

Estudio de la linealidad de los detectores CCD del Observatorio Vera Rubin

Mentor Principal: Dr. Craig Lage
Mentor Secundario: Dr. Andrés A. Plazas Malagón

31 de marzo de 2022

1. Introducción

El Observatorio Vera Rubin llevará a cabo un estudio detallado del cielo austral utilizando el Simonyi Survey Telescope, un innovador y rápido telescopio de sondeo que se está construyendo actualmente en Cerro Pachón (Chile). La cámara digital del observatorio, que se encuentra en las últimas fases de construcción en el SLAC National Accelerator Laboratory (SLAC), en los Estados Unidos, tiene aproximadamente 3,2 gigapíxeles y es la mayor cámara digital jamás construida. La cámara utiliza dispositivos CCD (dispositivos de carga acoplada, “charge coupled devices”) fabricado de silicio totalmente depletados, retroiluminados y de 100 micrómetros de grosor para optimizar la eficiencia cuántica en el infrarrojo cercano. El área de imagen consta de 189 CCDs, cada uno de los cuales contiene 16 regiones de imagen dispuestas en una matriz de 8x2. Cada región de imagen tiene una matriz de píxeles de aproximadamente 500x2000 píxeles cuadrados de 10 micrómetros, lo que da un total de 16 megapíxeles.

La mayoría de los telescopios astronómicos modernos utilizan detectores CCD para captar la imagen óptica. Estos detectores son básicamente contadores de fotones con una alta eficiencia cuántica. Suelen tener poco ruido, un rango dinámico relativamente alto y una buena linealidad. Aunque la linealidad de estos detectores (es decir, la relación entre la señal del detector y el número de fotones recogidos) es bastante buena, para la fotometría de alta precisión se requieren correcciones de linealidad. Esta corrección de la linealidad es el objeto de este proyecto.

2. Objetivos del proyecto

Como parte de la caracterización de la cámara del Observatorio Rubin, se han tomado datos en un entorno de laboratorio en el que el plano focal de la cámara se ha expuesto a una iluminación uniforme. La intensidad de la iluminación (flujo) se incrementó entonces de manera uniforme y, al mismo tiempo, se monitorizó la intensidad mediante un fotodiodo calibrado. De este modo, podemos elaborar curvas de la respuesta del detector CCD en función del flujo. Como esta respuesta no es completamente lineal, corregimos las pequeñas desviaciones de la linealidad utilizando un “linealizador”, que es una función que nos indica la verdadera intensidad de la iluminación en función de la señal del detector. Hay un linealizador diferente para cada segmento de la cámara, y como hay 189 CCDs con 16 segmentos cada uno, hay 3024 funciones lineales distintas. Este proyecto consiste en estudiar el proceso de generación de los linealizadores y recomendar posibles mejoras.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

1. Familiarizarse con los datos tomados y el software de análisis para poder reproducir la generación de la función linealizadora.
2. Hay una serie de opciones en el software que analiza los datos, incluyendo cosas como la forma en que se redistribuyen los datos del fotodiodo del monitor y qué forma funcional tiene el linealizador. Familiarizarse con estas opciones y realizar recomendaciones sobre qué opciones cree que funcionan mejor.
3. Esperamos que la función linealizadora sea perfectamente lineal a bajo flujo, y sólo se desvíe de la linealidad a alto flujo. Sin embargo, se ha informado de desviaciones de la linealidad a bajo flujo. ¿Cuál es el origen de estas desviaciones de la linealidad a bajo flujo? ¿Necesitamos corregirlas, o se deben a un error en los datos o a problemas de instrumentación?
4. A flujos muy altos, el detector se satura y la señal del detector deja de aumentar a medida que aumenta el flujo. Cuando esto ocurre, el CCD deja de ser útil para la fotometría. Estudiar este efecto y realizar una recomendación de hasta dónde podemos llegar antes de que las desviaciones de la linealidad sean tan grandes que el dispositivo deje de ser útil para la fotometría de precisión.
5. Redactar un informe escrito que resuma su trabajo y sus recomendaciones y presentar los resultados al proyecto del Observatorio Rubin.