

Imaging HDR (High Dynamic Range): oltre i limiti

di Daniele Gasparri



La tecnica HDR, alla portata di chiunque possieda un sensore digitale, permette meravigliose riprese di fenomeni con forti differenze di luminosità, senza richiedere conoscenze o attrezzature particolari: spesso non è necessario neanche un telescopio. In questo articolo qualche spunto teorico e tecnico per introdursi in un mondo ricco di immagini spettacolari.

Cosa sono le immagini HDR

La tecnica HDR, dall'inglese High Dynamic Range, consente di creare, attraverso un'opportuna procedura di ripresa ed elaborazione, immagini correttamente esposte di scene contenenti forti differenze di luminosità, e si prospetta come una vera e propria rivoluzione, consentendo di eliminare qualsiasi limite imposto fino a poco tempo fa su alcune riprese di fenomeni astronomici quali la luce cinerea o le eclissi lunari/solari. In un linguaggio più tecnico si parla di elevato intervallo di dinamica, un insieme di parole che probabilmente crea più confusione che altro. Per chiarire meglio il concetto possiamo considerare delle situazioni semplici e classiche, siano esse di natura astronomica o naturalistica. Pensiamo ad un paesaggio visto in controluce o ad un'eclissi lunare qualche decina di minuti prima della fase totale. Una semplice fotografia non riesce a catturare con successo scene con così forti differenze di luminosità: se regolo l'esposizione per il cielo, il panorama in controluce risulterà completamente nero, così come se si regola l'esposizione per la falce di luna fuori eclisse, la parte in ombra risulterà invisibile: questa era la situazione (irrisolvibile) fino a pochi mesi fa, ora le cose sono finalmente cambiate.

A questo punto ci si potrebbe infatti porre una domanda: è possibile ottenere un'immagine correttamente esposta, così come l'occhio umano ce la fa vedere? La risposta è affermativa ed una

delle possibili soluzioni è insita nell'esperienza che abbiamo appena fatto: effettuare almeno due esposizioni diverse, estrapolare solamente le parti correttamente esposte, ed unirle in un'unica immagine; con questa operazione abbiamo aumentato il range dinamico della singola ripresa e siamo stati in grado di riprendere con successo zone con forti differenze di luminosità: abbiamo costruito un'immagine HDR, che permette, potenzialmente, di registrare correttamente qualsiasi differenza di luminosità, abbattendo qualunque limite imposto dalla strumentazione di ripresa. La tecnica trova grandi applicazioni naturalistiche, ma in astronomia ha forse il suo ambiente naturale.

Applicazioni

Tutte le scene che presentano forti differenze di luminosità sono adatte per effettuare riprese HDR senza la necessità di strumentazione particolare: basta il vostro sensore di ripresa (webcam, digicam, CCD) ed eventualmente un telescopio, anche se non è affatto necessario. Spesso le riprese migliori sono quelle che coniugano elementi paesaggistici a fenomeni celesti, come congiunzioni, occultazioni, avvicinamenti prospettici, eclissi solari/lunari, luce cinerea. Chi possiede un modesto teleobiettivo o un telescopio potrà seguire in alta risoluzione alcuni di questi fenomeni, così come avviene nelle normali situazioni osservative: molto interessanti sono le occultazioni di oggetti deboli, come saturno e i suoi satelliti; addirittura diventa possibile riprendere correttamente la parte brillante della luna insieme a stelle di magnitudine oltre la quinta, creando un effetto assolutamente spettacolare. Il campo di applicazione senza dubbio più affascinante ed innovativo è proprio questo: con una semplice macchina fotografica digitale posta su un treppiede è possibile immortalare scene a grande campo di notevole impatto estetico, con tutti gli elementi correttamente esposti, fatto questo, che fino a pochi anni fa era assolutamente impensabile.

Gli astrofotografi del profondo cielo applicano di frequente (più o meno consapevolmente) la tecnica HDR: l'esempio classico è la Nebulosa di Orione, con le zone centrali del trapezio circa 7-8 magnitudini più brillanti delle zone esterne, che devono essere trattate diversamente dal resto della nebulosa, ma ci sono molti altri oggetti, come galassie e specialmente gli ammassi globulari, le cui regioni centrali sono molto più brillanti di quelle periferiche.

Non sono richieste conoscenze tecniche né, da quanto appena detto, strumentazioni particolari. Si tratta solamente di imparare qualche concetto di base ed attuare di conseguenza la tecnica, che si compie in due passi, uno in fase di ripresa, l'altro in fase di elaborazione.

Prima di parlare però di questi due punti fondamentali, è d'obbligo indagare le proprietà fondamentali dei sensori digitali e il significato di range dinamico.

Cosa è il range dinamico

Esistono diverse definizioni, che dipendono a cosa ci si riferisce; in particolare possiamo distinguere tra:

Range dinamico di un sensore digitale: quantifica le massime differenze di luminosità registrabili da ogni sensore. Il valore è direttamente legato al rumore di lettura (readout noise) e alla full well capacity, cioè al numero massimo di elettroni che ogni pixel può contenere. Si misura generalmente in decibel ma per i nostri scopi è utile esprimerlo come un numero puro, facendo il rapporto tra full well capacity e rumore di lettura. Nel caso di un sensore Kaf-0402 (quello che equipaggia le camere ST-7) si ottiene un valore pari a circa 6300; questo significa che esso può restituire in modo corretto differenze massime di luminosità pari a 6300 volte, che espresse in termini di magnitudini, equivalgono a circa 9,5, simili a quelle dell'occhio umano (circa 10 magnitudini).

Range dinamico del contatore analogico-digitale: gli elettroni raccolti dai pixel del sensore devono essere trasformati in un segnale digitale che andrà poi a formare l'immagine, attraverso il contatore analogico digitale che deve riuscire a contare tutti i livelli di luminosità del sensore. Nel caso precedente, con range dinamico pari a 6300, occorre almeno un contatore da 13 bit, capace cioè di riprodurre $2^{13}=8192$ livelli di grigio. Un contatore da 12 bit riuscirebbe a coprire solo 4096 livelli di intensità e sarebbe quindi insufficiente

Range dinamico di un'immagine: il formato dell'immagine che va a formarsi sullo schermo del computer deve poter contenere tutta l'informazione riversata dal contatore analogico-digitale, altrimenti si ha perdita di informazione. Purtroppo lo standard jpg o bmp ha dinamica fissata ad 8 bit per canale; questo significa che il range dinamico non supera mai 255 livelli di intensità per ogni canale, a prescindere dalla dinamica propria di ogni sensore, così come ogni schermo di computer non riesce a visualizzare correttamente una dinamica superiore ad 8 bit per canale. Durante il processo che porta dall'acquisizione alla conversione (automatica o manuale) dell'immagine, si ha quindi sempre perdita di informazione.

Il processo che porta dalla cattura dei fotoni all'immagine finale in formato jpg o bmp è piuttosto complicato e non vogliamo di certo indagarlo fino in fondo, piuttosto mettere l'accento su un punto fondamentale: qualunque sia la situazione, si ha perdita di informazione causata dalla compressione della dinamica del sensore digitale nel formato standard ad 8 bit. Poiché ogni canale è limitato a soli 255 livelli di intensità, non è possibile in linea teorica riuscire a mantenere il range dinamico originale. Prima di indagare le tecniche che portano, in fase di ripresa, ad un'estensione del range dinamico, occorre riuscire a sfruttare ciò che la camera di ripresa è effettivamente in grado di poterci fornire.

Sfruttiamo tutto il range dinamico del nostro sensore (riprese FDR=Full Dynamic Range)

Un sensore CCD anche di tipo economico ha una dinamica simile a quella dell'occhio umano (qualche volta anche superiore), quindi è lecito aspettarsi immagini simili alla visione diretta, delle vere e proprie riprese HDR. Esso dovrebbe essere in grado ad esempio, durante un'eclissi di Luna, di mostrarci correttamente sia la parte in ombra che quella illuminata, oppure la luce cinerea di una sottile falce di lunare senza che quest'ultima risulti sovraesposta. Spesso ciò non si verifica, a causa di una procedura di acquisizione ed elaborazione non corretta (aiutata anche dalla visualizzazione sullo schermo del computer che non è in grado di mostrare contemporaneamente tutti i livelli di luminosità dell'immagine originale). Affinché tutta la dinamica del sensore venga visualizzata sullo schermo e successivamente riprodotta nell'immagine jpg finale, occorre comprimere il range dinamico totale in soli 255 livelli di luminosità, attraverso un procedimento chiamato stretch, o in alternativa, mappatura dei toni (tone mapping in inglese). In entrambi i casi il risultato è lo stesso: consideriamo due dettagli con differenze di intensità pari a 300 livelli; nel formato jpg questa differenza non può essere consentita e si perde informazione, ad esempio saturando la parte più brillante od escludendo le zone meno luminose; se tuttavia, riusciamo in qualche modo a comprimere il range dinamico originale in modo tale che 300 livelli di luminosità del sensore cadano su, ad esempio, 100 livelli di grigio dell'immagine finale, allora abbiamo trovato un modo efficiente per sfruttare tutta la dinamica della camera di ripresa, ottenendo un'immagine cosiddetta Full Dynamic Range (FDR). Il discorso sembra complicato ma non lo è: possiamo considerare i bit di un'immagine jpg come dei contenitori nei quali riversare i livelli di luminosità effettivamente raccolti dal sensore digitale e conteggiati dal contatore analogico/digitale. Se ogni livello del sensore va in un unico contenitore, non potrò metterne più di 255; se tuttavia, in ogni posto del contenitore inserisco 10 livelli effettivi di luminosità del sensore digitale, riesco ad inserire 2550 livelli effettivi. Questo procedimento porta sempre ad una perdita in informazione, in particolare ad un appiattimento dei livelli; ad esempio, se nel livello di grigio pari a 50 inserisco 10 livelli di grigio effettivi del sensore, essi avranno, nell'immagine jpg tutti la stessa intensità, a differenza dell'immagine originale: ho perso informazioni in merito alle singole differenze di luminosità ma ho guadagnato in termini di range dinamico realmente visibile.

Questo è, a grandi linee, il processo di stretching o mappatura dei toni, che permette di sfruttare tutto il range dinamico di ogni ripresa digitale, il quale viene eseguito attraverso software appositi di elaborazione delle immagini, come Maxim DL, Iris, Photoshop.

Questi programmi modificano, secondo delle funzioni matematiche, quasi sempre logaritmiche, il rapporto, tra range dinamico del sensore digitale e range dinamico dell'immagine finale e permettono, in modo semplice, di sfruttarne tutto il potenziale.

Come eseguire concretamente un'immagine FDR

Un'immagine FDR è di per se già di tipo HDR se si utilizzano digicam o camere CCD astronomiche, permettendo di mostrare fenomeni interessanti, come la zona in ombra e in luce di un'eclisse lunare, la luce cinerea e la sottile falce lunare, alcune occultazioni di oggetti deboli e congiunzioni di corpi celesti con differenti luminosità. Inoltre è assolutamente semplice da ottenere, poiché l'errore più comune che l'astrofilo commette è sovresporre, fidandosi dell'esposimetro o di ciò che vede sul monitor del computer, che spesso cela la completa realtà. Oltre a ciò, la tecnica che andremo ad apprendere è assolutamente propedeutica per le riprese HDR "classiche".

Come si esegue una ripresa corretta FDR? Partendo dalla scelta del soggetto, secondo uno schema che possiamo riassumere nei seguenti punti:

- 1) Scegliere il soggetto da riprendere e controllare grossolanamente le differenze massime di magnitudine, per capire se la dinamica del sensore è adatta a tale scopo.
- 2) Regolare l'esposizione in modo tale che la parte più brillante arrivi vicina al limite di saturazione: in questo modo siamo sicuri di far lavorare il sensore al massimo delle proprie possibilità. Non fidarsi di eventuali esposimetri automatici, che spesso effettuano una media, saturando le zone più luminose.
- 3) Salvare l'immagine grezza in formato RAW o fit, in modo da non perdere alcuna informazione. Il processo di conversione automatico compiuto dalle digicam spesso porta a perdita di dinamica, soprattutto nelle situazioni astronomiche
- 4) Passare all'elaborazione: questa fase in realtà non è rigorosa e dipende dal gusto e dalle abilità dell'astrofilo; l'immagine al monitor del computer non vi apparirà ad elevata dinamica, questo perché esso non è in grado di mostrarcela correttamente, ma regolando luminosità e contrasto sarete in grado di visualizzare, alternativamente, dettagli brillanti e scuri. A questo punto occorre comprimere le differenze di luminosità, applicando uno stretch logaritmico o un filtro DDP. In generale questa fase è più che sufficiente per rendere un'immagine FDR ottima, ma chi non fosse soddisfatto può applicare manualmente quella che si chiama elaborazione differenziale: elaborare manualmente le diverse zone, regolando perlopiù curve e livelli, come accade spesso per la nebulosa di Orione e la zona del trapezio. Ora potete salvare l'immagine finale in formato jpg o bmp.



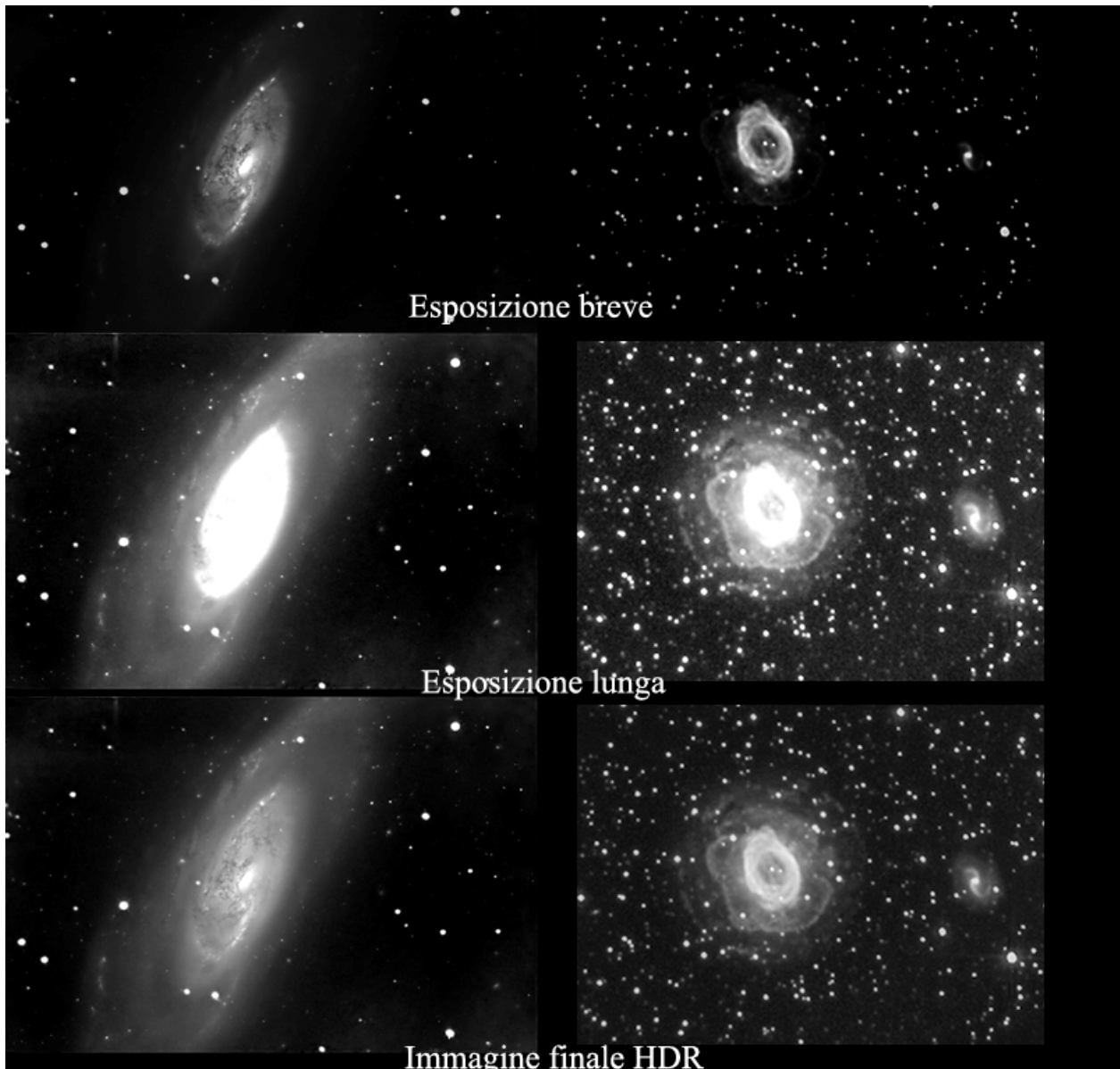
La tecnica HDR classica

Quando il range dinamico originale del sensore non è abbastanza ampio per consentire di raccogliere le grandi differenze di luminosità di una scena astronomica, allora si deve estendere in qualche modo, con una tecnica semplice: riprendere almeno 2 immagini dello stesso soggetto variando i tempi di esposizione e poi assemblarle estraendo solo le zone correttamente esposte. Questa è la tecnica HDR classica applicata nelle situazioni naturalistiche e permette di estendere a piacere il range dinamico originale del proprio sensore digitale. Naturalmente non bisogna dimenticare quanto detto per le riprese HDR: anche in questi casi infatti occorre che ogni singola ripresa sia sfruttata in pieno in termini di range dinamico. La tecnica adottata nelle situazioni astronomiche differisce leggermente dalle classiche scene naturalistiche, sia in fase di acquisizione, sia, specialmente nelle fasi di costruzione ed elaborazione che analizzeremo tra breve.

Come eseguire una ripresa HDR

Nelle applicazioni astronomiche, a differenza di quelle naturalistiche, non si hanno regole ferree sul numero di pose e sui tempi di esposizione, che andranno stabiliti di volta in volta, a seconda del soggetto ripreso, effettuando delle prove. Uno schema da seguire, prevede tre fasi distinte.

- 1) **Esposizione:** Scegliere il fenomeno da riprendere ed effettuare almeno 3 esposizioni, in formato raw o fit. I tempi da utilizzare dipendono dai dettagli e dalle differenze di luminosità; 2 devono essere corretti per le zone più scure e più brillanti, il terzo è una media. Questa è la fase fondamentale perché determina la qualità potenziale dell'immagine finale. E' importante non avere zone sature o completamente nere in ognuno dei tre set di riprese.
- 2) **Costruzione:** Ogni esposizione deve essere trattata in modo indipendente, alla stregua di qualsiasi ripresa di carattere astronomico. Solamente alla fine del processo elaborativo standard si applica uno stretch logaritmico o un filtro DDP per sfruttare tutto il range dinamico e trasformare ogni esposizione in una ripresa FDR. Le singole riprese FDR devono ora essere unite per formare l'immagine finale HDR.
- 3) **Visualizzazione:** L'immagine HDR costruita ha un potenziale range dinamico elevatissimo, ma come nel caso delle riprese FDR, deve essere visualizzato; in particolare deve essere adattato alla dinamica dei monitor per computer e allo standard jpg e bmp. Occorre quindi comprimere il range dinamico in 255 livelli e, di conseguenza appiattire le differenze di luminosità.



Costruzione e visualizzazione

Queste sono le fasi che differiscono dalla tecnica classica di imaging. Abbiamo infatti a disposizione almeno 2-3 esposizioni FDR da assemblare per comporre l'immagine finale, ma la domanda sorge spontanea: come si fa?

Nelle scene naturalistiche normali ci sono software automatici, come Photoshop CS2 o Photomatix che automaticamente forniscono il risultato finale; possiamo provare se nelle scene astronomiche risultano altrettanto efficienti. Le riprese ottenute con digicam di fenomeni di meccanica celeste e campo medio largo, che rappresentano la porzione più innovativa ed interessante della tecnica HDR, possono essere trattate in modo automatico, utilizzando uno dei due programmi già citati. In questo articolo vedremo brevemente l'uso Photomatix, dedicato proprio all'assemblaggio di riprese HDR, molto facile da utilizzare.

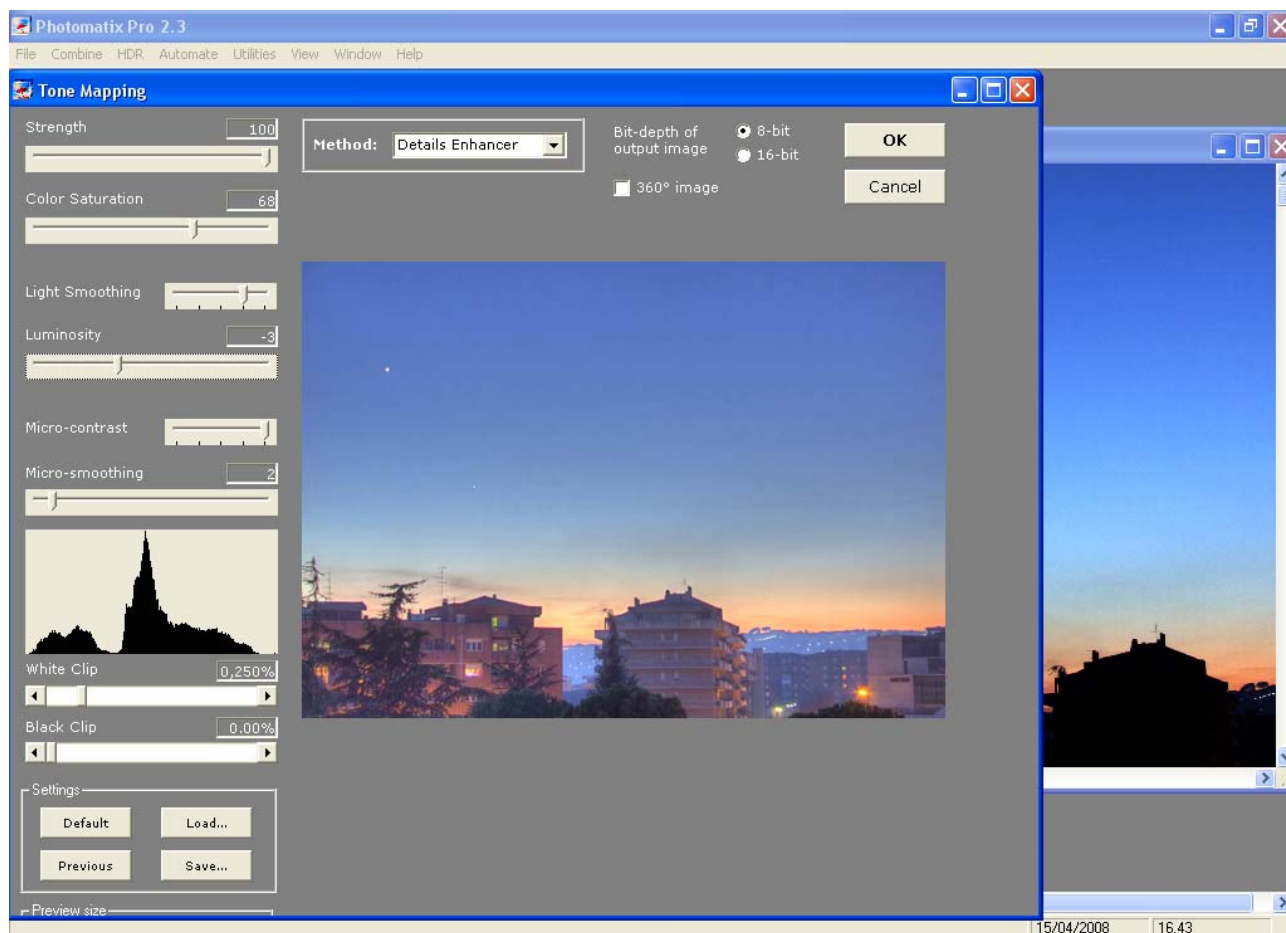


Utilizzare photomatix

Photomatix è un programma leggero, scaricabile da questo link: <http://www.hdrsoft.com/download.html>. La versione "pro" può essere provata, mentre quella base è completamente gratuita. Sfortunatamente, i migliori risultati si hanno con la Pro, il cui costo, di 99 dollari, non è comunque proibitivo.

L'immagine finale può essere composta in diversi modi, il migliore è eseguire separatamente le procedure di costruzione e visualizzazione. Cliccando su HDR → Generate, si aprirà un menù nel quale poter selezionare le immagini FDR da unire; una volta selezionate vi verrà eventualmente chiesto il tempo di esposizione di ognuna o i loro rapporti, dopodichè parte la creazione dell'immagine, che verrà visualizzata sullo schermo del vostro computer. L'aspetto sarà poco convincente; questa però è solo apparenza: cliccate su HDR → tone mapping, l'opzione che vi permette di regolare il range dinamico ed adattarlo al formato jpg o bmp: questo è l'aspetto reale della vostra immagine HDR. Potete regolare varie opzioni come contrasto, luminosità, sfocatura..

ma la cosa davvero importante è il metodo utilizzato per la mappatura dei toni, che deve essere di tipo “Details Enhancer”, presente solamente nella versione Pro.



Il metodo manuale

Qualche volta il software automatico, Photomatix, o Photoshop, non sono in grado di assemblare correttamente le immagini. A questo punto la strada manuale rimane l'unica alternativa e può essere intrapresa in due modi, che vediamo velocemente:

- 1) Il primo, il più semplice, è quello di utilizzare un software dedicato alle riprese astronomiche come Maxim DL, o Iris e mediare semplicemente le immagini FDR in un file fit al quale applicare uno stretch logaritmico o un filtro DDP, analogo manuale della mappatura dei toni di Photomatix. Il risultato sarà buono se le singole immagini non presenteranno zone largamente saturate, altrimenti occorrerà passare al secondo modo:
- 2) Elaborazione differenziale: si applica limitatamente ad immagini ottenute con CCD astronomici dello spazio profondo come la nebulosa di Orione, qualche galassia peculiare o ammasso globulare. La tecnica è ben nota agli astrofili che si occupano di questo tipo di riprese e quindi non ne parleremo. Si tratta sostanzialmente di prendere letteralmente pezzi delle singole immagini ed assemblarle come un collage. In generale si utilizza Photoshop per questo scopo e l'effetto finale può essere assolutamente perfetto.

Risultati



Una trattazione approfondita del metodo è francamente impossibile da dare in poche pagine; tuttavia, come spesso succede, basta solamente iniziare e sperimentare, magari prima con panorami naturalistici. Chi dovesse disporre di camere che non permettono l'acquisizione in formato raw non deve preoccuparsi perché può utilizzare anche immagini jpg saltando la parte dedicata alla tecnica FDR; il risultato non sarà ottimale ma comunque spettacolare. Il cielo offre centinaia di spunti per queste riprese, che hanno creato molte difficoltà in passato; è bene quindi mettersi al lavoro e recuperare tutto il tempo perduto!