

# L'esplorazione del Sistema Solare: una nuova frontiera per la Geomatica

## Un breve aggiornamento

Come accennato nel numero scorso, il 2004 è l'anno della Grande Esplorazione del Sistema Solare, per via delle tante missioni in corso o prossime a partire, e ci siamo lasciati augurandoci che la missione Genesis riuscisse a portare a terra, con una rischiosa manovra di rientro nella nostra atmosfera, particelle di vento solare pazientemente raccolte. Sebbene la capsula di rientro di Genesis si sia invece schiantata al suolo, a causa della mancata apertura del paracadute, ci sono buone probabilità che i campioni raccolti siano ancora recuperabili con poca contaminazione da parte della nostra atmosfera. Un risultato tutto sommato positivo che però evidenzia i rischi di queste lunghe missioni che possono fallire per innumerevoli motivi a dispetto dell'eccezionale cura con cui vengono realizzate.

I due 'rovers' Spirit ed Opportunity che da Gennaio esplorano la superficie di Marte hanno invece superato dal punto di vista ingegneristico tutte le aspettative. Infatti, essendo ancora pienamente operativi (anche se con qualche "acciacco"), la loro missione è stata estesa di almeno altri 6 mesi dopo una prima estensione di 3 mesi.

Ma uno dei risultati più eccezionali ci arriva da Saturno. Il 28 Ottobre, la sonda Casini/Huygens ha compiuto il primo sorvolo ravvicinato di Titano, la più grande luna di Saturno, ed una delle più grandi del sistema solare. Durante il sorvolo è stata ottenuta una "strisciata" di radar ad apertura sintetica (SAR) che ci ha permesso per la prima volta nella storia dell'umanità di vedere cosa nasconde la perenne coltre di nuvole di questo interessantissimo satellite. I risultati sono stati, come al solito, superiori rispetto ad ogni aspettativa ed, ovviamente, controversi. Gruppi di scienziati stanno analizzando la mole di dati per determinare i primi elementi geologici (e dunque cartografici) della luna, sulla quale a Gennaio atterrerà la sonda europea Huygens dopo il distacco da Cassini. Le immagini SAR di Titano sono anche un grandissimo risultato della tecnologia italiana che ha col-

laborato in grande stile alla realizzazione della missione. Che i mezzi di informazione non abbiano sottolineato né l'evento, né il suo risultato, sono purtroppo una triste conferma dello stato di certe cose in Italia.

## La Geomatica nello spazio

Parafasando un famoso detto, non ci si rende conto di quanto sia grande un corpo celeste finché non devi disegnarne le mappe. Grazie alle avanzate missioni di spazio profondo questo detto assume un significato sempre più reale soprattutto per corpi celesti quali la Luna, Marte, le lune di Giove e, fra breve, anche le lune di Saturno.

La tecnologia della cartografia deve oggi affrontare una nuova frontiera, una frontiera in espansione in cui a vecchi dati si aggiungono continuamente nuovi dati, in grande quantità, e che richiede la produzione di mappe e visualizzazioni in grado di permettere allo scienziato di dedurre fenomeni e situazioni.

E' spesso necessario operare in "tempo reale" con lo svolgimento della missione (si pensi ai 'rover' marziani, che hanno una vita limitata) e tenendo conto della posizione (nello spazio e nel tempo) di una sonda in rapido movimento a milioni di km di distanza dalla Terra. Inoltre è necessario correlare informazioni da sensori diversi, ottenuti simultaneamente o in tempi (e con angolazioni) diversi, per capire se una zona deve essere osservata di nuovo, ed in che modo, svelarne i possibili segreti.

La Geomatica, somma di diverse tecnologie, è allora un elemento fondamentale dell'esplorazione del sistema solare e se negli anni 60 si usava incollare riduzioni delle foto su una sfera per vedere il risultato d'insieme, oggi si usano applicazioni software, e meno note, per ottenere gli stessi risultati.

Tuttavia tanti sono gli aspetti da considerare e tanti sono gli approcci usati dai diversi centri di ricerca. Non esiste una vera e propria standardizzazione per quello che riguarda la riduzione dei dati ad informazioni geografiche, ma esistono progetti che mirano alla standardizza-

*Tra il 2003 ed il 2004 i risultati di anni di lavoro nel campo dell'esplorazione del Sistema Solare sono giunti a compimento oppure stanno per farlo. Mentre nel numero scorso abbiamo illustrato l'eccezionale parata di imprese che stanno costellando i notiziari degli ultimi mesi, in questo numero discutiamo di alcune implicazioni di queste imprese. Le missioni Deep Space costituiscono una delle frontiere dell'esplorazione umana. Come vedremo, i frutti di queste missioni costituiscono anche una frontiera per la Geomatica.*

zione e fusione delle informazioni per contribuire a creare grandi visioni d'insieme.

## Alcuni aspetti da considerare

E' interessante considerare alcuni aspetti di interesse per chi opera nel settore dell'esplorazione spaziale.

### Le coordinate di riferimento

Innanzitutto non esistono prospezioni al suolo. Gli unici punti di riferimento mai "pian-tati" su un corpo celeste (se si escludono i vari 'lander' atterrati più o meno felicemente qua e là) sono i Riflettori Laser lasciati dalle missioni Apollo sbarcate sulla Luna. Semplici ed efficaci permettono di misurare la distanza della Luna dalla Terra con pochi cm di errore. La loro posizione potrà forse un giorno essere usata come punto di riferimento su un satellite che di punti di riferimento ne ha in verità un'infinità.

Infatti una delle prime definizioni che si fa quando si esplora un corpo celeste in dettaglio, è quello di stabilire un meridiano di riferimento (non necessariamente il meridiano 0). Dato che i crateri da impatto, semplici, circolari, abbondano nel Sistema Solare, questi meridiani sono definiti proprio su un cratere scelto secondo determinati criteri. Quando però i crateri non sono visibili (di solito per mancanza di risoluzione) si usano allora differenze di luminosità della superficie per definire un sistema di coordinate (l'altra essendo data dall'asse di rotazione principale, e tutte rispetto al centro di massa del pianeta).

Esistono tuttavia differenze anche di carattere storico. La matematica e la geodesia usano i termini "longitudine" e "latitudine" con riferimento ad una terna cartesiana sferica destra con le longitudini crescenti in direzione Est a partire dal meridiano di riferimento. La tradizione astronomica, su cui molte delle prime mappe semplificate si basavano fino a pochi decen-

ni fa, assegnava i riferimenti in base a come la rotazione del pianeta era vista da un osservatore sulla Terra con la longitudine che poteva andare in un senso oppure nell'altro. E' ancora possibile trovare oggi conflitti nella rappresentazione delle coordinate a causa di queste diverse definizioni dette, rispettivamente, Planetocentrica e Planetografica.

I pianeti gassosi (Giove, Saturno, Urano e Nettuno) presentano problemi non indifferenti. E' possibile caratterizzare per questi pianeti un asse di rotazione ed un piano equatoriale, ma è impossibile definire una rotazione. Il senso di rotazione è invece definibile non in base al moto delle nuvole (caratterizzate da venti e turbolenze di notevole entità) ma al moto del campo magnetico generato all'interno del pianeta ed in rotazione con esso.

Un altro caso "disperato" sono poi i sistemi di anelli che circondano non solo Saturno, ma anche Giove, Urano e Nettuno (in misura di gran lunga minore rispetto al Signore degli Anelli).

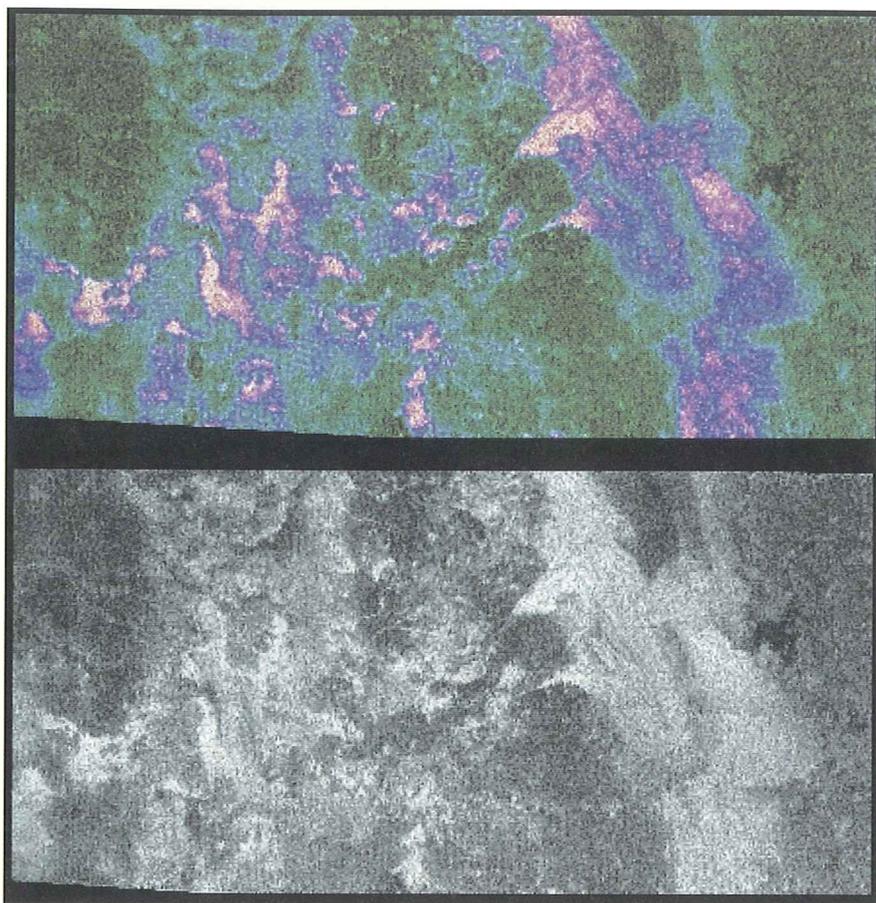
#### Le superfici di riferimento

Per ogni corpo celeste solido si cerca di definire un ellissoide di riferimento. Quando la cosa si fa complicata (ci sono molti casi di ellissoidi triassiali che rendono i calcoli più complessi) si preferisce adottare come riferimento un semplice sferoide per la rappresentazione di mappe. Proiezioni ortografiche vengono poi usate poiché preservano l'apparenza irregolare della superficie senza distorsioni.

Esistono poi molti casi irregolari. Ad esempio lune di non grandi dimensioni che hanno una forma molto irregolare (potrebbero, ad esempio, indicare che si tratta di corpi non accresciuti nel tempo, ma formati per collisione ed aderenza di corpi più piccoli sono comuni intorno ai pianeti esterni). Gli asteroidi sono poi tutti corpi irregolari, almeno quelli visitati finora e quelli, più grandi, la cui forma è stata svelata grazie all'uso di potenti radar ricavati da radiotelescopi terrestri. In questi casi si preferisce ridurre lo sferoide ad un punto centrale e rappresentare la superficie del pianeta come un insieme di punti di date coordinate e con un dato raggio (distanza dal centro). In questi casi la visualizzazione è affidata interamente al mezzo informatico che ricostruisce l'immagine della superficie in funzione del punto di vista e di altri parametri (esempio la luminosità) associati ad ogni pixel di superficie.

#### Il caso più studiato

Il corpo celeste meglio noto oggi è sicuramente Marte. Questo risultato è in parte dato dal gran numero di sonde che lo hanno orbitato e che lo hanno fotografato completamente, e con risoluzione sempre crescente, più



**Figura 1** - Una porzione della prima immagine SAR di Titano ripresa da Cassini/Huygens il 28 Ottobre 2004. Le zone più chiare sono quelle con maggiore riflettività radar. Ora inizia il lavoro dei cartografi e dei geologi.

volte. Tuttavia un grande apporto è stato fornito da un singolo strumento, un laser-altimetro (MOLA, Mars Orbiting Laser Altimeter) che dalla sonda MGS ha eseguito una "campanatura" fittissima delle altitudini del pianeta.

Grazie all'elevata qualità e quantità dei punti ottenuti si ha a disposizione un modello digitale in elevazione estremamente accurato ed utilizzato non solo per produrre immagini con effetti tridimensionali (fondendo foto dall'orbita sul modello altimetrico), ma anche per la pianificazione di future missioni e per quella delle operazioni di altri strumenti in orbita (come il radar italiano MARSIS che inizierà ad operare, a bordo di Mars Express, il prossimo anno, e che viene programmato in funzione dell'altimetria della zona da osservare).

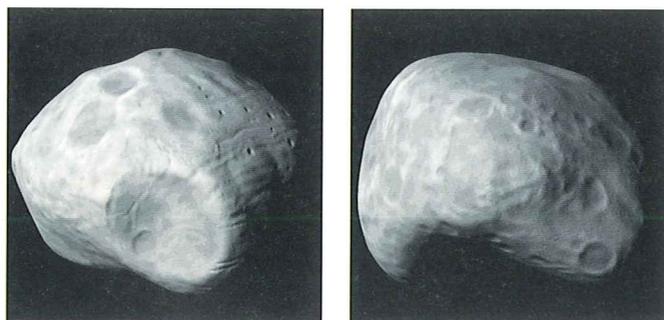
Va anche ricordato un altro pianeta molto ben cartografato: Venere. Grazie al SAR della

missione Magellan si è ottenuta, alla fine degli anni 90, la prima mappatura completa del pianeta che ha svelato innumerevoli dettagli della superficie, invisibile all'occhio per via della perenne coltre di nubi e impraticabile per via delle estreme condizioni di pressione e temperatura.

#### Geomatica spaziale sulla Terra

Ovviamente esistono diverse fonti di informazioni sulla cartografia planetaria in genere ed anche in pratica (cioè mappe in diverse proiezioni, etc.). Non è possibile però non menzionare esplicitamente una sorgente storica di mappe planetarie che lavora in campo spaziale sin dalle prime elaborate mappe della Luna (ricavate dalle sonde Ranger e Lunar Orbiter nei primi anni 60) essenziali alla pianificazione degli sbarchi lunari. Stiamo ovviamente parlando dell' US Geological Survey, l'ente geologico statunitense che

**Figura 2** - Esempio di corpi altamente irregolari: le lune di Marte, Phobos e Deimos.



coltiva una sezione dedicata solo allo spazio.

Per maggiori informazioni non esitate a recarvi sul loro sito: <http://astrogeology.usgs.gov/>

## Conclusioni

Questo breve articolo ha il solo scopo di introdurre i lettori alle applicazioni della Geomatica nel resto del Sistema Solare. Prima o poi, tutti le mappe che si ottengono dall'attività delle sonde robotizzate avranno un impatto su esseri umani. La Geomatica è a tutti gli effetti alle frontiere dell'esplorazione umana e, in questa rubrica, vi terremo saltuariamente al corrente degli sviluppi e delle scoperte.

### I numeri di Marte (in Km):

Raggio Medio:	3389.508 ± 0.003
Raggio Equatoriale	3396.200 ± 0.16
Raggio Polare N	3376.189 ± 0.05
Raggio Polare S	3382.582 ± 0.05
Deviazione RMS dallo sferoide	3.3
Massima elevazione	21.183 ± 0.005
Massima depressione	7.825 ± 0.005

### Esempi di riferimenti per la longitudine:

Nome	Tipo	Nome del riferimento	Longitudine
Mercurio	Pianeta	Cratere Hun Kal	20°
Venere	Pianeta	Picco centrale del cratere Ariadne (si noti che è visibile solo al radar per via della perenne copertura nuvolosa)	0°
Marte	Pianeta	Cratere Airy-0	0°
Europa	Luna di Giove	Cratere Cilix	182°
Ganimede	Luna di Giove	Cratere Anat	128°
Callisto	Luna di Giove	Cratere Saga	326°
Ida	Asteroide	Cratere Afon	0°
Gaspra	Asteroide	Cratere Charax	0°

## Autore

FABRIZIO BERNARDINI

