

## Rozdział 3. Instrumenty i oprogramowanie

Zakładamy, że czytelnik tego podręcznika jest już w posiadaniu teleskopu, montażu, kamery CCD i całej reszty instrumentów niezbędnych do fotometrii. Dlatego też nie będziemy tutaj opisywać w jaki sprzęt powinieneś się zaopatrzyć, ale raczej jak najlepiej wykorzystać ten, który już posiadasz. Istnieje wiele rodzajów teleskopów, kamer CCD i oprogramowania. W tym rozdziale będziemy starali się głównie przedstawić ich wspólne cechy oraz elementy, które będą istotne dla otrzymania dobrej jakości danych fotometrycznych. Powinieneś traktować ten rozdział nie jako przepis na wykonywanie pomiarów, ale raczej jako niezbędne kroki mające na celu **przygotowanie** się do fotometrii zanim udasz się do obserwatorium i rozpoczniesz pomiary.

### Teleskop i montaż

Większość teleskopów bardzo dobrze współpracuje z kamerami CCD. Mniejsze z nich, jak na przykład refraktor AAVSONet's Bright Star Monitor (BSM) nadają się do obserwacji jasnych gwiazd. Teleskopy o większej średnicy pozwalają sięgnąć do gwiazd o mniejszej jasności, kiedy to wymagana jest duża powierzchnia zbierająca światło. Ogólnie rzecz biorąc, im prostszy jest system optyczny, tym lepiej. Jeśli to możliwe, staraj się unikać stosowania dodatkowych elementów w torze optycznym, takich jak na przykład reduktor ogniskowej (który może powodować winietowanie) ani czegokolwiek innego, co może sprawić, że pole widzenia teleskopu będzie niejednorodne. Warto zauważyć, że niektóre typy teleskopów (jak na przykład teleskopy newtona) mogą posiadać wady takie jak koma, która powoduje zniekształcenie obrazu gwiazd położonych z dala od osi teleskopu. Musimy to brać pod uwagę podczas fotometrii.

Jednym z problemów jakie napotykamy podczas używania kamer CCD jest fakt, że pole widzenia jest znacznie mniejsze, niż to do którego przywykliśmy podczas obserwacji bez kamery. Ogólnie rzecz biorąc, im mniejsza światłosiła teleskopu (stosunek długości ogniskowej do apertury), tym większe będzie pole widzenia, a co za tym idzie, tym łatwiejsze jest znalezienie i uchwycenie w jednym kadrze wielu gwiazd odniesienia. W posiadanym już teleskopie można w pewnym zakresie zmieniać światłosiłę stosując reduktor ogniskowej, ale jak już wspomniano wcześniej, może to powodować innego rodzaju problemy. Ważne jest również wyeliminowanie światła rozproszonego, które może wpadać do naszego zestawu. Zazwyczaj dotyczy to w większej mierze teleskopów zwierciadlanych. Możesz odłączyć od teleskopu kamerę CCD, spojrzeć przez teleskop na nocne niebo umieszczając oko w miejscu, w którym znajduje się matryca kamery i następnie próbować zlokalizować możliwe odbicia światła od wewnętrznych powierzchni teleskopu. Jeśli zobaczysz cokolwiek więcej, niż tylko gwiazdy, to również kamera będzie rejestrowała taki sygnał i będzie to miało wpływ na otrzymywane obrazy. O ile to możliwe, to światło rozproszone powinno zostać wyeliminowane, na przykład przez użycie odpowiedniej, matowej farby, albo przez wyklejenie wnętrza tubusu czarnym welurem.

Warunkiem koniecznym do uzyskania dobrej jakości danych jest posiadanie dobrej jakości montażu. Wymagany jest montaż paralaktyczny, ponieważ montaż azymutalny będą powodowały rotację pola w trakcie dłuższych ekspozycji. Rotację taką bardzo trudno skompensować. To czy będziesz używał



Dwa z teleskopów sieci AAVSONet: BSM-Hamren, 65mm refraktor Astro-Tech AT-65EDQ (po lewej) oraz Coker 30, teleskop Meade LX-200GPS o średnicy 30cm (po prawej)



*Oslona refraktora BSM-HQ*



*Obserwatorium typu roll-off*

montażu typu niemieckiego (GEM), czy widłowego, nie ma większego znaczenia, oba typy się sprawdzą. Wiele czasu i frustracji może zaoszczędzić posiadanie systemu GoTo sterowanego bądź z pilota, bądź z komputera. Używanie autoguidera nie jest konieczne, ale pomaga podczas długich ekspozycji, albo w czasie wykonywania serii zdjęć.

Na końcu warto jeszcze wspomnieć o ochronie naszego zestawu obserwacyjnego. Choć nie jest to absolutnie konieczne do otrzymania dobrej jakości danych, to posiadanie jakiegoś rodzaju stanowiska obserwacyjnego (z możliwością ochrony przed czynnikami atmosferycznymi) pozwoli zaoszczędzić sporo czasu oraz frustracji podczas składania i rozkładania zestawu każdej nocy. Nawet dobrej jakości, stabilna i szczelna skrzynia na kółkach, którą można nasunąć na montaż, w dłuższej perspektywie pozwoli nam wygospodarować wiele dodatkowych godzin, które byśmy bez niej spędzali na ustawianiu i przygotowywaniu zestawu do sesji. A jeśli nasza konstrukcja będzie solidniejsza, będziemy mogli bez obaw zostawić w niej naszą kamerę CCD i komputer. Jest wiele rozwiązań tego problemu i nie wszystkie są kosztowne.

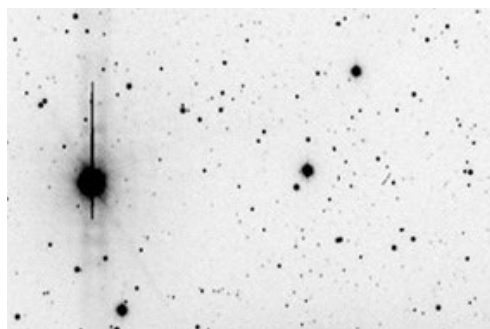
## Kamera CCD

Kamery CCD różnią się znacznie jakością, stopniem skomplikowania i ceną, ale większość z nich może być z powodzeniem używana do fotometrii. Istotne jest to, żeby poznać dobrze możliwości i sposób obsługi używanej kamery, żeby z jej pomocą uzyskać jak najlepsze wyniki. Pozwoli nam to właściwie zaplanować program obserwacji. Poniżej opiszemy kilka rzeczy związanych z kamerą CCD, które powinniśmy przemyśleć:

### *Liniowość i pojemność piksela*

Odpowiedź pikseli kamery na padające fotony jest liniowa: jeden foton to  $X$  jednostek, gdzie  $X$  jest do pewnego momentu stałe (zdefiniowane przez wzmocnienie kamery). Jedną z najważniejszych rzeczy, którą musimy wiedzieć o sensorze CCD jest to, że każdy piksel może pomieścić jedynie określoną ilość światła. Po przekroczeniu tej wartości – zwanej „pojemnością studni piksela” – dodatkowe fotony padające na określony piksel będą generowały elektrony, które rozleją się na sąsiednie piksele i będą powodowały efekt zwany po angielsku „blooming”, który objawia się pionowymi liniami biegnącymi pionowo w górę i w dół od nasyconych pikseli. Jeszcze przed osiągnięciem nasycenia odpowiedź piksela na sygnał świetlny może stać się nieliniowa.

Niektóre kamery CCD są wyposażone w bramki ABG (ang. antiblooming gate), które zapobiegają temu zjawisku przez odciąganie nadmiarowych elektronów z piksela zanim przemieszczą się one do sąsiednich pikseli. Jest to bardzo pożądane przy robieniu artystycznych zdjęć galaktyk, ale dla fotometrii może to być niezbyt korzystne, ponieważ może zakłócić liniowość odpowiedzi sensora i dawać niedokładne wyniki.



*Zdjęcie w negatywie pokazujące efekt „bloomingu”*

Na szczęście dopóki znamy granicę liniowej odpowiedzi kamery ABG, możemy ją wciąż bez obaw używać do fotometrii, o ile tej granicy nie przekraczamy. Ale nawet jeśli nasza kamera nie ma bramek ABG, wciąż musimy znać wartość, przy której piksele ulegają nasyceniu. Odpowiedź sensora może przestać być liniowa dużo wcześniej, niż piksele ulegną nasyceniu, albo niż zauważymy oznaki bloomingu. Należy znać tę granicę, żeby jej nie przekraczać w czasie zbierania danych dla badanych obiektów, albo gwiazd odniesienia. Na stronie 13 w okienku informacyjnym przedstawiono sposób, w jaki możemy określić liniowość posiadanej przez nas kamery.

### *Wady sensora*

Matryce CCD mogą czasami posiadać (albo z upływem czasu mogą się w nich objawiać) różne defekty, takie jak np. „hot piksele”, uszkodzone kolumny i inne. Wady takie zazwyczaj nie oznaczają konieczności zakupu nowej kamery. Większość defektów nie jest problemem i nie wpływa na jakość wyników fotometrycznych dopóki możemy się ich pozbyć.

Jednym ze sposobów na pozbycie się efektów spowodowanych przez wady matrycy jest przejrzenie kilku gotowych zdjęć. Możesz naszkicować miejsce położenia defektów i dla każdego z nich zanotować współrzędne. Ponieważ niektóre z wad ujawniają się lub powiększają z upływem czasu, warto taką czynność powtarzać co jakiś czas, np. raz na rok. Mając taką informację pod ręką w czasie sesji można łatwo uniknąć mierzenia jasności gwiazd położonych w miejscach matrycy, w których występują wady.

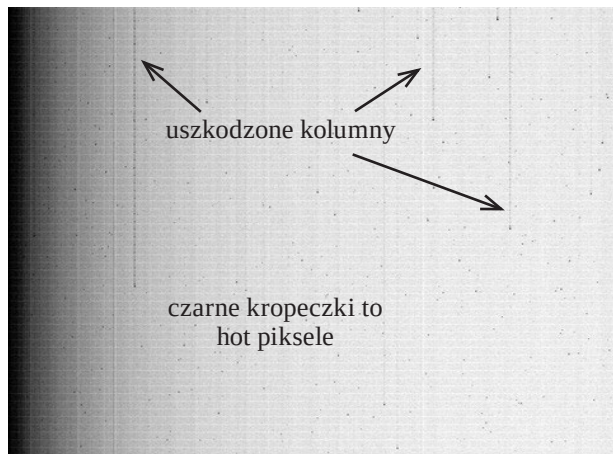
### *Rozdzielczość i pole widzenia*

Kamera w połączeniu z teleskopem determinuje rozdzielczość oraz pole widzenia (ang. FOV) posiadanego zestawu. Należy znać te wartości i tak planować program obserwacyjny, aby był dopasowany do posiadanego zestawu.

### *Próbkowanie*

Kiedy przyjrzymy się obrazowi gwiazdy można zauważyć, że składa się on z grupy pikseli, z których te położone bliżej środka gwiazdy są jaśniejsze, natomiast piksele na obrzeżach obrazu gwiazdy mają mniejszą jasność. Idealny obraz punktowego źródła światła tworzony przez instrument powinien układać się we wzór zwany krążkiem Airy’ego (ang. Airy disk). W praktyce światło gwiazd (które są praktycznie punktowym źródłem światła) musi przebyć drogę przez atmosferę Ziemi, która jest odpowiedzialna za rozmycie i zniekształcenie obrazu. Punkt reprezentujący obraz gwiazdy na obrazie CCD jest odzwierciedleniem seeingu (ang. seeing disk), który ma znaczny wpływ na intensywność światła. W celu zmierzenia takiego obrazu, który nie posiada wyraźnej krawędzi, naukowcy używają pojęcia „Full-Width, Half-Maximum” (FWHM). To rozmiar obrazu gwiazdy w miejscu, w którym piksele wypełnione są w połowie wartości pomiędzy wartością tła i najjaśniejszym pikselem obrazu gwiazdy.

W celu uzyskania jak najlepszych danych fotometrycznych, powinniśmy próbować obraz tak, żeby FWHM obrazu gwiazdy było rozłożone na dwa do trzech pikseli. Pomoże to zmaksymalizować stosunek sygnału do szumu (ang. SNR) oraz poprawi dokładność pomiarów.



*Zdjęcie w negatywie klatki bias pokazujące położenie hot pikseli oraz uszkodzonych kolumn matrycy*

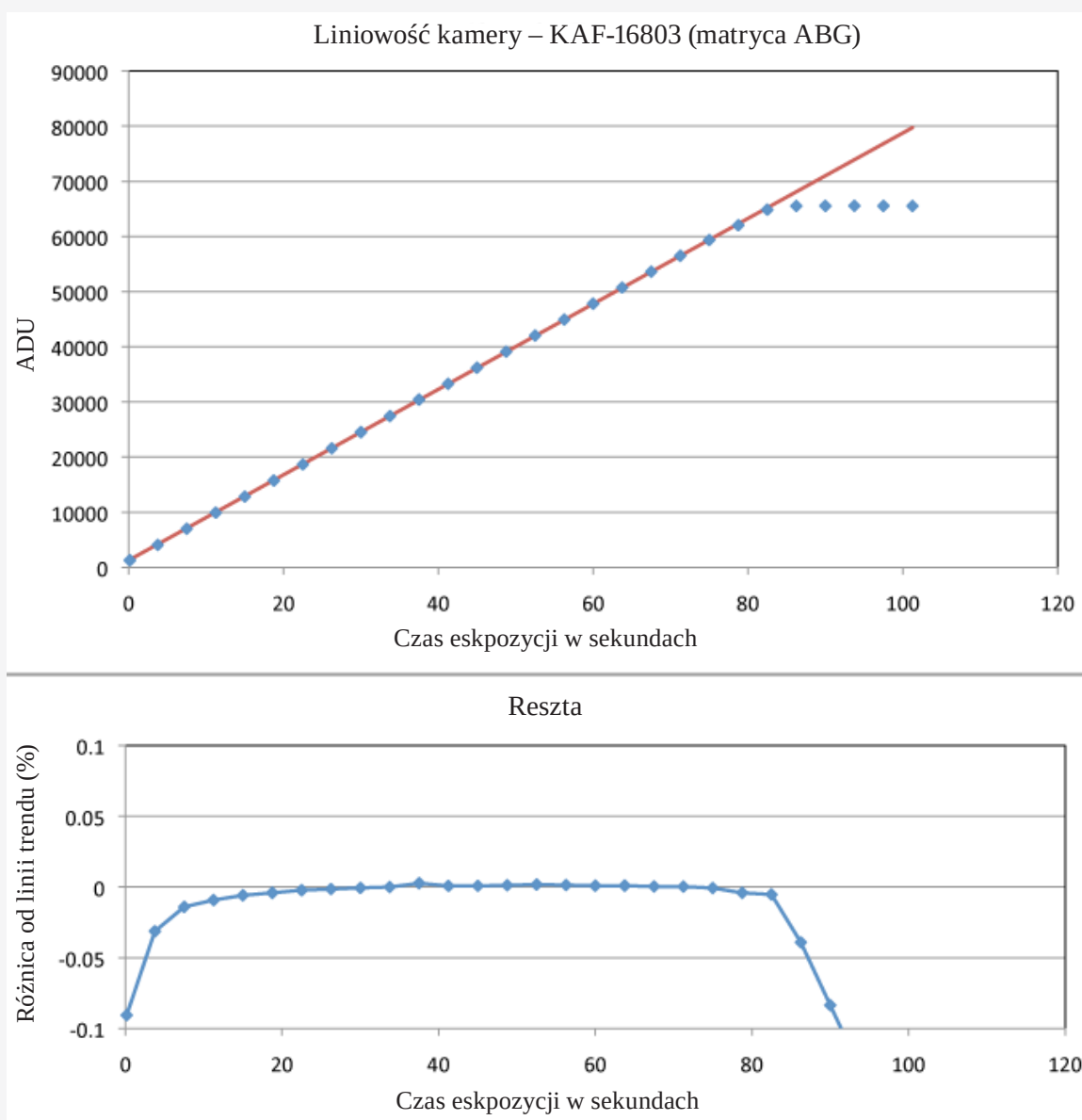
Skąd więc wiadomo, czy posiadany przez nas zestaw właściwie próbkuje obraz? Odpowiedź jest prosta. To co musimy zrobić, to zmierzyć tę wartość bezpośrednio. Wystarczy wziąć zdjęcie dowolnego pola gwiazd zrobione w pobliżu zenitu, w którym dobrze ustawiliśmy ostrość. Większość oprogramowania do obsługi CCD umożliwia pomiar parametrów obrazu gwiazdy, w tym rozmiar gwiazdy (czyli FWHM) wyrażony w pikselach. To jest właśnie interesująca nas wartość próbkowania obrazu.

Wystarczy zmierzyć tę wartość dla kilku gwiazd z okolic środka pola widzenia, które posiadają dobry SNR, ale nie są przesycone. Zmierzone wartości mogą się nieco różnić od siebie ze względu

**InfoBlok 3.1** – Jak określić liniowość kamery

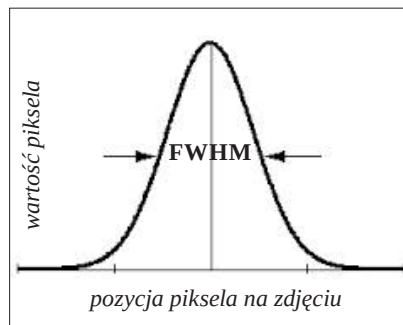
1. Potrzebne będzie źródło światła, np. oświetlony biały ekran. (Nie musi być oświetlony jednolicie, ważne żeby źródło było stabilne)
2. Skieruj teleskop na ekran i tak dopasuj jasność, żeby 10 sekundowa ekspozycja dała w środku kadru odczyt piksela około 10 000 ADU.
3. Wykonaj serię ekspozycji zwiększając czas naświetlania o 10 sekund (czyli 10, 20, 30, 40, itd.) aż klatka będzie wyraźnie prześwietlona
4. Narysuj wykres przedstawiający średnią wartość ADU z fragmentu ze środka kadru w funkcji czasu naświetlania.
5. Wykonaj jedną lub dwie kolejne ekspozycje pomiędzy każdymi punktami wykresu, gdzie jest on linią prostą, a w miejscu, gdzie wykres zaczyna się zakrzywiać i jest nieliniowy, wykonaj bardziej szczegółowe pomiary.

Z takiego wykresu powinieneś być w stanie odczytać wartość, dla której twoja kamera ulega nasyceniu oraz czy wykres jest w jakimkolwiek miejscu nieliniowy.



na wpływ seeingu oraz wady optyczne. Mogą również zmieniać się w czasie wraz ze zmianą seeingu. **To do czego dążymy, to wartość FWHM na poziomie 2–3 pikseli.**

Czasami osiągnięcie takiej wartości nie będzie proste, a nawet będzie niemożliwe, biorąc pod uwagę fakt, że zależy ona mocno od warunków atmosferycznych i charakterystyki posiadanego zestawu, ale w pewnym zakresie możemy ją zmieniać. Jeśli zmierzone wartości FWHM są mniejsze niż 2 piksele, to nasz obraz jest podpróbkowany. Jeśli z kolei FWHM obrazu gwiazdy wynosi więcej niż 3 piksele, to otrzymany obraz jest nadpróbkowany. Każda z tych sytuacji może powodować niedokładności pomiarów fotometrycznych, choć podpróbkowanie jest znacznie gorsze, niż nadpróbkowanie. Na szczęście jest kilka rzeczy, które możemy zrobić, aby poprawić sytuację.



#### *Co zrobić jeśli obraz jest podpróbkowany?*

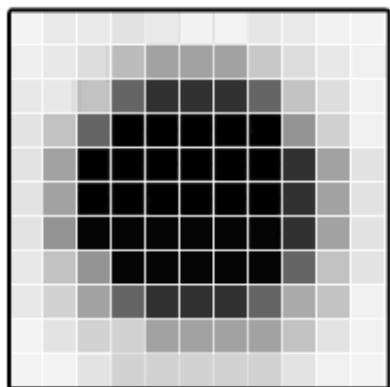
Naszym celem będzie zwiększenie rozmiaru obrazu gwiazdy dawanym przez posiadany zestaw. Jedną z możliwości jest **niewielkie rozogniskowanie obrazu i wydłużenie czasu ekspozycji**. Stosując tę metodę musimy uważać, aby rozogniskowane obrazy pobliskich gwiazd nie wpływały na siebie, ponieważ zaburzy to wyniki fotometrii. Należy też naświetlać klatki flat (następny rozdział) tak, żeby były rozogniskowane w takim samym stopniu oraz wykonywać zdjęcia gwiazd rozogniskowane zawsze w taki sam sposób (co może nie być łatwe!). Czasami dodanie dobrej jakości telekonwertera albo soczewki Barlowa może poprawić sytuację.

#### *Co zrobić jeśli obraz jest nadpróbkowany?*

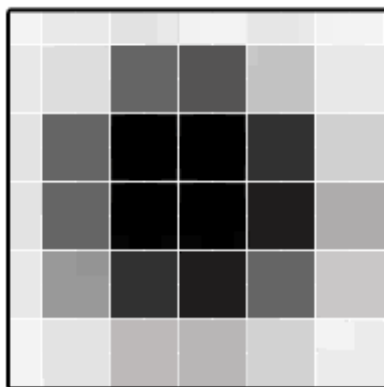
Po pierwsze należy sprawdzić, czy ostrość jest ustawiona prawidłowo i czy obraz gwiazd jest tak mały jak to jest możliwe. Jeśli FWHM jest większe od 6 pikseli, należy rozważyć użycie reduktora ogniskowej. Poprzez zmniejszenie ogniskowej zmniejszymy również rozmiar gwiazd na matrycy kamery, a dodatkowo zwiększy nam się pole widzenia. Inną opcją jest użycie binningu w kamerce.

#### ***Binning***

Binnig to proces, który zwiększa nam efektywny rozmiar piksela poprzez grupowanie sąsiadujących ze sobą pikseli. Oprogramowanie sterujące kamerką umożliwia na przykład połączenie grupy pikseli 2x2 tak, że wszystkie cztery piksele będą zachowywały się jak jeden. Kosztem tej operacji jest utrata rozdzielczości, więc należy się upewnić, że obrazy gwiazd nie będą się rozmywały z sąsiednimi gwiazdami. Dodatkowo, jeśli jeden z grupy czterech pikseli jest przesycony, dokładność fotometrii na tym ucierpi. Podczas robienia testów liniowości kamery (opisanych wcześniej w podręczniku) należy pamiętać o tym, żeby robić je używając tego samego binningu, który będziemy używali podczas wykonywania zdjęć fotometrycznych. Wykonywane klatki kalibracyjne muszą również stosować tego samego binningu. *Nie zaleca się używania binningu większego niż 2x2 piksele.*



1x1 Binning



2x2 Binning



3x3 Binning

Skala obrazu (rozdzielczość CCD)

Kolejną informacją o posiadanym zestawie którą warto znać jest skala obrazu albo rozdzielczość. Skalę obrazu zestawu można obliczyć z zależności:

$$\text{Skala obrazu} = (\text{rozmiar piksela /ogniskowa}) \times 206\,265$$

(skala obrazu w sekundach kątowych /piksel, rozmiar piksela w mikrometrach, ogniskowa w milimetrach)

Rozmiar piksela matrycy powinien być podany w danych technicznych kamery. Ogniskowa teleskopu może też być wyrażona jako światłosiła pomnożona przez aperturę.

Informacja o skali obrazu posiadanego zestawu jest przydatna do ocenienia seeingu danej nocy. Można użyć takiego równania:

$$\text{Seeing} = \text{skala obrazu} \times \text{FWHM}$$

W większości podmiejskich lokalizacji seeing waha się w przedziale od 3 do 4 sekund kątowych, ale wartość ta może się znacznie zmieniać pomiędzy różnymi lokalizacjami, a dodatkowo każdej nocy może być inna.

Pole widzenia

Znajomość pola widzenia (ang. FOV) zestawu jest kluczowa do określenia obszaru nieba, który będzie zarejestrowany na obrazie. Warto również sprawdzić w atlasie nieba albo w oprogramowaniu typu planetarium, czy pole widzenia jest wystarczająco duże, żeby zawierało zarówno badany obiekt, jak i konieczne do fotometrii gwiazdy porównania. Jeśli tak nie jest, prawdopodobnie będziesz musiał zwiększyć pole widzenia zestawu poprzez dostosowanie ogniskowej.

Do obliczenia pola widzenia zestawu będziesz musiał znać skalę obrazu oraz rozmiar matrycy w pikselach:

$$\text{FOV} = (\text{skala obrazu} \times \text{szerokość}) \text{ na } (\text{skala obrazu} \times \text{wysokość})$$

(FOV w sekundach kątowych, skala obrazu w sekundach na piksel, szerokość i wysokość matrycy w pikselach)

Dobre wyniki fotometryczne można uzyskać niezależnie od wielkości pola widzenia zestawu. Duży rozmiar FOV może być zaletą dla pomiarów jasnych gwiazd oraz obiektów, dla których gwiazdy porównania mogą być położone nieco dalej od mierzonego obiektu. Zestaw z niewielkim FOV będzie lepszy dla pomiarów słabszych gwiazd, albo tych położonych w polach o dużym zagęszczeniu.

Poniżej dwa przykłady zestawów, w których zastosowano tą samą kamerę CCD:

Kamera CCD: SBIG ST402 (matryca KAF-0402), rozmiar = 765 × 510 pikseli

**Przykład 1:**

Teleskop: refraktor Takahashi, skala obrazu = 3,5 sekundy /piksel (niska rozdzielczość)

$$\begin{aligned} \text{FOV} = \text{wysokość: } & 3,5 \text{ sekundy /piksel} \times 765 \text{ pikseli} = 2677 \text{ sekund} \\ & \text{szerokość: } 3,5 \text{ sekundy /piksel} \times 510 = 1785 \text{ sekund} \\ & \mathbf{44' \times 30'} \end{aligned}$$

**Przykład 2:**

Teleskop: Celestron 11" SCT, skala obrazu = 0,66 sekundy /piksel (wysoka rozdzielczość)

$$\begin{aligned} \text{FOV} = \text{wysokość: } & 0,66 \text{ sekundy /piksel} \times 765 \text{ pikseli} = 505 \text{ sekund} \\ & \text{szerokość: } 0,66 \text{ sekundy /piksel} \times 510 = 337 \text{ sekund} \\ & \mathbf{8,4' \times 5,6'} \end{aligned}$$

## Filtry

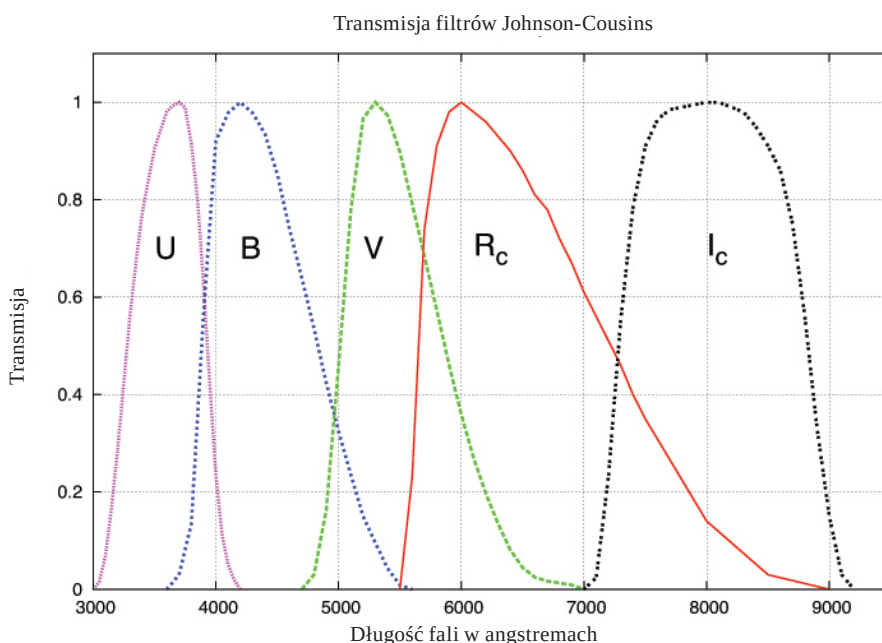
Wiele kamer CCD ma możliwość umieszczenia różnego rodzaju filtrów na ścieżce optycznej pomiędzy teleskopem i matrycą CCD. Filtry w fotometrii ograniczają zakres długości fali promieniowania padającego na sensor. Daje to możliwość pomiaru widma źródła dla dokładnie określonych punktów, dostarczając większej ilości informacji na jego temat. W pewnym sensie fotometria z filtrami jest podobna do spektroskopii o bardzo niskiej rozdzielczości. Dostarcza ona dodatkowej informacji o badanym obiekcie, zwiększając w ten sposób jej użyteczność. Używanie filtrów może mieć sporą wartość – a czasami nawet jest wymagane – ale ma ono swoją cenę. Do kamery dociera mniej promieniowania, a co za tym idzie czas ekspozycji musi być dłuższy. Ale zarówno ty, jak i badacze używający twoich danych, dowiedzą się więcej na temat badanego obiektu.

Dane otrzymane z użyciem standardowych filtrów fotometrycznych będą lepiej dopasowane do danych otrzymanych przez innych obserwatorów. Wynika to z faktu, że każdy model matrycy CCD posiada nieco inną odpowiedź widmową. Bez użycia filtra obserwacje wciąż mogą mieć swoją wartość dla badania okresu zmian, ale otrzymane jasności obiektów mogą się znacznie różnić od tych otrzymanych przez innych obserwatorów. Takie niefiltrowane wyniki nie tylko będą przy okazji odzwierciedlały właściwości posiadanej kamery CCD, ale dodatkowo pomiar jasności w całym zakresie spektralnym może oznaczać, że wynik będzie się różnił o wiele wielkości gwiazdowych w porównaniu z obserwacją wizualną, albo obrazem otrzymanym z użyciem filtra V. Są trzy przypadki, kiedy niefiltrowane pomiary są użyteczne: kiedy wiadomo, że źródło ma kolor neutralny – gdzie jasność we wszystkich mierzonych długościach fali jest jednakowa (typowe dla gorących obiektów, jak na przykład zmienne kataklizmiczne w czasie wybuchu), kiedy obiekt jest bardzo słaby i samo zarejestrowanie źródła ma dużą wartość (jak w przypadku rozbłysków gamma) oraz kiedy wyznaczenie okresu zmian jest głównym celem badań.

Niektórzy podczas obserwacji używają filtrów innych, niż fotometryczne. Problemem tutaj jest fakt, że nie są one standardowe i konwersja otrzymanych wyników do systemu standardowego jest trudna (albo niemożliwa). Nie można wtedy używać publikowanych jasności gwiazd odniesienia – które są podawane zazwyczaj dla filtrów standardowych – ani porównywać otrzymanych wyników z wynikami innych obserwatorów.

Jeśli planujesz używać tylko jednego filtra, najlepszym wyborem będzie filtr Johnson V. Jasności otrzymane przy użyciu tego filtra najlepiej będą pasowały do pomiarów wykonanych przez obserwacje wizualne. Jeśli planujesz używać drugiego filtra, następnym w kolejności może być Johnson B, Cousins I, Cousins R i Johnson U – w takiej właśnie kolejności. „Johnson” i „Cousins” to oznaczenia standardów filtrów pasmowych opracowanych odpowiednio przez Harolda Johnsona oraz Alana Cousins.

Ponieważ filtry mają tendencję do starzenia się z upływem czasu, należy je co jakiś czas kontrolować, często wykonywać klatki kalibracyjne (co opisano w następnym rozdziale) oraz czyścić je według zaleceń producenta.



Rysunek 3.1. Transmisja filtrów Johnson-Cousins w funkcji długości fali. (według Michael Richmond, RIT.)

## Komputer i oprogramowanie

Najprawdopodobniej więcej czasu będziesz spędzał pracując z danymi przy komputerze, niż robiąc zdjęcia posiadany zestawem, więc pewna znajomość komputera jest również potrzebna. Powinieneś także znać dobrze oprogramowanie, którego będziesz używał; nie tylko sam sposób użytkowania, ale także podstawowe zasady jego działania. Zainwestowanie pewnej ilości czasu w naukę prawidłowej obsługi oprogramowania szybko się zwróci.

Istnieje wiele dobrych pakietów oprogramowania i część z nich zebrano w liście poniżej. AAVSO nie poleca żadnego z nich w szczególności, a w tym przewodniku nie będziemy opisywać sposobu ich użytkowania. To, którego z nich będziesz używał, zależy od twoich osobistych preferencji oraz kompatybilności z używanym systemem. Ponieważ więcej czasu będziesz spędzał przy komputerze, niż przy teleskopie, ważne jest żebyś z wybranym zestawem oprogramowania czuł się komfortowo. W większości przypadków możliwe jest pobranie i zainstalowanie wersji próbnej, co pozwoli na zapoznanie się z oprogramowaniem przed decyzją o zakupie. Warto również przedyskutować swój wybór z innymi obserwatorami, aby zapoznać się z mocnymi i słabymi punktami każdego produktu.

Oto niektóre z popularnych zestawów oprogramowania:

- |                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| » AIP4Win                        | » LesvePhotometry |
| » AstroArt                       | » MaxIm DL        |
| » CCDOps                         | » MPO Canopus     |
| » FotoDif (w języku hiszpańskim) | » VPhot           |
| » IRAF                           |                   |

A oto zadania, które będziesz musiał wykonywać z użyciem wybranego oprogramowania:

- » *Obsługa CCD* – kontrola kamery CCD, wyboru filtrów, wykonywanie ekspozycji. Często zakupiona kamera CCD jest dostarczana razem z oprogramowaniem.
- » *Redukcja danych* – kalibracja i obróbka zdjęć.
- » *Astrometria* – określenie współrzędnych RA i Dec każdej z mierzonych gwiazd. Znana również pod angielskim pojęciem „plate solving”
- » *Fotometria* – pomiar jasności obiektów i wysłanie do AAVSO raportu w odpowiednim formacie.

Będziesz także potrzebował komputera, który umożliwi uruchomienie wymaganego oprogramowania. Nie ma tutaj jakiś sztywnych wymagań, choć najpowszechniej używanym systemem jest Windows. Niektóre z wymienionych wcześniej programów będą pracowały tylko na systemie Windows i może nie być w ogóle dostępnych wersji pod systemy Mac czy Linux. Warto mieć również sporo dostępnych portów USB, które będą potrzebne do podłączenia kamery oraz innych urządzeń wchodzących w skład posiadanego zestawu.

Obrazy zarejestrowane przez kamerę CCD będą zapisane jako plik w formacie FITS (ang. Flexible Image Transport System). Jest to standardowy sposób zapisywania obrazów naukowych w plikach komputerowych i jest obsługiwany przez wszystkie wymienione wcześniej programy. Użyteczną cechą formatu FITS jest to, że informacje o obrazie (takie jak nazwa obiektu, czas ekspozycji, itp.) może być zapisana w nagłówku pliku w czytelnej dla człowieka postaci.

Kolejną potrzebną funkcją komputera jest możliwość dokładnego pomiaru czasu. Jeśli w obserwatorium masz dostęp do internetu, dokładny czas może być uzyskany z zegara USNO (<http://tycho.usno.navy.mil/simpletime.html>). W przeciwnym przypadku będziesz musiał uzyskać tę informację z innego źródła, np. z nadajnika radiowego jak WWV w Stanach Zjednoczonych (w Europie nadajnik DCF77 w Niemczech – przyp. tłum.). Dostępne jest również oprogramowanie korygujące błąd pomiaru czasu w komputerze. Tak czy inaczej ważne jest, żeby często aktualizować zegar komputera i utrzymywać na nim jak najdokładniej ustawiony czas, ponieważ informacja ta w końcu pojawi się w nagłówku plików FITS. Bez częstych aktualizacji wbudowany w komputer moduł zegara może pokazywać czas różniący się nawet o kilka sekund (jak nie więcej) od prawidłowego. To nie wydaje się dużą wartością, ale dla pomiarów krótkookresowych gwiazd zmiennych albo zjawisk zaćmieniowych taka niedokładność może znacznie pogorszyć jakość uzyskanych danych.



Jeszcze jedną ważną funkcją komputera jest przechowywanie i archiwizacja danych. Jak się niedługo przekonasz zebranie sporej ilości obrazów, które będą zajmowały sporo miejsca na dysku to kwestia stosunkowo krótkiego czasu. Musisz zdecydować jak je przechowywać w uporządkowany sposób zanim rozpoczniesz swoją pracę. Każdy od czasu do czasu popełnia błędy albo nie zauważa pomyłek, a i zdarzają się pomyłki w obróbce obrazów, źle wybrane gwiazdy odniesienia albo inne powody, dla których trzeba wracać do obrazów w archiwum. Dlatego tak istotne jest, aby pliki były uporządkowane tak, żeby można było łatwo odnaleźć ten, którego akurat potrzebujemy.

Następujące rzeczy należy zapisywać na dysku:

- » Zapiski zawierające informacje o obserwowanym obiekcie, pogodę, fazę Księżyca, itp.
- » Klatki kalibracyjne
- » Surowe obrazy z sesji
- » Obrazy skalibrowane (klatkami flat oraz dark)
- » Logi z obserwacji
- » Notatki na temat obróbki

## Mapy

Ponieważ właściwe mapy nieba są ważnym elementem każdego programu obserwacyjnego AAVSO stworzyło narzędzie online, które ułatwia proces tworzenia odpowiednich map. Na stronie AAVSO pod adresem: <http://www.aavso.org/vsp>.

Wśród innych linków można znaleźć jeden prowadzący do kreatora map „Variable Star Plotter” (VSP). Niektóre z opcji są szczególnie przydatne podczas generowania map dla obserwacji z użyciem kamer CCD:

### *CHOOSE STAR ORIENTATION*

(Wybierz orientację mapy) – wybranie opcji CCD spowoduje wygenerowanie mapy, w której północ będzie na górze, a wschód po lewej stronie, czyli tak jak powinna to widzieć kamera.

### *DO YOU WANT A CHART OR LIST OF FIELD PHOTOMETRY?*

(Generować mapę czy listę obiektów fotometrycznych?) – można wybrać generowanie mapy albo prostej tabeli z obiektami fotometrycznymi. Zaleca się wybranie obu opcji. Tabela obiektów będzie przydatna podczas wybierania gwiazd odniesienia, ponieważ znajdziemy w niej położenie, kolor i jasność gwiazd zmierzoną przy użyciu różnych filtrów. Kolumna z uwagami zawiera informację o potencjalnych problemach związanych z obiektem, na które należy zwrócić uwagę gdy chcemy go użyć jako odniesienia.

Wygenerowana mapka fotografowanego obszaru nieba pomoże nam z kolei w sprawdzeniu, czy fotografujemy to, co chcemy. Mapkę należy uważnie przejrzeć, a jeśli to konieczne to wygenerować ją w większej skali, aby można było jej użyć do sprawdzenia bliskich towarzyszy mierzonego obiektu, albo gwiazd, które planujemy użyć jako obiekty odniesienia.

Dostępne w AAVSO sekwencje gwiazd porównania zostały bardzo starannie dobrane i skalibrowane, więc nie wahaj się ich używać! Używanie sekwencji dostępnych w innych źródłach nie oznacza, że wykonane pomiary będą bezużyteczne, ale najprawdopodobniej nie będą całkiem spójne w wynikami innych obserwatorów w bazie danych AAVSO.

Wiele pakietów danych (jak VPhot) posiada już wbudowaną informację na temat gwiazd odniesienia, więc podawanie ich nie jest konieczne, ale wciąż należy sprawdzać, czy dane są aktualne. Kolejne wersje i aktualizacje oraz nowe sekwencje są tworzone cały czas – w większości przypadków na życzenie obserwatorów.

### *WOULD YOU LIKE TO DISPLAY A DSS IMAGE ON THE CHART?*

(Czy wyświetlić obraz DSS na mapie?) – Zaznaczenie tej opcji spowoduje nałożenie obrazu z bazy danych Digitized Sky Survey na wygenerowaną mapę. Może to ułatwić identyfikację obiektów, które będą przedstawione w sposób bardziej przypominający ich wygląd na zdjęciu z kamery CCD.

WOULD YOU LIKE A STANDARD FIELD CHART?

(Czy chcesz wygenerować obszar pola standardowego?) – Opcja ta jest pomocna kiedy planujesz fotografować pole standardowe w celu obliczenia współczynników transformacji. Wybranie tej opcji spowoduje, że etykiety gwiazd odniesienia będą pominięte dla wszystkich gwiazd, oprócz „standardowych”. W rozdziale 6 przedstawiono więcej informacji na ten temat.

**Variable Star Plotter (VSP)**

The image shows a screenshot of the Variable Star Plotter (VSP) web interface. The interface is divided into several sections, with callouts pointing to specific options related to CCD cameras and standard field charts.

**WHAT IS THIS?**  
The Variable Star Plotter (VSP) is the AAVSO's online chart plotting program that dynamically plots star charts for any location on the sky, or for any named object, currently in the Variable Star Index (VSI). By creating charts this way, every chart utilizes the most current data available. Through the use of unique Chart IDs generated by the Variable Star Plotter, one user can plot a chart, and another user in different part of the world can plot an identical chart by simply using the same Chart ID. The Variable Star Plotter is the tool you should use to create any chart that you would like to use.

**WHAT CAN I DO?**  
By entering an object name or its coordinates on the sky, the Variable Star Plotter can produce a star chart for that object or location, and tailor it to your specific observing requirements. Many different parameters are adjustable via this interface, allowing you to get the perfect chart for the job. Customizable field of view, print resolution, magnitude limit, and orientation can be set for any chart plotted, or these values can be auto-assigned by selecting from one of the legacy chart scales familiar to many of our long-time observers. The charts produced by this tool include comparison star sequences for visual magnitude estimations.

**HOW CAN I GET HELP?**  
For detailed instructions on using VSP consult the [Help Guide](#). We also provide a [GET method form](#) for embedding charts in your website or custom software. If you need further assistance, you can email us at [avsp@aaavso.org](mailto:avsp@aaavso.org).

**PLOT A QUICK CHART...**  
WHAT IS THE NAME, DESIGNATION, OR ALIUD OF THE OBJECT?  
*Required if no coordinates are provided below*  
MR UMa

CHOOSE A PREDEFINED CHART SCALE  
A is larger, slower; G is smaller, faster  
G

CHOOSE A CHART ORIENTATION  
 Visual  Reversed  CCD

DO YOU WANT A CHART OR A LIST OF FIELD PHOTOMETRY?  
 Chart  Photometry Table

**ADVANCED OPTIONS**  
DO YOU HAVE A CHART ID?  
*A Chart ID will allow you to reproduce prior charts*

PLOT ON COORDINATES  
*Required if no name is provided above*  
RIGHT ASCENSION  
DECLINATION

WHAT WILL THE TITLE FOR THIS CHART BE?  
*Displayed at the top-center of the chart*

WHAT COMMENTS SHOULD BE DISPLAYED ON THE CHART?  
*Displayed beneath the chart star field*

MISCELLANEOUS OPTIONS  
7.5 FIELD OF VIEW \*  
20.5 MAGNITUDE LIMIT \*  
75 RESOLUTION \*

WHAT NORTH-SOUTH ORIENTATION WOULD YOU LIKE?  
 North Up  North Down

WHAT EAST-WEST ORIENTATION WOULD YOU LIKE?  
 East Right  East Left

WOULD YOU LIKE TO DISPLAY A DSS IMAGE ON THE CHART?  
*If Yes, retrieves and displays an image from the Digitized Sky Survey*  
 No  Yes

WHAT OTHER VARIABLE STARS SHOULD BE MARKED?  
 None  GCVS only  All

WOULD YOU LIKE ALL MAGNITUDE LABELS TO HAVE LINES?  
*If Yes, this will force lines to be drawn from all magnitude labels to the stars*  
 No  Yes

HOW WOULD YOU LIKE THE OUTPUT?  
*If HTML, headers/footers and other extra information will be shown*  
 HTML  Printable

WOULD YOU LIKE A BINOCULAR CHART?  
*Binocular charts omit comparison star labels not useful for binocular viewing.*  
 No  Yes

WOULD YOU LIKE A STANDARD FIELD CHART?  
*Standard field charts omit comparison star labels not included in the standard field.*  
 No  Yes

RESET ALL PLOT CHART

Callouts highlight the following options:  
- CHOOSE A CHART ORIENTATION: CCD  
- DO YOU WANT A CHART OR A LIST OF FIELD PHOTOMETRY?: Photometry Table  
- WOULD YOU LIKE TO DISPLAY A DSS IMAGE ON THE CHART?: Yes  
- WOULD YOU LIKE A STANDARD FIELD CHART?: No

Rysunek 3.2 – Narzędzie AAVSO Variable Star Plotter (VSP) z powiększonymi sekcjami zawierającymi opcje dotyczące kamer CCD.