($T_{\text{sys}} = 1100$ K).

В формуле радиометрического выигрыша стоит τ , которая не эквивалентна времени опроса, т.к. τ — это время разряда RC-цепочки.

Как у любой аналоговой схемы, это время разряда по уровню падения, как $1/e = 1/2.7 = 0.37$.

Т.е. на $2/3$ разряжение цепочки прошло, а на $1/3$ всё ещё продолжается.

Эта ситуация эквивалентна тому, что сглаживание шумовой дорожки, которую мы наблюдаем на БСА по времени в реальности больше, чем то, что мы указываем как τ .

Физически это означает, что при оценке флуктуационной чувствительности мы должны учитывать эту разницу между временем опроса и τ .

Интеграл от 0 до 1 от $e^{-x} = 1 - 1/2.7 = 0.6296$. Это площадь под RC-цепочкой. Она соответствует времени сглаживания 0.37. Так как время стоит под корнем в формуле чувствительности, мы должны взять $0.37^{1/2} = 0.608$. Эта величина стоит в знаменателе в формуле радиометрического выигрыша и поэтому $1/0.608 = 1.64$. Во столько раз мы завышаем чувствительность.

В результате нашу флуктуационную чувствительность нужно умножить на этот коэффициент:
 $0.17 * 1.64 = 0.28$