

BSA-Analytics-3 - модуль визуализации — приложение 1

Калькулятор плотности потока среднего профиля

1. Как пользоваться	1
2. Особенности площадки N4	2
3. Поля в форме одиночного среднего профиля	3
4. Порядок вычисления пиковой и интегральной плотностей потока	6
5. Порядок вычисления полуширины среднего профиля	7
6. Ф-ция вычисления sigma	8
7. Пояснение 1 — получение плотности потока	8
8. Пояснение 2 — значение флуктуационной чувствительности	9

Калькулятор позволяет посчитать интегральную и пиковую плотность потока в среднем профиле, менять параметры счёта, и просматривать все промежуточные выкладки. Пик отмечаем на графике мышкой, или устанавливаем в форме номера точек его начала и конца.

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»](#), а лучше — корректируем путь к директории так, чтобы площадка там была.
- В профилях для площадки N4 в имени директории пульсара должна быть указана дельта. Если её там нет, то лучше поправить имя директории, добавив в него дельта (см. пункт 2). В противном случае координата дельта будет определена по модулю и лучу, а это потеря точности.
- Кликаем по нужному среднему профилю, чтобы перейти в режим показа одиночного графика. (Обратный переход в режим мультиграфика возможен так же по клику на графике, или по кнопке [«Multi graphs»](#))
- Нужно проследить, чтобы пик среднего профиля был установлен по центру графика. Для этого должен быть включён чекбокс [«Max to center»](#) (по-умолчанию он включён).
- Для одиночного графика есть режим [«Zoom»](#), позволяющий увеличить масштаб выделенной области графика. Нажав, и не отпуская кнопку мышки, рисуем слева направо синий прямоугольник — после того как отпустим — масштаб увеличится. Рисуем в обратную сторону — масштаб уменьшается. В режиме Zoom калькулятор не работает.

- Если чекбокс Zoom отключён, то в режиме одиночного графика можно включить блок «Calculator».
- Выделяем мышкой пик импульса (рисуем мышкой слева направо синий прямоугольник). Высота выделенной области значения не имеет. После завершения выделения в поля **n1** и **n2** формы установятся номера точек, соответствующих границам выделенной области, а в поля **period1** и **period2** — периоды, им соответствующие. Границы области пика можно также передвигать вручную, меняя значения n1 и n2 в форме.
- После выделения области пика, калькулятор автоматически произведёт вычисления плотностей потока, а так же полуширины импульса. Результаты вычислений будут установлены в поля калькулятора.
- Нажимаем на кнопку «Calculate and Show»:
 - результаты вычислений будут показаны во всплывающем окне;
 - там же есть пояснения ко всем параметрам калькулятора;
 - там же основные результаты копируются в буфер обмена для переноса в текстовый редактор.
- Кнопка «Clear» позволяет очистить калькулятор и убрать линии выделения области пика.
- **Старый калькулятор.**
Если после выделения области пика щёлкнуть левой кнопкой мышки внутри этой области, то появится всплывающее окно с информацией об интегральном СШ среднего профиля — пиковом и полном. Это старый простейший калькулятор — он безо всяких параметров просто по графику считает сумму значений СШ, делённую на число точек в сумме. Интегральный СШ считается в выделенной области пика, а полный — по всему графику.

2. Особенности площадки N4

Для площадки N4 объект с определёнными координатами находится в поле видимости луча не 3.5 мин. (как для площадок N0, N1 и N2), а дольше, поэтому для построения средних профилей можно использовать более длительные по времени отрезки данных.

Длинные данные площадок N0, N1 и N2 имеют **tres=0.0125 сек.** Для построения среднего профиля мы берём отрезок с центром в точке кульминации пульсара длиной в **points0=16384** точек (это **3.4 минуты**).

Данные площадки N4 имеют **tres=0.00307 сек.** Для построения среднего профиля мы изначально берём отрезок в **points0=65536** точек (это примерно то же время — **3.35 минуты**).

Но площадка N4 имеет дельта **от 55 до 86.6 градусов**, а при приближении дельта к 90 градусам длительность нахождения пульсара в поле видимости луча увеличивается. Чтобы получить максимальную чувствительность, нужно построить средний профиль по отрезку длиной **points=points0/cos(delta)**.

Заметим, что не все посчитанные средние профили для площадки N4 считались по такому отрезку. В консольной программе счёта есть возможность выставить флаг — учитывать **cos(delta)** при построении среднего профиля, или нет. Если **cos(delta)** учитывается, то в директорию пульсара ставится постфикс **cos**.

Т.о., для площадки N4 калькулятор плотности потока должен знать:

- координату дельта, для которой строился средний профиль (загружается в поле `delta`),
- учитывался ли $\cos(\delta)$ при расчёте среднего профиля (загружается в чекбокс «with $\cos(\delta)$ »).

1). Координату дельта программа определяет по имени директории пульсара:

`011530_632530_m17_r1 => delta=63:25:30`

Если имя директории пульсара не содержит дельта (например, оно имеет вид: `011530_m17_r1`), то программа определит его по координате дельта центра модуля и луча пульсара.

Но это будет не верно, поэтому нужно указать программе значение дельта, с которым считался профиль.

Сделать это можно двумя способами:

- Отредактировав имя директории пульсара (один раз добавить в него верное дельта).
- Поправив значение `delta` в форме (менее удобно, т. к. это придётся делать каждый раз).

2). Учитывался ли $\cos(\delta)$ при расчёте среднего профиля, программа определяет автоматически тоже по имени директории пульсара: если учитывался, то в имени директории есть постфикс `cos`.

В этом случае в поле «with $\cos(\delta)$ » ставится галка, и косинус учитывается при расчётах.

Но это поле можно поменять и вручную - если вы знаете, как были посчитаны данные для N4.

3. Поля в форме одиночного среднего профиля

Цветовая дифференциация полей блока «Calculator»

- **Светло-синим** — подсвечиваются поля с данными, взятыми из графика;
- **Светло-красным** — поля с выделенным на графике пиком импульса;
- **Светло-зелёным** — поля с результатами промежуточных вычислений (нужны для контроля);
- **Зелёным** — поля с искомыми результатами вычислений;
- Белый фон — для всех остальных полей, эти поля в калькуляторе можно редактировать.

Блок «Main parameters»

Date — дата, для которого построен средний профиль;

Dispersion — дисперсия;

Period — период, в секундах, для которого построен средний профиль;

Average — усреднение среднего профиля;

Plosh — площадка
определяется из пути к директории пульсара
пример: `dirPath=/N1/004834_632512_m3_r4_cos`

Tresolution — постоянная времени в сек. для исходных данных
определяется при выборе площадки:
`tresolution = 0.0124928` (N0,N1,N2)
`tresolution = 0.00307` (N4)

Delta — координата дельта в формате GG:MM:SS

определяется из имени директории пульсара,
пример: `dirPath=/N1/004834_632512_m3_r4_cos` => `delta=63:25:12`

`delta1` — координата дельта в формате градусов `gg.gg`
(связано с полем `delta`: при изменении `delta` меняется `delta1` и наоборот)

Блок «Calculator»

(Нижне всюду под косинусом стоит `delta1`, но для простоты пишем `delta`)

Число точек, число сложенных периодов

`with cos(delta)` — учитывался ли `cos(delta)` для поправки числа точек в отрезке данных?
для площадок `N0`, `N1`, `N2` — всегда `false`
для площадки `N4` — `true`, если в директории пульсара есть постфикс `cos`
для площадки `N4` — `false`, если в директории пульсара нет постфикса `cos`

`cos` — для случая площадки `N4`, когда исходное число точек в отрезке было больше `n0` -
это поправка, на которую надо разделить `n0`, чтобы получить `n`:
`cos=1` — если «`with cos(delta1)`»=`false`,
`cos=cos(delta1)` — если «`with cos(delta1)`»=`true`

`n0` — исходное число точек в отрезке, по которому строился средний профиль
`n0=16384` для `N0`, `N1` и `N2`
`n0=65536` для `N4`

`n` — реальное число точек, по которому строился средний профиль
`n = n0` для `N0`, `N1`, `N2` и для `N4`, если «`with cos(delta1)`»=`false`,
`n = n0/cos(delta1)` для `N4`, если «`with cos(delta1)`»=`true`

`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` — число сложенных периодов при получении среднего профиля;
`n_periods = round(tres*n/period)`

Область пика, сигма шумов, `snr`

`n1, n2` — номера точек среднего профиля, ограничивающие область пика

`period1, period2` — периоды, соответствующие `n1` и `n2`

`H` — максимальное значение СШ на среднем профиле

`sigma` — сигма шумов среднего профиля (за вычетом области пика с `n1` по `n2`)

`snr` — СШ, `snr=H/sigma`

Вычисление чувствительности телескопа

`k1` — поправка, учитывающая огибающую лучей БСА (нужно ввести руками)
`k1= 0.95` (для `N4`)

`k1= от 1 до 0.4` (для `N1`, `N2`, `N0`)

`k2` — поправка, учитывающая не попадание пульсара в луч БСА (нужно ввести руками)
`k2=cos(55 - delta1)` — для всех площадок (`delta1` — дельта пульсара в градусах)

значения k1 и k2 вводить руками, брать в статье [Шишова 2016](#), пояснение [здесь](#)
если одно из этих полей пустое, то во всплывашке будут показаны значения по-умолчанию
(с учётом выбранной площадки и косинуса текущего дельта пульсара)

T178 = 300 K — температура фона на 178 МГц

T111 = 999 K — температура фона на 178 МГц

Tr = 270 K — температура приёмника

Ts = 1269 K — температура системы фон + приёмник

sens = 0.23 (для N1, N2, N0) — флуктуационная чувствительность неба ([см. Пояснение 1](#) ниже)
= 0.58 (для N4)

dS = 0.36 — чувствительность телескопа в направлении пульсара

Пиковая и интегральная плотности потока

Sp — пиковая плотность потока: $Sp = snr * dS / (\sqrt{N} * k1 * k2)$

sum — промежуточное значение интегр. плотности потока: $sum = (sum_peak / sigma) * dS / \sqrt{N}$

Sint — интегральная плотность потока: $Sint = sum / (n_points * k1 * k2)$

Полуширина импульса

y = N/2 — половина максимального значения среднего профиля

show line — чекбокс показа горизонтальной линии y=N/2

i1, i2 — десятичные значения номеров точек на оси X для точек пересечения графика с горизонтальной линией y=N/2. Чтобы их вычислить, соединяем отрезком крайнюю левую точку, в которой значение > N/2, с предыдущей точкой графика, и крайнюю правую точку, в которой график > N/2, со следующей точкой. И вычисляем значения координат x в точках пересечения этих отрезков с горизонтальной линией y=N/2.
Если на графике выделена область пика (т. е. в форме есть значения n1 и n2), то полуширину считаем только внутри этой области, если нет — то по всему графику.

p1, p2 — периоды, соответствующие точкам i1 и i2.

Для неусреднённого профиля расстояние между двумя ближайшими точками по x равно [tresolution](#) сек, если профиль усреднён — то [tresolution * Average](#).

w50 — полуширина импульса в мсек, $w50 = (p2 - p1) * 1000$

Calculate w50 — пересчитать значения полуширины импульса, т. е. посчитать i1, i2, p1, p2 и w50.

Кнопка нужна, если мы выделили новый пик и хотим посчитать полуширину для него, без пересчёта плотности потока.

Замечания по вычислениям полуширины импульса.

- Полуширина считается от крайней левой точки, в которой наступило превышение среднего профиля линии $y=H/2$, до крайней правой точки, в которой превышение всё ещё есть.
- Полуширина считается внутри выделенной области пика $[n1, n2]$, а если выделения нет — то по всей ширине среднего профиля.
- Внутри горба, по которому считается полуширина, значения могут опускаться ниже $y=H/2$.

4. Порядок вычисления пиковой и интегральной плотностей потока

`arr` — массив значений среднего профиля, который видим на графике,

`n_points` — число точек в нём, нумерация точек от 0 до `n_points-1` (в форме `n_points` обозначено как `np`)

- 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 `sigma1 = getSigma(arr)`;
(описание ф-ции `getSigma` — см. ниже).
- 2) Вычисляем пиковую высоту среднего профиля в единицах СШ как $CШ=H/sigma1$, где:
 H — максимум графика:
 $snr = H / sigma1$
- 3) Температура фона на 178 МГц: T_{178} (по-умолчанию 300 K),
температура фона на нашей частоте: $T_{111} = T_{178} * 3.333$;
температура системы фон+приемник: $T_s = T_{111} + T_r = T_{111} + 270$;
флуктуационная чувствительность неба: $sens=0.23$ для $N0, N1, N2$ и $sens=0.58$ для $N4$;
минимальная температура неба на 111 МГц: $T_{min} = 834$.
- 4) Вводим коэффициенты для поправок за непопадание между лучами:
 - для $N4$: $k1=0.95$,
 - для $N0, N1, N2$: $k1 = \text{от } 0.4 \text{ до } 1$ (по-умолчанию 1, но нужно поменять руками)
 - для всех площадок: $k2=\cos(55 - \delta)$ (введено по умолчанию, но можно поменять)
здесь δ — координата дельта пульсара в градусах.

Значение правок $k1$ и $k2$ нужно брать из статьи Шишов 2016:

- ссылка на статью есть здесь: https://bsa-analytics.prao.ru/project/bsa_pg3/ (статья 2)
- зависимость чувствительности от лучей: https://bsa-analytics.prao.ru/project/bsa_pg2/ (рис 1)

- 5) Вычисляем чувствительность телескопа в направлении пульсара:
 $dS = sens * T_s / T_{min} = sens * T_s / 834$
- 6) Вычисляем пиковую плотность потока:
 $Sp = snr * dS / \sqrt{n_periods}$
Учитываем поправки:
 $Sp = Sp / (k1 * k2)$
- 7) Вычисляем интегральную плотность потока:
Считаем сумму значений среднего профиля в интервале от $n1$ до $n2$:

```

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

```

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

```

sum = (sum/sigma1)*dS/sqrt(n_periods);
Sint = sum/n_points;

```

8) Учитываем поправки:

```
Sint=Sint/(k1*k2)
```

5. Порядок вычисления полуширины среднего профиля

1. Рисуем на графике среднего профиля горизонтальную линию $y=H/2$. Пусть пик графика оказывается выше её, и пусть эта линия пересекает график в точках, координаты по оси X которых равны $i1$ и $i2$ (это крайняя левая и правая точки пересечения, всё, что между ними — игнорируем). Но график среднего профиля построен по массиву данных. Расстояние между двумя точками (элементами массива) равно $tresolution$ сек (в случае отсутствия усреднения исходных данных). Т.о., точки $i1$ и $i2$ — это не целые номера точек элементов массива, они могут попасть в промежуток между соседними точками, по которым строился график. Вычислим значения $i1$ и $i2$.

2. Достаём из графика:

$y=h=H/2$ — половина максимального значения среднего профиля,
 $x1, x2$ — номера крайних левой и правой точек графика, в которых значение $> H/2$
 (это точки, по которым строился график, т. е. номера элементов массива)
 $y1 = arr[x1-1]$ — значение графика в точке $x1-1$ (предыдущий к $x1$ элемент массива)
 $y2 = arr[x1]$ — значение графика в точке $x1$
 $y3 = arr[x2]$ — значение графика в точке $x2$
 $y4 = arr[x2+1]$ — значение графика в точке $x2+1$ (следующий после $x1$ элемент массива)

3. Соединяем точки $\{x1-1, y1\}$ и $\{x1, y2\}$, вычисляем пересечение этого отрезка с прямой $y=H/2$. Расстояние по x от точки пересечения до точки $x1$ равно: $dx2 = (y2-h)/(y2-y1)$.
 Т.о., уточнение $i1 = x1-dx2$;

Соединяем точки $\{x2, y3\}$ и $\{x2+1, y4\}$, вычисляем пересечение этого отрезка с прямой $y=H/2$.
 Расстояние по x от точки пересечения до точки $x2$ равно: $dx3 = (y3-h)/(y3-y4)$.
 Т.о., уточнение $i2 = x2+dx3$;

Значения $i1$ и $i2$ — это уточнённые координаты по x точек пересечения графика с $y=H/2$

4. Вычисляем значения периодов в точках $i1$ и $i2$.

Для неусреднённого среднего профиля расстояние между двумя соседними точками равно $tresolution$, исходного отрезка, по которому считался профиль. Если профиль усреднён $average$ раз, то расстояние между двумя точками равно $tresolution * average$.

Но в программе пересчёт периода делаем не по $tresolution$, а исходя из пропорции:

n_points (число точек в среднем профиле) — $period$ (период в секундах)

$i1$ (номер точки среднего профиля) — $p1$ (период в этой точке, в сек)

```
p1 = i1 * period / n_points  
p2 = i2 * period / n_points
```

5. Считаем полуширину среднего профиля в миллисекундах:
 $w50 = (p2 - p1) * 1000$

6. Ф-ция вычисления sigma

```
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)); }  

```

7. 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 ясных для двух пульсаров со всеми прочими равными характеристиками, кроме периода, будет разной.

2). Во-вторых, пульсары находятся на 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.

8. Пояснение 2 — значение флуктуационной чувствительности

Старое, где $sens=0.28$.

Исправили: для $N0, N1, N2$: $sens=0.23$, для $N4$: $sens=0.58$

(Пояснение исправим позже)

В калькулятор 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 111МГц равна 834K ($T_{178}=250K$) и температуры окружающей среды 270K ($T_{sys}=1100K$).

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: $0.17*1.64=0.28$