

Quattro satelliti a confronto

Nel 1999 è iniziata la nuova rivoluzione del telerilevamento satellitare: il satellite IKONOS invia a terra le prime immagini digitali con risoluzione di un metro. Successivamente sono stati lanciati altri satelliti che acquisiscono immagini ad alta risoluzione: EROS, QUICKBIRD, SPOT 5.

La risoluzione submetrica è già una realtà: oggi sono disponibili immagini che arrivano a 61 cm di risoluzione.

Ma se si vuole prendere in considerazione l'uso di queste immagini per la realizzazione di un'applicazione, le variabili da valutare sono diverse e tutte importanti: risoluzione, tipologia di sensore, periodicità, post-elaborazione, e soprattutto prezzi. A questo scopo, la tabella che segue mette a confronto i valori delle suddette variabili forniti dai distributori delle immagini dei satelliti citati.

In particolare sottolineiamo che non sempre la scelta migliore è rappresentata dalle immagini alla più alta risoluzione possibile: è invece necessario eseguire un'attenta analisi di quello che si vuole ottenere dalle immagini per scegliere il miglior rapporto qualità/prezzo.

Nelle pagine successive troverete poi le descrizioni dei prodotti di ciascun satellite forniteci dai rispettivi distributori.

Ci teniamo a precisare che noi della redazione abbiamo tentato di ottenere dai distributori informazioni che fossero omogenee e confrontabili, ma ciò è risultato impossibile a causa delle differenti politiche adottate dai produttori (*cui prodest?*). Pertanto riteniamo più corretto rimandarvi per maggiori dettagli su prodotti, opzioni e prezzi, ai siti internet sia dei distributori che dei produttori.

	EROS A1	IKONOS	QUICKBIRD	SPOT 5
Altitudine dell'Orbita	480 Km	681 Km	450 Km	832 km
Sensore pancromatico	Sì	Sì	Sì	Sì
Sensore multispettrale (bande)	(a)	Sì (3)	Sì (4)	Sì (4)
Ampiezza della traccia di osservazione	13,5 Km al nadir (b)	11 Km al nadir	16,5 Km al nadir	60 Km (120 Km per il sensore pan HRS)
Scanning	Asincrono	Sincrono	Sincrono	Sincrono
Dimensione Scena	169 Km ²	120 Km ²	272 Km ²	3600 Km ²
Risoluzione max del pancromatico	1 m al nadir	0,82 m al nadir	0,61 m al nadir	5 m
Risoluzione max del multispettrale	(a)	3,2 m al nadir	2,44 al nadir	10 m
Ampiezza della Dinamica	11 bit per pixel	8 o 11 bit per pixel	11 bit per pixel	8 bit per pixel
Massimo angolo a nadir	0° - 45°	0° - 26°	0° - 25°	0° - 31°
Medio angolo a nadir	0° - 15°	0° - 10°	0° - 15°	0° - 15°
Periodo di Rivisitazione	2,5 giorni da 0° a 30°	2,9 giorni a 1 m di risoluzione; 1,5 giorni a 4 m di risoluzione (i)	Da 2 a 5 giorni per acquisizioni 0° - 25°	<26 giorni secondo l'angolo di ripresa
Periodo di Rivisitazione a nadir	1-7 giorni	14 giorni	Dipendente dalla latitudine	26 giorni per ciascun satellite
Prezzo per nuove acquisizioni (pancromatico prodotto base)	10 US \$/Km ²	30 US \$/Km ²	22,5 US\$/km ² (m)	0,75 €/km ² (o)
Prezzo per immagini da archivio (pancromatico prodotto base)	5 US \$/Km ²	24 US \$/Km ² (l)	22,5 US\$/km ² (m)	(p)
Dimensione minima acquistabile (nuove acquisizioni)	1 scena di qualsiasi tipo	100 km ²	64 km ²	1/8 di scena (400 km ²)
Dimensione minima acquistabile (immagini d'archivio)	5 km ²	80 km ²	25 km ²	1/8 di scena (400 km ²)
Tempo minimo per richiesta acquisizione	24-48 ore	24-48 ore	24-48 ore	24-48 ore
Tempo minimo di risposta dall'ordine	3-5 gg. (c)	50 gg. (c)	90 giorni (n)	30 gg.
Tempi di consegna dall'acquisizione	Da 30 min. a 48 ore (d)	10 gg. (d)	10 gg.	10 gg.
Copertura nuvolosa	20 % (e)	20% (h)	20%	10%

(a) Il satellite EROS B1-6, non ancora lanciato monterà un sensore multispettrale con risoluzione di 2,76 m al nadir

(b) Scena Standard 13,5x13,5 Km, scena HyperSample 9x9 km

(c) condizioni meteorologiche permettendo

(d) trasferimento digitale o tramite corriere

(e) in caso di copertura nuvolosa superiore al 20% il cliente non paga la scena e se vuole la stessa viene acquisita nuovamente senza sovrapprezzo. La scena nuvolosa viene comunque messa in archivio e se il cliente lo desidera può acquistare anche delle sotto-selezioni con un minimo di 5 km²

(h) in caso di richieste di acquisizioni con copertura nuvolosa inferiore al 20% sarà applicato un prezzo speciale; non sono accettate richieste con meno del 5% di copertura nuvolosa

(i) questi valori si riferiscono a target a 40° di latitudine. Il tempo di rivisitazione è più frequente per le alte altitudini e meno frequente alle latitudini vicino all'equatore

(l) l'immagine, per essere considerata d'archivio, deve essere stata acquisita almeno 4 mesi prima dalla data di richiesta

(m) i prezzi sopra esposti non includono I.V.A. e spese di spedizione. Le quotazioni vengono effettuate in valuta Euro

(n) ordine Standard (minimo 3 tentativi, massimo 5 tentativi). Inizio acquisizione: 5 gg. - Fine acquisizione: 15-365 gg. dall'inizio dell'acquisizione

(o) prodotti base (scene intere 3600 km²); sono disponibili anche: 1/2 di scena (1600 km²), 1/4 di scena (900 Km²), 1/8 di scena (400 Km²) e stereo coppie

(p) SPOT 1-4 (con risoluzione inferiore): 0,33 €/km²

La MondoGIS srl non si assume responsabilità sulle informazioni tecniche e commerciali riportate nel presente articolo, in quanto sono state fornite direttamente dai distributori delle immagini telerilevate.



EROS

La missione EROS, composta da 6 satelliti pancromatici dedicati all'osservazione del territorio ad alta ed altissima risoluzione, rappresenta un vero e proprio atout nel campo del Remote Sensing di ultima generazione. La missione di proprietà di ImageSat International Ltd vede attualmente in orbita il primo dei 6 satelliti, ossia EROS A1, lanciato il 5 Dicembre 2000 dal poligono di Svobodny in Siberia. Il satellite posto in orbita circolare eliosincrona ad una altitudine di 480 km orbita intorno alla terra circa 15 volte al giorno trasmettendo i dati delle immagini in tempo reale a 16 stazioni riceventi nel mondo che rappresentano la più folta schiera di GRS dedicate ad una singola missione. Il satellite monta a bordo un sensore pancro-

matico CCD (*Charged Couplet Device*) di tipo *pushbroom* con risoluzione radiometrica a 11 bit con 2.048 livelli di grigio (risoluzione geometrica 1,8/1,0 m). Le immagini con la risoluzione a 1 m vengono spedite direttamente dal satellite a terra, e non sono oggetto di una lavorazione successiva (si ottengono tramite un uso più ampio dell'*integration time*): non sono quindi da considerarsi prodotti a valore aggiunto, ma una diversa risoluzione dell'immagine.

Un particolare estremamente significativo della missione EROS, che con le sue 16 stazioni di ricezione copre il 75% delle terre emerse, è rappresentato dal registratore a stato solido montato a bordo dei satelliti ed in grado di garantire una copertura completa di tutta la Terra. IPT informatica per il territorio S.r.l. è l'azienda responsabile in esclusiva delle acquisizioni del satelli-

PRODOTTI EROS A1	RISOLUZIONE	DIMENSIONI SCENA (KM)
Basic Standard (BST)	1.8 m	13,5 x 13,5
Vector Standard (VST)	1.8 m	13,5 x fino a 37
Basic One Axis Oversample (1A0)	1,3 m	13,5 x 13,5
Vector One Axis Oversample (V1A0)	1,3 m	13,5 x fino a 37
Oversample (BOS)	1,0 m	6 x 6
Hypersample (BHS)	0,8 m	9 x 9
Stereo Pair (BST) (*)	1,8 / 1,0 m	13,5/9 x 13,5/9

* Due Basic Scene sovrapposte della stessa area di superficie acquisite con differenti angoli simmetrici di veduta durante lo stesso passaggio (i.e. la stessa orbita e il 90% di sovrapposizione).

Roma (zona Colosseo), 22/7/2002, risoluzione 1 m

te EROS A1 nel bacino del Mediterraneo con la sua Stazione Satellitare Multimissione ubicata in Sardegna.

I satelliti EROS di classe B monteranno a bordo sia sensori pancromatici che multispettrali con risoluzione radiometrica a 10 bit con 2.048 livelli di grigio e risoluzione geometrica a 0,69 m nel pancromatico e 2,76 m nel multispettrale. L'intera missione prevede 6 satelliti operativi in orbita entro il 2005 con un tempo di rivisitazione dello stesso sito di due satelliti al giorno.

I satelliti EROS sono estremamente manovrabili a fronte del ridotto peso, circa 250 kg al momento del lancio, e possono essere puntati e stabilizzati in breve tempo sul sito di interesse del cliente a partire da una ripresa al nadir, perpendicolarmente alla superficie, fino a raggiungere un'inclinazione massima di ripresa pari a 45° con azimuth selezionabile nei 360°. La capacità di osservazione inclinata del satellite permette già solo con il satellite EROS A1 in orbita di osservare qualsiasi sito sulla terra da tre a quattro volte per settimana.

La presenza di 16 stazioni di ricezione, dotate di una catena di processamento completa e di un catalogo locale per l'archiviazione e la consultazione via interfacce Web delle immagini ricevute, permette di ridurre i tempi di consegna dal momento dell'acquisizione a massimo tre giorni solari per qualunque scena acquisita in qualunque parte del mondo. Il sistema comprende inoltre un archivio centrale di backup presso la ImageSat International per garantire la continuità nel servizio di accesso e distribuzione delle immagini.

Infine, è disponibile un'abbondante offerta di immagini d'archivio a prezzi contenuti.

Produttore:

ImageSat International Lda
www.imagesatintl.com

Distributore:

IPT Informatica per il Territorio
www.iptsat.com



IKONOS

Il satellite IKONOS è in orbita dal settembre 1999, ed è operativo dall'inizio del 2000.

Sul satellite sono montati due sensori, un sensore pancromatico ed uno multispettrale. Il primo ha una risoluzione geometrica al suolo di 1 m ad 11 bit (2.048 livelli di grigio) e acquisisce nella banca spettrale dei 0,45-0,90 micrometri. Il sensore multispettrale ha invece una risoluzione geometrica al suolo di 4 m, e 4 bande ad 11 bit (2048 livelli).

I prodotti IKONOS sono distribuiti in tre diverse modalità: GEO, STEREO ed ORTORETTIFICATI.

I prodotti GEO sono geometricamente corretti ed ortorettificati. Il livello standard di accuratezza è di 25 m (RMSE), escludendo gli effetti provocati da spostamenti del terreno. Possono essere distribuiti in 3 diverse opzioni:

- PAN: Dato Pancromatico (Bianco e Nero) con risoluzione geometrica al suolo di 1 metro.

- MSI: Dato Multispettrale (4 bande) con risoluzione geometrica al suolo di 4 metri.
- PSM: Dato Pan Sharpened (3 bande fuse con il pancromatico) con risoluzione geometrica al suolo di 1 metro.

I prodotti STEREO sono ottenuti da stereo-coppie acquisite nello stesso passaggio orbitale, minimizzando così le variazioni di luminosità; le immagini sono riproiettate e ricampionate a 1 metro in modo da permetterne una più facile visualizzazione. Sono distribuiti in due differenti livelli di accuratezza:

- Standard Stereo: 12 metri di accuratezza orizzontale (RMSE) e 13 metri di accuratezza verticale (RMSE);
- Precision Stereo: 1 metro di accuratezza orizzontale (RMSE) e 2 metri di accuratezza verticale (RMSE).

Il processo di ortorettifica rimuove le distorsioni delle immagini, causate dalla geometria dell'acquisizione e dalla variabilità del suolo, utilizzando

modelli digitali del terreno e punti di controllo al suolo. I prodotti ORTORETTIFICATI vengono distribuiti secondo diversi livelli di accuratezza e nelle tipologie (PAN, MSI, PSM).

Roma (zona Colosseo), 10/10/1999, risoluzione 1 m

- REF (Reference): 12 metri (RMSE) di accuratezza orizzontale; cartografia di riferimento: 1:50.000 NMAS (National Map Accuracy Standards).
- PRO: 5 metri (RMSE) di accuratezza orizzontale; cartografia di riferimento: 1: 10.000 NMAS.
- PRE (Precision): 2 metri (RMSE) di accuratezza orizzontale; cartografia di riferimento: 1: 5.000 NMAS.
- PRE+ (Precision Plus): 1 metro (RMSE) di accuratezza orizzontale; cartografia di riferimento: 1: 2.500 NMAS.

I prodotti PRE, PRE PLUS e PRE STEREO richiedono la fornitura, da parte del cliente, dei punti di controllo al suolo (GCP) che possono essere anche forniti dalla Space Imaging Eurasia pagando un prezzo addizionale.

I prodotti STEREO non possono essere mosaicati. Il prezzo dei prodotti GEO, al contrario dei prodotti ortorettificati, non comprende la mosaicatura.

Space Imaging Eurasia è in grado di effettuare, su specifica richiesta e pagando una tariffa addizionale, una rapida acquisizione e consegna dei prodotti GEO. Normalmente occorrono circa 10 giorni per 2 tentativi di acquisizione e circa 3 giorni per la spedizione e consegna del dato.

I prodotti possono anche essere forniti con una risoluzione geometrica di 0,82 metri. Ciò è possibile soltanto con una acquisizione nadirale (o quasi nadirale) ma che farebbe aumentare i tempi di consegna dei prodotti.

Essendo IKONOS operativo già da tre anni, è possibile disporre di un consistente archivio di immagini.

BANDE	INTERVALLI SPETTRALI
pancromatico	0,45 - 0,90 μm
banda 1 (blu)	0,45 - 0,53 μm
banda 2 (verde)	0,52 - 0,61 μm
banda 3 (rosso)	0,64 - 0,72 μm
banda 4 (infrarosso vicino)	0,77 - 0,88 μm

Produttore:

Space Imaging Eurasia
www.sieurasia.com

Distributore:

Planetek Italia Srl
www.planetek.it



QUICKBIRD

QuickBird è stato lanciato il 18 Ottobre del 2001, ed è in fase operativa dalla primavera di quest'anno, su un'orbita polare eliosincrona, con 97,2 gradi di inclinazione, e con una velocità al suolo di 7.1 km/secondo. È in grado di acquisire sia in modalità multispettrale (tre bande del visibile + un infrarosso vicino) che pancromatica, con risoluzione tra 61 e 66 centimetri per angoli di acquisizione standard, cioè compresi tra 0 e 15 gradi. Il satellite ha capacità stereoscopiche *in-track*, cioè è in grado di acquisire coppie stereo lungo la stessa orbita; tale caratteristica, tuttavia, non viene ancora sfruttata dal punto di vista commerciale.

I dati QuickBird sono disponibili sostanzialmente secondo due tipologie di prodotto: Basic e Standard.

Il prodotto *Basic*, al quale sono applicate solo correzioni radiometriche e

di sensore, è basato sulla singola scena di circa 16.5 x 16.5 km. La dimensione del pixel è variabile, e dipende dall'angolo di acquisizione della scena. Nel *packaging* (circa 1.6 Gb per scene pancromatiche) sono forniti sia il file immagine non georiferito che file ausiliari relativi a metadati, *Rational Polynomial Coefficients* (RPC), effemeridi, calibrazione geometrica, altitudine. Il prodotto Basic può essere processato geometricamente tramite un modello rigoroso oppure utilizzando software basato sull'uso dei *Rational Polynomial Coefficients*. Per un processamento ottimale, le informazioni fornite a corredo dell'immagine possono essere integrate con un DEM e con punti di controllo a terra, dalla cui qualità dipende la precisione del risultato finale. Il prodotto Basic è rivolto ad utenti in grado di effettuare un processamento avanzato dell'immagine dal punto di vista geometrico, in modo da ottenere la massima precisione nella georeferenziazione del dato.

Il prodotto *Standard* differisce dal prodotto Basic in quanto ad esso vengono applicate anche delle correzioni geometriche, per cui il prodotto risulta inquadrato in un sistema di riferimento (WGS84) ed il pixel

Roma (zona Colosseo), Marzo 2002, risoluzione 0,61 m

viene ricampionato ad una dimensione di 60 o 70 cm. Il *packaging* comprende: il file immagine, i metadati, il file degli RPC. Questo tipo di prodotto può essere acquistato anche su una superficie complessiva minore della singola scena. La qualità della georeferenziazione, che è basata unicamente sull'impiego dei dati orbitali post-processati ed integrati da un DEM a bassa risoluzione, può essere ulteriormente migliorata mediante processamento basato sugli RPC. Tuttavia, per ottenere precisioni più spinte, si consiglia di partire dal dato Basic.

La quotazione di ciascun prodotto Standard viene effettuata sulla base della superficie (espressa in kmq) della particolare area di interesse del cliente, il quale potrà fornire le coordinate geografiche degli estremi e pagherà il prodotto solo per l'area richiesta.

Per ottenere le immagini ortorettificate (georiferite secondo un sistema di proiezione, ellissoide e datum di riferimento), vengono usati GCP (ground control points), ed il DEM per correggere le distorsioni causate dall'altitudine; l'accuratezza planimetrica dipende dalla qualità dei GPC e del DEM, ma anche dall'angolazione con cui è stata effettuata la ripresa satellitare.

I dati QuickBird sono distribuiti in esclusiva per tutta Europa da Eurimage, con l'eccezione dell'Italia ove la distribuzione è effettuata dalla Telespazio.

Produttore:

Digital Globe
www.digitalglobe.com

Distributore:

Telespazio Spa
www.telespazio.it
Eurimage Spa
www.eurimage.com

BANDE	INTERVALLI SPETTRALI
pancromatico	0,45 - 0,90 μ m
banda 1 (blu)	0,45 - 0,52 μ m
banda 2 (verde)	0,52 - 0,60 μ m
banda 3 (rosso)	0,63 - 0,69 μ m
banda 4 (infrarosso vicino)	0,76 - 0,90 μ m



SPOT 5

Il satellite SPOT 5, lanciato con successo il 4 maggio 2002 dalla Guiana Space Centre, Kourou, è operativo dal 16 luglio 2002. Esso continua la missione dei precedenti satelliti SPOT 1 - 4 che, lanciati a partire dal 1986, sono tuttora in orbita.

Il satellite Spot 5 monta a bordo strumenti tecnologicamente innovativi:

- HRG (High Resolution Geometric)
- HRS (High Resolution Stereoscopic)

La risoluzione geometrica dei dati del satellite Spot 5 è fino a 4 volte maggiore di quella dei dati Spot 1 → 4:

- 5 metri e 2.5 metri del pancromatico, invece di 10 metri;
- 10 metri del multispettrale, invece di 20 metri.

La dimensione delle immagini è la stessa dei satelliti Spot 1 → 4: 60 km x 60 km; oppure 60 km x 120 km quando sono usati i due strumenti HRG di cui il satellite dispone.

BANDE	INTERVALLI SPETTRALI
pancromatico (*)	0,51 - 0,73 μm
banda 1 (verde)	0,50 - 0,59 μm
banda 2 (rosso)	0,61 - 0,68 μm
banda 3 (infrarosso vicino)	0,79 - 0,89 μm
banda 4 (infrarosso medio) (**)	1,58 - 1,75 μm

(*) solo per SPOT 4 è invece 0,61 - 0,68 μm

(**) solo SPOT 4 e 5

L'accuratezza di localizzazione, senza punti di controllo, è inferiore ai 50 metri, contro i 350 metri dei satelliti Spot 1 → 4.

Questi miglioramenti risultano particolarmente vantaggiosi per le applicazioni che richiedano scale di riferimento da 1:25.000 a 1:10.000.

Grazie al nuovo strumento HRS a bordo dello Spot 5, sono inoltre possibili, solamente per la produzione di modelli digitali del terreno, acquisizioni simultanee di stereocoppie con una larghezza (swath) eccezionalmente ampia: difatti le stereocoppie sono di dimensione 600 km x 120 km.

Questi prodotti offrono un'eccellente accuratezza senza punti di controllo, indicata in: accuratezza in altezza (z): migliore di 10 metri; accuratezza di localizzazione: migliore di 15 metri.

Caratteristiche specifiche del modo pancromatico PA:

- risoluzione a terra: 5 metri/2.5 metri in modalità SUPERMODE;
- radiazione misurata: banda unica dello spettro elettromagnetico corrispondente al visibile, con esclusione del blu (0.51-0.73 micron).

Roma (zona Colosseo), 21/7/2002, risoluzione 2,5 m

Il processamento denominato SUPERMODE offre un miglioramento della risoluzione geometrica, in modalità pancromatica, da 5 metri a 2.5 metri, e permette anche di produrre, attraverso la combinazione con le bande multispettrali a 10 metri di risoluzione, immagini a colori a 2.5 metri di risoluzione. Ideato dal CNES, l'Agenzia Spaziale Francese, produce un'immagine a 2.5 metri di risoluzione attraverso due immagini pancromatiche, acquisite simultaneamente, a 5 metri di risoluzione.

Il processo SUPERMODE viene effettuato in parte a bordo del satellite, in parte a terra: l'immagine viene acquisita, a 5 metri, da due sensori, con uno sfalsamento tra di loro (offset) nel piano della focale di mezzo pixel, sia orizzontalmente che verticalmente.

Le due immagini a 5 metri di risoluzione, attraverso successivi processi di interpolazione e di restorazione, producono un'immagine con 2.5 metri di risoluzione effettiva.

Caratteristiche specifiche del modo multispettrale XI:

- risoluzione a terra: 10 metri (la banda 4 ha una risoluzione effettiva di 20 metri, ma viene fornita ricampionata a 10 metri, per uniformità con le rimanenti tre bande);
- spettro di radiazione osservata: 4 bande spettrali (corrispondenti al verde, rosso, infrarosso vicino e infrarosso medio dello spettro elettromagnetico).

Produttore:

Spot Image
www.spotimage.fr

Distributore (solo per l'Italia):

Telespazio Spa
www.telespazio.it