



Sprawozdanie z ćwiczenia 5.

Wyznaczenie współczynnika konwersji kamery CCD

Wykonał: Kamil Kalinowski

Asystent prowadzący: dr Dorota Koziel-Wierzbowska

Poprzez wykonanie pomiarów laboratoryjnych wyznaczono wartość współczynnika konwersji dla kamery CCD.

I. Wstęp

I. Model

Współczynnik konwersji α (CCD gain) jest zdefiniowany jako stosunek ilości zliczeń ADU odpowiadającej ilości elektronów N_e zgromadzonych na pikselu matrycy do tej ilości elektronów zgodnie z poniższym wzorem

$$\alpha = \frac{ADU}{N_e}. \quad (1)$$

Liczba jednorazowo zgromadzonych elektronów jest opisana przez statystykę Poissona. Z faktu tego wynika zależność liniowa

$$\overline{\sigma_{ADU}^2} = \alpha \overline{ADU} + \beta, \quad (2)$$

gdzie $\overline{\sigma_{ADU}^2}$ jest średnią wariancją sygnału ADU , \overline{ADU} jest średnią wartością oczekiwaną i β jest sumą wariancji sygnału ciemnego i wariancji szumu odczytu, tzn.

$$\beta = \sigma_{DARK}^2 + \sigma_{RON}^2. \quad (3)$$

Wzór (2) uwzględnia założenie, że sygnał ciemny i sygnał bias zostały odjęte od pełnego sygnału.

II. Podstawowe wzory

Wzór na estymator zgodny nieobciążony wariancji ma postać

$$u_a = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2. \quad (4)$$

II. Przebieg doświadczenia

Pomiary zostały wykonane 23 listopada 2021 roku poprzez teleskop Cassegraina o średnicy $r = 0,5\text{m}$, zlokalizowany w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Wykorzystana kamera CCD to Apogee AltaU-42D9.

Pozycję teleskopu ustawiono ręcznie, natomiast obsługa kamery CCD odbywała się przez komputer.

I. Przygotowanie aparatury

Przestawiono tubę teleskopu, aby w jego polu widzenia znalazł się ekran do ekspozycji zdjęć flatfield.

Uruchomiono program do sterowania teleskopem.

II. Zdjęcia dark

Wykonano 25 zdjęć sygnału ciemnego dark w filtrze I z czasem naświetlenia $t = 5\text{s}$.

III. Zdjęcia flat

Wykonano 4 serie po 25 zdjęć sygnału flat-field w filtrze I z czasem naświetlenia $t = 5$ s. Pomiedzy seriami zwiększano natężenie światła padającego na ekran. Dla zdjęć odpowiadającym najmniejszemu natężeniu wartości ADU kilkakrotnie przekraczają łączny sygnał szumowy, natomiast dla zdjęć odpowiadającym największemu natężeniu wartości ADU są nieco niższe niż wartości nasycenia matrycy.

III. Analiza danych

Przejrzano zdjęcia. Nie stwierdzono zauważalnej nierównomierności sygnału flatfield.

Następnie wykonano następujące kroki:

1. Uśredniono serię zdjęć dark tworząc zdjęcie średnie $\langle DARK \rangle$.
2. Odjęto zdjęcie $\langle DARK \rangle$ od wszystkich zdjęć flat, tworząc zdjęcia flat'. W tym kroku zostaje automatycznie odjęty poziom bias.
3. Każdą serię zdjęć flat' uśredniono, tworząc 4 zdjęcia $\langle FLAT' \rangle$.
4. Renormalizacja. Dla każdej serii obliczono średni poziom ADU w zdjęciu $\langle FLAT' \rangle$. Dla każdego zdjęcia flat' z danej serii obliczono średni poziom ADU . Przemnożono każde zdjęcie przez stosunek $\frac{\text{średni poziom } ADU \text{ w zdjęciu } \langle FLAT' \rangle}{\text{średni poziom } ADU \text{ w danym zdjęciu flat'}}$. Powstałe zrenormalizowane zdjęcia flat'' z danej serii mają wartość średnią ADU równą średniemu poziomowi ADU w zdjęciu $\langle FLAT' \rangle$ z tej serii.
5. Ze zrenormalizowanych zdjęć dla każdej serii utworzono zdjęcia średnie $\langle FLAT'' \rangle$ oraz zdjęcia kwadratu odchyżeń standardowych jako estymatory wariancji VAR .

6. Obliczono średnie wartości ADU ze zdjęć $\langle FLAT'' \rangle$ i VAR jako estymatory kolejno wartości oczekiwanej oraz wariancji. Przypisano im oznaczenia kolejno \overline{ADU} i σ_{ADU}^2 .

7. Dopasowano funkcję liniową (2) do otrzymanych danych metodą regresji klasycznej. Dane i dopasowaną do nich funkcję przedstawia kolejno tabela 1 i wykres 1.

Wyznaczone współczynniki wynoszą

$$\alpha = (0,7642 \pm 0,0043) ADU,$$

$$\beta = (680 \pm 120) ADU^2,$$

gdzie podane niepewności są odchyleniami standardowymi.

8. Wykonano test RESET Ramsey'a na liniowość [1]. Dla alternatywnej relacji kwadratowej p-wartość wynosi $p = 0,95$. Dla alternatywnej relacji kubicznej $p = 0,60$.

IV. Dyskusja

Hipoteza zerowa testu Ramsey'a to poprawność funkcyjnej formy regresji liniowej. Test wykonuje się przez sprawdzenie, czy zależność kwadratowa lub kubiczna jest w stanie lepiej opisać zmienność danych. P-wartość silnie sprzyja hipotezie zerowej, że funkcyjna forma regresji liniowej jest poprawna w opozycji do zależności kwadratowej. Nie można również odrzucić hipotezy zerowej na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ dla alternatywy w postaci funkcji kubicznej. Nie stwierdzono zatem odchyżeń od liniowości w próbkach.

Wartość α jest typowa. Wartość β jest dość duża.

Wyznaczony błąd wartości α jest mały względem wartości tej wielkości ($\sim 0,6\%$). Znacznie większy jest błąd względny wartości β ($\sim 18\%$).

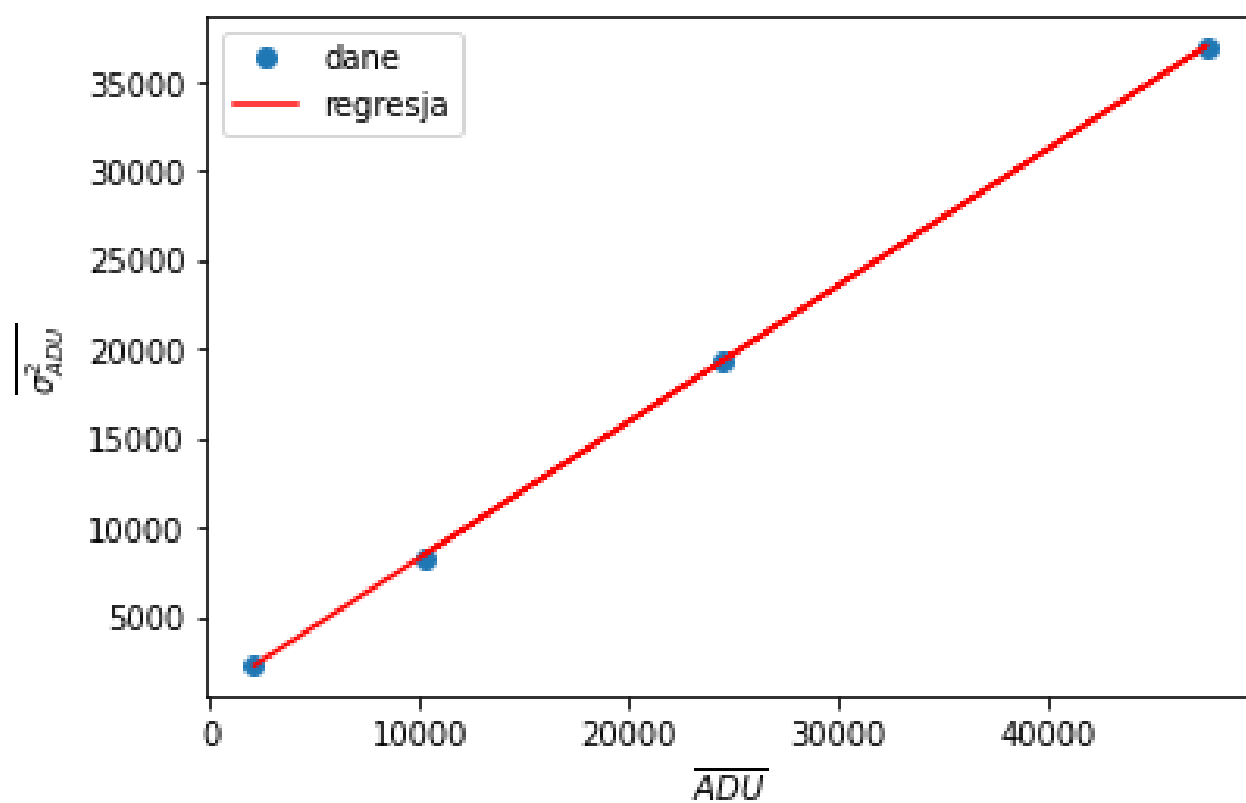
\overline{ADU}	2,10E+03	1,02E+04	2,44E+04	4,76E+04
$\overline{\sigma_{ADU}^2}$	2,37E+03	8,29E+03	1,94E+04	3,70E+04

Tabela 1: Punkty pomiarowe

Literatura

- [1] J. B. Ramsey, Tests for specification errors in classical linear least-squares regres-

sion analysis, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 31 (1969), pp. 350–371.



Rysunek 1: Dane i dopasowana funkcja