

## IL MOBILE GIS MULTISENSORE: UN NUOVO PARADIGMA NEL RILEVAMENTO

Giuliano GALLERINI, Marco LABATE

Leica Geosystems S.p.A., Via Codognino, 12 - 26854 Cornegliano Laudense (LO)  
Tel. 0371.69731 Fax 0371.697333 g.gallerini@gmail.com marco.labate@leica-geosystems.it

### Riassunto

Il lavoro di campo è cambiato. L'evoluzione tecnologica degli strumenti di misura e l'affermazione dei sistemi GIS, stanno definendo nuove esigenze e forse un nuovo paradigma nel fare il rilevamento. Leica Mobile MatriX (MMX) è un applicativo su piattaforma ArcGis 9.2, in grado di saldare il divario (apparente) tra GIS e topografia, di risolvere la necessità di integrare diversi sensori di rilievo e al contempo offrire la possibilità di semplificare le attività di campo fornendo una visione reale e globale delle attività del rilievo, consentendo al contempo di quantificare l'accuratezza del lavoro eseguito; In particolare MMX consente di:

- **interfacciarsi e gestire** qualsiasi sensori di misura (GPS, Stazioni totali, Livelli, Distanziometri laser, Laser Range Finder)
- **semplificare** le attività di rilievo, grazie a nuove funzioni specifiche e innovative
- **integrare** le funzionalità di ArcGIS per il rilievo, l'editing, la visualizzazione e il controllo dei risultati
- **ridurre** i tempi di post-elaborazione in ufficio dopo il rilievo.

In questo articolo sono illustrati i principali punti di forza del software e sono presentati tre casi di studio in ambito geologico (rilievo di pareti in roccia non accessibili), forestale (mappatura delle aree incendiate) ed infine topografico (aggiornamento della CTR al 2000).

### Abstract

Field work is changed. Technology evolution of sensors and GIS development are defining new tasks and new methods to survey. Leica Mobile Matrix (MMX) is a new software based on ArcGis 9.2 platform, for solving the apparent gap between GIS and topography. Different sensors can be used and integrated with MMX and a new way to work in field is offered. MMX let the surveyor to use his sensors, see the survey job, check the accuracy and the precision of the final work directly in field. In particular MMX:

- Supports different sensors (Total station, GPS, Disto, Vector, Levels)
- Simplifies field work, using new specific and innovative functions
- Integrates ArcGIS functionalities in the project (editing work, viewing commands, checking operations)
- Reduces time in post elaboration work and let to go faster in field.

The main tasks of the software are described in this paper and three case studies are presented: a geologic application about landslide hazard in cliff area not accessible, forest application about fired area and a topographic survey for updating a 1:2000 technical map.

### Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito ad una rapida evoluzione tecnica e tecnologica che ha cambiato il modo di fare il rilievo in campo. Le prestazioni dei sensori per il rilievo sono aumentate, la

produttività del lavoro di campo è incrementata e nello stesso tempo è incrementata anche la richiesta di raccogliere la maggior quantità di dati e informazioni degli oggetti rilevati.

Si tenga anche in considerazione l'affermazione dei sistemi GIS che, negli ultimi 10 anni, hanno inciso così tanto sulla richiesta di informazione geografica da permeare nelle più disparate branche della scienza e della conoscenza, provocando una sete di dati geografici e quindi una nuova e intensa richiesta di rilievi di nuovi dati, con la conseguente necessità di nuove e integrate attività di rilevamento.

Assistiamo oggi ad una rivoluzione del lavoro di campo. Fino a qualche anno fa erano impensabili strumenti capaci di misurare fino a 1000 metri senza prisma con precisioni angolari di 1". Erano del tutto impensabili le integrazioni di strumenti di misura come poter inquadrare una stazione totale in pochi secondi poiché integrata con un GPS doppia frequenza in modalità RTK.

La crescita prestazionale di tutte le tipologie di sensori (TPS, GPS, livelli digitali fino ai laser scanner) ha trasformato e semplificato il modo di fare il rilievo e i sistemi GIS, in particolare, si sono affermati come strumenti multi-disciplinari, trasversali a numerose professionalità tra cui quella del topografo.

Si stanno pertanto affermando nuove necessità e nuove potenzialità nel rilievo di campo, tanto da incrementare la necessità di definire un nuovo paradigma nel fare il rilevamento.

### **Leica Mobile MatriX**

Leica MobileMatriX (MMX) è una soluzione software per l'acquisizione, la visualizzazione e la manutenzione dei dati di rilevamento direttamente sul campo. MMX, basato sulla più recente tecnologia ArcGIS<sup>TM</sup> di ESRI<sup>®</sup>, è stato sviluppato per trovare un punto di contatto nel flusso di lavoro esistente tra i dati di campo e quelli d'ufficio. E' stato progettato specificamente per le esigenze dei rilevatori nella raccolta dati e per i professionisti del GIS. MMX permette di effettuare il controllo di qualità del dato geometrico in campo azzerando le spese di rivisitazione del sito. Rappresenta un'evoluzione della tecnologia GIS mobile e consente così di trasformare il GIS in un GIS Multi-Sensore. E' il primo GIS mobile che interagisce con differenti strumenti di misura, consentendo di mantenere un'elevata accuratezza geometrica nel *geodatabase*. Infatti, permette di eseguire misure di alta precisione tramite sensori GPS, stazioni totali, livelli digitali e laser range-finders e di creare o aggiornare le *feature class* del progetto GIS. In questo modo è possibile eseguire un rilievo topografico di precisione, georeferenziato nel sistema di proiezione e di coordinate desiderato ed inoltre consente di collezionare tutti i dati sui singoli oggetti rilevati. Sono pertanto integrate sia le esigenze di lavoro GIS che quelle topografiche, sia quelle di ufficio che quelle di campo, sia quelle di precisione che quelle di agilità e semplicità del rilevamento: tutte queste peculiarità identificano in Leica MobileMatriX la nuova concezione di un GIS multi-sensore. MMX rappresenta una soluzione unica nel suo genere (non esistono soluzioni integrate GIS multisensore così complete sul mercato), che agevola le attività di rilevamento topografiche e GIS mantenendo così elevati livelli di accuratezza e precisione insieme a una integrità topologica degli oggetti GIS. Questi i principali punti di forza:

1. Tutti i dati misurati durante il rilevamento sono archiviati nel *geodatabase* ESRI, annullando la necessità di conversione dei dati quando si passa da MMX a ArcGIS. Per garantire la massima compatibilità con tutti i sistemi, MMX consente di interagire con i dati provenienti da fonti diverse, come i sistemi CAD, gli Shapefiles e i dati Raster.
2. Eseguire un numero minore di misure, comporta un'economia nelle attività di campo. Questo nuovo concetto di editing utilizza un punto di misura per creare contemporaneamente più oggetti grafici appartenenti a tematismi diversi. La flessibilità della funzione *multiple feature*, consente all'utente di eseguire complesse azioni di rilevamento con un immediato feedback visivo, mantenendo un controllo sulla qualità e completezza del lavoro eseguito. Il risultato è un set di dati topologicamente corretto.

3. MMX memorizza nel *geodatabase* tutti le coordinate rilevate e calcolate e le relative informazioni di qualità, consentendo agli utenti di decidere quali coordinate utilizzare. Questo elimina la perdita di vecchie informazioni e permette di navigare in continuo nei valori calcolati. Sono pertanto operabili direttamente in campo le funzioni e le attività di controllo del rilievo. Questa funzionalità permette di ridurre (quasi azzerare) le attività di post elaborazione in ufficio. Vengono pertanto semplificate e integrate le attività in campo e ridotte le attività in ufficio.
4. MMX include anche funzioni COGO di facile utilizzo, visivamente interattive con le *feature class*. Le misure visualizzate nella mappa vengono memorizzate come misure nel *geodatabase*. Tra le principali funzioni COGO ricordiamo:
  - Delta XY, Direzione/Distanza e angolo tangente
  - Curva raccordo e curva circolare
  - Calcolo dell'intersezione
5. E' possibile mantenere sotto controllo gli standard di qualità del rilievo tramite funzioni di controllo disponibili direttamente sul campo e azioni d'acquisizione e revisione dati significativamente semplificate.

L'ambiente di lavoro in campo cambia: E' caratterizzato da un *Tablet PC* (preferibilmente *rugged*), con ArcGIS e MMX installati e qualsiasi sensore di misura necessario per il rilievo, preferibilmente *bluetooth* oppure collegato via cavo. Il lavoro di campo avviene direttamente sul *geodatabase* e i risultati del rilievo (sia in termine di punti battuti che di nuove *feature GIS*) si vedono direttamente sul campo, già inseriti nel sistema di coordinate prescelto. Il vertice della *feature* può essere 3D e può provenire da una o più misure effettuate con uno o più strumenti di misura (esempio posizione planimetrica da GPS e quota da livello digitale). Ciascuna *feature* può contenere qualsiasi tipo di informazione e dato e grazie a specifiche funzionalità come il *clone*, si risparmia tempo nell'inserimento di dati ripetitivi. MMX consente infine di gestire completamente il sensore; pertanto in campo non si portano più i dispositivi di controllo del sensore poiché tutti integrati nell'interfaccia *sw* direttamente nel *Tablet PC*.

I vantaggi offerti da MMX sono legati al nuovo metodo di fare il rilievo.

Per il topografo è una soluzione chiara e facile da usare che consente di tenere sotto controllo tutte le specificità delle misure, consente di controllare precisione e accuratezza direttamente in campo, consente di vedere in mappa il risultato del rilievo. Al contempo vengono create e salvate le *feature GIS* nel *geodatabase* così come vengono elaborati *report* analitici delle misure effettuate (libretto delle misure).

Per l'utente GIS l'innovazione di MMX è una sorprendente semplicità nel gestire, configurare e utilizzare sensori differenti con precisione millimetrica come fossero il mouse in ufficio; Accrescerà la consapevolezza che le attività di *data collector* si possono finalmente fare anche con altissima precisione, addirittura raffigurando visivamente il loro grado di accuratezza.

Per tutti gli utenti emerge, di fatto, la semplicità d'uso, il risparmio di tempo in campo e in ufficio, il completo controllo della componente GIS e di quella topografica.

Allo scopo di verificare sul campo gli ambiti di applicazione e gli effettivi benefici di MMX, presentiamo di seguito tre casi di studio.



Figura 1 – Operatore in fase di rilievo con GPS e Tablet PC

### **Rilievo speditivo di frane su pareti rocciose**

Nell'ambito di un Programma Interreg IIIa Alcotra Italia-Francia, è stato condotto da Arpa Piemonte il progetto PROVIALP (PROtezione della Viabilità ALPina), con l'obiettivo di individuare una metodologia per la prevenzione e gestione del rischio da caduta massi in ambiente alpino, da mettere a disposizione degli enti preposti alla sicurezza delle reti viarie, (strade, carreggiate, sentieri) al fine di minimizzare i rischi per persone o mezzi in transito sulle vie di comunicazione. Durante lo sviluppo del progetto ci si è scontrati con la necessità di caratterizzare fronti rocciosi su cui non era possibile effettuare misure dirette, in genere a causa delle difficoltà di accesso diretto alla parete. Inoltre, la necessità di ridurre al massimo i tempi per il rilevamento, hanno portato a sperimentare una metodologia specifica per il rilievo a distanza, mediante il supporto delle tecnologie di misura e di posizionamento integrate in uno strumento GIS.

Nel caso specifico sono stati utilizzati un ricevitore GPS (Leica ATX1230) doppia frequenza per il posizionamento e un *Laser Range Finder* (Leica Vector 1500) per la misurazione degli oggetti geologici in parete. Sfruttando le tecniche di correzione differenziale è stato possibile georiferire i punti di posizionamento della stazione di misura con precisione centimetrica, eseguendo il rilievo in modalità RTK o eventualmente post processato in ufficio. Il *Laser Range Finder* è un binocolo ad alta risoluzione ottica con integrati distanziometro laser (massima portata da 2 a 25 Km con precisione da 1 a 5 mt, a seconda del modello), bussola magnetica, e clinometro digitale. Il GPS consente di determinare accuratamente la posizione assoluta di stazionamento, mentre il *Laser Range Finder* determina tutte le componenti geometriche necessarie per il posizionamento in mappa degli oggetti che s'intendono rilevare, nel caso specifico: ubicazione delle principali discontinuità; identificazione dei principali cinematismi (potenziali ed avvenuti); stima delle altezze dei cinematismi evidenziati; stima dei volumi di materiale coinvolto; individuazione dei principali blocchi instabili; ubicazione delle opere di protezione e controllo presenti nel territorio.

Avendo creato opportunamente *feature classes* 3D nel progetto GIS, ciascun vertice rilevato ha una coordinata assoluta X,Y,Z con una accuratezza finale di  $\pm 1$  mt.

Sulla base dei dati rilevati sono stati successivamente eseguite delle elaborazioni, allo scopo di calcolare le dimensioni dei blocchi, misurarne le distanze dalla rete viaria, stimare la persistenza e la spaziatura delle fratture, estrapolare in 3D i punti misurati sui piani allo scopo di stimarne l'orientazione, ed eventualmente estrapolare piani opposti per individuare il volume dei potenziali blocchi instabili. Non è stato necessario svolgere alcuna ulteriore operazione di post-processamento dopo l'attività di terreno, ad esclusione di quelle necessarie per interpolare i dati (costruzione del DEM, estrapolazione dei piani individuati per valutare la eventuale presenza di potenziali cunei di distacco).

Nel complesso l'applicativo è risultato molto semplice nell'utilizzo e ben integrato nell'ambiente ArcGIS 9.2. Semplice e immediato l'interfacciamento ai sensori, comodo e pratico l'utilizzo della tecnologia *wireless*. Considerando il livello di precisione e accuratezza degli strumenti (centimetrico per il GPS e metrico per il *Laser Range Finder*), il rilievo finale può considerarsi idoneo all'uso per una scala di medio dettaglio (circa 1:5000). La configurazione utilizzata (*Tablet PC + MMX + GPS + Laser Range Finder*) si è dimostrata estremamente flessibile e pratica per qualsiasi esigenza (peso contenuto e durata batteria sufficiente per una giornata di lavoro, ben trasportabile in uno zaino). Nel complesso il metodo sperimentato si rivela una possibile soluzione per il rilievo speditivo e la caratterizzazione di pareti di difficile accesso, risultando più produttivo e preciso rispetto ad un rilievo "a distanza" senza l'ausilio di strumentazione e molto più rapido, sebbene decisamente meno dettagliato, rispetto ad un rilievo direttamente in parete o mediante *laser scanner*.

### **Rilievo di aree incendiate**

Secondo quanto previsto dalla Legge 353/2000 è obbligo istituire un catasto comunale delle aree percorse da incendio. Per fronteggiare questa esigenza, alla quale i Comuni non adempiono per

manca di mezzi, risorse e competenze, è stato avviato un servizio in forma associata da parte della Comunità Montana dell'Alto e Medio Metauro. La sperimentazione ha riguardato il rilievo degli incendi occorsi nell'estate 2007 nel territorio di uno dei comuni della Comunità Montana: Borgo Pace (PU). L'amministrazione, seppur dotata di una piattaforma GIS, di cartografia tecnica e di foto aeree, aveva la necessità di mettere a punto una metodologia di rilevamento rapido, con un buon grado d'accuratezza, semplice nell'uso e nella gestione.

Allo scopo è stata utilizzata, a livello sperimentale, la soluzione Leica MobileMatriX installata su un *Tablet PC* ed integrando l'utilizzo di una GPS doppia frequenza (Leica ATX1230).

La configurazione dell'antenna via *bluetooth* ha consentito di muoversi abbastanza agevolmente nell'area boscata. L'assenza di cavi e l'indipendenza del sensore dal tablet ha permesso di lavorare talvolta con un solo operatore (dotato di apposita pettorina per il sostegno del *tablet* al corpo) oppure con due operatori (sfruttando così le potenzialità del segnale senza fili fino ad un massimo di 6/8 metri).

MMX consente di effettuare il rilievo in modalità RTK o con correzione differenziale in post processing, adeguandosi così all'assenza del segnale UMTS (cosa che accade sovente, soprattutto nelle zone più interne dell'Appennino, come in questo caso specifico).

I principali risultati e benefici ottenuti sono:

- Risparmio di tempi e di costi del rilievo. Infatti seppur l'investimento nella soluzione proposta è rilevante, potrebbe essere facilmente ammortizzata per l'ampio spettro di applicazioni e per la possibilità di utilizzare la strumentazione in forma associata da parte della CM;
- Semplicità d'uso e facilità nell'effettuazione del rilievo anche da parte di operatori senza competenze specifiche (soprattutto lavorando in modalità RTK).
- Possibilità di integrare il rilievo con altre informazioni: dati, commenti e foto dell'area; sovrapposizione con i dati catastali per individuare i mappali interessati e i proprietari delle particelle interessate dall'incendio.
- Riduzione della possibilità di commettere errori in fase di rilievo e funzioni di controllo, anche visive, sul grado di accuratezza del rilievo, consultabili direttamente in campo.

### **Aggiornamento della CTR**

Il circondario empolese valdelsa (con sede a Empoli) è un Ente intermedio di istituzione regionale che svolge alcune competenze di ordine provinciale e gestisce alcuni uffici associati per alcune competenze comunali (tra cui SIT, Informatica, VV.UU).

L'ufficio SIT del circondario si trova ad utilizzare la cartografia regionale disponibile:

La Carta Tecnica Regionale, prodotta dai primi anni '90 in formato digitale alle scale 1:10.000 con copertura l'intero territorio e la CTR 1:2.000 con copertura solo delle aree urbane. Le operazioni di aggiornamento sono state effettuate solo raramente spesso in occasione della redazione di strumenti urbanistici.



Figura 2 – La squadra di rilevamento delle aree interessate da incendi boschivi

Questo territorio ha assistito ad un ampliamento urbanistico e industriale molto forte e in alcuni casi rapidissimo nei tempi, tanto che ci si trova talvolta ad osservare che la CTR al 2.000 è completamente priva di zone industriali o di nuove aree di espansione dei centri urbani.

Considerata l'importanza della cartografia di base per qualsiasi tipo di attività cartografica e di gestione del territorio, l'ufficio SIT del circondario ha valutato la necessità di effettuare un aggiornamento.

Considerato peraltro che il circondario era già in possesso di sensori di misura (Stazione Totale, GPS doppia frequenza e Disto), si è valutata l'idea di applicare MMX per l'aggiornamento della CTR 2.000.

A tal scopo sono state caricate tutte le sezioni originali e, sulla base delle specifiche originali del rilievo seguite in fase di restituzione aerofotogrammetria, sono stati create nel progetto GIS le *feature class* che si intendevano aggiornare, con i relativi codici e relative impostazioni grafiche.

L'inquadramento a terra delle stazioni è stato rapido e molto agevole poiché integrato con il GPS e immediatamente trasformato nel sistema di riferimento su cui la stessa CTR è impostata (Gauss Boaga Roma 40, fuso EST). Pertanto in fase di rilievo l'operatore vedeva la corrispondenza del punto o dell'oggetto rilevato rispetto all'orotofoto georeferenziata e alla CTR originale.

Estremamente utile è stata la possibilità di integrare e passare dall'uso di un sensore di misura all'altro. Se infatti il GPS è risultato comodo ed agevole per il rilievo dei marciapiedi, nelle vie più strette, ove il segnale GPS risultava scadente, si eseguiva il rilievo con la stazione totale passando da uno strumento all'altro con un semplice click.

Altro risultato del tutto innovativo e molto utile (soprattutto in ambito GIS), è stata la possibilità di utilizzare funzionalità specifiche per eseguire un rilievo topografico e topologico allo stesso tempo. La funzione *multiple feature* infatti, consente di associare a più *feature* contemporaneamente le coordinate di un punto misurato. Quindi, ad esempio il vertice comune tra marciapiede, strada e tombino, era misurato con un punto e le coordinate calcolate erano attribuite contemporaneamente alle tre *feature* (puntuale per il tombino, areale per il marciapiede e lineare per il bordo strada). Questa funzionalità permette al contempo di ottimizzare la modalità di esecuzione del rilievo con ottime performance, risparmiando tempo e la possibilità di errore.

Topologicamente questo approccio è congruente, poiché due oggetti adiacenti avranno lo stesso numero di vertici con le stesse coordinate e questa tecnica di rilievo assicurerà una corretta topologia tra *feature* della stessa *feature class* ma anche di differenti *feature classes*.

Il risultato ottenuto è stato marcatamente positivo poiché d'elevata precisione, effettuato con rapidità in campo e con risultati facilmente integrabili con la cartografia esistente.

Tale approccio è risultato efficace ed efficiente considerando peraltro le economie e i tempi in gioco per l'eventuale esecuzione di un nuovo rilievo LIDAR o aerofotogrammetrico dell'intero territorio del circondario.

## **Conclusioni**

Leica Mobile MatriX è una soluzione unica nel suo genere. Ha dimostrato un'elevata capacità di adattamento ai più diversi ambiti di applicazione. Il principale punto di forza è l'integrazione tra tutti i sensori di misura e una piattaforma GIS robusta e diffusa quale ArcGIS.

MMX offre un innovativo modo di fare rilevamento, riduce i tempi di attività in campo, e si pone come un nuovo paradigma nell'attività di campo, sia per i topografi, che possono mantenere elevate le precisioni e le accuratezze, sfruttare appieno delle caratteristiche tecniche dei sensori visualizzando immediatamente sul campo il risultato del loro lavoro e integrandolo con altri tematismi GIS, sia per gli operatori GIS che scopriranno come è facile passare dal mouse all'utilizzo di un sensore di misura per eseguire il rilievo ottenendo risultati di indubbia e forse inattesa qualità posizionale.