

DELTA 4/2002

'Wywoływanie' astronomicznego zdjęcia cyfrowego

Grzegorz WROCHNA

W poprzednim numerze *Delty* zachęcałem Czytelników do fotografowania nieba kamerami internetowymi. Przekonywałem, że do wykonania ciekawych obserwacji gwiazd nie potrzeba nawet teleskopu. Jeżeli więc umieściliśmy kamerę na statywie, przymocowaliśmy do niej obiektyw i podłączyliśmy ją do komputera możemy rozpocząć obserwacje. Wydawałoby się, że wystarczy tylko przycisnąć guzik i gotowe. Nic bardziej błędnego!

Na pojedynczej klatce, jeżeli szczęście nam dopisze, pojawi się najwyżej jedna gwiazda 5^m lub jaśniejsza. Jeśli rozjaśnimy obraz jakimś programem graficznym, to ukaże się mnóstwo jasnych kropek i nie zgadniemy, które z nich są gwiazdami, a które szumem. Żeby osiągnąć lepsze rezultaty musimy podpatrzeć co robią prawdziwi astronomowie.

Sensor CCD w każdym pikselu zmienia liczbę zarejestrowanych fotonów w ładunek. Przy odczycie jego wartość przetwarzana jest do postaci cyfrowej. W tańszych CCD mamy zwykle do dyspozycji 8 bitów, czyli wartości od 0 do 255. Rejestrowany obraz może być zaburzony na różne sposoby.

- Poszczególne elementy obrazu mogą być prześwietlone. Jeżeli naświetlenie pikseli odpowiada liczbom większym od 255 to i tak wszystkim zostanie przypisana wartość 255.
- Elementy obrazu mogą też być niedoświetlone — cała gama jasności będzie wyrażona jedynie przez kilka wartości, np. 0-5.
- Różne piksele mogą mieć różne wzmocnienia — takim samym jasnościom będą odpowiadały różne odczytane wartości.
- Zerowemu naświetleniu może odpowiadać różna od zera wartość odczytana. Jest to tzw. *offset*. Offset może mieć dwie składowe
 - stałą — wynikającą z charakterystyki wzmacniacza,
 - proporcjonalną do czasu naświetlania — wynikającą z prądu upływu.
- Wreszcie odczytana wartość może być zwiększona lub zmniejszona przez szum, który także ma dwie składowe
 - o stałej dyspersji — będącą skutkiem odczytu,
 - statystyczną — proporcjonalną do pierwiastka czasu naświetlania.

W przypadku kamer internetowych, do fotografowania gwiazd zwykle używamy maksymalnego czasu naświetlania, który i tak jest bardzo krótki. Dlatego w praktyce nie ma potrzeby odróżniania stałych i zmiennych składowych offsetu i szumu. Zwykle używamy też największego wzmocnienia, chyba, że zależy nam na gwiazdach jaśniejszych niż $\sim 4^m$.

Ponieważ wartość interesującego nas sygnału rośnie proporcjonalnie do czasu naświetlania, a szum jedynie jak jego pierwiastek, długie czasy poprawiają stosunek sygnału do szumu. Ponieważ jednak czas naświetlania pojedynczej klatki w kamerach internetowych jest bardzo ograniczony (zwykle poniżej 1 s) zastosujemy trik polegający na sumowaniu wielu klatek. W używanym przeze mnie zestawie (kamera *Philips Vesta PCVC675K* i obiektyw *Zenith 50 mm, f/2*) nałożenie 20, 60 czy 120 klatek pozwala sięgnąć odpowiednio do 8^m , 9^m i prawie 10^m . Jeżeli jednak używamy montażu z napędem, nie zapomnijmy wyłączyć go na czas ekspozycji. Na skutek obrotu Ziemi obraz danej gwiazdy będzie rejestrowany na różnych pikselach. Po nałożeniu klatek na siebie spowoduje to dodatkowe uśrednienie szumów.

Poszczególne klatki można zapisywać w formacie BMP, ale znacznie wygodniej zapisać całą sekwencję w formacie AVI. Obróbkę zaczynamy od odjęcia offsetu. W tym celu należy przygotować specjalną tzw. *ciemną klatkę* (ang. *dark frame*) będącą mapą offsetów. Uzyskujemy ją rejestrując sekwencję klatek z zasłoniętym obiektywem, w

warunkach możliwie zbliżonych do analizowanych zdjęć (wzmocnienie, czas ekspozycji, temperatura otoczenia itp.). Następnie, w celu zmniejszenia szumu nakładamy klatki na siebie licząc dla każdego piksela średnią ze wszystkich ekspozycji. Lepsza od średniej arytmetycznej jest mediana, która eliminuje pojedyncze, duże fluktuacje, będące np. wynikiem promieni kosmicznych. Otrzymaną w ten sposób mapę offsetów odejmujemy od każdej klatki analizowanej sekwencji.

Następnie dokonuje się kalibracji wzmocnienia. W tym celu przygotowujemy mapę wzmocnienia, postępując podobnie jak przy przygotowaniu mapy offsetów. Teraz odsłaniamy jednak obiektyw i fotografujemy jednorodnie oświetlone pole (ang. *flat field*), np. niebo o zmierzchu. I tu mediana przesuniętych przez obrót Ziemi klatek pozwoli nam wyeliminować np. gwiazdy, które choć jeszcze niewidoczne gołym okiem, mogłyby zaburzyć mapę wzmocnienia. Następnie każdą klatkę opracowywanej sekwencji dzielimy przez mapę wzmocnienia.

W opisanym zestawie kalibracja wzmocnienia nie dawała jednak znaczącej poprawy jakości, gdyż dominowały błędy związane z szumem i niską czułością. W związku z tym pominąłem ten krok w swojej analizie.

Kolejnym krokiem jest nałożenie na siebie klatek opracowywanej sekwencji z takim przesunięciem, by obraz danej gwiazdy znalazł się zawsze w tym samym miejscu. Ręczne przesuwanie byłoby bardzo żmudne. Na szczęście można ten proces zautomatyzować stosując odpowiednie oprogramowanie. Po przesunięciu obrazy dodajemy do siebie, albo liczymy średnią lub medianę.

W tym momencie mamy już gotowe zdjęcie, które można wykorzystać do analizy astrometrycznej, fotometrycznej, czy poprostu do prezentacji wizualnej.

Do prezentacji wizualnej warto uwypuklić słabsze obiekty. Można to zrobić rozciągając skalę 0-255 przez wyświetlanie tylko przedziału np. 3-50 i przypisanie wyższym wartościom 50. Można też zastosować skalę logarytmiczną. Analizę fotometryczną najlepiej przeprowadzić jednym z gotowych programów dostępnych w internecie. Zainteresowanych szczegółami zapraszam na stronę <http://hep.fuw.edu.pl/~wrochna/astro> gdzie można znaleźć linki do różnych programów i ich dokumentacji.