

# J16. Analiza wpływu dodatkowych poprawek fotometrycznych na parametry wybranych gwiazd zmiennych obserwowanych w projekcie „Pi of the Sky” opiekun: prof. dr hab Aleksander Filip Żarnecki

Maciej Zielenkiewicz

5 sierpnia 2013

## 1 Wstęp

### 1.1 Projekt Pi of the Sky

Celem projektu jest poszukiwanie krótkotrwałych zjawisk na niebie, takich jak błyski  $\gamma$ , wybuchy nowych czy zmiany jasności gwiazd zmiennych. Niebo jest obserwowane za pomocą komercyjnych obiektywów skupiających światło na sensorach CCD. Na podstawie zebranych obrazów identyfikowane są pozycje i jasności świecących obiektów; na podstawie analizy tych danych znajdowane są interesujące zjawiska.

### 1.2 Cel ćwiczenia i dane

Celem ćwiczenia była analiza poprawki do jasności gwiazd biorąca pod uwagę ich typ widmowy. Poprawka jest stosowana dla danych uzyskanych ze zdjęć o czasie naświetlania 200s (uzyskanych jako suma 20 kolejnych zdjęć po 10s). Do świecących punktów ze zdjęcia przypisuje się na podstawie ich pozycji gwiazdy z katalogu, co umożliwia porównanie zmierzonych jasności z danymi dla gwiazdy z katalogu. Do analizy wykorzystano 100 takich zdjęć. Ze względu na to, że mierzona jasność gwiazdy nie odpowiada zmienia się w zależności od widma jej promieniowania opracowana została poprawka biorąca pod uwagę typ widmowy gwiazdy. Poprawka jest wyliczana dla każdego zdjęcia oddzielnie jako dopasowanie współczynników określających płaszczyznę  $\Delta$  ([2]):

$$\Delta(Ra, Dec) = A(Ra - Ra_0)^2 + B(Ra - Ra_0)(Dec - Dec_0) + C(Dec - Dec_0)^2 + D(Ra - Ra_0) + E(Dec - Dec_0) + F$$

Po policzeniu poprawki obliczane jest też oszacowanie jej błędu jako RMS różnic między różnicą między jasnością katalogową gwiazdy i jej zmierzoną jasnością a wyliczoną poprawką. Do obliczenia poprawki wybierane są tylko wyniki pomiarów o odpowiednio dobrej jakości i które mają odpowiednio dużo pomiarów dla danej gwiazdy (szczegóły znajdują się w pracy [2]).

Do przeprowadzenia analizy wykorzystałem i zmodyfikowałem program obliczający poprawkę napisany przez P. Bieniasa.

## 2 Analiza

Pierwszym etapem przygotowania do analizy było dostosowanie programu P. Bieniasa do kompilacji wersjami kompilatora GCC większymi niż 4.0, poprzez zmianę sposobu alokacji głównych tablic danych. Dodatkowo podczas analizy tworzony jest nowy plik, gdzie dla każdego pomiaru zapisywane są oryginalne dane o pomiarze i wyliczona wartość poprawki wraz z jej błędem (*PI4.C*). Zapisane w pliku poprawki są ładowane do bazy PostgreSQL (tabela pomiary, przedstawiona na Rysunku 2), gdzie za pomocą odpowiedniego widoku wyliczane są liczby pomiarów dla poszczególnych gwiazd i błędy pomiarów jako — dla każdej gwiazdy — średnią różnic między wartością uzyskaną w danym pomiarze a średnią ze wszystkich pomiarów (*skrypt.sql*, *baza.sql*). Następnie z otrzymanych wyników tworzony jest obiekt ROOTa typu NTuple zawierający wszystkie otrzymane informacje (*skrypt.C*).

Ponadto zmodyfikowany program ma możliwość uwzględniania do obliczania poprawki szerszego lub węższego zakresu pomiarów; wybór jest dokonywany zgodnie z warunkiem (`quality == 0 && (bezselekcji || (mag_cat != -1 && j_mag != -1 && k_mag != -1))`),

czyli wybierane są pomiary które (w zależności od wartości zmiennej *bezselekcji*):

- w wersji szerszej — nie zostały zidentyfikowane jako pomiary złej jakości
- w wersji węższej — nie zostały zidentyfikowane jako pomiary złej jakości i mają dopasowaną gwiazdę katalogową.

Wersja szersza będzie dalej nazywana wersją *bez cięcia*, a wersja węższa — *z cięciem*.

### 2.1 Rozkład poprawki w zależności od wielkości magnitudo

Na Rysunku 1 przedstawiona została zależność wartości poprawki od wielkości magnitudo dla 100 przykładowych gwiazd. Do wyników dopasowano funkcję stałą (*c*) i funkcję liniową (*ax + b*) ze współczynnikami odpowiednio:

$$\begin{aligned} a &= -0,0485 \pm 0,004 \\ b &= 0,37 \pm 0,04 \\ c &= -0,0719 \pm 0,004 \end{aligned}$$

co wskazuje na niewielką nieliniowość detektora — mierzona jasność jaśniejszych niż 8,75 magnitudo jest trochę wyższa, a ciemniejszy trochę niższa od prawdziwej wartości.

### 2.2 Wielkość błędu w zależności od błędu wyznaczenia poprawki

Na podstawie pliku ROOTowego tworzona jest analiza (funkcja Loop), która oblicza dla każdej gwiazdy sumę RMS błędów pomiarów zawierających się w danym zakresie magnitudo i wielkości błędu pomiaru; informacja ta wraz z liczbą uwzględnionych pomiarów, granicami zakresów itp. zapisywana jest w obiekcie typu NTuple. Następnie ta analiza jest powtarzana dla zakresów błędu poprawki od 0 do 0,2 co 0,01, dla jasności od 7 do 10 magnitudo.

Wyliczone w ten sposób są przedstawiana na następujących wykresach:

- Rysunek 3 — liczba pomiarów w zależności od maksymalnego dopuszczalnego błędu pomiaru
- Rysunek 4 — średni błąd kwadratowy w zależności od maksymalnego dopuszczalnego błędu pomiaru
- Rysunek 5 — średni błąd kwadratowy w zależności od części całkowitej liczby pomiarów która jest wybierana przez zadane cięcie, wyrażonej w procentach. Ten wykres pozwala zobaczyć, jakie cięcie można wybrać bez istotnego zmniejszenia liczby pomiarów które zostaną uwzględnione.

Dodatkowo na Rysunkach 6 i 7 przedstawiono zależność analogiczną do tej z ostatniego wykresu, ale dla różnych wybranych jasności gwiazd

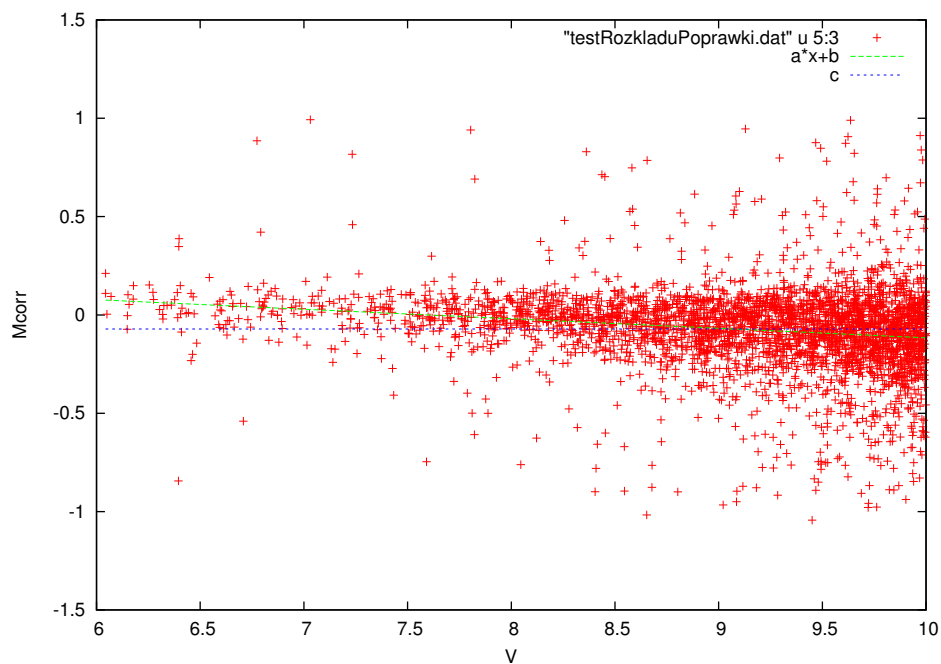
- na rysunku 6 kolor na legendzie oznacza prawy koniec przedziału jasności, a lewy koniec to wartość 6.
- na rysunku 7 kolor na legendzie oznacza prawy koniec  $x$  przedziału jasności, a lewy koniec to wartość  $x - 0,5$ .

### 3 Wnioski

Z wykresów, zwłaszcza ukazujących zależność średniego RMS błędu od ułamka pomiarów pozostających po cięciu wnioskujemy, że nie ma cięcia na wartość błędu poprawki które istotnie poprawiłoby wyniki ( $\sigma_{RMS}$ ) przy niewielkim wpływie na statystykę pomiarów. Odrzucenie około 10% najgorszych w sensie błędu poprawki pomiarów dałoby zmianę  $\sigma_{RMS}$  z około 0,034 na około 0,0334, czyli o około 1,7%. Przeprowadzenie takiej zmiany na pewnym podzbiore gwiazd wybranym ze względu na dopasowanie/brak dopasowania gwiazdy katalogowej lub jasność da podobną zmianę.

### Literatura

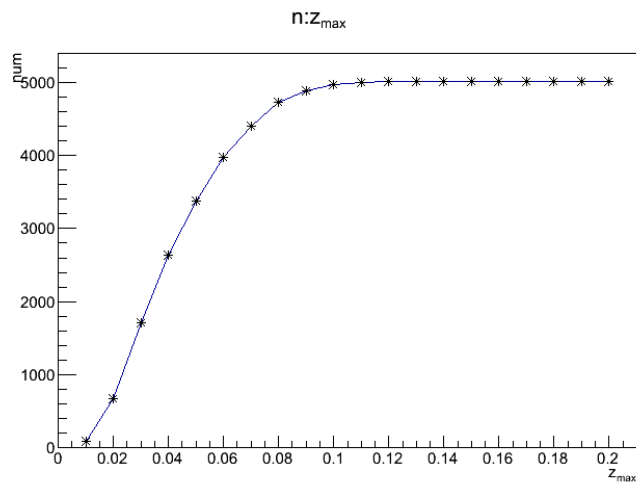
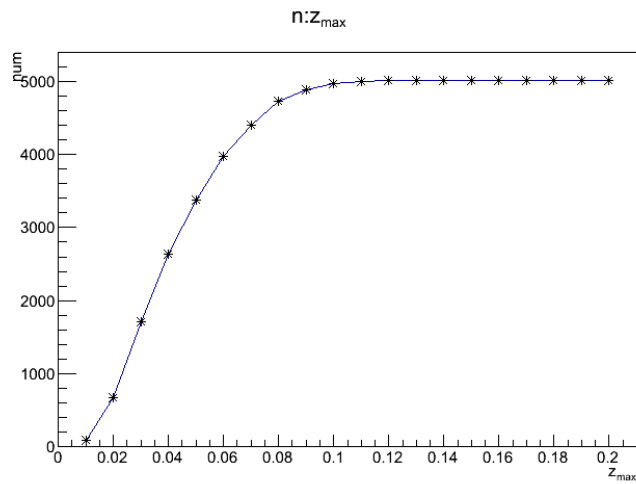
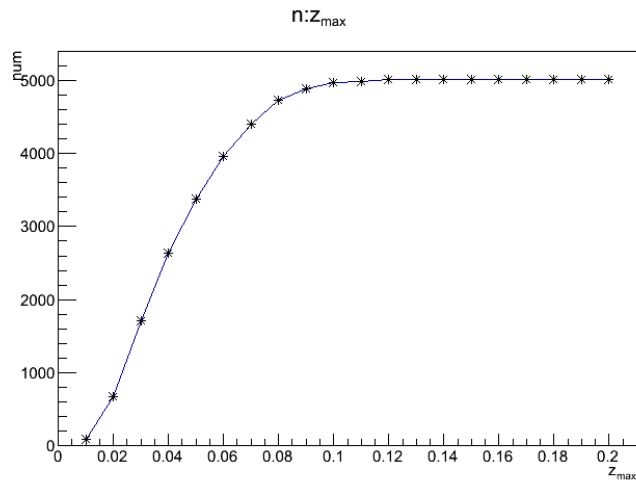
- [1] K. Małek, L. Mankiewicz, R. Opiela, M. Sokołowski, A.F. Żarnecki *Improving photometry of the Pi of the Sky*
- [2] P. Bienias, *Analiza poprawki fotometrycznej w danych Pi of the Sky*



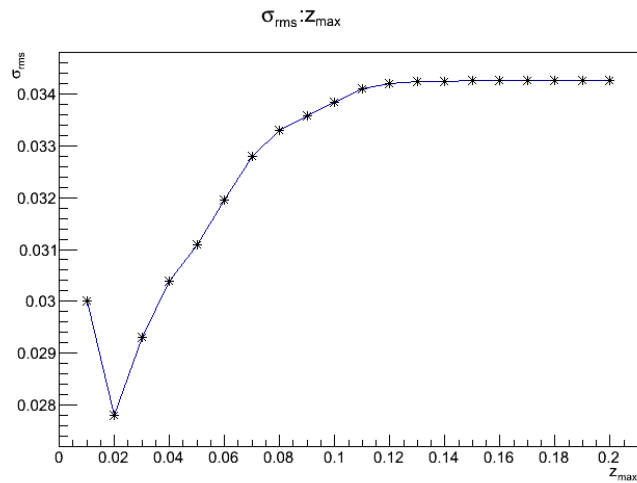
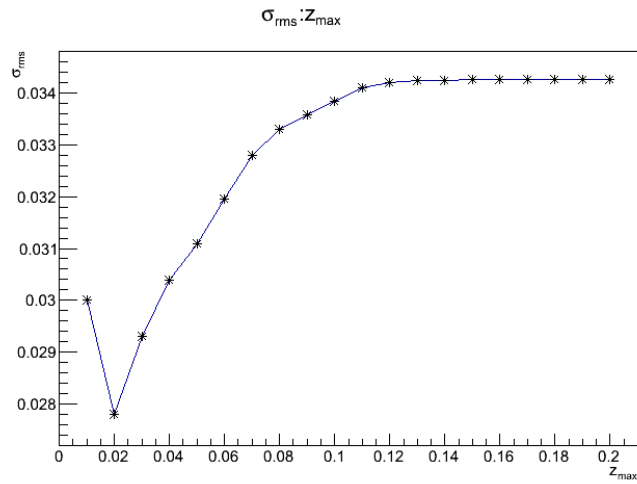
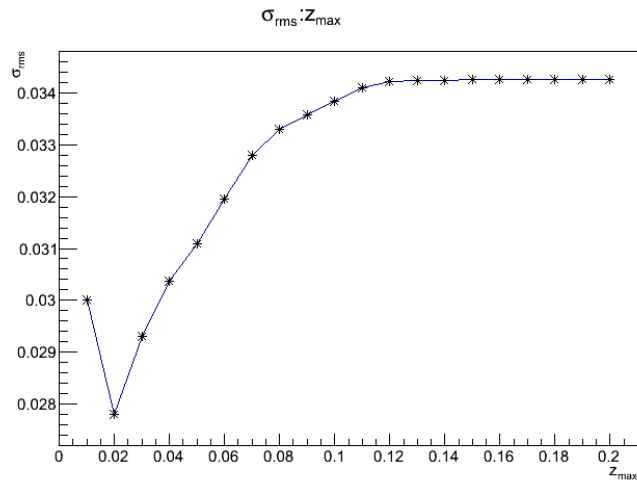
Rysunek 1: Zależność wartości poprawki od wartości magnitudo, z dopasowaną stałą i funkcją liniową.

pole	typ	zawartość
id	integer	identyfikator gwiazdy
m	double precision	zmierzona jasność
mcorr	double precision	jasność po poprawce
z	double precision	błąd poprawki
catmag	double precision	jasność katalogowa
vcat	double precision	jasność katalogowa
jcat	double precision	jasność katalogowa
kcat	double precision	jasność katalogowa

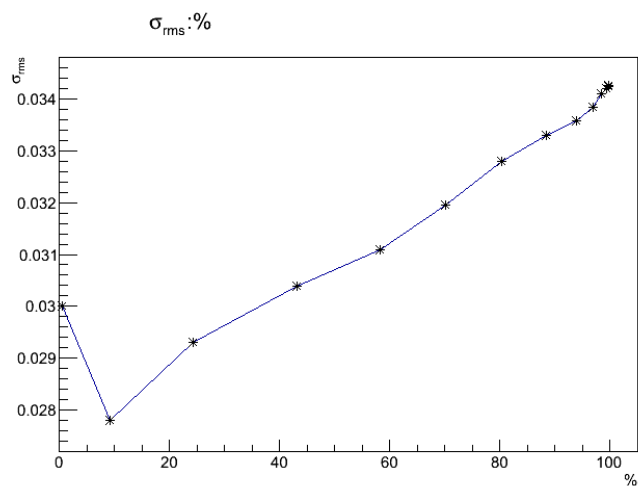
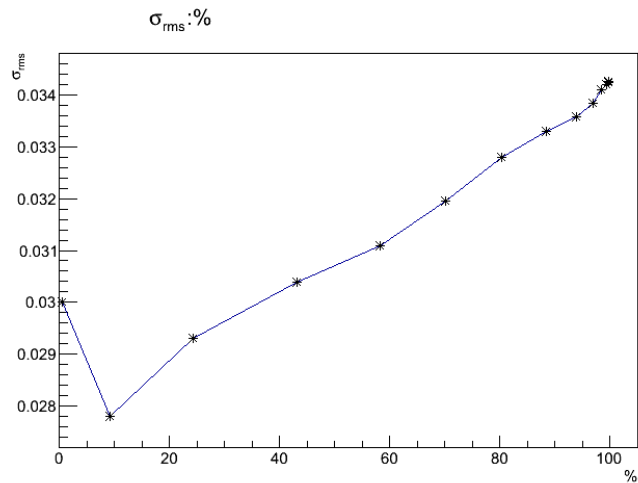
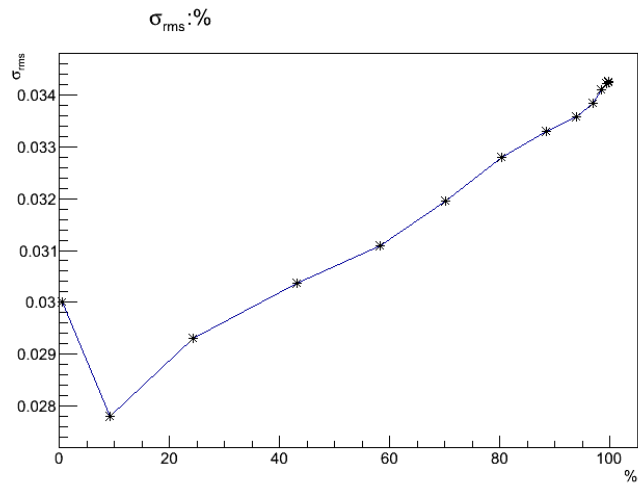
Rysunek 2: Tabela bazy danych, w której umieszczane są wyniki obliczeń programu do analizy.



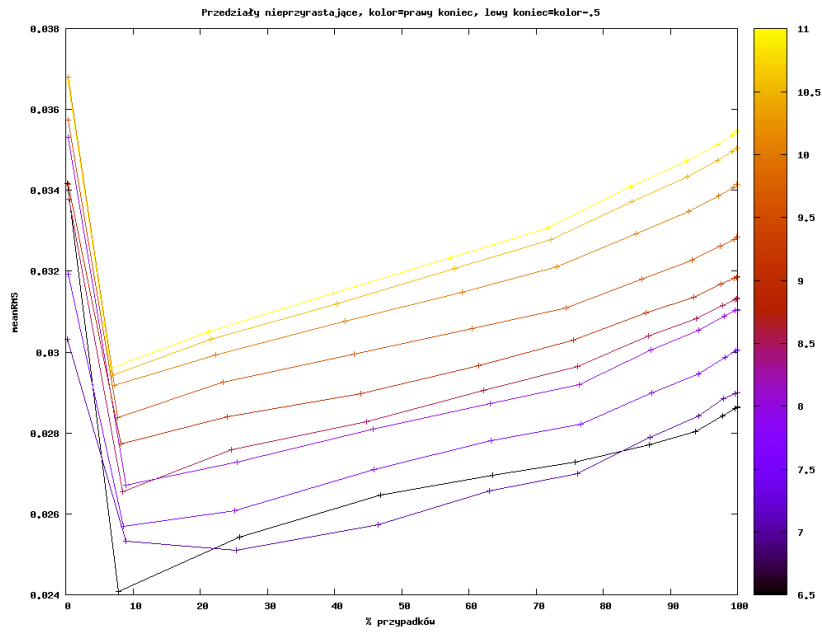
Rysunek 3: Liczba pomiarów w zależności od maksymalnego dopuszczalnego błędu pomiaru. Kolejno od góry: poprawka liczona z cięciem, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy z danymi katalogowymi, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy bez danych katalogowych.



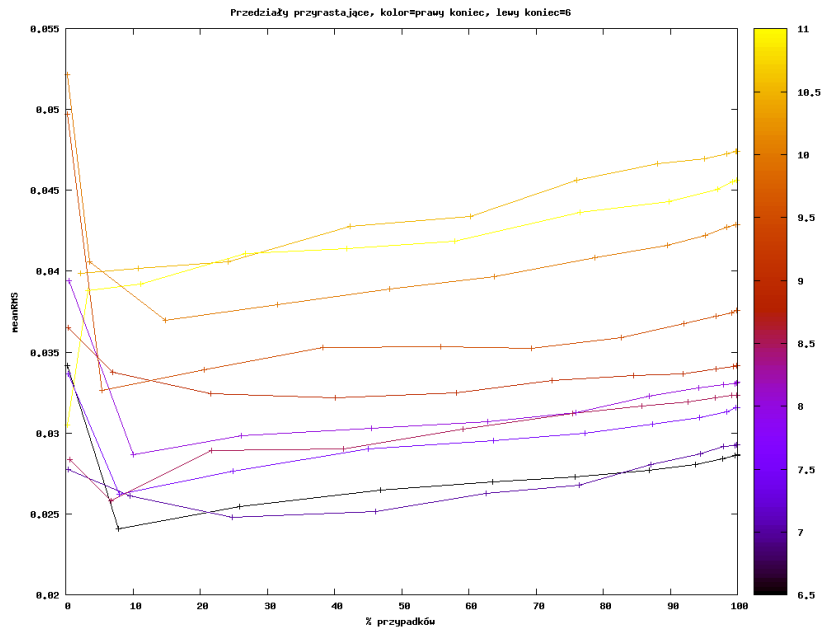
Rysunek 4: Średni błąd kwadratowy w zależności od maksymalnego dopuszczalnego błędu pomiaru. Kolejno od góry: poprawka liczona z cięciem, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy z danymi katalogowymi, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy bez danych katalogowych.



Rysunek 5: Średni błąd kwadratowy w zależności od części całkowitej liczby pomiarów która jest wybierana przez zadane cięcie, wyrażonej w procentach. Kolejno od góry: poprawka liczona z cięciem, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy z danymi katalogowymi, poprawka liczona bez cięcia, gwiazdy bez danych katalogowych.



Rysunek 6: Zależność średniego błędu kwadratowego od procenta przypadków pozostających po cięciu w zależności od dodatkowego cięcia na jasności - przedziały od 6 do koloru ukazanego w legendzie.



Rysunek 7: Zależność średniego błędu kwadratowego od procenta przypadków pozostających po cięciu w zależności od dodatkowego cięcia na jasności - przedziały o szerokości 0,5 do koloru ukazanego w legendzie.