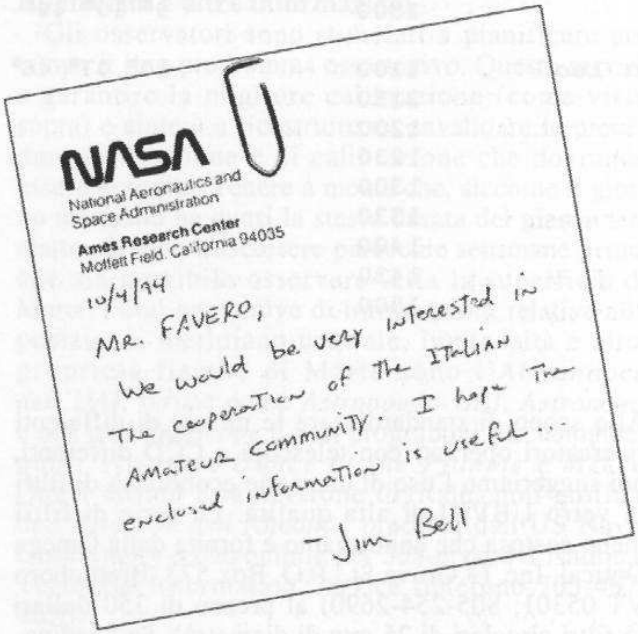
Gli astrofili sorvegliano Marte. Un contributo dei dilettanti allo studio di Marte nell'apparizione 1994-95

Jim Bell, NASA Ames Research Center
Ken Herkenhoff, JPL-Caltech
Leonard Martin, Lowell Observatory
Don Parker, ALPO
Jeff Beish, ALPO


NASA
National Aeronautics and Space Administration
Ames Research Center
Moffett Field, California 94035
10/4/94
Mr. FAVERO,
We would be very interested in the cooperation of the Italian Amateur community. I hope the enclosed information is useful...
- Jim Bell

Introduzione

Questo articolo fornisce un riassunto del progetto delineato nel titolo, assieme ad alcune linee guida raccomandate ai partecipanti. Per prime presentiamo alcune informazioni di base e passiamo in rassegna gli scopi scientifici del progetto. Poi discutiamo le esigenze strumentali e le capacità minime che gli osservatori devono possedere per partecipare al progetto. Quindi discutiamo le tecniche osservative e la pianificazione delle osservazioni, con particolare riguardo all'osservazione di stelle standard. In seguito descriviamo le tecniche di riduzione dei dati che gli osservatori devono applicare alle loro misure strumentali. Infine, definiamo una serie raccomandata di formati per la memorizzazione dei dati e per le opzioni di archiviazione che rendano migliore possibile la comunicazione e la diffusione dei risultati.

Fondamenti e scopi scientifici

Scopo principale di questo progetto è di registrare le variazioni temporali che interessano l'atmosfera e la superficie di Marte. Per far questo bisogna ottenere misure accurate della quantità di luce solare riflessa da Marte (flusso assoluto, in unità quali Watt/cm² o fattore di radianza) in funzione del tempo. Noi vorremmo ottenere questa informazione sulla maggior parte possibile della superficie del pianeta e alla massima risoluzione spaziale raggiungibile. Questi dati ci possono permettere di determinare accuratamente l'ammontare e lo spessore delle nubi di polvere e di ghiaccio nell'atmosfera marziana, nonché di porre dei limiti all'abbondanza di certi minerali che possono esistere in superficie, come ossidi di ferro o basalti vulcanici. Compiremo queste determinazioni stimando, mediante modelli al calcolatore, la quantità di luce solare che dovrebbe essere restituita da Marte a partire dal flusso di radiazione solare ricevuta. I modelli calcolano l'ammontare previsto di attenuazione della luce solare da parte dei gas atmosferici, delle nubi di polvere e di ghiaccio, nonché da altri fattori come l'oscuramento ai bordi e la diffusione atmosferica.

Le osservazioni dei dilettanti saranno estremamente utili per espandere la copertura temporale dei dati, in quanto gli astronomi hanno accesso ai grandi telescopi solo per una piccola frazione di tempo durante l'apparizione e non possono quindi osservare Marte in modo continuo. Questa espansione della copertura temporale sarà estremamente importante per tentare di comprendere il comportamento di piccole tempeste di sabbia a vita breve o di sistemi nuvolosi che spesso sfuggono all'osservazione dei professionisti.

Equipaggiamento e disponibilità

Le disponibilità minime per questo progetto sono una camera CCD, una serie di filtri in vetro standardizzati per le bande fotometriche UBVRI e un telescopio in grado di produrre immagini di Marte a una scala di circa 0.3" per pixel, corrispondente a un diametro del disco di almeno 50 pixel all'opposizione. La scala dovrebbe essere facilmente ottenuta con un grande telescopio, ma può essere raggiunta anche con piccoli telescopi di buona stabilità, usando lenti di Barlow o altre tecniche di amplificazione dell'immagine focale e tanta pazienza.

Table 1. Observational Parameters for Mars and α Leo from San Francisco on 94/11/01.

	Time (UT)	R.A.	Dec.	Alt.	Airmass
Mars	1100	$9^h\ 10^m\ 37^s$	17° 56' 31"	39°	1.58
	1130	$9^h\ 10^m\ 39^s$	17° 56' 23"	45°	1.41
	1200	$9^h\ 10^m\ 41^s$	17° 56' 14"	51°	1.29
	1230	$9^h\ 10^m\ 44^s$	17° 56' 05"	56°	1.20
	1300	$9^h\ 10^m\ 46^s$	17° 55' 57"	61°	1.14
α Leo	1100	$10^h\ 07^m\ 46^s$	12° 01' 25"	25°	2.39
	1130			31°	1.96
	1200			37°	1.68
	1230			42°	1.49
	1300			48°	1.35
	1330			53°	1.26
	1400			57°	1.19
	1430			61°	1.14
	1500			63°	1.12

Allo scopo di standardizzare le misure di differenti ricercatori operanti con telescopi e CCD differenti, noi suggeriamo l'uso di una serie economica di filtri in vetro UBVRI di alta qualità. La serie di filtri meno costosa che conosciamo è fornita dalla Omega Optical, Inc. (3 Grove St., P.O. Box 573, Brattleboro VT 05301; 805-254-2690) al prezzo di 350 dollari (5 filtri circolari di 25 mm di diametro). Se l'ordinazione è fatta attraverso l'UAI il prezzo può subire delle riduzioni.

Si mettono in guardia gli osservatori nei confronti dell'uso di filtri in plastica o gelatina del tipo Wratten o simili: questi non sono adatti al progetto in quanto risultano generalmente trasparenti all'infrarosso e in tal modo ciascun colore non è selezionato con la stessa esatta specifica da filtri di ditte differenti, o anche dalla stessa ditta in tempi diversi. Se il prezzo dei filtri fosse al di là delle vostre possibilità, mentre possedete già filtri Wratten o simili, potete comunque riprendere immagini di Marte ma in tal caso dovrete fornirle all'ALPO o ad altre organizzazioni che archiviano tali tipi di informazione. Le vostre osservazioni saranno comunque utili per sorvegliare Marte durante l'apparizione, anche se non saranno adatte allo specifico progetto presentato qui.

Metodologia osservativa

Le osservazioni devono essere effettuate durante la maggior parte possibile dell'apparizione, in modo da coprire la maggior parte del ciclo stagionale marziano. La maniera migliore per ottenere dati di flusso assoluto consiste nell'osservare contemporaneamente (usando l'identica apparecchiatura) il pianeta e una stella standard che abbia una distribuzione di flusso ben nota in qualche sistema fotometrico standard (vedi avanti). Osservando tale stella i valori numerici misurati (simboleggiati con VNM) o i livelli di voltaggio nelle immagini CCD possono essere direttamente convertiti in unità di flusso. Questa calibrazione può quindi essere applicata ai VNM di Marte per ottenere il flusso delle immagini planetarie. Non è possibile di solito osservare contemporaneamente Marte e una stella standard, per cui gli osservatori devono sviluppare un programma di lavoro adatto a ottenere immagini di Marte, immagini della stella, immagini di Marte e così via. Questo programma deve essere accuratamente studiato per tener conto del fatto che l'assorbimento dell'atmosfera terrestre varia con il tempo e con le coordinate dell'oggetto da osservare (massa d'aria). Se non si tiene conto di ciò i valori di flusso ottenuti non risulteranno accurati.

Quale esempio, supponiamo di voler osservare Marte l'1 novembre 1994 da San Francisco e di aver scelto la stella α Leo come standard. I parametri osservativi dei due oggetti sono raccolti in Tabella I. *Alt°* è l'altezza dell'oggetto sull'orizzonte, in gradi. *Massa d'aria* è una misura della quantità relativa di atmosfera terrestre che la luce dell'oggetto deve attraversare prima di giungere al CCD, e può essere approssimata come segue:

$$Massa\ d'aria = 1 / \cos(90° - Alt°)$$

Il valore 1 di massa d'aria corrisponde allo Zenit ($Alt° = 90°$) e, secondo la formula data, all'orizzonte corrisponderebbe un valore infinito. Un'equazione che fornisce valori più ragionevoli per oggetti a bassa altezza sull'orizzonte è la seguente:

$$Massa\ d'aria = a - (0.0018167\ b) - (0.002875\ b^2) - (0.0008083\ b^3)$$

con

$a = [\text{sen}(lat°)\ \text{sen}(decl°) + \cos(lat°)\cos(decl°)\cos(HA°)]^{-1}$

e con $b = a - 1$

dove *lat°* è la latitudine del sito osservativo, *decl°* è la declinazione dell'oggetto e *HA°* il suo angolo orario (tempo siderale – ascensione retta) trasformato in gradi. Da questa relazione risulta che un oggetto all'orizzonte ha un valore di masse d'aria pari a 12. Dovrebbe essere evidente dalla Tabella I che α Leo è "dietro" Marte, cioè sorge un'ora circa più tardi. Poiché entrambi gli oggetti hanno declinazione paragonabile, le loro curve *massa d'aria* contro il *tempo* sono simili ma slittate di circa un'ora. Così, in prima approssimazione, la luce di Marte attraversa lo stesso spessore di atmosfera terrestre che la luce di α Leo attraverserà un'ora dopo. Così, un ragionevole schema osservativo per la situazione descritta potrebbe essere il seguente:

Tempo (UT)	Operazione
10:00-11:00	1. Prendere immagini di calibrazione (dark, flat)
11:00-12:00	2. Prendere immagini di Marte (*massa d'aria* da 1.58 a 1.29)
12:00-12:30	3. Prendere immagini di α Leo (*massa d'aria* da 1.68 a 1.49)
12:30-13:00	4. Prendere immagini di Marte (*massa d'aria* da 1.20 a 1.14)
13:00-14:00	5. Prendere altre immagini di calibrazione (dark, flat, ecc.)
14:00-14:30	6. Prendere immagini di α Leo (*massa d'aria* da 1.19 a 1.14)

Si sarà notato che le immagini stellari riprese al punto 3. serviranno a calibrare le immagini di Marte riprese al punto 2., mentre quelle riprese al punto 6. serviranno a calibrare quelle riprese al punto 4. In più, tutte le immagini stellari riprese ai punti 3. e 6. possono essere analizzate per verificare se esse mostrano il prevedibile effetto sistematico di aumento del *segnale* con il diminuire della *massa d'aria* [diagrammando *massa d'aria* contro log(*segnale*) si deve ottenere una relazione lineare]. Se questo effetto è evidente, allora voi avete incontrato quella che si definisce una "notte fotometrica" ed è probabile che i vostri dati siano di alta qualità. Se questo non accade (a causa di nubi o di difetti di guida) allora l'accuratezza delle vostre misure di flusso è probabilmente discutibile. Per effettuare questo test fotometrico in modo ottimale bisognerebbe avere punti relativi ad almeno 3-5 *masse d'aria*, e i dati più utili sono sempre quelli relativi a *masse d'aria* superiori a 2. Potrebbe quindi essere utile misurare altre stelle standard di differente altezza.

Una serie di stelle standard raccomandate per questo lavoro (tratte dal *Bright Star Catalog*) è raccolta in Tabella 2. Le stelle furono scelte basandosi sul colore del Sole (B–V = 0.66: U–B = 0.20) e sul valore medio del colore di Marte (B–V = 1.36; U–B = 0.58). La maggior parte delle stelle ha l'indice B–V prossimo a quello di Marte, altre sono più blu, alcune sono più rosse. Noi raccomandiamo agli osservatori di usare come stelle standard solo quelle presenti in questa lista. Una tecnica osservativa ottimale consisterebbe nell'usare ogni sera una stella più rossa e una più blu di Marte, osservandole il più possibile vicine a Marte nel tempo e nello spazio.

Effemeridi e altre informazioni

Gli osservatori sono stimolati a pianificare per tempo il loro programma osservativo. Questo servirà a garantire la migliore calibrazione (come visto sopra) e aiuterà a ricostruire e convalidare le procedure di riduzione e di calibrazione che dovranno essere eseguite. Tenere a mente che, siccome il giorno marziano ha quasi la stessa durata del giorno terrestre, devono trascorrere parecchie settimane prima che sia possibile osservare tutta la superficie di Marte. Fonti aggiuntive di informazioni relative alla posizione, meridiano centrale, luminosità e altre proprietà fisiche di Marte sono l'*Almanacco dell'UAI*, riviste come *Astronomia UAI*, *Astronomy* e *Sky and Telescope* e vari programmi per computer quali *Voyager*, *Dance of the Planets* e *MICA*. Quest'ultimo è la versione digitale, non grafica, dell'*Astronomical Almanac* prodotta dall'US Naval Observatory e disponibile per 55$ presso il National Technical Information Service (telefono 703-487-4650).

Tecniche di riduzione dei dati

Ai fini della riuscita di questo progetto sono essenziali un'accurata, ben documentata raccolta di dati, e altrettanto accurate operazioni di riduzione e calibrazione. Noi raccomandiamo di tenere un dettagliato quaderno di appunti e la traccia seguita nella riduzione delle osservazioni. Le informazioni necessarie a corredo di ogni immagine sono: data, ora, luogo di osservazione, tempo di esposizione e filtro. Importanti informazioni sono anche le coordinate dell'immagine (AR, D, Meridiano centrale), le velocità di inseguimento usate e le condizioni atmosferiche.

Allo scopo di produrre immagini ben calibrate è essenziale effettuare sulle immagini grezze le migliori correzioni possibili per il *flat field* e il *bias* (o corrente di buio). Esistono molti buoni libri, articoli e programmi che discutono le varie tecniche per effettuare queste procedure, e noi raccomandiamo di familiarizzarsi con qualcuno di questi. Esempi di libri sono "CCD Astronomy" (Buil), *"Digital Image Processing"* (Pratt) e *"Astronomical Photometry"* (Henden e Kaitchuck). Ulteriori informazioni possono essere tratte dall'articolo di Don Parker che segue questo. Se, infine, l'osservatore possiede già una tecnica di riduzione collaudata noi chiediamo solo che essa sia descritta dettagliatamente nel quaderno di appunti.