

## Esperienza 2 – Acquisizione e riduzione di dati CCD

### 1. Richiamo teorico

*Sono qui richiamati alcuni concetti e alcune operazioni illustrati a lezione*

Un'immagine astronomica acquisita on CCD (frame raw) deve essere opportunamente ridotta per ottenere un frame scientifico.

All'immagine deve essere sottratto il frame termico (dark frame) prodotto dalla corrente termica durante il tempo di esposizione. L'immagine va quindi normalizzata per tenere conto della disuniformità di risposta dei pixel, dell'illuminazione non omogenea del sensore da parte delle ottiche (che produce la vignettatura) e di eventuali effetti dovuti alla presenza di polvere sui filtri.

Il file di normalizzazione, ottenuto illuminando il CCD con una fonte di illuminazione omogenea (nel nostro caso una flat-box), si chiama flat filed.

Al flat field va preliminarmente sottratto il rispettivo dark frame (dark del flat).

I dark frames contengono il bias frame, dovuto alle correnti di polarizzazione del dispositivo.

Se la corrente termica è trascurabile – come accade in genere lavorando a temperature molto basse – quasi sempre non è necessario acquisire il dark frame, ma in ogni caso vanno acquisiti i bias. Nel nostro caso è opportuno acquisire sia i dark che i bias.

In definitiva l'operazione di riduzione nei dati consiste nella seguente operazione matematica sui pixel  $p$  del frame raw:

$$p' = \frac{p - d}{f} \langle f \rangle$$

ricordando che preliminarmente al flat  $f$  va sottratto il rispettivo dark e che nell'operazione della sottrazione del dark  $d$  è inclusa la sottrazione del bias.

Poiché ogni operazione fatta sul file raw aggiunge rumore è necessario che il dark e il flat usati per la riduzione siano i meno rumorosi possibile.

Per fare questo è opportuno acquisire un certo numero di dark e flat farne la media (o la mediana) e usare i file ottenuti (master dark e master flat) per l'operazione di riduzione.

In pratica, in fase di misura è necessario acquisire:

1. I file raw (l'immagine delle sorgenti da misurare)

2. Un certo numero di dark (9 è una cifra ragionevole) alla stessa temperatura e con lo stesso tempo di esposizione dei raw.

3. Un certo numero di bias (9)

4. Un certo numero di flat field (in genere il tempo di esposizione è breve e se ne possono acquisire circa 20) usando la flat box, senza toccare le condizioni di messa a fuoco e usando un tempo di esposizione tale da ottenere per il valore medio del frame di flat circa il 30-40% del valore di saturazione in ADU.

Ovviamente se si cambia filtro o si modificano altre condizioni ottiche è necessario acquisire i flat per la nuova condizione.

5. I dark dei flat (9)

MaxIm esegue automaticamente l'operazione di riduzione. Come illustrato a lezione è necessario inserire tutti i file di riduzione in una cartella. Usando il comando *set calibration* si possono importare tutti i file necessari.

E' importante ricordare che il software usa per la calibrazione i file adatti ai file raw da calibrare leggendo i parametri nell'header fits.

Invece della media conviene in genere fare la mediana in quanto in questo modo si eliminano effetti spuri (raggi cosmici, passaggio di satelliti nel caso dei file raw) presenti in un solo frame.

Se si sono acquisiti più file raw, dividendo l'esposizione totale in sottoesposizioni, dopo averli ridotti è necessario metterli a registro (allinearli) e quindi combinarli tra loro. Anche in questo caso la mediana è in genere la migliore opzione.

Una volta ottenuto il file finale, analizzabile scientificamente, può essere opportuno astromettrizzarlo, usando PinPoint.

Dopo questa operazione il file è caricabile su Aladin per essere confrontato con un catalogo (consigliabile NOMAD). Le magnitudini ottenute dal catalogo per alcune stelle di riferimento consentono la calibrazione in magnitudine dell'intero frame (operazione da fare con MaxIm).

## **2. Operazioni al telescopio**

Il telescopio usato è uno Schmidt-Cassegrain da 20 cm di apertura con rapporto focale f/10, corrispondente a circa 2000 mm di lunghezza focale.

La camera CCD è una SBIG ST-8XME con pixel da 9  $\mu\text{m}$ , dotata di una ruota porta-filtri, che contiene (tra gli altri) i filtri fotometrici che useremo nel corso dell'esperienza (nominati Bfot, Vfot e Rfot).

1. Accendere la montatura del telescopio
2. Connettersi alla camera CCD (mediante MaxIm)
3. Accendere il Cooler e portare la camera a circa 5 °C. Solo dopo qualche minuto a 5 ° abbassare la temperatura fino a un delta di circa 25-30° rispetto alla temperatura ambiente (controllare che non si formi condensa!)
4. Inserire il filtro scelto (es. V<sub>phot</sub>)
5. Puntare l'oggetto scelto:
  - a. puntare una stella vicina sufficientemente luminosa (centrarla prima nel cercatore e poi al centro del campo del CCD).
  - b. Effettuare la messa a fuoco
  - c. Effettuare una ricalibrazione della montatura (recalibrate)
  - d. Puntare l'oggetto scelto
6. Fare qualche posa di prova per verificare la corretta inquadratura (framing) spostando opportunamente il telescopio e/o ruotando la camera CCD.
7. Se possibile, trovare una stella guida e calibrare l'autoguida o l'ottica adattiva: senza autoguida non è possibile effettuare pose più lunghe di 20-30 secondi.
8. Se si guida, fare qualche posa lunga (200-300 secondi) per vedere come va la guida ed eventualmente modificare qualche parametro.
9. Far partire le esposizioni usando la procedura automatica.

Acquisite immagini del campo scelto nelle tre bande fotometriche B,V ed R

Un tempo complessivo di 10-20 minuti per banda può essere sufficiente. Non superate i 5 minuti per la singola sotto-esposizione.

Al termine delle esposizioni acquisite i dark i bias e i flat necessari.

Alla fine della sessione riportate verso la temperatura ambiente la camera (warm-up), quindi spegnete il cooler, infine disconnettete la camera.

### **3. Riduzione dei dati**

Riducete i dati seguendo la procedura indicata sopra e illustrata a lezione.

Effettuate l'astrometria e calibrate in magnitudine usando quante più stelle di catalogo possibile.

Nella parte finale della relazione che illustra il lavoro svolto, rispondete alle seguenti domande:

- Quale è la vostra scala dell'immagine (IS) e, corrispondentemente, il vostro campo di vista (FOV) ?

- Quale è la magnitudine limite dei vostri frame (considerate un rapporto S/N limite di circa 3) ? A quale magnitudine le stelle iniziano invece a saturare ? (lavorate in tutte e tre le bande fotometriche)
- Disegnate un grafico magnitudine-flusso per il vostro apparato per tutte e tre le bande.
- Confrontate il rapporto S/N dei singoli frames (sottoesposizioni) e quello del frame definitivo (“somma”, mediana dei frames): cosa osservate? Come interpretate quello che osservate?
- Calcolate per ogni banda fotometrica la magnitudine del fondo-ciolo (background) espressa in magnitudini/arcsec<sup>2</sup>