

## TALLER 7

Fecha limite de entrega: Enero 30 de 2020

Trabajo puede ser entregado de manera individual y será trabajado durante clase

## Datos

Para este trabajo vamos a estudiar 1 series de datos de manchas solares, y también los datos de precipitación y temperatura a nivel global.

- sunspot\_year.dat

Datos de las mediciones de *manchas solares* en la superficie del sol desde EEUU, desde 1700. Datos anuales, mirar segunda columna.

Intervalo anual, 308 muestras.

## Métodos

En primera instancia vamos a estimar el espectro de las señales. Esto nos puede dar información sobre los procesos físicos que se encuentran presentes dentro de las señales.

El periodograma estará definido como

$$P(f) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi i f n} \right|^2 \quad (1)$$

donde  $x$  es una secuencia de datos (muestreo cada segundo se asume aca),  $N$  es el numero total de puntos de la secuencia, y  $f$  es la frecuencia. Para mejorar la estimación podemos aplicar una ventana (taper) para formar

$$P(f) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} a_n x_n e^{-2\pi i f n} \right|^2 \quad (2)$$

donde la ventana  $a_n$ , es una secuencia con  $N$  puntos y puede ser una *hanning*, *hamming*, *prolate*, *triangular*, o una *boxcar* que seria el caso del periodograma clásico.

El vector  $f$  en estas dos ecuaciones, aunque idealmente es continuo, en general tiene una longitud igual al numero de puntos  $N$  de la señal estudiada  $x_n$ .

En Python, el vector estaria definido asi:

```
if (npts%2 == 0):
    nf = round(nfft/2.) + 1
    fvec_p = np.arange(0,nfft/2+1)/(nfft*dt)
    fvec_n = np.arange(-(nfft/2),0)/(nfft*dt)
```

```

else:
    nf = round((nfft+1)/2)
    fvec_p = np.arange(0, (nfft-1)/2+1)/(nfft*dt)
    fvec_n = np.arange(-(nfft-1)/2,0)/(nfft*dt)

# Create vector as in FFT sampling
# except with nyquist in positive freq
# (matlab and Python numpy.fft)
fvec = np.concatenate((fvec_p,fvec_n))

# Only save nf points, assuming real vector
freq = np.zeros((nf,1))
freq = fvec[0:nf]

```

donde si la señal es real, solamente se requiere desplegar la parte positiva de frecuencias, ya que la parte de frecuencias negativas es simétrica con la positiva.

Acá lo que se muestra es que a) si la señal es real, solo necesitamos los primeros  $nf$  puntos del espectro  $P(f)$ . b) La frecuencia Nyquist  $f_{nyq}$  esta definida por el muestro  $dt$ . c) El vector  $f$  o  $freq$  tiene longitud de  $N$  puntos, donde el primer punto representa  $f = 0$ , el punto  $nf$  es la  $f_{nyq}$  y los puntos intermedios se separan proporcionalmente. Los puntos después de  $nf$  son frecuencias negativas, las cuales en este caso (señal real) no vamos a tener en cuenta.

La ventana Hanning se puede diseñar en Python siguiendo la ecuación:

$$w(n) = 0,5 - 0,5 * \cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right), \quad 0 \leq n \leq M-1 \quad (3)$$

Note que en Python y en `numpy` o `scipy` Ud. encuentra funciones para calcular el vector de frecuencias y el vector Hanning (y otros). Para el vector frecuencias use `np.fft.fftfreq(N,dt)` para la ventana Hanning use `numpy.hanning(M)`

## Puntos

1. Lea los datos de `sunspot_year.dat`, en la segunda columna. La primera columna representa el año de medición. Grafique. Calcule el espectro utilizando Periodograma con y sin Hanning taper `amp_spec` y `amp_spec_taper`. Utilice como  $dt = 1$  año. Grafique Periodo vs Espectro, entre periodos de 1 y 20 años. Note que periodo es  $1/freq$ .

Cúal es el periodo de la señal mas fuerte, entre 1 y 20 segundos? Hay alguna diferencia en el método utilizado? Discuta.

2. En meteorología y climatología se estudia el régimen de temperaturas de lluvias y precipitación. En particular en la región andina, el régimen bimodal es común, pero pueden existir lugares con regímenes diferentes (unimodal por ejemplo)>Esto se observa en los histogramas de precipitación o temperatura.

Hacer histogramas de varias estaciones para mostrar estos regímenes.  
Verificar el comportamiento cíclico con los espectros de amplitudes para esas estaciones.  
Interprete.