

Indice

Introduzione.....5

PARTE PRIMA

LA RIPRESA DELLE IMMAGINI ASTRONOMICHE

1. L'immagine digitale 10

- 1.1 Analogico e digitale.....10
- 1.2 Bit e byte.....15
- 1.3 Immagini a colori19
- 1.4 I formati di immagine digitale.....20
- 1.5 L'istogramma dell'immagine.....26

2. Le camere per la ripresa astronomica ..29

- 2.1 I sensori elettronici.....29
- 2.2 Camere CCD e CMOS a confronto36
- 2.3 L'ottimizzazione dei parametri di ripresa38
- 2.4 Il problema del filtro al sensore43
- 2.5 La corrente di buio e il dark frame45
- 2.6 Il bias.....50
- 2.7 Sensori e camere a colori52

3. Segnale e rumore 60

- 3.1 Il rumore dell'immagine60
- 3.2 Il rapporto segnale/rumore63
- 3.3 Lo stacking delle immagini65
- 3.4 Metodiche di stacking69
- 3.5 Altre fonti di rumore70
- 3.6 Sommare i rumori73

4. Le configurazioni ottiche e il

campionamento76

- 4.1 Fuoco diretto e indiretto76
- 4.2 Il campionamento79
- 4.3 Dimensioni dell'oggetto e campo inquadrato.....81
- 4.4 Sfruttare la risoluzione dell'ottica.....81
- 4.5 Il seeing.....83

- 4.6 Immagini a bassa risoluzione.....86
- 4.7 Immagini ad alta risoluzione89
- 4.8 Il fast-imaging93
- 4.9 I filtri nella ripresa astronomica.....94
- 4.10 Il flat field.....100

5. L'inseguimento siderale 106

- 5.1 Effetti della rotazione terrestre106
- 5.2 Astrofotografia su treppiede fotografico fisso108
- 5.3 Le montature equatoriali.....112
- 5.4 Lo stazionamento al polo118
- 5.5 I problemi meccanici delle montature...122
- 5.6 Le montature altazimutali126
- 5.7 Startrails127

6. La guida..... 130

- 6.1 L'autoguida.....130
- 6.2 Camere per autoguida132
- 6.3 Telescopio guida.....134
- 6.4 Guida fuori asse (OAG)136
- 6.5 Camere a doppio sensore.....137
- 6.6 I software per l'autoguida138
- 6.7 Le alternative a PHD2.....143
- 6.8 Analisi della guida e ottimizzazione dei parametri.....145
- 6.9 Una strategia personalizzata della guida.....148
- 6.10 Il dithering150
- 6.11 Le ottiche adattive (AO)153

7. Il setup della strumentazione..... 154

- 7.1 Pratica e organizzazione154
- 7.2 Montare gli strumenti.....157
- 7.3 Il bilanciamento.....158
- 7.4 L'alimentazione elettrica.....160
- 7.5 Connettere la montatura al computer ..163
- 7.6 Il problema dei cavi.....167

- 7.7 Un modello di workflow.....170
- 7.8 Le montature go-to e il puntamento174
- 7.9 Il plate solving176
- 7.10 Software per l'acquisizione delle immagini179
- 7.11 Regolare la rotazione di campo.....181

8. La messa a fuoco dell'immagine 183

- 8.1 Principi generali183
- 8.2 Maschere di diffrazione.....185
- 8.3 FWHM - HFD189
- 8.4 Foccheggiatori manuali ed elettrici192
- 8.5 Le variazioni termiche della messa a fuoco196
- 8.6 L'autofocus.....197
- 8.7 Mettere a fuoco gli obiettivi fotografici..199

9. La ripresa deep sky202

- 9.1 Finalmente ci siamo!202
- 9.2 Soggetti diversi strategie differenti204
- 9.3 Gli oggetti più fotogenici del cielo.....216

PARTE SECONDA

L'ELABORAZIONE DELLE IMMAGINI ASTRONOMICHE

10. Calibrazione, allineamento e stacking .. 232

- 10.1 Programmi per l'elaborazione astronomica.....232
- 10.2 La selezione delle immagini235
- 10.3 La calibrazione239
- 10.4 Mappe dei difetti.....242
- 10.5 La calibrazione avanzata.....243
- 10.6 Debayering.....245
- 10.7 L'allineamento delle immagini247
- 10.8 Stacking.....248
- 10.9 Un esempio pratico: Astroart.....249
- 10.10 Un esempio pratico: DeepSkyStacker.....253

11. Lo stretching delle immagini256

- 11.1 Nascosti nei bit256
- 11.2 Soglie di visualizzazione.....260
- 11.3 Funzione di trasferimento.....262
- 11.4 Immagini in fase lineare e non lineare ..266
- 11.5 Lo stretching in pratica.....267

12. Post-processing272

- 12.1 Un'elaborazione etica272
- 12.2 Photoshop o PixInsight?275
- 12.3 Fasi del post-processing277

13. Post-processing con Photoshop282

- 13.1 Importazione dell'immagine a 32 bit e stretching iniziale.....282
- 13.2 Crop (ritaglio).....285
- 13.3 Neutralizzazione del fondo cielo e bilanciamento dei colori.....285
- 13.4 Eliminazione del verde.....292
- 13.5 Rimozione dei gradienti luminosi.....299
- 13.6 Riduzione del rumore302
- 13.7 Creazione di una maschera di stelle ..306
- 13.8 Riduzione dei diametri stellari310
- 13.9 Correzione dell'ovalizzazione stellare ..311
- 13.10 Stretching definitivo.....312
- 13.11 Aumento della saturazione.....314
- 13.12 Recupero del colore delle stelle.....318
- 13.13 Accentuazione del dettaglio ed enfaticizzazione delle strutture.....320

14. PixInsight.....326

- 14.1 PI: non solo post-processing326
- 14.2 Screen transfer function332
- 14.3 Dynamic crop333
- 14.4 Deconvoluzione334
- 14.5 Rimozione dei gradienti.....336
- 14.6 Calibrazione del colore342
- 14.7 Eliminazione del verde344
- 14.8 Riduzione del rumore347
- 14.9 Stretching.....352
- 14.10 Recupero della saturazione354
- 14.11 Starxterminator, StarNet e Starmask ..355
- 14.12 MultiscaleMedianTransform363

15. Riprese multicanale..... 366

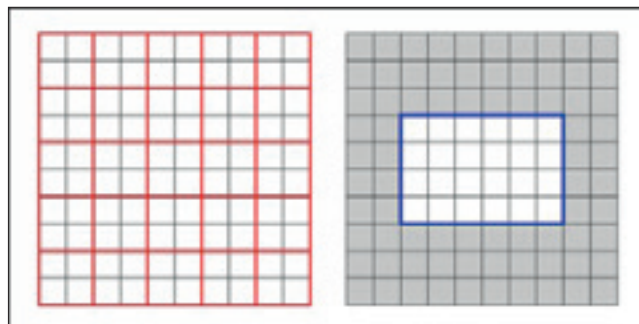
- 15.1 Sensori monocromatici per immagini a colori366
- 15.2 RGB ed LRGB370
- 15.3 Narrowband372
- 15.4 Stelle RGB per il narrowband.....380
- 15.5 Aggiungere un segnale H-alfa all'immagine RGB383

Appendice bibliografica390



Figura 2.5: M42 in bassa e alta dinamica.

Figura 2.6: Binning (sinistra) e ROI (destra).



modello e non modificabili dall'utilizzatore. Più recentemente è invece diventato possibile, almeno in certi casi, regolare anche il gain delle camere CCD, scelta non sempre condivisibile, vista la criticità che questa impostazione può presentare. Nelle fotocamere digitali il guadagno corrisponde semplicemente alla scala dei valori ISO: ora comprendiamo perché, col loro incremento, non andiamo realmente ad aumentare l'efficienza del sensore: il segnale da questo raccolto è sempre lo stesso, andremo solo ad amplificarlo in misura maggiore.

Quel che è importante sottolineare è che un aumento del gain determina, sino a un certo punto, una riduzione del Rumore di Lettura, con effetti positivi, al costo di un peggioramento della dinamica del sensore, un effetto indubbiamente negativo (fig. 2.7): una scelta accorta, pertanto, sarà importante per l'ottimizzazione dei parametri di ripresa, come vedremo fra poco.

Readout Noise (Rumore di Lettura): è il rumore introdotto nel nostro segnale dalle procedure di lettura, amplificazione e, soprattutto, digitalizzazione dei dati del sensore.

Si misura in elettroni per pixel e nelle camere moderne è molto basso, in particolare nelle CMOS. Una CMOS per astronomia può avere un rumore di lettura di un solo e^- /pixel, il che può rendere più conveniente effettuare la somma di brevi pose, rispetto a riprese effettuate con un CCD, dal rumore più elevato. Il Read Noise di ciascuna posa, infatti, andrà a sommarsi nell'unione di più immagini, andando a danneggiare, se rilevante, il risultato finale. È per questo motivo che la somma di, supponiamo, dieci immagini di un minuto non può eguagliare nel rapporto segnale/rumore il risultato di una singola posa di dieci minuti: nel secondo caso avremo un solo rumore di lettura, mentre nella somma dieci rumori di lettura andranno a sommarsi fra loro aumentando il rumore totale (approfondiremo questi concetti nel capitolo terzo). Come già accennato il rumore di lettura tende a diminuire, sino a un certo punto, con l'aumentare del gain.

Binning: la geometria dei sensori CCD consente un'opzione particolare, quella di raggruppare il segnale proveniente da gruppi di pixel, solitamente 4 o 9 pixel, in un'unica lettura (si parla in questi casi di binning 2x2 o 3x3) (fig. 2.6): vengono così a formarsi dei *super-pixel*, di lato doppio o triplo rispetto agli originali. Il vantaggio è che il segnale raccolto andrà a sommarsi in un unico dato, subordinato a *un solo* rumore di lettura. Per contro il grosso pixel così formatosi riduce la risoluzione dell'immagine e la sua dimensione complessiva (quello della risoluzione è però un discorso più articolato, che deve tenere conto anche della lunghezza focale utilizzata - vedi il capitolo quarto). Nei CMOS, dove ogni pixel viene letto indipendentemente, un vero binning non è possibile: molti software offrono la possibilità di unire i pixel a gruppi, ma senza un vero vantaggio poiché il rumore di lettura complessivo resta comunque invariato.

Region of Interest (ROI - Regione di Interesse): la geometria funzionale dei CMOS non consente il binning, ma offre, in compenso, un'alternativa talora interessante, la possibilità di scaricare i dati di solo una parte del sensore, una *regione di interesse* che può essere liberamente impostata sia come dimensioni che come posizione (fig. 2.6). Il vantaggio sarà la creazione di file di minor dimensione che potranno essere scaricati più rapidamente al computer, consentendo un *frame rate*, ossia una frequenza di immagini, più elevata. Sarà utile, in particolare, nelle riprese planetarie ad alta risoluzione, quando

7.7 Un modello di workflow

Ripetiamo, organizzandole in una procedura organica, le diverse fasi del montaggio e della preparazione della strumentazione. Questa schematizzazione mira all'ottimizzazione dei tempi riducendo, per quanto possibile, errori o dimenticanze e ci sembra particolarmente consigliabile per chi comincia. Resta inteso che non vi è nulla di obbligatorio e che, con l'aumento della pratica e dell'esperienza, ciascuno potrà organizzarsi come meglio crede.

Alcuni di questi punti li abbiamo già trattati nei capitoli precedenti, dei rimanenti andremo a parlare subito a seguire.

- Montiamo il treppiede e la montatura, sistemandoli già approssimativamente verso il nord con l'aiuto di una bussola o di riferimenti del paesaggio annotati in un'occasione precedente.
- Sblocchiamo i fermi dei due assi della montatura (onde non sottoporre i meccanismi a sollecitazioni eccessive) e posizioniamo i contrappesi sull'apposita barra. Già abbiamo un'idea del numero dei pesi e della loro posizione dalle prove che abbiamo fatto a casa.
- Montiamo l'ottica principale e, in parallelo a essa, il piccolo cannocchiale cercatore/guida. L'uso di un cercatore con le moderne strumentazioni non è più strettamente necessario; tuttavia, l'avere a disposizione una piccola ottica che ci mostri la stessa regione del cielo inquadrata da quella di ripresa può permetterci di risolvere situazioni problematiche che, sebbene rare, potrebbero farci perdere molto tempo.
- Inserendo un oculare tanto nell'ottica di ripresa che in quella di guida rendiamo quest'ultima parallela alla prima agendo sulle apposite viti di regolazione. Possiamo farlo inquadrando un soggetto lontano come un albero o il profilo di una collina. Rimuoviamo quindi gli oculari.
- Posizioniamo sullo strumento la camera di ripresa e quella di guida con tutti gli accessori che utilizzeremo: ruote portafiltri, guide fuori asse, riduttori di focale ecc. Aggiungiamo tutti i cavi che saranno necessari, i paraluce e le fasce anticondensa.
- Con l'insieme configurato quanto più possibile come sarà nel momento della ripresa perfezioniamo il bilanciamento, tanto in ascensione retta che in declinazione.
- Tutti i preparativi sin qui descritti possono essere eseguiti ancora con la luce del giorno (anzi, come detto, è consigliabile). Da questo momento in avanti avremo bisogno di vedere le stelle, ma ci basteranno le più luminose, già visibili durante il crepuscolo, Polare compresa. Potremo ingannare l'attesa completando i preparativi, sistemando le fonti di alimentazione, accendendo il computer, montando il tavolino da campeggio e gli sgabelli...
- Non appena la Stella Polare diventa visibile potremo iniziare la procedura di stazionamento della montatura al polo. Nonostante un certo grado di "fretta ansiosa" che, con l'approssimarsi del buio, potrebbe coglierci, dobbiamo dedicare a questa fase tutto il tempo necessario, utilizzando con attenzione le metodiche che già abbiamo descritto. Un ottimo stazionamento al polo renderà più facile tutto quello che seguirà, dal puntamento degli oggetti all'inseguimento e alla guida.
- È arrivato il momento di accendere la montatura (se il metodo scelto di stazionamento al polo già non ce l'aveva richiesto) e di connetterla, eventualmente, al computer. Ricordiamo che la maggior



Figura 7.11: CTB1 in Cassiopeia, la Garlic Nebula
Sharpstar 15028 HNT su montatura iOptron CEM60EC.
Composizione H-alfa / O-III con stelle RGB
Integrazione di 9^h 30^m con camera ASI 2600MM Pro.

utilizzando lo schermo del live view, valori iso moderati, tempi di posa che stacchino appena il fondo cielo dal bordo sinistro dell'istogramma e con poche decine di minuti di integrazione complessiva sarà possibile mettere in evidenza anche molti oggetti del profondo cielo, nebulose e ammassi stellari, piccoli, ma già ben rappresentati nell'immagine.

Mancando l'astroinseguimento di ogni controllo di Go-To potremmo trovare una difficoltà imprevista e superiore alle aspettative nel puntamento esatto della regione di cielo desiderata: nel mirino si vedono solo le stelle più luminose e il grossolano orientamento della camera non fornisce risultati precisi. Un accessorio che in queste situazioni diventa prezioso è un puntatore laser (fig. 9.2): esistono modelli direttamente inseribili nella slitta portaflash della camera e, ben visibile il fascio di luce nel live view, possono essere registrati a indicare il centro del campo inquadrato per un puntamento facile e veloce.

Non dimentichiamo che, sebbene si tratti di un genere fotografico semplice, devono essere adottati tutti gli accorgimenti di una "vera" foto astronomica. Non rinunciamo pertanto a realizzare alcuni dark frame (pena un probabile rumore *a pioggia*) e una serie di flat field, magari con un semplice tablet che mostri un'immagine bianca (come spiegato nel capitolo quarto). Una decina di dark e altrettanti flat potranno essere sufficienti allo scopo, considerato il modesto livello di ambizioni di questo tipo di fotografia. Ovviamente dovremo, come sempre nelle nostre riprese, salvare i file in un formato RAW.

Vasti campi stellari

Dal cuore della regione di Orione al centro della Via Lattea le vaste regioni stellari, ricche di oggetti interessanti vicini fra loro, sono il regno dei piccoli teleobiettivi, con focali dai 100 ai 200 millimetri. Al di sopra di queste focali l'uso di una vera montatura equatoriale può essere più consigliabile rispetto all'inseguimento e la guida, a seconda della sua qualità di inseguimento, può cominciare a rivelarsi utile se desideriamo immagini perfette. Si comincia quindi a profilare un setup ancora semplice, ma già propriamente "astronomico" nella completezza delle sue componenti: utilizzando la reflex in stand-alone potremo fare ricorso a un'autoguida tipo Lacerta che ci consentirà di rinunciare al computer.

Se rientrano nell'inquadratura regioni nebulari, come di solito accade, la scelta di una camera con modifica Baader del filtro al sensore diventa doverosa, pena la perdita di una massiccia quantità di segnale. In alternativa appositi adattatori permettono di montare i teleobiettivi direttamente su di una camera raffreddata, CCD o CMOS, con un indubbio guadagno in efficienza. Giunti a questo punto, purtroppo, la complicazione organizzativa della strumentazione finisce per non differire di molto da quella necessaria alla gestione di un piccolo telescopio, le soddisfazioni che si possono ottenere, però, sono innegabili e questo livello di setup è probabilmente il più indicato per il principiante che inizi a realizzare le sue prime foto, ma che desideri ottenere subito risultati di rilievo.

Anche in questo caso (e poi non lo ripeteremo più) è necessaria la realizzazione di dark frame e di flat field, in numero anche superiore rispetto al caso precedente, sebbene l'adozione del dithering possa, almeno per i primi, ridurre l'importanza e questo appare particolarmente importante per le reflex che, non essendo termostate, ci richiedono la noiosa raccolta dei dark in ogni differente seduta. Alcuni bias, veloci da realizzare potrebbero allora anche sostituirli, specialmente nella stagione fredda.



Figura 9.3: teleobiettivi di media focale iniziano a richiedere una gestione simile a quella di un piccolo telescopio.
Heart & Soul Nebula
Canon EOS 700D con EF200mm f:2.8
filtro I-eNChance, integrazione 50'.

Il loro uso, nel nostro campo, sarà fondamentale. Il modo più semplice ed efficace di realizzare una maschera di luminosità è quello di utilizzare un'immagine come maschera di se stessa. Può sembrare un concetto astruso, in realtà è piuttosto semplice. Vediamo i passaggi per la sua creazione (fig. 13.13).

1. Abbiamo l'immagine aperta nel nostro programma. Selezioniamola integralmente (**Selezione/Tutto** o, più semplicemente, **Ctrl+A**) e copiamola negli appunti (**Modifica/Copia** o **Ctrl+C**).
2. Creiamo un nuovo Livello di regolazione, per esempio **Curve**. PS gli fornisce automaticamente una maschera, per adesso bianca. Selezioniamo e visualizziamo la maschera facendo **Alt+Click** sulla sua icona.
3. Quello che vediamo è l'immagine della maschera, bianca: incolliamo in essa il contenuto degli appunti, ossia la foto stessa precedentemente copiata (**Modifica/Incolla** o **Ctrl+V**). Essa appare in bianco e nero perché, come detto, una maschera è sempre in bianco e nero e, da questo momento, ogni regolazione di questo livello **Curve** sarà a essa subordinata: la curva si applicherà alle zone in cui la maschera è bianca, non alle nere e a quelle grigie in proporzione all'intensità del grigio stesso. In pratica abbiamo creato una **Maschera delle Luci** che ci consente di applicare l'effetto solo alle parti più luminose.
4. Possiamo creare anche una maschera inversa, dedicata alle ombre: ripetiamo i passaggi precedenti sino a incollare l'immagine nella maschera e, a questo momento, invertiamola (**Immagine/Regolazioni/Inverti** o **Ctrl+I**). L'inversione dei toni rende chiaro, nella maschera, quel che nell'immagine è scuro: la regolazione, pertanto, si applicherà solo a queste parti. Abbiamo fatto una **Maschera delle Ombre**.
5. È possibile, infine, produrre una **Maschera dei Toni Medi** sottraendo dal totale le due maschere, Luci e Ombre, già create. Selezioniamo l'immagine e copiamola quindi andiamo a sottrarre dapprima la maschera delle luci, facendo **Ctrl+Alt+Click** sull'icona di questa, e poi quella delle ombre con **Ctrl+Alt+Click** sull'icona della maschera ombre. PS ci avvisa che la selezione residua non è visibile: poco male, essa c'è e, andando a creare il nuovo livello di regolazione, si copierà automaticamente in una nuova maschera che isola il totale dell'immagine meno le luci e le ombre: quello che resta sono appunto i toni medi della fotografia. Estremamente importante la maschera dei toni medi perché ci consentirà di aumentare il contrasto dell'immagine senza bruciare le luci né rendere troppo scure le ombre.

È possibile generare, in maniera quasi automatica, maschere dal contenuto più "ristretto", per esempio solo le luci molto alte o le ombre molto profonde, *intersecando* ogni maschera con sé stessa, ma, per i nostri scopi di astrofotografi, si rivela molto più utile una regolazione di tipo manuale, che ci consenta un più accurato e diretto controllo del livello di luminosità che intendiamo isolare. Vediamo come.

Abbiamo detto che una maschera è, a tutti gli effetti, un'immagine. A essa, pertanto, sono applicabili tutti i filtri e le regolazioni che PS ci offre: possiamo, per esempio, sfocarla per renderla più morbida, oppure, procedura molto utile, possiamo modificarne il contrasto per meglio isolare definite aree di luminosità. Consideriamo, per esempio, la maschera delle ombre precedentemente creata (fig. 13.14): possiamo regolarla con **Immagine/Regolazioni/Valori tonali** in maniera da isolare meglio il fondo cielo

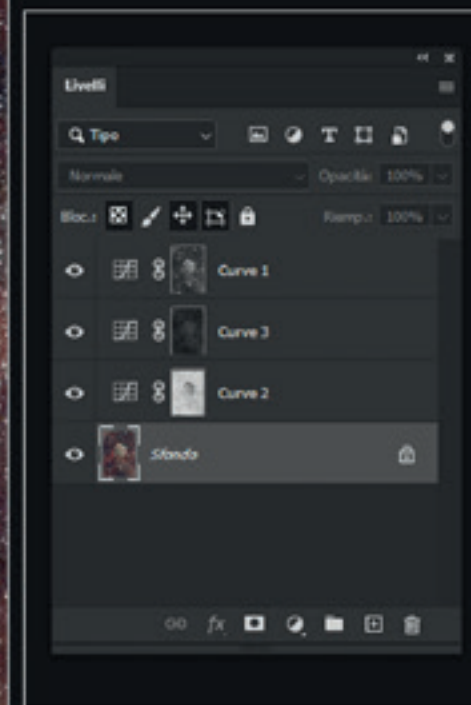
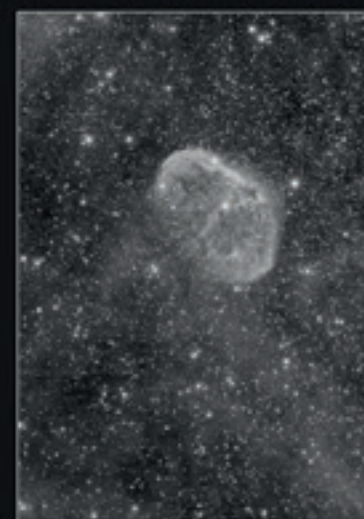
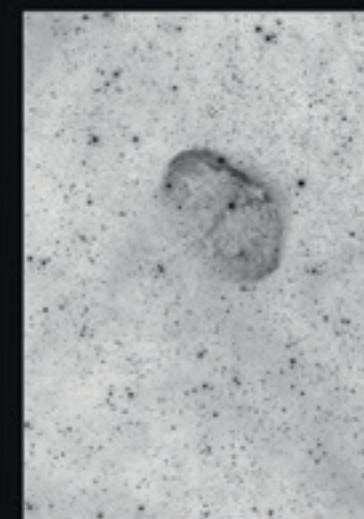


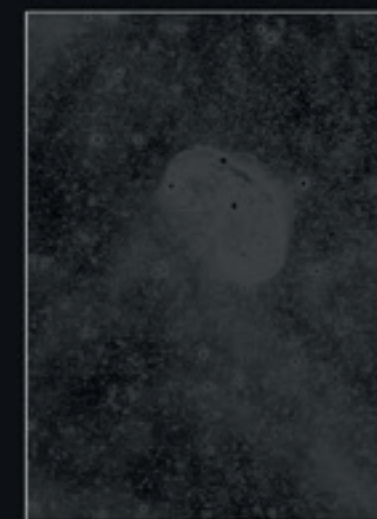
Figura 13.13: le maschere di luminosità di Photoshop.



Luci



Ombre



Toni Medi

che si porrà fra le dieci e le quindici ore, magari anche qualcosa di più considerato l'elusivo O-III. È un impegno notevole che se ci qualificherà come dilettanti *avanzati* per contro porterà via una bella fetta delle nostre ore notturne di riposo.

Veniamo all'elaborazione. Le riprese con ogni singolo filtro andranno, com'è logico, trattate separatamente con calibrazione e stacking, quindi allineate fra loro. Il WBPP di PixInsight può fare tutto da solo, ma, come già nella ripresa RGB, altri programmi meno automatici portano allo stesso risultato.

Parlando della composizione con filtri RGB avevamo descritto una serie di procedure che era conveniente eseguire prima di riunire i file nell'immagine a colori, in particolare la rimozione dei gradienti e l'equalizzazione del fondo cielo. È necessario effettuare queste correzioni anche col narrowband? In realtà... no. Grazie alla loro banda passante molto stretta i gradienti in queste immagini sono quasi inesistenti (a patto di aver realizzato dei buoni flat) e la normalizzazione del fondo cielo serviva soprattutto per il bilanciamento dei colori, una cosa, in questo caso, inutile. In pratica, col narrowband, possiamo prendere le nostre immagini e direttamente utilizzarle per la composizione. Quello che semmai può rivelarsi utile è eseguire lo stretching *prima* della composizione (a differenza dei filtri RGB) e non è necessario ripetere lo stesso stretch per ciascun filtro, anzi: la cosa migliore sarà quella di stirare "a occhio" i tre file, guardando l'istogramma risultante, per portarli grosso modo alla stessa intensità luminosa. Lo stretch necessario sarà un po' maggiore per S-II e O-III, per i quali avevamo infatti integrato un po' di più. In pratica la composizione narrowband si realizza più facilmente in fase non lineare, altrimenti la preponderanza dell'H-alfa porterebbe a monocromatismi che dovremmo correggere in un secondo tempo.

Abbiamo detto che esistono diverse palette abitualmente utilizzate: iniziamo col descrivere la più famosa, quella **Hubble Palette** tipicamente utilizzata per alcune foto del telescopio spaziale. Essa prevede di combinare i canali col seguente schema:

- canale rosso: S-II;
- canale verde: H-alfa;
- canale blu: O-III.

Utilizziamo un qualunque programma, per astronomia, ma anche Photoshop, e otterremo il risultato mostrato in [figura 15.3](#). È già interessante, ma ancora mostra alcuni difetti, soprattutto estetici, che possono essere corretti o migliorati.

Diciamo subito che, se non abbiamo eseguito un buon stretch, in particolare portando a una buona visibilità il debole O-III, il risultato può essere ancora peggiore, con un quasi monocromatismo verde dovuto alla preponderanza del segnale H-alfa. È questo il motivo per cui suggeriamo di stirare le immagini prima della composizione, anche lavorando "a occhio", sino a ottenere un aspetto quasi uguale per i tre canali. In elaborazione, tuttavia, non esiste un solo modo per giungere allo stesso risultato e anche questo brutto risultato sarebbe ancora correggibile andando a regolare l'intensità dei tre canali nell'immagine composta: se stiamo utilizzando PixInsight, per esempio, basterà slegare i canali nella STF (disattivando il tastino con la catena) per arrivare al risultato passabile che già abbiamo mostrato. Questa nostra prima immagine ha alcuni difetti evidenti: saltano subito all'occhio le stelle color magenta (e di questo parleremo più avanti), i colori sono slavati e poco accattivanti, con una dominante

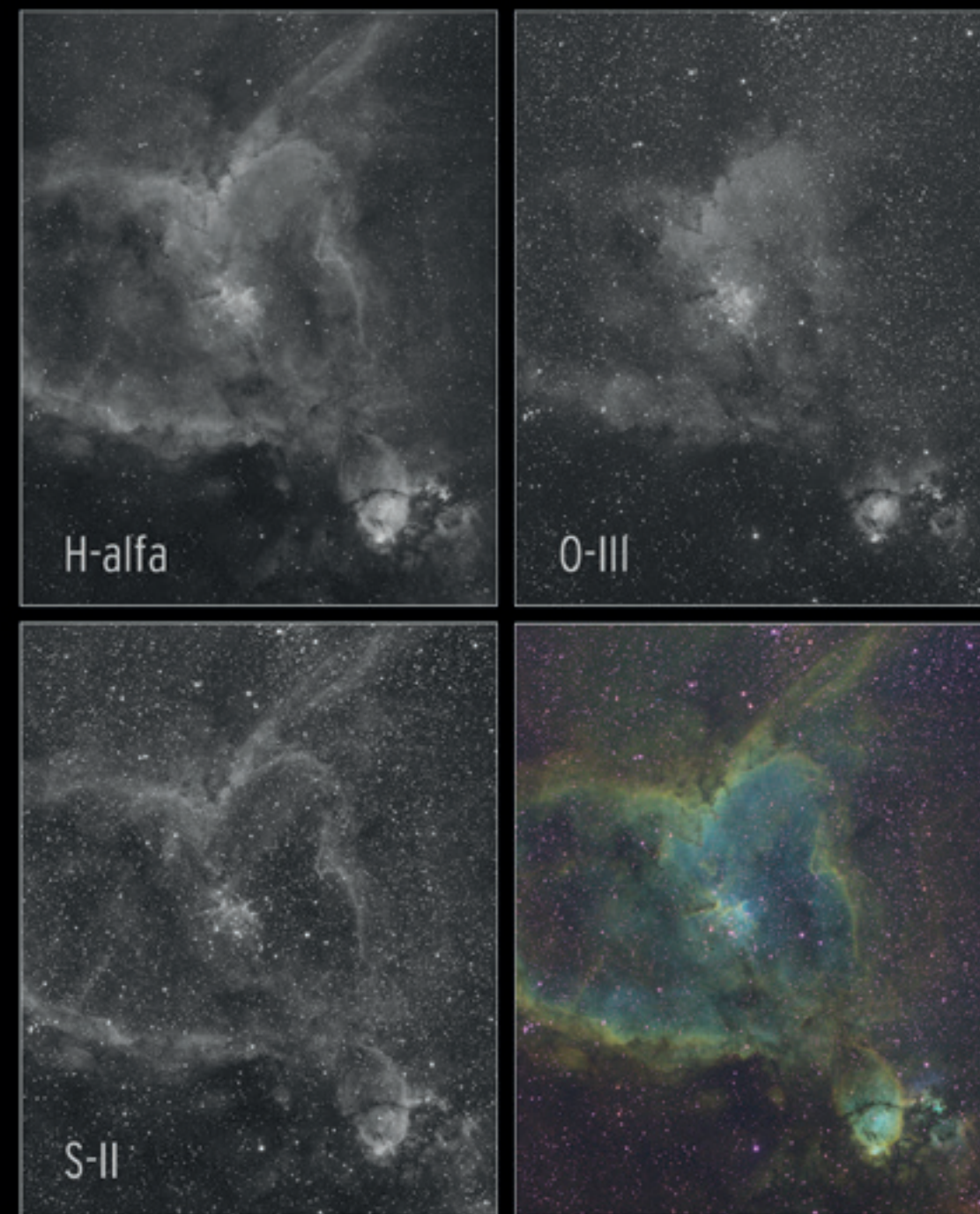


Figura 15.3: una prima composizione H-alfa, O-III e S-II secondo la Hubble Palette. Assomiglia già un poco alle immagini del telescopio spaziale, ma si può fare di meglio...