

Astrofotografia głębokiego nieba. Część III – artystyczna

Ireneusz NOWAK

Autor fascynuje się astronomią od 15 lat. W astrofotografii stawia na proste, dostępne dla amatorów rozwiązania, eksperymentując przy tym i starając się pokazać wybrane obszary nieba w nowy sposób, co zostało dostrzeżone m.in. przez jury międzynarodowego konkursu AstroCamera, w którym w 2023 roku uzyskał główną nagrodę w kategorii „Obiekty głębokiego nieba”.

Poprzednią część tego artykułu zakończyliśmy na procesie „stackowania”. W jego wyniku na ekranach naszych komputerów pojawia się obraz nieba zawierający informację o jakości znacząco przekraczającej teoretyczne możliwości pojedynczej klatki z aparatu. Co nie znaczy, że zdjęcie to nadaje się do wywołania i powieszenia w galerii fotografii. Musimy jeszcze usunąć wszelkiego rodzaju zakłócenia. Na końcu chcemy też nasze zdjęcie „upiększyć”. Wszystkie te czynności mają na celu nie tylko podniesienie walorów estetycznych zdjęcia, ale również poprawią widoczność drobnych detali i szczegółów obserwowanych obiektów astronomicznych.

Usunięcie zaświecenia

Zapewne za kilka lat algorytmy sztucznej inteligencji pozwolą na zautomatyzowanie wszystkich opisanych poniżej procesów. Na razie metody automatyczne są często gorsze niż te, w których główny udział ma żywy operator.

Funkcję usuwania gradientu posiadają m.in. Pixinsight, AstroPixelProcessor, Siril. Dostępne są też dodatkowe moduły do Photoshopa (GradientXTerminator) lub osobne programy przeznaczone tylko do tego celu, takie jak wykorzystujący AI GraXpert.

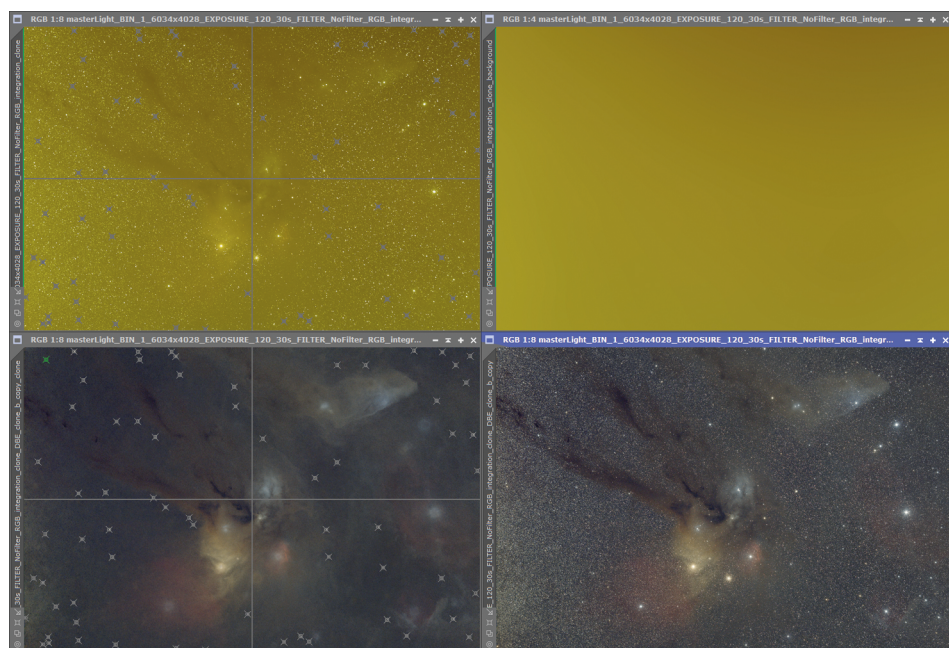
Odejmuwanie modelu zaświecenia jest używane przeważnie w czasie pierwszej korekty zdjęcia, gdy usuwane jest niechciane zaświecenie. Dzielenie wykorzystuje się przy dodatkowych korektach winiety, do korekty nierównomiernego rozłożenia odcieni lub balansu kolorów w zdjęciu (np. lewa strona zdjęcia jest bardziej zielona, a prawa bardziej fioletowa).

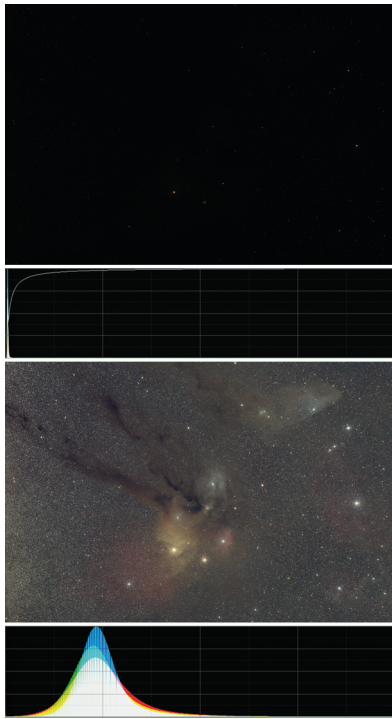
W następnych krokach wartość badawcza zdjęcia będzie malała na korzyść wzrostu wartości estetycznej, ponieważ weźmiemy się za upiększanie przez modyfikację poziomu sygnału.

Dotarliśmy do momentu, w którym automatyczne algorytmy nie dają najlepszych efektów. Nie obejdzie się bez asysty człowieka, który musi robotę wykonać ręcznie (na szczęście wciąż przy pomocy komputera). Naszym głównym zadaniem jest oszacowanie ilości dodatkowego zaświecenia zdjęcia wniesionego przez sztuczne światło miast, miasteczek i generalnie przez wszystko, co nocą emituje światło na Ziemi, w tym zjawiska naturalne, jak np. „air glow”. W naszym programie do obróbki zdjęć musimy ręcznie wskazać punkty na obrazie stanowiące, naszym zdaniem, tło (tzw. punkty próbkowania tła) i niezwiązane z żadnymi obiektami (np. mgławicami, galaktykami), na których rejestracji nam zależy. Na podstawie jasności obrazu w tych punktach ustalany jest model zaświecenia zdjęcia. Później jest on odejmowany od zdjęcia. Sam proces odejmowania gradientu jasności wymaga dużej uwagi i dokładności. Zły wybór punktów, które będą użyte do zbudowania modelu, może doprowadzić do usunięcia ze zdjęcia kluczowych informacji, takich jak np. bardzo słaby sygnał mgławic, lub zaburzyć kolorystykę zdjęcia. Dobrą praktyką jest sprawdzenie, czy wybrane przez nas punkty pokrywają się rzeczywiście z miejscami bez obiektów astronomicznych oraz czy nie nachodzą na jasne gwiazdy. Cały proces przedstawiony jest na rysunku 1.

Oczywiście, jak to zwykle bywa, najlepszy efekt uzyskuje się metodą prób i błędów. Po wielu iteracjach wyboru punktów tła dochodzimy do momentu, kiedy osiągniętego wyniku nie udaje się już znacząco poprawić. Uzyskujemy wtedy obraz nieba o sygnale najbardziej zbliżonym do rzeczywistości (na jaki pozwala nasz materiał i sprzęt fotograficzny). Nasze zdjęcie uzyskuje również wartość badawczą – poziom sygnału w zdjęciu jest proporcjonalny do jego poziomu w rzeczywistości.

Rys. 1. Lewy górny róg: Rozciągnięte zdjęcie nieba z naniesionymi punktami próbkowania tła. Prawy górny róg: obliczony na podstawie punktów model sztucznego zaświecenia. Lewy dolny róg: kontrola poprawności wyboru punktów na rozciągniętym zdjęciu z odjętym modelem tła i z usuniętymi gwiazdami. Prawy dolny róg: rozciągnięte zdjęcie po usunięciu modelu tła





Rys. 2. Zdjęcie nieba oraz rozkłady jasności przed i po rozciągnięciu

Słów kilka o rozciąganiu

Obraz nieba w formie surowej jest zazwyczaj mało atrakcyjny wizualnie. Aby uwidocznić obiekty znajdujące się na zdjęciu, stosuje się dedykowane krzywe konwersji obrazu. Zazwyczaj po przeprowadzeniu takiej konwersji obserwujemy „rozciągnięcie” rozkładu jasności zdjęcia (rys. 2). Krzywe konwersji najczęściej parametryzuje się przez ustawienie punktu czerni, tonów średnich i punktu saturacji. Funkcje te są bardzo wydajne w uwidacznianiu subtelnych różnic w poziomach sygnału w „cieniach” zdjęcia wynikowego, ale do ich poprawnej pracy wymagana jest bezwzględnie poprawnie przeprowadzona kalibracja (o której mowa w Δ_{24}^4).

Zwiększenie walorów estetycznych zdjęcia

Zdjęcie po rozciągnięciu wygląda co prawda lepiej, jednak nadal w tej „surowej” formie widzimy tylko niewielki ułamek jego możliwości. Obraz zawiera wiele niewidocznych i mało kontrastowych detali. W kolejnych krokach naszym zadaniem jest maksymalne „wyciągnięcie” potencjału zdjęcia. Robimy to dość agresywnymi metodami przetwarzania obrazu, do momentu, kiedy szum wynikający z tych modyfikacji staje się nieakceptowalny, a próby jego usunięcia dają mało estetyczne (lub mało wiarygodne) wyniki. Zdarza się, że poprzez takie „upiększanie” uzyskujemy efekt zupełnie odwrotny – obraz najzwyczajniej przestaje być „przyjemny dla oka”. Dlatego ważne jest, aby na początku ustalić sobie jasny cel, jaki chcemy osiągnąć. Na przykład aby pokazać szczegóły w strukturach ciemnych mgławic, musimy znacząco zmniejszyć widoczność gwiazd. I odwrotnie – jeżeli naszym celem jest pokazanie dużej gromady gwiazd, wtedy „pierwsze skrzypce” będą grały gwiazdy, kosztem słabszej widoczności mgławic.

Niestety na tym etapie przetwarzania zdjęć nocnego nieba nie istnieje typowy schemat działania. Metoda, którą zastosowało się w przypadku jednego zdjęcia, niekoniecznie da tak samo dobre efekty w przypadku innego zdjęcia. Stąd sposobem na udane kadry jest przede wszystkim uświadomienie sobie, jak działają algorytmy przetwarzania obrazu, i stosowanie ich zamiennie, tak aby znaleźć potencjalne korzyści ze stosowania każdej z metod. Cały proces można żartobliwie podsumować na schemacie umieszczonym poniżej.



Rozwiązanie zadania F 1097.

Długość fali de Broglie’a elektronu o pędzie p wynosi: $\lambda = h/p$. Współczynnik załamania fali na powierzchni metalu równy jest stosunkowi długości fali w próżni, λ , do długości fali wewnątrz metalu, λ_m : $n = \lambda/\lambda_m$. Pęd elektronu o energii E wynosi $p = \sqrt{2m_e E}$. Energia elektronu padającego na powierzchnię po przyspieszeniu w potencjale U wynosi $E_p = e \cdot U$, a wewnątrz metalu $E_m = e \cdot U + W$. Orzujemyemy:

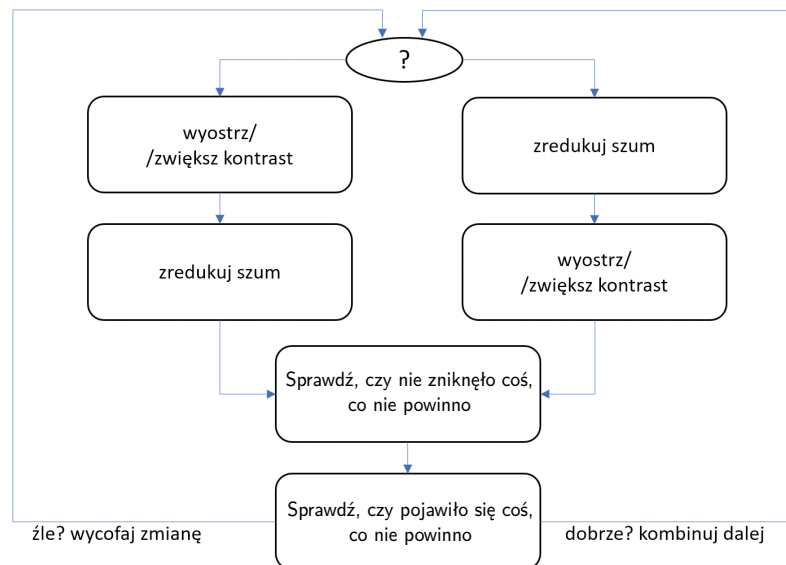
$$n = \sqrt{\frac{E_m}{E_p}} = \sqrt{1 + \frac{W}{e \cdot U}}$$

Brakuje nam oszacowania wartości U . Przyjmijmy, że przed skierowaniem na powierzchnię metalu długość fali de Broglie’a wiązki wynosi $\lambda = 10^{-10}$ m. Oznacza to, że elektrony były przyspieszane w potencjale:

$$U = \frac{h^2}{2m_e \lambda^2 e}$$

liczbowo $U = 151$ V. Odpowiadający tej wartości współczynnik załamania wynosi $n \approx 1,016$.

W obliczaniu pędu elektronu nie uwzględnialiśmy poprawek relatywistycznych, co uzasadnia otrzymana wartość $e \cdot U = 151$ eV, która jest pomijalnie mała w porównaniu z masą spoczynkową elektronu, $m_e c^2 = 511$ keV. Średni potencjał wewnątrz metali „odczuwany” przez elektrony jest większy niż wynikający z pracy wyjścia i wynosi 10 V do 15 V, co prowadziłoby do wartości $n \leq 1,05$ V.

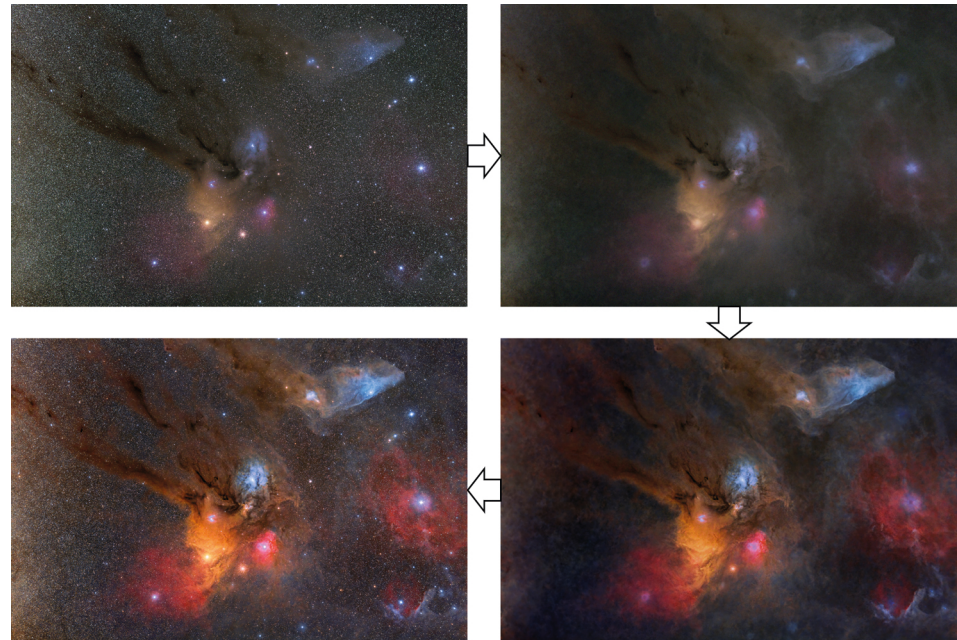


Do metod stosowanych na tym etapie należą wszelkie metody selektywnego/lokalnego zwiększania kontrastu zdjęcia, redukcji rozmiaru gwiazd (dekonwolucji), metody selektywnego i globalnego wyostrażania obrazu, saturacja lub selektywna korekta barw oraz odszumianie zdjęć. Ponadto w ostatnich latach bardzo rozwinęły się algorytmy oparte na AI. Są to głównie metody służące do wyostrażania obrazu, zmniejszania rozmiarów gwiazd w oparciu o obraz rozmycia gwiazd w obrazie surowym, odszumiania obrazu oraz usuwania



gwiazd z obrazu. Metody te wniosły w ostatnim okresie wiele nowych możliwości i ulepszeń całego procesu, nie mniej jednak, jak każde algorytmy oparte na modelach AI, wymagają precyzyjnej kontroli jakości otrzymywanych wyników.

Jak długo trwa ta końcowa faza przetwarzania zdjęcia? To zależy – czasami jest to kilka godzin, i już wiadomo, że „to jest to”. Czasami wykonuje się wiele prób przez wiele dni, na różne sposoby i dalej ma się wrażenie, że „czegoś brakuje”. Ostatecznie okazuje się, że udane zdjęcie wynikowe uzyskać można w efekcie połączenia kilku wcześniejszych nieudanych prób, z których każda dodaje coś cennego do naszego zdjęcia (rys. 3).



Rys. 3. Lewy górny róg: rozciągnięte zdjęcie bazowe. Prawy górny róg: zdjęcie bazowe pozbawione gwiazd w celu lepszego uwidocznienia struktur mgławicowych. Prawy dolny róg: zdjęcie po wyostrzeniu („wyciągnięciu”) detali w obszarze mgławic. Lewy dolny róg: efekt końcowy

Podsumowanie

Niezależnie od wybranego sprzętu do astrofotografii, technik zbierania materiału czy wykorzystanego oprogramowania – na koniec musimy wspomnieć o dwóch najważniejszych elementach wyposażenia astrofotografa:

- **Ciepłe ubrania** – bez nich sesja astrofotograficzna zakończy się po 1–2 godzinach (i to nawet w sierpniu). Jeżeli pod koniec lata, wieczorem zobaczycie na stacji benzynowej ludzi poubieranych, jakby zaraz miała zaatakować zima – to najpewniej jadą oni na obserwacje nieba lub sesję astrofotograficzną.
- **Naładowany telefon komórkowy** – szczególnie, kiedy wybieracie się robić zdjęcia sami. Odpowiednio ciemne miejsca to przeważnie polne drogi i łąki – zawsze łatwiej zadzwonić do lokalnego sołtysa z prośbą o wyciągnięcie z tarapatów traktorem, niż pieszo wędrować po pomoc do najbliższego gospodarstwa, a to się przytrafia nawet najlepszym.

A na poważnie, mam nadzieję, że ta krótka seria artykułów uchyliła rąbką tajemnicy na temat tego, jak wykonać amatorskie zdjęcia nocnego nieba. Coraz doskonalsze aparaty fotograficzne, obiektywy oraz oprogramowanie dają możliwości sięgania daleko w niebo i obrazowania go „po swojemu”. Nie ma w tym żadnych czarów, a jedynie trochę wiedzy i przede wszystkim konsekwencji w działaniu, która jest kluczowa dla osiągnięcia dobrego efektu końcowego. Jeżeli jest w tym trochę magii, to jest nią odkrycie, że „czarna pustka” nad naszą głową nie jest ani czarna, ani pusta, ale pełna pięknych struktur, które wymagają jedynie „odrobiny” naszego wysiłku, by „domowymi” sposobami ukazać je na zdjęciu.

Zatem do dzieła! Choć ostrzegam, to uzależnia. . .

Amatorska fotografia to nie tylko piękne zdjęcia! Potencjał ukryty w naszych popularnych „lustrzankach” czy „bezlusterkowcach” pozwala na wykreślanie krzywych jasności gwiazd zmiennych, a nawet rejestrację zmian jasności wynikających z tranzytów niektórych egzoplanet.