

Acquisizione digitale ed elaborazione numerica di immagini planetarie

A. Leo, G. Quarra Sacco, D. Sarocchi

U.A.I. - Sezione Pianeti

Abstract. In the first part of this article the problems of planetary digital images collection are examined. The acquisition with a CCD camera and a cooled CCD are discussed together with the recorder system: videotape or computer disk. The latter method, which is the best, has been obtained by the authors whid e digitalizer card of 12 bit \times pixel.

Introduzione

L'osservazione planetaria, normalmente, o comunque per una parte di estrema importanza, si concretizza nell'acquisizione di immagini.

Questo risultato si ottiene mediante l'esecuzione di disegni (osservazione visuale), la realizzazione di fotografie, l'acquisizione di immagini elettroniche.

Ognuna di queste tecniche — tutt'ora ampiamente praticate — propone vantaggi e svantaggi legati alla relativa specificità.

Nel presente articolo ci occuperemo della terza, legata appunto all'utilizzo in campo astronomico del «chip» di silicio.

Tra le più grandi innovazioni tecnologiche degli ultimi anni un posto di rilievo è occupato sicuramente dalla microelettronica, che ha consentito l'immissione sul mercato di sensori a stato solido (CCD) a costi accessibili, oltre che di personal computer con velocità elaborativa e capacità di memorizzazione paragonabili a quelle dei minicomputers di pochi anni fa, con minore ingombro e costi enormemente inferiori.

La grande diffusione sul mercato di queste nuove tecnologie ha permesso all'astronomo non professionista di dotarsi di attrezzature e metodologie fino a poco tempo fa prerogativa esclusiva dei professionisti, consentendogli così di sfruttare al massimo la propria strumentazione e di ottenere risultati di notevole interesse.

Per meglio comprendere i reali vantaggi derivanti dall'uso di tali apparecchiature, può risultare significativo ricordare le diverse caratteristiche di una pellicola fotografica, di una telecamera CCD e di una camera CCD raffreddata.

L'emulsione fotografica, almeno per il momento, presenta ancora alcuni vantaggi rispetto al chip di silicio, come una maggiore superficie utile ed un costo decisamente più accessibile. Per contro il CCD, anche non raffreddato, possiede una migliore dinamica ed una maggiore linearità nella risposta spettrale. Con il raffreddamento del CCD i vantaggi



Fig. 1 - Veduta d'insieme della strumentazione elettronica utilizzata per la ripresa, l'elaborazione e la stampa delle immagini digitali. Al centro il personal computer AT 286 16MHz trasportabile.

aumentano: tra questi un netto miglioramento del rapporto segnale-rumore e una maggiore efficienza quantica, che si traduce in una maggiore sensibilità.

Strumentazione

La nostra esperienza ha riguardato varie metodologie concernenti l'utilizzo di sensori CCD: in un primo momento, anche per motivi di costo, ci siamo limitati ad effettuare riprese su nastro VHS utilizzando una normale telecamera CCD in bianco e nero, dotata di un sensore con una risoluzione di 604×588 pixel distribuiti su una superficie rettangolare di $8,6 \times 6,4$ mm e una sensibilità spettrale centrata intorno ai 580 nm che si estende all'incirca tra i 400 e i 900 nm.

I problemi di un tale sistema sono connessi all'interlacciamento del segnale video e al tempo di scansione prefissato del sensore (1/25 s), oltre che al rumore strumentale aggiuntivo introdotto dal nastro magnetico.

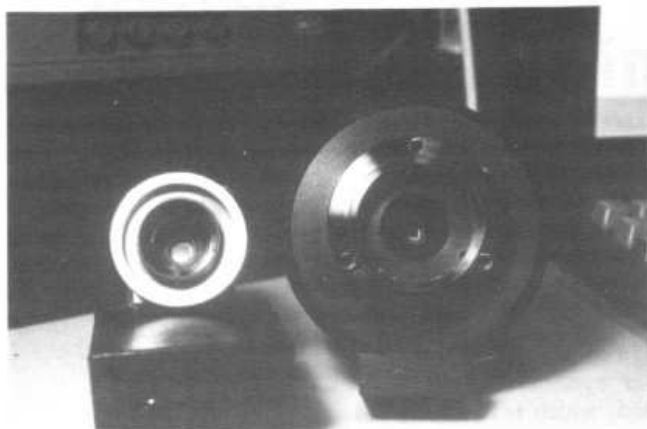


Fig. 2 - Dettaglio dei sensori da noi utilizzati: a sinistra la HR Planetar 1 (non raffreddata) e a destra la Lynxx-PC Plus con sensore raffreddato (dispositivo Peltier multistadio).

In pratica tutto ciò limita il campo di applicazione a soggetti sufficientemente luminosi (non potendo prolungare il tempo di esposizione) e impedisce, tra l'altro, di «congelare» meglio gli istanti di buon seeing scendendo sotto il suddetto tempo di scansione.

Una importante caratteristica della telecamera da noi utilizzata è un controllo manuale a passo continuo del livello di amplificazione del segnale video (gain). Senza alcun tipo di amplificazione, una simile telecamera non risulta sufficientemente sensibile per un utilizzo pratico in campo astronomico; d'altra parte anche dispositivi di gain automatico, come quelli presenti in gran parte delle telecamere commerciali a colori, presentano l'inconveniente di bilanciare il loro intervento sulla luminosità media dell'immagine, con l'effetto talvolta di sovraesporre o sottoesporre il soggetto in modo incontrollato. Sui pianeti, in particolare, tale caratteristica risulta estremamente dannosa poiché si ha quasi sempre a che fare con immagini luminose circoscritte su uno sfondo scuro.

Altro fattore limitante di una simile configurazione risulta essere proprio la risoluzione del nastro VHS, che non supera le 240 linee orizzontali, contro le circa 500 proprie del segnale video generato dalla telecamera. Per avvicinarsi alla risoluzione del segnale video una possibile soluzione è l'utilizzo di un formato di videoregistrazione con una risoluzione più alta, come il Super-VHS o il Video 8 Hi-Band.

La soluzione migliore rimane comunque quella di eliminare il supporto magnetico e convertire direttamente il segnale video in immagine numerica tramite una scheda di digitalizzazione ad alta velocità associata ad un personal computer. In questo modo la registrazione dell'immagine avviene quasi senza perdita d'informazione e con un minimo aumento del rumore strumentale. Inoltre c'è il vantaggio di



Fig. 3 - Stampante termica Seikosha VP-1500: consente di stampare su carta ad alto contrasto con 256 toni di grigio. Tutte le immagini planetarie riportate in questo articolo sono state ottenute con questa stampante.

poterla memorizzare in modo permanente e perfettamente riproducibile, nonché di poterla trattare matematicamente come una matrice di numeri.

La scheda da noi utilizzata è una Matrox PIP-1024 per PC IBM o compatibili, dotata di un buffer di memoria da 1 Mbyte, con capacità di acquisizione in tempo reale a 8 bit di precisione per pixel (256 livelli di grigio) nei formati 512×512 o 256×256 su 3 ingressi video indipendenti, e di visualizzazione nei medesimi formati. Inoltre la scheda consente di definire fino a 8 LUT (Look Up Tables), ciascuna delle quali permette di rimappare i toni di grigio dell'immagine visualizzata in falsi colori che l'operatore può scegliere da una palette (tavolozza) con più di 16 milioni di colori. In fase di acquisizione è possibile monitorare le immagini digitalizzate alla frequenza di 25 fotogrammi al secondo, permettendo la visione in tempo reale di quanto inquadrato ed eventualmente lasciando attivata una qualsiasi LUT definita in precedenza.

Collegando la scheda ad un videoregistratore, invece che alla telecamera, è possibile convertire il contenuto del nastro in immagini numeriche, con tutti i vantaggi di cui si è fatta menzione. Per risolvere almeno in parte i problemi legati al passaggio da nastro magnetico è risultato molto efficace effettuare più riprese in rapida successione sfruttando l'esteso buffer della scheda per memorizzare fino a 16 immagini consecutive che, mediate, consentono di ottenere un'immagine finale molto più «pulita» di quelle singole. Il procedimento è analogo a quello applicato in fotografia quando si compositano più negativi con lo scopo di ridurre l'effetto della grana.

Questo metodo, in effetti, è risultato utile anche in acquisizione diretta su computer in quanto consente di ottenere immagini più attendibili, dato che nel processo di mediatura i particolari non reali, in-

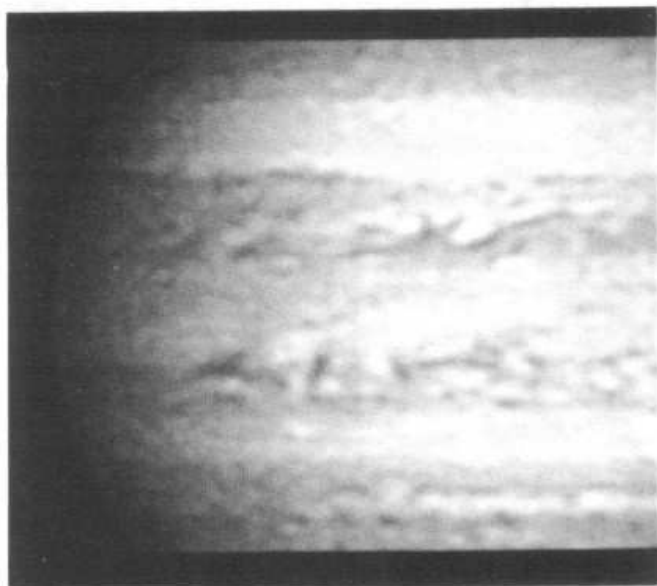


Fig. 4 - Particolare di un'immagine digitale di Giove ripresa il 05/12/1990 alle ore 10:15 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con riflettore Coudé Zeiss apertura 1 metro, F/22 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

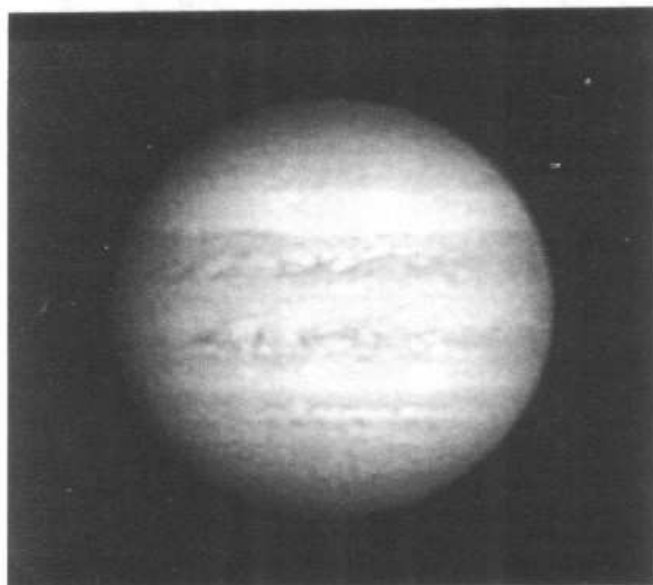


Fig. 5 - Immagine digitale di Giove ripresa il 05/12/1990 alle ore 10:15 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con riflettore Coudé Zeiss apertura 1 metro, F/22 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).



Fig. 6 - Immagine digitale di Giove ripresa il 04/12/1990 alle ore 07:30 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con riflettore Zeiss apertura 0,65 m, F/16 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

trodotti dal seeing e dall'elettronica, vengono smorzati se non eliminati del tutto. Le sequenze catturate possono essere immediatamente esaminate fotogramma per fotogramma, in modo da scegliere le immagini meno deteriorate dal seeing per la successiva media. Analogamente, tale procedimento può essere usato per ottenere un incremento della luminosità su soggetti al limite della sensibilità del sistema,

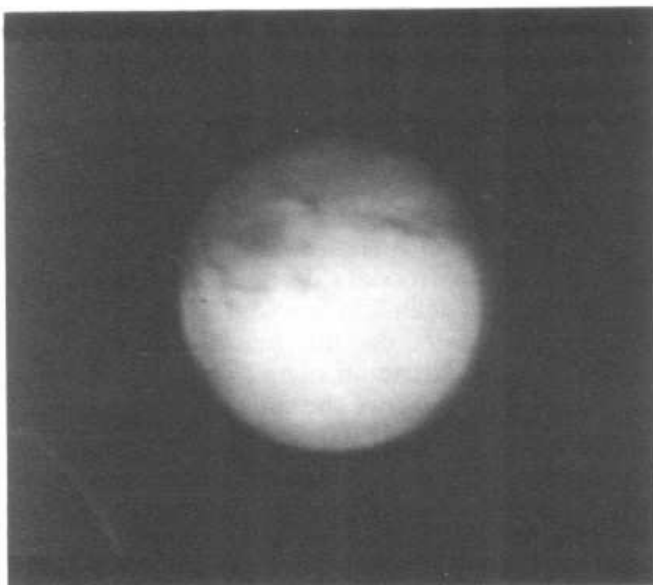


Fig. 7 - Immagine digitale di Marte ripresa il 05/12/1990 alle ore 01:24 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con riflettore Coudé Zeiss apertura 1 m, F/22 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

sommando le varie immagini, anziché mediandole, oppure applicando una combinazione di medie e somme.

Un salto qualitativo si ottiene utilizzando una camera CCD raffreddata, nella quale il sensore viene portato a bassa temperatura con vari metodi. Nel caso più semplice si ottiene l'effetto per mezzo di un dispositivo termoelettrico (raffreddamento Peltier



Fig. 8 - Immagine digitale della Luna (cratere Langrenus) ripresa il 04/12/1990 alle ore 05:46 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con rifrattore Zeiss apertura 0,65 m, F/16 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

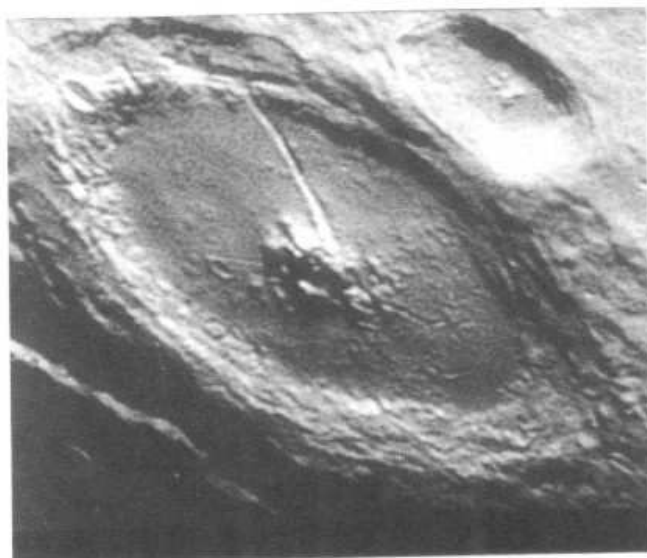


Fig. 9 - Immagine digitale della Luna (cratere Petavius) ripresa il 04/12/1990 alle ore 05:58 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con rifrattore Zeiss apertura 9,65 m, F/16 utilizzando la telecamera HR Planetar 1 (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

multistadio) all'interno di un ambiente sotto vuoto, affinché il vapore acqueo contenuto nell'aria non condensi all'interno della camera. Come accennato in precedenza, i vantaggi del raffreddamento risultano essere un'accresciuta sensibilità, un notevole abbattimento del rumore elettronico e la possibilità di esporre il CCD per tempi variabili tramite otturatori elettromeccanici o elettronici.

La camera raffreddata da noi sperimentata è la Lynxx-PC Plus della Spectra-Source, un sistema integrato composto da un sensore quadrato di 192×165 pixels distribuiti su un chip di circa 2,7 mm di lato, da un otturatore che consente tempi di esposizione compresi tra 1/100 di secondo e 4000 secondi a passi di 0,01 s e da una scheda digitalizzatrice a 12 bit di precisione per pixel (4096 toni di grigio) interfacciabile con un PC IBM o compatibile. Le immagini acquisite con questo sistema possono essere visualizzate in formato VGA a 64 toni di grigio o in falsi colori con 256 tonalità differenti. La minima temperatura ottenibile da questo sistema è di circa -30 gradi centigradi con temperatura ambiente di 20 gradi. La risposta spettrale del sensore CCD si estende dai 400 ai 1000 nm ed è centrata sui 750 nm.

Uno dei problemi che abbiamo incontrato dedicandoci all'acquisizione e all'elaborazione di queste immagini è stata la grande quantità di memoria richiesta per la loro registrazione. La quantità di memoria necessaria per una qualsiasi immagine digitale è facilmente calcolabile moltiplicando il numero di pixel che la compongono per il numero di bit di precisione con cui è stata acquisita.

Quindi, nel caso delle immagini acquisite in piena risoluzione con la scheda Matrox, questo calcolo dà $512 \times 512 \times 8 \text{ bit} = 256 \text{ Kbyte}$, ovvero 4 di tali immagini occupano un Megabyte su disco, mentre nel caso della Lynxx le dimensioni più ridotte del sensore consentono di immagazzinare ben 22 immagini nella stessa quantità di memoria nonostante il maggior numero di bit di precisione (bit planes). Considerando il gran numero di immagini che è possibile acquisire in una singola seduta osservativa, è facile rendersi conto che comunque ci si trova ben presto a dover gestire centinaia di Megabyte di informazioni.

Dato il costo non indifferente della memoria di massa, è stato necessario ricorrere a sistemi di memorizzazione più economici anche se meno efficienti degli hard disk, come dischetti ad alta densità sfruttati al meglio tramite tecniche di compressione dati oppure a nastri magnetici (streaming tapes), caratterizzati da un lento accesso ai dati ma anche da un costo inferiore rispetto a qualunque altro sistema. Le immagini planetarie, caratterizzate quasi sempre da uno sfondo scuro, rendono l'utilizzo delle suddette tecniche di compressione particolarmente efficienti e convenienti. In alcuni casi, quando il disco planetario copre una percentuale relativamente ridotta del campo complessivo, il rapporto di compressione può giungere fino a 1:20 o 1:25.

Un così alto numero di immagini crea anche problemi di archiviazione dato che è necessario poterle richiamare sia per data che per soggetto, ed eventualmente deve essere possibile associare note ad ogni singola immagine. Diventa così indispensabile gestire un

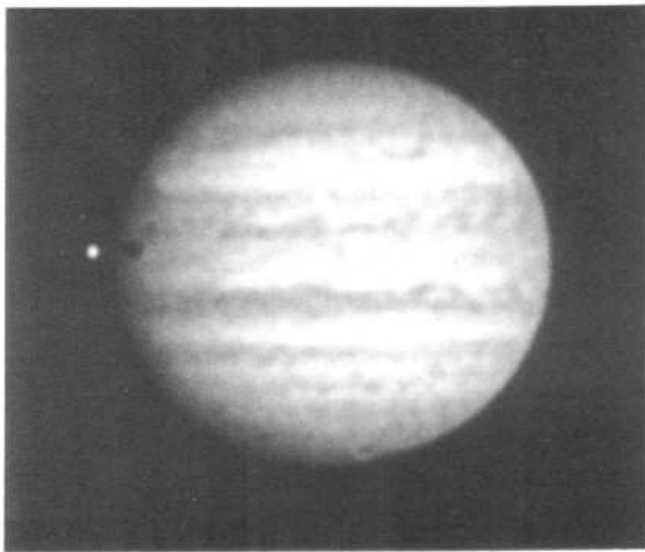


Fig. 10 - Immagine digitale di Giove con il satellite Io ripresa il 30/11/1990 alle ore 07:28 (TU) all'Osservatorio Nazionale del Venezuela (CIDA) con rifrattore Zeiss apertura 0,65 m, F/16 utilizzando la telecamera PC-Lynxx Plus (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

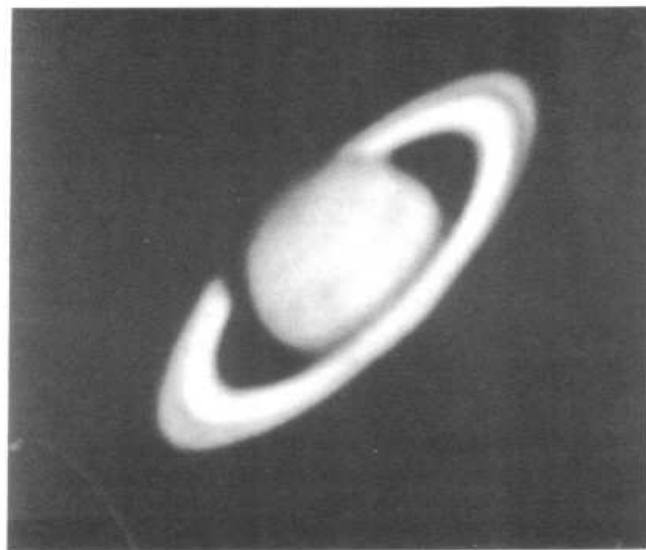


Fig. 11 - Immagine digitale di Saturno ripresa in luce blu il 09/09/1991 alle ore 21:07 (TU) all'Osservatorio Planetario di S.Gersolè (Firenze) con riflettore Cassegrain apertura 0,30 m, F/50 utilizzando la telecamera PC-Lynxx Plus (Gruppo Planetario «S. Gersolè»).

vero e proprio *database* per consentire un più agevole utilizzo dei dati osservativi.

Per concludere occorre accennare anche al fatto che in genere un'immagine digitale può essere visualizzata solo su un monitor di computer, a meno di non ricorrere a sistemi di riproduzione grafica su supporto cartaceo quali *videoprinter* termici, a sofisticate stampanti laser o a sistemi simili al Polaroid Palette, i quali consentono la stampa di tali immagini in modo fedele. Dopo aver tentato di riprendere le immagini direttamente dal monitor con una macchina fotografica, ed aver constatato che il procedimento risulta estremamente laborioso, oltre ad introdurre deformazioni geometriche (causate dalla

curvatura del monitor), la nostra scelta è caduta su una stampante termica monocromatica Seikosha a 256 livelli di grigio e con una risoluzione di stampa pari a 300 punti per pollice. La riproduzione su carta offre il vantaggio di poter utilizzare queste immagini come normali stampe fotografiche, permettendone l'archiviazione tradizionale ed una maggiore trasportabilità.

Nella seconda parte di questo articolo affronteremo le problematiche relative all'elaborazione numerica delle immagini planetarie su personal computer.

1. Continua

(ricevuto il 3.10.91)

Piccoli annunci

Vendo, causa interessato solo sezione Sole, **CAMERA FOTOGRAFICA CELESTRON 8** Schmidt-Cassegrain completa di tutti gli accessori in dotazione, compreso il cannocchiale di guida Celestron 5 e un astrografo con lente Karl Zeiss diametro 10 cm, focale 50 cm in montatura equatoriale. Il tutto a L. 2.750.000.

Scrivere o telefonare a Giovanni de Gramatica - Via Grazioli 6 - 38100 Trento - Tel. 0461-235159.