

Indice espectral en radiofuentes extragalácticas

Cédric Prieels

Abril 2017

Resumen

Este ejercicio tiene por objetivo principal el estudio de la correlación de dos surveys diferentes (el primer survey viene del observatorio de Green Bank y corresponde a una longitud de onda de 5GHz y el segundo es un estudio de la transición famoso a 21cm del hidrógeno), gracias al programa TOPCAT. Después de haber correlacionado estos surveys, queremos poder determinar el índice espectral α , un parámetro esencial para entender la física de la radiofuente estudiada.

Introducción

El primer survey, llamado FIRST (Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm), ha sido hecho gracias al interferómetro VLA y permite estudiar una frecuencia de 1,4GhZ (equivale a estudiar la famosa línea a 21cm correspondiente a transiciones entre dos niveles de la estructura hiperfina del átomo de hidrógeno). Este survey, del 17 de diciembre 2014, contiene 946432 objetos repartidos en unos 10575 grados cuadrados del cielo. El segundo survey, llamado GB6 y hecho gracias al detector de Green Bank, contiene observaciones del hemisferio norte a una frecuencia de 4,85GhZ. Este survey tiene una resolución especial un poco peor que el primero.

Gracias al programa TOPCAT, vamos a poder hacer un *matching* entre los objetos de cada survey. El objetivo consiste en considerar los objetos para los cuales tenemos medidas para las dos frecuencias de los dos surveys, para poder determinar el valor del índice espectral α en cada caso. Este índice espectral se puede determinar a partir de dos solos puntos experimentales (aunque por supuesto, sería mejor considerar más surveys y por lo tanto más de dos puntos) porque conocemos el espectro teórico que deberíamos obtener. Como se puede ver en la figura 1, en una zona peculiar de frecuencias ($\nu_* < \nu < \nu_c$), el espectro en escala log-log aparece bastante plano. Con dos puntos experimentales, podremos por lo tanto calcular la pendiente de la recta y hallar el valor del parámetro α .

Metodología y resultados

Primero, abrimos el programa TOPCAT, buscamos por internet los dos surveys que vamos a estudiar en este ejercicio y los abrimos dentro de TOPCAT. Una vez hecho, podemos estudiar la correlación entre las posiciones de los objetos de los dos catálogos, gracias a la función *match* de Topcat (para este estudio, ponemos un valor de radio de coincidencia de 5.0 arcsec). Con este valor de error máximo, el *matching* entre los 946432 objetos del survey FIRST y los 75162 objetos del survey GB6 nos devuelve una tabla de 1895 objetos que están por lo tanto en ambos catálogos.

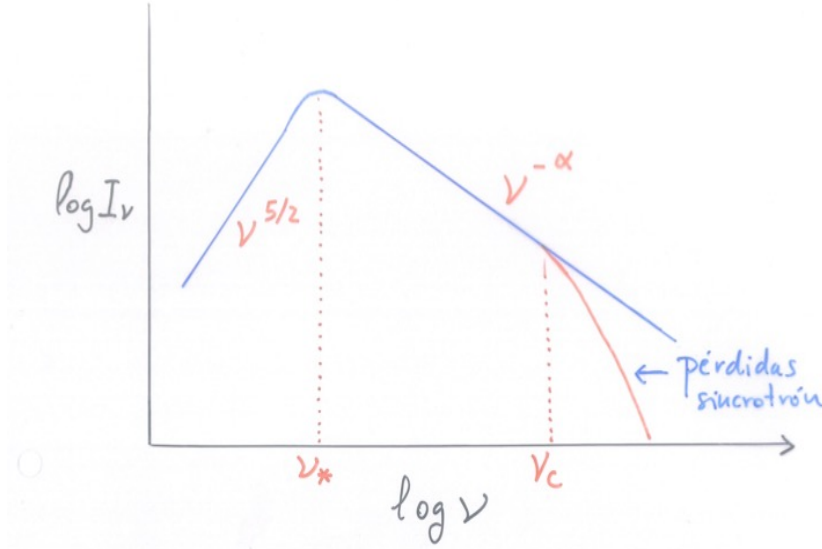


Figura 1: Espectro teórico de las fuentes estudiadas.

Primero, podemos estimar el número de fuentes por grado cuadrado en ambos surveys. El survey FIRST cubre unos 10575 grados cuadrados del cielo y tiene 946432 objetos medidos (89,49 objetos/grado²). Calcular esta densidad para el survey GB6 es más difícil: sabemos que ha medido unas 75162 fuentes, pero no conocemos el area del cielo medido, solo sabemos que ha medido todo el cielo del hemisferio norte, para declinaciones entre 0 y 75°. Lo más fácil consiste en usar la definición (1) de un grado cuadrado para calcular el area no medido por GB6 (la parte de la esfera del hemisferio sur, y la parte del hemisferio norte entre 75 y 90 grados).

$$1deg^2 = \left(\frac{\pi}{180}\right)^2 \quad (1)$$

Sabemos que la esfera complete vale por unos 41 253 grados², y por lo tanto, el area que corresponde al hemisferio norte vale la mitad de este valor. Por fin, la proporción del cielo del hemisferio norte no medido vale 0,261 radianes (15 grados) que hay que convertir a grados² (obtenemos 857 grados²). Entonces, GB6 ha medido unos 20270 grados² del cielo, y la densidad de objetos medidos vale aproximadamente 3,7 objetos/grado².

Una vez hecho, podemos pintar histogramas de la distribución de flujos y de los índices espectrales de los objetos que aparecen an ambos catálogos, con esta última tabla que acabamos de crear. El cálculo del índice espectral es sencillo porque solamente tenemos que calcular la pendiente de la recta que pasa por dos puntos, que corresponden a las dos medidas de cada fuente, por cada detector (y ya conocemos la frecuencia de medida de cada detector). El índice espectral se puede calcular fácilmente gracias a la ecuación (2) siguiente, donde podemos conocer los valores de I_1 y de I_2 a partir de los datos experimentales.

$$\alpha = \frac{\log(I_1) - \log(I_2)}{\log(4,85 \cdot 10^9) - \log(1,4 \cdot 10^9)} = \frac{\log(I_1) - \log(I_2)}{0,5396} \quad (2)$$

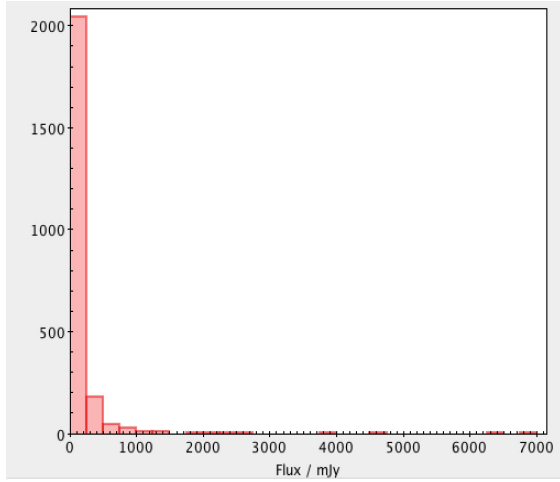


Figura 2: Distribución del flujo de los objetos en común en los dos catálogos.

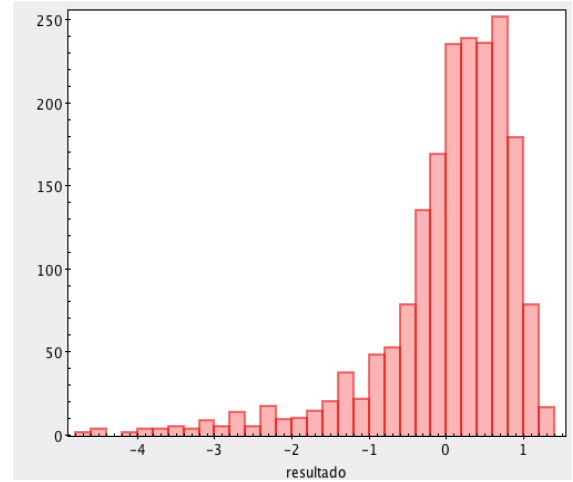


Figura 3: Distribución del índice espectral de los objetos en común en los dos catálogos.

Podemos ahora hacer un pequeño estudio y verificar como cambia esta distribución del índice espectral en función del valor dado al radio de coincidencia cuando hacemos el matching. Como se puede ver en la figura 4, cuando aumentamos el valor de radio de selección del matching, el número de objetos seleccionados aumenta y por lo tanto tenemos una distribución más alta. También vemos un pequeño desplazamiento del pico cuando consideramos un radio de 5 arcsec hacia la derecha, mientras que el máximo del pico vale más o menos lo mismo para 2 y 3.5 arcsec.

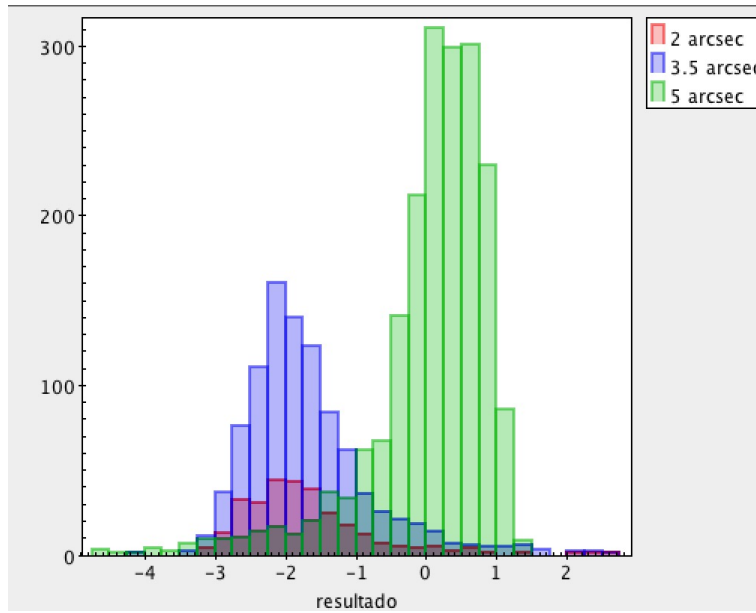


Figura 4: Comparación del impacto del valor de radio de coincidencia sobre la distribución del índice espectral.

Podemos comparar las distribuciones obtenidas con la que se encuentra en la figura 5, sacada del estudio hecho por Gopal-Krishna, Steep y Bonn ([^] spectral index-flux density relation for extragalactic radio sources”). Vemos que en este estudio, obtienen el máximo del pico de α sobre -0.9 y en este pequeño estudio, observemos un valor un poco más bajo para 2 y 3.5 arcsec (alrededor de -2) y un poco más alto para 5 arcsec (alrededor de 0.5).

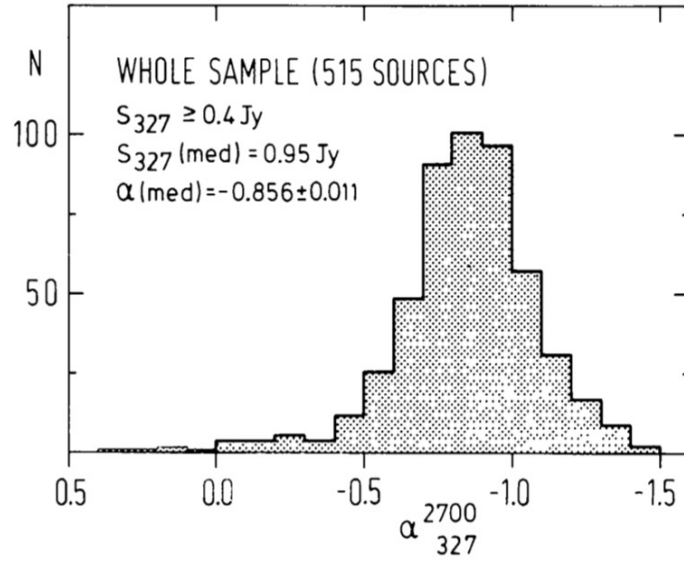


Figura 5: Distribución experimental del parámetro α , proviniendo de datos de la NASA Astrophysics Data System.

Conclusiones

En conclusión, esta práctica nos permitió estudiar más en detalles dos surveys hechos a dos frecuencias diferentes (1,4 y 5Ghz) y por dos instrumentos distintos. El objetivo principal consistía en hacer una correlación de los dos surveys para guardar solamente los objetos en común, para después hacer una regresión lineal del plot de la intensidad medida en función de la frecuencia de la señal, para poder determinar en cada caso el valor del índice espectral, un parámetro físico fundamental para entender las propiedades del objeto estudiado. Hemos estudiado por lo tanto la distribución de este índice obtenida en función de diferentes parámetros de radio de coincidencia (a la hora de hacer el matching entre los dos catálogos estudiados, este parámetro nos da una idea del error sobre la posición que aceptamos), y comparado esta distribución con una distribución teórica. Observemos una distribución similar en el caso de radios de 2 y 3.5 arcsec, y un poco diferente para 5 arcsec.