

Tarea 1 AS4501 - CC4501

22 de Agosto, 2014

Fecha de entrega: Viernes 26 de Septiembre, 2014

El objetivo de esta tarea es familiarizarse con el lenguaje de programación Python y con las librerías comúnmente usadas para procesamiento de imágenes astronómicas. La tarea consiste en la simulación y filtrado de una imagen astronómica a partir de un catálogo de objetos.

Se entregará un catálogo de estrellas, otro de galaxias, una imagen fits en blanco y un archivo .py de plantilla con los nombres de las rutinas a crear para que sea llenado.

Se debe entregar:

- Archivo “metodos_t1.py” con las rutinas a definir.
- Archivo “t1.py” con el programa principal
- Informe corto (1 - 5 páginas) con los resultados obtenidos. Este informe debe ser lo mas corto, pero a la vez, completo posible.

1 Parte 1 (4 puntos)

Leer un catálogo de estrellas y otro de galaxias y obtener una imagen simulada de estos objetos.

1.1 Obtener Cuentas desde Magnitudes (0.5 puntos)

Crear una rutina que reciba la magnitud de un objeto m y retorne el número de cuentas recibido por la CCD dado una magnitud y flujo de referencia (m_0 y F_0).

mToCounts (m , m_0 , F_0)

Para obtener el flujo del objeto se debe utilizar la ecuación

$$m - m_0 = -2.5 \log\left(\frac{F}{F_0}\right), \quad (1)$$

donde m y F son la magnitud y flujo de la fuente, y m_0 y F_0 la magnitud y flujo del objeto de referencia.

1.2 Simular Estrellas (1 punto)

Crear una rutina a la que se le entregue la magnitud y coordenadas de una estrella y la agregue a una imagen fits

`addStar (hdu, m, RA, DEC)`

Luego, crear una rutina para leer un catalogo de estrellas y agregarlos a una imagen fits.

`addStellarCatalog (hdu, catalog)`

Para esto utilizar el catalogo de estrellas “stellar.dat” que es un archivo de texto y tiene el siguiente formato:

“object” RA DEC r_magnitude SED index “star”

Los parametros a considerar para la tarea son:

RA: Right ascension en grados.

DEC: Declination en grados.

r_magnitude: Magnitud del objeto en el filtro R.

SED: Spectral energy distribution, no importante para esta tarea.

index: 0. No importante para esta tarea.

La rutina `addStellarCatalog` debe leer el catalogo linea a linea y dibujar una estrella en la imagen representada por `hdu`. Para esto se utilizará la rutina de la parte 1.1 para obtener el número de cuentas para cada estrella y así asociar todas estas cuentas a un solo pixel en las coordenadas descritas por RA y DEC. Usen como referencia el valor FLUX20 (flujo a una magnitud de 20) que se puede obtener del header del archivo fits a utilizar.

1.3 Simular Galaxias (1.5 puntos)

Una galaxia puede ser modelada como un perfil de Sérsic. Éste es un modelo radial de la luz emitida por una galaxia y se describe por la ecuación

$$I(\xi) = I_0 e^{-b_n (\frac{\xi}{R_e})^{1/n}}, \quad (2)$$

$$b_n = 2n - 0.324, \quad (3)$$

donde I_0 es la intensidad al centro de la galaxia, R_e es llamado el radio efectivo y representa el radio dentro del cual se encuentra la mitad de la luminosidad total de la galaxia, n es el índice de Sérsic y describe la forma de decaimiento de la luz de la

galaxia, y, ξ es el radio eliptico que toma en consideracion la elipticidad ϵ de la galaxia. En la ecuación 2 se utilizan coordenadas elipticas, descritas por:

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos E \\ y &= \xi(1 - \epsilon) \sin E, \end{aligned} \quad (4)$$

donde ξ es el radio eliptico, E es la eccentricidad anomala, y $\epsilon = 1 - b/a$ es llamada la elipticidad (no confundir con la eccentricidad). Para el caso general de un objeto centrado en las coordenadas (x_c, y_c) y rotado en un ángulo θ , se tiene

$$((x - x_c) \cos \theta + (y - y_c) \sin \theta)^2 + \frac{((x - x_c) \sin \theta - (y - y_c) \cos \theta)^2}{(1 - \epsilon)^2} = \xi^2. \quad (5)$$

Uds. deberán crear una rutina a la que se le entregue la magnitud, coordenadas, índice de Sérsic, radio efectivo, elipticidad y ángulo de rotación de una galaxia y la agregue a una imagen fits

addGalaxy (hdu, m, RA, DEC, n, Re, el, theta)

Luego deberán crear una rutina para leer un catalogo de galaxias y agregarlos a una imagen fits.

addGalaxyCatalog (hdu, catalog)

Para simular las galaxias, se debe utilizar el catalogo “galaxy.dat” que es un archivo de texto con el siguiente formato:

“object” RA DEC r_mag SED redshift “galaxy” n Re el theta

Los parametros a considerar para la tarea son:

RA: Right ascension en grados.

DEC: Declination en grados.

r_mag: Magnitud del objeto en el filtro R.

SED: Spectral energy distribution, no importante para esta tarea.

redshift: Corrimiento al rojo. No importante para esta tarea.

n: Índice de Sérsic n .

Re: Radio efectivo R_e en pixeles.

el: Elipticidad ϵ .

theta: Ángulo de rotación de la galaxia θ en radianes.

Para obtener la intensidad central I_0 deben obtener el numero de cuentas asociado a la galaxia mediante la rutina de la parte 1.1 y luego utilizar la ecuacion de la luminosidad integrada de un perfil de Sérsic:

$$L_n = I_0 R_e^2 \frac{2\pi n}{b_n^{2n}} (1 - \epsilon) \Gamma(2n). \quad (6)$$

y distribuir las cuentas de tal forma que se ajusten a éste.

1.4 Background, PSF y Ruido (1 punto)

Crear una rutina que sume un nivel de intensidad constante a una imagen:

`addBackground (hdu, background)`

Crear una rutina que haga la convolucion de una imagen con un point spread function (PSF) Gaussiano de desviación estandard σ_{PSF} :

`convolvePSF (hdu, sigma_PSF)`

Crear una rutina que agregue ruido Poissoniano (considerar background y emision de objetos) y Gaussiano con desviación estandard σ_{noise} a una imagen :

`addNoise (hdu, sigma_noise)`

2 Parte 2 (2 puntos)

Desarrolle un filtro para reducir el ruido de la imagen y aplíquelo a la imagen obtenida en la Parte 1. Muestre sus resultados tanto en la imagen como en el plano de Fourier.

`filterImage (hdu, params)`

Comente los resultados en base a las características del filtro escogido.

Algunas indicaciones

- Algunas estrellas y galaxias caen fuera de la imagen, por lo que deben preocuparse de esto.
- Si intentan simular todo de una en su computador les aseguro que van a tomar bastante tiempo dependiendo de sus algoritmos. Les recomiendo comenzar con un pedazo de la imagen y/o una seleccion de los objetos. Pueden escoger los mas brillantes, por ejemplo. Una vez que estén seguros de que sus metodos funcionan hagan toda la imagen.
- Les recomiendo tambien utilizar criterios de corte sobre el PSF y la intensidad de las galaxias para disminuir el tiempo de ejecucion. Todo criterio que escojan debe ir en el informe.