

Nuove prospettive per il settore del rilevamento

Le problematiche connesse all'analisi tematica ed alla descrizione metrica della Terra sono da tempo sotto il forte influsso innovativo che sta modificando le tecnologie elettroniche e quelle informatiche.

Questa evoluzione, che coinvolge pesantemente anche il software, concretizza un utilizzo diffuso del dato in forma digitale; ciò sta favorendo l'impiego di tecniche satellitari nella misura del posizionamento topografico e nell'acquisizione delle immagini.

Inoltre, sono in fase di standardizzazione le procedure telematiche per la trasmissione di informazioni via Internet, insieme con le tecniche di visualizzazione avanzata mutuata dalla Computer Grafica. La vera rivoluzione per il settore del rilevamento è avvenuta dunque nello Spazio, dove orbitano ormai satelliti di ogni tipo secondo una rete di alta tecnologia che ha reso possibile "dall'esterno" una serie di operazioni un tempo condizionate fortemente dalla geografia dei luoghi.

Così, il "rilevamento da terra", con i vincoli dell'intervisibilità ed accessibilità, si sta trasformando in "rilevamento satellitare" (sistemi GPS, GLONASS, ecc.) e quello "fotogrammetrico" con camere aeree evolve verso i sensori digitali e il tele-rilevamento dallo spazio; anche il trasferimento di informazioni, infine, si avvale del supporto satellitare grazie al boom della telefonia mobile

Il posizionamento satellitare

Le tecniche di posizionamento satellitare hanno conquistato da almeno un decennio un ruolo assai importante nelle problematiche del rilievo. Accanto alla serie dei satelliti relativi al sistema GPS Americano (27 attivi nel 2000), nel riferimento WGS84, sono disponibili ancora 11 satelliti del sistema Sovietico GLONASS con riferimento PZ90; è inoltre in fase di definizione Galileo, il nuovo sistema Europeo che prenderà avvio nei primi anni del 2000, raggiungendo piena operatività nel 2008. Nel contesto del processo di modernizzazione e miglioramento in ambito civile del sistema GPS, il servizio preposto alla sua gestione (IGEB: Interagency GPS Executive Board) ha po-

sto fine dal maggio di questo nuovo millennio al degrado intenzionale dei segnali trasmessi dai satelliti (la S/A: Selective Availability). In questo modo, come già accade per il sistema GLONASS (il quale per altro non prevede neppure codici crittografati, cioè l'A/S per il GPS: Anti Spoofing), viene migliorata a circa 5 metri la precisione del posizionamento assoluto anche se nulla cambia per la modalità differenziale che rappresenta l'utilizzo normale nel caso geodetico.

Il programma di sviluppo del sistema prevede inoltre che nei prossimi 10 anni vengano implementati un secondo codice C/A per l'accesso civile, modulato sulla portante L_2 , e una terza portante L_3 modulata con un nuovo segnale civile. Grosse novità saranno fornite nei prossimi anni dall'avvento massiccio delle cosiddette stazioni fisse (operanti 24 ore su 24) che iniziano a diffondersi su iniziativa di istituzioni locali e dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) nelle nostre regioni.

Qualora fosse coperto in questo modo l'intero territorio nazionale (intorno utile di ogni stazione pari a 25 km per garantire un elevato livello di precisione), si potrebbe servire contemporaneamente l'attività di tutti i tecnici rilevatori. Diverrebbe inoltre possibile l'inserimento diretto, nel sistema di riferimento prestabilito, di ogni punto acquisito in campagna, utilizzando un solo ricevitore mobile; in tal senso si sottolinea l'esperienza della regione Emilia-Romagna per l'attivazione

di una serie di stazioni permanenti GPS/GLONASS sul proprio territorio con distanze relative di circa 50 km.

Sistemi GPS abbinati ad unità INS per la misura inerziale (giroscopi ed accelerometri) sono montati su vettori (automobili, aerei, satelliti) per consentire il posizionamento cinematico del sensore e l'acquisizione dei parametri angolari di assetto (orientamento esterno) richiesti per la georeferenziazione diretta delle immagini acquisite.

Imaging ottico da aereo e satellite

In questi casi, l'acquisizione dell'informazione visiva viene gestita attraverso l'impiego di sensori ottici digitali posti su aereo o su satellite che forniscono immagini raster. In un'immagine raster, come noto, si fa riferimento non soltanto al concetto tradizionale di scala della rappresentazione che può essere prodotta con essa, ma anche a parametri identificativi del suo grado di dettaglio, come la risoluzione al suolo (dimensione del più piccolo oggetto discretizzato dal sensore, che corrisponde al valore del pixel) e l'accuracy che caratterizza invece la qualità del posizionamento sull'immagine di un elemento di coordinate note. Al recente convegno internazionale dell'ISPRS ad Amsterdam, sono state presentate le prime camere digitali per la ripresa da aereo: si tratta della DMC (Digital Modular Camera) di Z/I imaging (Fig. 1) e la ADS (Airborne Digital Sensor) di LH Systems, basate rispettivamente sull'impiego di una tecnologia CCD a più sensori areali (operanti in modo sincronizzato) e a 3-linee. I sensori lineari consentono una maggiore ampiezza della ripresa ed una risoluzione

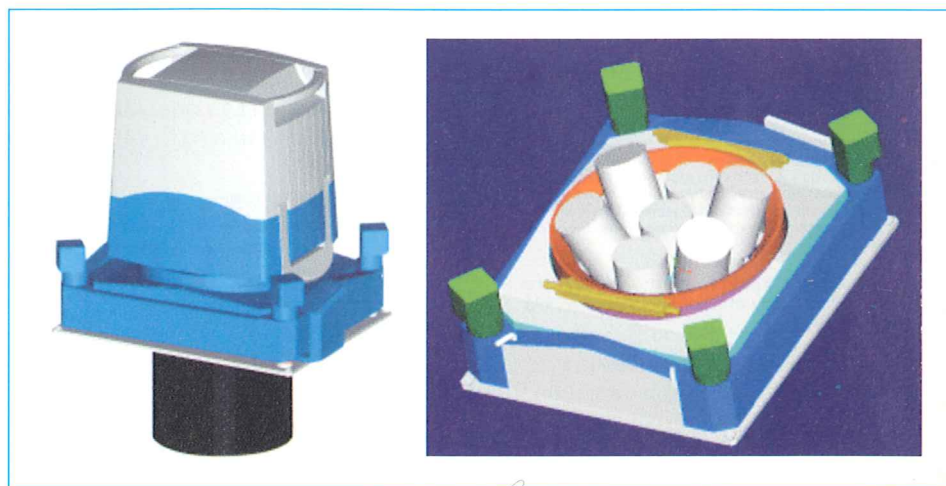


Fig. 1 - La nuova camera aerea digitale di Z/I Imaging



Fig. 2 - Immagine ottica a colori acquisita dal satellite IKONOS

geometrica e radiometrica più elevata (con costi più contenuti) rispetto ai sensori areali, più semplici e di nota geometria ma di dimensioni necessariamente ridotte, in attesa della nuova tecnologia CMOS. Tuttavia il supporto tecnologico GPS-INS (per compensare le instabilità del volo), la fase di processamento (ricampionamento delle immagini) e quella di orientamento risultano più pesanti poiché l'immagine è generata per linee.

La comparsa sul mercato di queste nuove camere dovrebbe rivoluzionare non poco il settore dell'acquisizione, rendendo sempre meno significativo il ricorso alla scansione; così, saranno soddisfatte le esigenze di precisione proprie delle applicazioni geometriche di maggior dettaglio (10-25 cm), per le quali non risulta ancora possibile l'impiego dell'immagine telerilevata.

Per le riprese da aereo sono disponibili sistemi real time di posizionamento ed orientamento del sensore (POS: Position and Orientation Systems); ciò può consentire la referenziazione di una immagine praticamente senza l'ausilio di punti di controllo sul terreno; per esempio, è ben noto il sistema canadese Applanix. Le precisioni conseguibili sono di 10-15 cm per il posizionamento e di 15-20" per l'assetto spaziale: i valori sono confrontabili con quelli necessari per restituzioni a scala 1:2000 e in buon accordo con quanto raggiungibile attraverso la triangolazione aerea.

Pertanto, in rilievi a scale medio-piccole (cioè minori di 1:5000) potrebbe risultare meno essenziale l'impiego della triangolazione fotogrammetrica (oggi automatizzata attraverso la correlazione di immagini); i costi della georeferenziazione diretta dei fotogrammi sono però ancora superiori a quelli degli altri procedimenti.

La tecnologia spaziale più recente propone l'utilizzo per usi civili di satelliti geografici ad alta definizione: si tratta di sensori digitali capaci di effettuare riprese pancromatiche, a colori e/o multispettrali adatte per produrre rappresentazioni geometriche e tematiche a scala 1:5000-1:10 000.

I satelliti principali di questa nuova generazione sono: IKONOS di Space Imaging (lancio del settembre 1999), la serie QuickBird di EarthWatch

(di prossimo lancio) e quella denominata OrbView di ORBIMAGE (previsti nel 2001 i satelliti 3 e 4).

Tutti i sensori sono caratterizzati da risoluzione al suolo di 1 m per il bianco e nero e di 4 m per colore e ripresa multispettrale.

IKONOS, in particolare, ha un'altezza d'orbita di 681 km, tempi di rivisitazione in un luogo mediamente di 3 giorni, radiometria di 11 bit per pixel, cioè 2048 colori o livelli di grigio (Fig. 2). I satelliti QuickBird (1 e 2) avranno invece un'altezza d'orbita di 600 km e frequenza di rivisitazione da 1 a 5 giorni, in funzione della latitudine del luogo; così, pure i satelliti della serie OrbView di ORBIMAGE, con altezza di 470 km, dotati anche di possibilità iperspettrali (risoluzione di 8 m e numero assai ampio di bande di registrazione) per l'analisi materica (Tab. 1).

I satelliti possono acquisire immagini con opportuno ricoprimento così da garantire la lettura tridimensionale dei siti rilevati. Stazioni a terra consentono il trasferimento dallo spazio dei file contenenti le informazioni e la loro archivia-

zione su memoria di massa. I formati grafici utilizzati sono il TIFF e anche il GeoTIFF, che gestisce i metadati di georeferenziazione in accordo con le indicazioni dell'Open Gis Consortium, l'associazione delle aziende che nel mondo si occupano di sistemi GIS.

Dei satelliti geografici sono disponibili sia le riprese digitali originarie sia quelle processate geometricamente: correzione degli effetti prodotti dal moto del sensore, dalla rotazione terrestre e dalla sua curvatura, dall'inclinazione dell'asse di presa, calibrazione su un ellissoide specifico e in un sistema cartografico assegnato, eliminazione degli effetti della morfologia dei luoghi e georeferenziazione (ortogonalizzazione).

In tal senso si possono acquistare ortomimmagini elaborate con i parametri di orientamento esterno acquisiti (direttamente) tramite sistemi GPS-INS, con l'aggiunta di punti di controllo a terra e anche attraverso un modello digitale altimetrico (Dem): la precisione della referenziazione varia corrispondentemente fra 2 e 25 m.

Le società proprietarie dei vari satelliti, forniscono all'utenza i prodotti descritti ma non i parametri geometrici di orientamento e di calibrazione necessari per processare le immagini personalmente su PC: questa limitazione dovrebbe essere superata con la prossima concessione di tali informazioni agli Enti cartografici di ogni paese del mondo.

Nel rilievo da satellite assume importanza operativa il tempo di rivisitazione: essendo piuttosto breve diviene ipotizzabile un monitoraggio quasi dinamico di fenomeni areali.

La qualità di un'immagine da satellite è comunque fortemente condizionata dalla copertura di nuvole; la sua risoluzione radiometrica non è molto alta, la calibrazione risulta più difficile ed infine

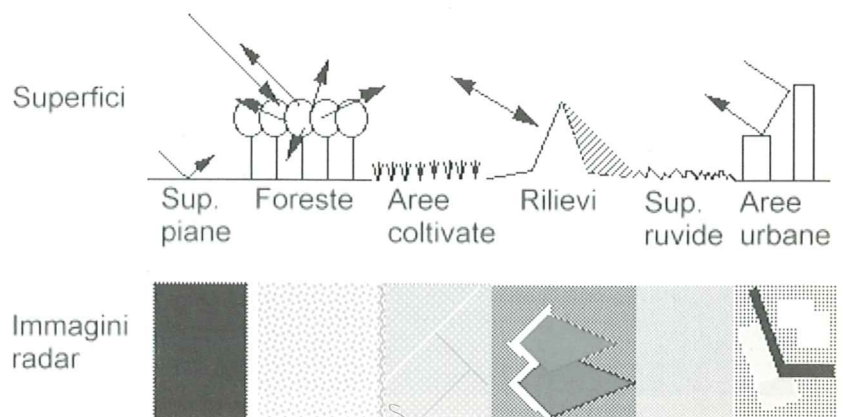


Fig. 3 - L'immagine radar: i livelli di grigio riproducono il backscattering

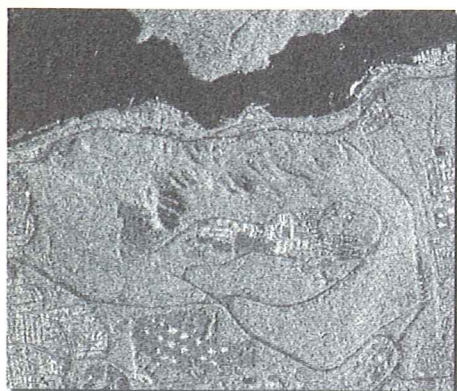


Fig. 4 - Immagine del satellite Radarsat

i prezzi attuali non sono particolarmente competitivi (satellite IKONOS). Test comparativi sulle riprese del sensore Kodak, installato su IKONOS, hanno mostrato che esse non sono ancora in grado di sostituire geometricamente quanto acquisibile con camere analogiche o digitali da aereo, all'interno di incertezze comprese fra 0.1 e 1 m.

E' pertanto auspicabile una forte integrazione fra dati telerilevati e dati fotogrammetrici di precisione; non è prevedibile invece la competizione che potrà nascere in Italia tra la nuova imagery spaziale ad alta definizione e l'ortofoto digitale a colori (programma IT 2000) della Compagnia Generale RipreseAeree di Parma.

Radar Imagery

Lo sviluppo dei principi che stanno alla base della produzione di immagini con sensori radar risale ai primi anni '50. La nuova tecnologia è stata impiegata dapprima in applicazioni militari e solo alla fine degli anni '60 adottata anche per scopi civili utilizzando come vettori sia l'aereo sia il satellite. Il maggior vantaggio rispetto al sensore ottico è connesso alla capacità delle microonde di attraversare le nubi fornendo dunque immagini utili con qualsiasi tempo atmosferico, di gior-

no e di notte. Si sa che il radar (Radio Detection And Ranging) consiste in un sensore attivo capace di emettere e ricevere segnali (microonde polarizzate, alla velocità della luce) in una determinata banda di frequenza (per esempio, banda C e banda X) per identificare e localizzare oggetti attraverso la misura della loro distanza. Un sistema radar produce immagini trasmettendo circa 1500 micro-impulsi per secondo verso la zona in osservazione; l'energia del segnale è riflessa (se la superficie dell'oggetto è liscia) o diffusa in tutte le direzioni (se la superficie è ruvida). Una parte (detta backscattering) ritorna all'antenna trasmittente come debole eco ed è convertita in dati digitali da rielaborare per la produzione di immagini. Le immagini sono costituite da pixel che rappresentano l'entità della risposta radar dell'oggetto: livelli di grigio più scuri corrispondono a risposte energetiche scarse, mentre aree chiare rappresentano maggiore energia ricevuta (Fig. 3).

La larghezza dell'impulso (ampiezza di banda) determina una risoluzione più alta nella determinazione della distanza (dagli oggetti illuminati) in direzione trasversale a quella di movimento del sensore, mentre la lunghezza dell'antenna condiziona la risoluzione in direzione longitudinale, cioè quella del moto.

I radar ad apertura sintetica (SAR: Synthetic Aperture Radar), da aereo o dallo spazio, fanno riferimento ad una particolare tecnica tramite la quale si simula una lunghezza dell'antenna assai maggiore di quella fisica, campionando i segnali mentre essa è in movimento lungo la linea di volo: è così possibile ottenere una precisione maggiore nelle determinazioni.

Le immagini radar, a differenza di quelle ottiche, richiedono tempi lunghi di elaborazione prima di essere disponibili: questo fatto ne ha precluso l'utilizzo in applicazioni di tipo real time; recentemente sono state tuttavia sperimentate soluzioni tecnologiche idonee ad ottene-

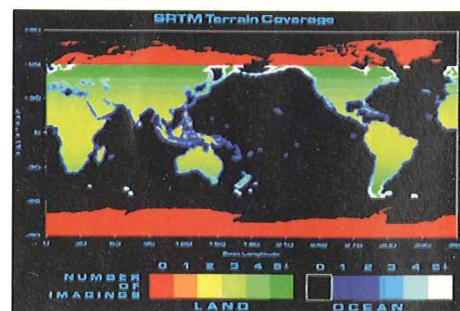


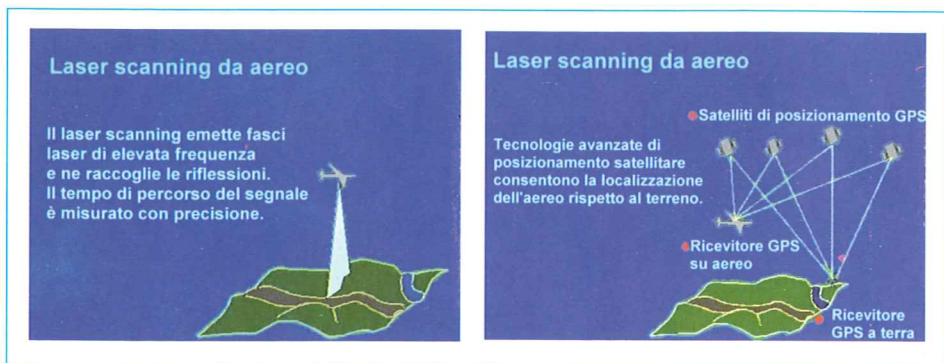
Fig. 5 - La copertura mondiale della missione SRTM

re un processamento immediato.

Nella tecnica radar, una volta ottenute almeno due immagini della stessa zona, si procede per confronto all'elaborazione interferometrica, ottenendo così anche il dato altimetrico. Il processo può essere multi temporale oppure no: nel primo caso si confrontano immagini acquisite in tempi diversi ma con geometrie di ripresa assai prossime, nel secondo invece immagini contemporanee ma da antenne separate. Sono disponibili dati radar dei satelliti ERS 1/2 (di costruzione europea), JERS-1 (di costruzione giapponese) e RADARSAT (di costruzione canadese) con altezze di volo di circa 800 km e risoluzioni a terra variabili fra 10 e 100 m (Fig. 4); si ricordano inoltre i sistemi radar su aereo come l'AIRSAR/TOPSAR della NASA (National Aeronautics and Space Administration) (Tab. 1).

La recente missione 2000 di SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) gestita dalla NASA e dalle agenzie spaziali italiana (ASI) e tedesca (DLR) è stata dedicata all'acquisizione dell'80% delle terre emerse, comprese fra le latitudini di +60° e -56° (Fig. 5). L'utilizzo di un braccio telescopico lungo 62 m, collegato alla navicella, ha permesso di utilizzare anche una seconda antenna e di ricostruire pertanto, con una singola passata, anche la terza dimensione dei luoghi rilevati. Ciò servirà a produrre un DEM della Terra (lo Shuttle ha volato ad un'altezza di 225 km) con una precisione di circa 30 m in planimetria e 15 in quota. Sarà inoltre possibile disporre presto di un elaborato ortogonalizzato e georeferenziato della superficie terrestre usando il sensore nella prima banda di frequenza (banda C); per l'altra banda (banda X), la copertura riguarda invece solo il 40% delle terre emerse, ma la risoluzione raggiungibile potrà essere alquanto superiore.

Le prime immagini calibrate della missione saranno presentate entro la fine dell'anno, nel 2002 una cartografia tridimensionale complessiva e infine alcune viste prospettiche.



Figg. 6, 7 - Schema di funzionamento del laser a scansione

Satellite	Organizzazione	Tipo di sensore	Risoluzione massima al suolo (m)	Copertura minima (kmxkm)	Massima scala cartografica
IKONOS	Space Imaging	ottico alta definizione	1	11x11	1:10 000 1:5000
QuickBird	EarthWatch	ottico alta definizione	1	22x22	1:10 000 1:5000
OrbView	ORBIMAGE	ottico alta definizione	1	8x8	1:10 000 1:5000
RADARSAT	Canadian Space Agency	radar	10	50x50	1:50 000
ERS	ESA	radar	20	100x100	1:100 000

Tab. 1 - Alcuni sensori ottici e radar da satellite

Il laser a scansione (laser scanning)

La tecnica operativa, da aereo e da elicottero, risulta molto interessante ai fini della realizzazione di modelli spaziali per l'analisi morfologica e per la costruzione di ortofoto, anche in zone di difficile accesso, come le aree con vegetazione.

Integrato con sensori per il posizionamento e l'assetto rispetto al terreno (Fig. 6, 7), il laser a scansione consente la determinazione delle coordinate di punti posti sopra una griglia di elevata densità, raggiungendo incertezze di 10-15 cm (per esempio, il modello Toposys prodotto in Germania). Il sistema emette raggi laser ad alta frequenza e ne raccoglie le riflessioni, misurando con precisione il tempo di percorrenza del segnale; è possibile ricavare, per esempio, l'informazione altimetrica (DEM) di un'area con vegetazione sia a livello del terreno sia alla sommità degli alberi e così quella del suolo e dei tetti in zone edificate, ricavando dunque l'altezza degli oggetti. Si possono determinare in questo modo: profili altimetrici, iso-linee, modelli tridimensionali, viste prospettiche, volumetrie.

La gestione dell'informazione grafica

La diffusione dei nuovi sensori da satellite (ottici e radar) e delle camere digitali per la ripresa da aereo rende comune l'impiego del dato raster e ne sottolinea le possibilità di procesamiento automatico, di gestione e di visualizzazione anche nel WWW di Internet. Questo servizio della rete utilizza formati bitmap (GIF, JPG, PNG) per la presentazione di documenti immagine; qualora sia richiesta la referenza spaziale dei dati (per esempio nel caso di ortofoto), sono necessari standard specifici come GML (Geospatial Markup Language) che l'OpenGis Consortium sta predisponendo e che risulterà ben correlato con gli orientamenti della recente tecnologia UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) destinata all'utilizzo mo-

bile (telefonia satellitare) di Internet. Il formato GeoTIFF, largamente adottato nel telerilevamento e nei sistemi GIS, non è invece compatibile con l'ambiente di rete. Nel contesto della visualizzazione tridimensionale lo standard di Internet è tuttora VRML, ma anche qui un nuovo linguaggio più versatile, detto X3D, è in fase avanzata di definizione da parte del Web 3D Consortium. Questo organismo di studio ha recentemente proposto GeoVRML, un'estensione della versione ISO di VRML, adatta per la gestione di metadati di referenziazione mediante plugin standard dei browser tradizionali. Tuttavia, l'evoluzione futura di X3D dovrebbe comprendere il supporto diretto ad applicazioni che prevedano la referenza spaziale, semplificando così l'elaborazione di dati immagine e di modelli fotorealistici.

L. COLOMBO, B. MARANA
 Università di Pisa - D.I.C. - Topografia e Fotogrammetria

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Baltsavias, E. P., 2000: Future of photogrammetric scanners and film scanning. GIM International no. 3/2000.
- Colombo L., Marana B., 2000: Standards for visual communication inside World Wide Web. Geoinformatics no. 7/2000.
- De Jong, K., 1999: On the benefits of a second and third civil frequency. Geoinformatics no. 4/1999.
- Alenia Spazio: www.alespazio.it
- Applanix: www.applanix.com
- ASI: www.asi.it
- EarthWatch: www.digitalglobe.com
- Erdas: www.erdas.com
- Eurimage: www.eurimage.com
- GeoVRML Working Group: www.geovrml.org
- IGEB: www.igeb.gov
- LH Systems: www.lh-systems.com
- NASA: www.nasa.com
- OGC: www.opengis.org
- Orbimage: www.orbimage.com
- RADARSAT: www.rsi.ca
- Space Imaging: www.spaceimaging.com
- Toposys: www.toposys.com
- Z/I Imaging: www.ziimaging.com



GeoMedia
 Versione 4.0

Il client geografico universale

- ✓ massima integrazione con i più comuni formati GIS
- ✓ serie completa di strumenti per l'analisi spaziale
- ✓ predisposizione di layout di stampa e restituzione

... da questa versione...

La release 4.0 del prodotto semplifica e modifica la procedura di stampa introducendo un nuovo "Plotting Workflow" indipendente da SmartSketch.

All'interno del prodotto è stato creato un nuovo tipo di finestra, la "Layout Window", che consente di organizzare, ordinare i dati grafici e le relative legende per la stampa.

Sono state implementate funzionalità e strumenti (simboli, nord geografico, stili di linee ecc...) per facilitare e migliorare la qualità dei dati da stampare

In termini di integrazione con i database senza l'ausilio di strati software proprietari (middleware), questa release introduce nuovi data server e consente di accedere direttamente ai dati in formato Oracle 8i Spatial Object, SQL Server, ODBC Tabular.

INTERGRAPH

Intergraph Italia L.L.C.

Strada 7, Palazzo R1 - Milanofiori

20089 Rozzano (MI)

Tel. (02) 575451 - Fax (02) 57512470

e-mail: info-italy@ingr.com

http://www.intergraph.com/software/geomedia