

Sistemi GPS/GIS per l'aggiornamento delle informazioni geografiche

- Nella letteratura tecnica e scientifica un sistema GIS (Geographic Information System) viene spesso descritto utilizzando la seguente definizione: "Complesso di hardware, procedure software, e personale tecnico in grado di acquisire dati, tenerli aggiornati e gestirli, con lo scopo di produrre informazioni in base alle quali poter prendere qualunque tipo di decisione riguardante il territorio" (Burrough P. A., 1986).

Da questa definizione, appare chiaro che gli utenti di un sistema GIS, tra le altre cose, devono essere in grado di acquisire e mantenere aggiornati i dati e le informazioni territoriali di interesse. Si tratta di un compito tutt'altro che facile, che richiede notevoli investimenti di uomini e di mezzi, soprattutto tenendo conto che andrebbero rilevate, e quindi mantenute aggiornate, sia la componente geometrica che la componente alfanumerica descrittiva ad essa normalmente associata. Dal punto di vista delle tecniche e delle modalità di rilievo da adottare (rilievo fotogrammetrico, rilievo diretto con stazioni totali, sistemi satellitari, ecc.) risulta molto importante seguire una procedura completa che, partendo dalla scelta degli oggetti da rilevare e passando attraverso l'esecuzione del rilievo stesso, consenta in modo automatico l'inserimento e l'aggiornamento delle informazioni nel database del GIS.

In quest'ottica, negli ultimi anni si sono sempre più sviluppati particolari apparati di posizionamento satellitare GPS (Global Positioning System) "specializzati" nell'acquisizione di dati per i sistemi GIS. Tali apparati, denominati "Sistemi GPS/GIS", rappresentano in pratica un'integrazione tra due mondi: quello dell'acquisizione e del rilievo diretto sul terreno, rappresentato dal GPS, e quello della visualizzazione, analisi, ed elaborazione dei dati territoriali, rappresentato dai sistemi GIS. Essi, infatti, consentono l'acquisizione di informazioni territoriali, geometriche e descrittive, strutturate secondo le logiche dei GIS. L'unione tra l'ambiente GPS e l'ambiente GIS ha portato a tali sinergie, almeno per alcune applicazioni, che si può affermare sia ormai nata una vera e propria disciplina "GPS&GIS", con tanto di convegni internazionali specifici, corsi, seminari, e libri sull'argomento (ad

esempio Kennedy M., 1996). Non a caso, negli ultimi 2-3 anni, tutte le principali case produttrici di apparati GPS hanno introdotto sul mercato mondiale un loro Sistema GPS/GIS.

Le applicazioni dei Sistemi GPS/GIS che fino ad ora hanno incontrato il maggiore interesse, sono relative al rilievo del patrimonio stradale (Catasto stradale: segnaletica verticale ed orizzontale, barriere di protezione, manufatti, ecc.), al rilievo del verde per parchi ed aree naturalistiche (Catasto del verde), al posizionamento di oggetti puntuali di vario genere come idranti, tombini, ecc. Si tratta di applicazioni per le quali è normalmente richiesta una precisione di posizionamento planimetrica medio bassa, variabile da 1 a 10 metri. Per raggiungere tali precisioni, nei Sistemi GPS/GIS, vengono utilizzati apparati GPS con caratteristiche e costi limitati.

Nel seguito, grazie a numerose prove sperimentali durante le quali sono stati utilizzati i più diffusi Sistemi GPS/GIS presenti sul mercato italiano (Trimble Pathfinder PRO XR, Leica MX8600, Ash-tech Reliance, Novatel GISMO, Magellan ProMARK X), vengono descritte le principali componenti, funzioni e proprietà di un generico Sistema GPS/GIS. Inoltre, tali Sistemi sono stati utilizzati in diverse applicazioni di rilievo stradale, in un'ottica di acquisizione dati per la realizzazione di un Catasto Stradale numerico (reso obbligatorio, per gli Enti proprietari, dal Nuovo Codice della Strada entrato in vigore il 1° ottobre 1993). Sulla base di queste prove vengono illustrate le diverse fasi da seguire nell'acquisizione dei dati, e vengono indicate le principali caratteristiche e funzioni che un Sistema GPS/GIS dovrebbe possedere, a nostro avviso, per questo genere di applicazioni.

Potenzialità di un sistema GPS/GIS

I Sistemi GPS/GIS nascono, come detto, per soddisfare le esigenze degli utenti di sistemi GIS nell'ambito dell'acquisizione e dell'aggiornamento rapido di dati territoriali. Un GPS/GIS è, infatti, un sistema che consente l'acquisizione di informazioni territoriali, sia geometriche che alfanumeriche, strutturate secondo le logiche dei database informativi e, per questo motivo, particolarmente adatte a soddisfare le esigenze degli utenti GIS.

Come è ben noto, le informazioni territoriali sono suddivisibili nella componente geometrica e nella componente descrittiva di tipo alfanumerico. A sua volta la componente geometrica può essere suddivisa nelle entità geometriche elementari (features): punti, linee ed aree (figura 1).

A ciascuna di queste entità possono essere associati attributi descrittivi complessi in formato numerico, alfanumerico, a menù, di data, ecc.. L'utente del GIS decide, sulla base delle proprie esigenze informative, quali features geometriche andranno acquisite durante il rilievo GPS/GIS e quali attributi descrittivi potranno essere associati ad esse. Ad esempio, un'entità puntuale potrebbe essere un segnale stradale, con i seguenti attributi descrittivi: "tipo di segnale", "stato di manutenzione", "Ente proprietario", ecc..

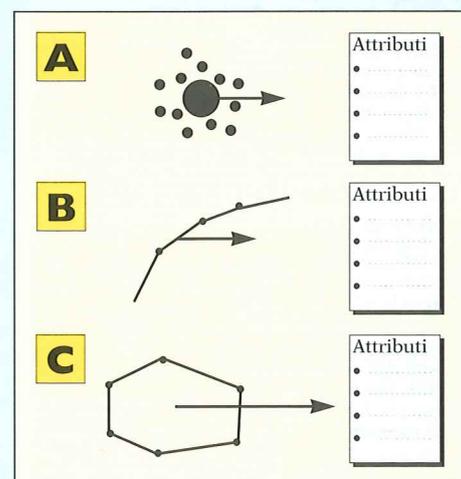


Figura 1 - Entità geometriche elementari (features) ed attributi descrittivi ad esse connesse; con un sistema GPS/GIS le entità puntuali (a) sono ottenute come media di posizioni in statico, le entità lineari (b) sono ottenute unendo con una linea le posizioni in cinematico, e le entità areali (c) sono ottenute con una linea che unisce le posizioni in cinematico ed il cui ultimo punto coincide con il punto iniziale.

Un'entità lineare potrebbe essere un sentiero od un percorso naturalistico, con attributi descrittivi: il nome del sentiero, il tipo di contesto paesaggistico, ecc. L'insieme delle entità geometriche elementari e degli attributi descrittivi è chiamato, in gergo, dizionario (Data Dictionary) o catalogo.

Un Sistema GPS/GIS, pertanto, è un sistema che consente la creazione, a monte del rilievo, di un Data Dictionary più o meno complesso, il quale verrà agevolmente richiamato ed utilizzato durante la fase di acquisizione e rilievo dei dati territoriali.

Principali componenti di un sistema GPS/GIS

Generalmente un Sistema GPS/GIS è suddivisibile in tre componenti fondamentali (figura 2):

- apparato di acquisizione GPS, costituito da: antenna ricevente, scheda GPS vera e propria, batterie e cavi di collegamento;
- unità di registrazione e di controllo (Data Logger), può essere costituita anche da un PC portatile o Pentop, con all'interno software GPS/GIS per il controllo dell'apparato GPS e per la gestione del rilievo;
- software GPS/GIS su PC, per la costruzione del Data Dictionary, l'elaborazione dei dati GPS, la visualizzazione, l'editing e l'esportazione dei risultati del rilievo.

Nel seguito, ciascuna delle tre componenti viene descritta in dettaglio.

● Il ricevitore GPS

Per "assemblare" un Sistema GPS/GIS viene normalmente utilizzato un ricevitore GPS di classe medio-bassa con preci-

sione variabile da 0.5-10 m CEP (Circular Error Probable), ottenuta in modalità Differenziale DGPS con acquisizione singola.

Analizzando l'insieme dei prodotti attualmente disponibili sul mercato si osserva che, sulla base dell'apparato GPS, i Sistemi GPS/GIS possono essere suddivisi in due grandi categorie:

1. ricevitori GPS monofrequenza a 6-8 canali, con precisioni variabili da 3 a 10 m o migliori; si tratta di strumenti semplificati e di facile uso, caratterizzati dall'aver dimensioni limitate (a volte sono dei veri e propri palmari), con scheda GPS, Data Logger, batterie ed antenna, incorporati in un'unica unità (anche se per alcuni di essi è previsto il collegamento ad antenna esterna); possono essere collegati a PC per il trasferimento e l'elaborazione dei dati e normalmente accettano in ingresso (tramite apparato radio modem) le correzioni differenziali in formato standard RTCM-SC104 per il DGPS in tempo reale (correzioni differenziali provenienti direttamente da stazioni permanenti oppure tramite una rete di satelliti dedicati). Questi strumenti lavorano sulla base del solo codice C/A. Si tratta di strumenti dal costo variabile da 1 a 7 milioni di lire. Appartengono a questa classe i ricevitori: GeoExplorer della Trimble, MX 8600 della Leica, Turbo-G1 della Topcon, ProMark X Magellan;

2. ricevitori GPS monofrequenza a 8-12 canali, con precisioni variabili da 0.5 a 3 m o migliori; per questi apparati vengono utilizzate schede GPS di caratteristiche medie, normalmente in grado di utilizzare le misure di fase per registrare e memorizzare un codice C/A che viene detto "lisciato" (code smoothing) normalmente più preciso. A differenza dei ricevitori precedenti, per questa seconda ca-

tegoria di apparati le schede vengono inserite in un contenitore, dalle dimensioni limitate, insieme, in alcuni casi, alle sole unità di memoria. Le batterie, l'antenna GPS ed il Data Logger sono elementi separati, come riportato in figura 2. Sul contenitore vi sono solo pochi LED che hanno la funzione di segnalare l'accensione del ricevitore e la normale ricezione satellitare. Le informazioni riguardanti i satelliti, posizione e velocità dell'operatore ed altro ancora, vengono lette direttamente sul display del Data Logger. A causa del peso dell'insieme batterie + contenitore con scheda GPS, questa classe di Sistemi GPS/GIS viene tipicamente corredata di uno zainetto che consente di trasportare il sistema a spalla. Grazie allo zainetto l'operatore ha le mani libere ed è facilitato nell'uso del Data Logger. Tali sistemi possono essere dotati di apparati radio modem per la ricezione delle correzioni differenziali in tempo reale e, in alcuni casi, possono essere collegati a vari strumenti o sensori ausiliari come, ad esempio, un distanziometro laser (per il rilievo a distanza di oggetti), un sensore geiger, ecc. Questi Sistemi GPS/GIS hanno un costo variabile da 10 a 30 milioni di lire. Appartengono a questa classe di strumenti i ricevitori: Reliance della Ashtech, GISMO della Novatel, Pathfinder della Trimble (figura 3).

● I Data Logger

I Data Logger (o Data Collector) sono dei piccoli computer portatili (possono, infatti, essere sostituiti da un PC portati-

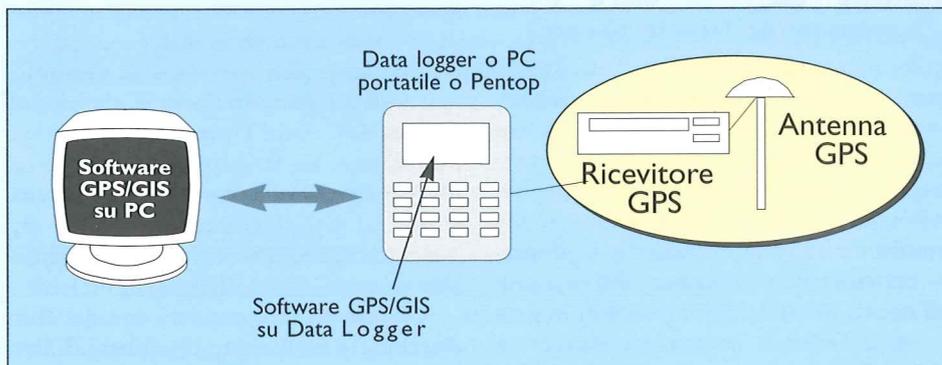


Figura 2 - Principali componenti di un Sistema GPS/GIS; nei sistemi più semplificati il ricevitore GPS, l'antenna ed il Data Logger sono incorporati in un'unica unità dalle dimensioni molto ridotte.



Figura 3 - Alcuni Sistemi GPS/GIS, da sinistra verso destra: il Reliance Ashtech, il Gismo Novatel ed il Pathfinder Trimble (in primo piano i tre Data Logger).

le), dotati di: sistema operativo (di solito una vecchia versione del DOS), memoria RAM, batterie alcaline e/o al Ni-Cd ricaricabili, porte seriali RS232 per il collegamento a PC, porta dedicata per il collegamento all'unità GPS (quando non integrata), display grafico a cristalli liquidi, tastiera alfanumerica per l'input dei dati completata in alcuni casi con una penna ottica per la lettura dei codici a barre, ed un software particolare che chiameremo software GPS/GIS su Data Logger per distinguere da quello su PC descritto nel seguito.

Il software GPS/GIS su Data Logger ha la duplice funzione di gestire l'apparato GPS e di consentire la realizzazione di un rilievo strutturato secondo le entità e gli attributi GIS presenti nei Data Dictionary.

In particolare, per quanto riguarda il GPS, esso deve fornire informazioni sulla configurazione satellitare (numero di satelliti visibili e loro posizione, stato di salute, PDOP, GDOP, ecc.) sulla posizione e velocità dell'antenna GPS, ecc. Inoltre, deve consentire l'impostazione di alcuni importanti parametri che influiscono sul rilievo: maschere di elevazione (cut-off), maschere del PDOP e/o GDOP, numero minimo di satelliti, altezza antenna GPS, ecc..

Per quanto riguarda la componente GIS, il software GPS/GIS Data Logger consente di associare ad un rilievo GPS un determinato Data Dictionary (creato tramite il software GPS/GIS su PC). All'interno del Data Dictionary l'operatore potrà selezionare l'entità geometrica (feature) da rilevare associando ad essa gli opportuni attributi descrittivi introdotti direttamente sul terreno.

● Il software GPS/GIS su PC

Le principali funzioni del software GPS/GIS su PC sono:

- creazione del Data Dictionary, tramite il quale vengono strutturate le entità geometriche elementari da rilevare e vengono definiti gli attributi descrittivi. In fase di creazione del dizionario è possibile impostare il formato degli attributi (testuale alfanumerico, numerico, a menù, ecc.) ed è possibile introdurre alcuni vincoli sui valori che l'operatore può inserire durante il rilievo (valore massimo e minimo, valore di default, ecc.);
- collegamento, tramite porta seriale RS232, tra PC e GPS e/o Data Logger

per il trasferimento dei Data Dictionary e per lo scarico dei dati rilevati;

- elaborazioni in post-processing dei rilievi GPS (tranne nel caso del DGPS in tempo reale);
- visualizzazione ed editing dei rilievi realizzati;
- interrogazioni semplici delle entità rilevate con visualizzazione dei relativi attributi descrittivi introdotti durante il rilievo;
- export delle informazioni territoriali rilevate, geometriche ed alfanumeriche, nei principali formati GIS e CAD (ArcINFO, DXF, dBASE, GRASS, SHP, MIF, ecc.).

E' importante osservare che il software GPS/GIS su PC non è un GIS vero e proprio, pur avendone alcune funzioni tipiche.

La fase di acquisizione dei dati: un esempio di rilievo per la realizzazione di un Catasto Stradale

Per comprendere a fondo le funzionalità di un generico Sistema GPS/GIS sono state realizzate numerose prove sperimentali con l'obiettivo di acquisire dati per un "Catasto Stradale".

Il diagramma di figura 4 riporta le più importanti fasi seguite durante i test sperimentali; tale diagramma rispecchia la procedura che può essere normalmente adottata per acquisire dati territoriali da introdurre in un GIS (si fa l'ipotesi di elaborare i dati in post-processing, cioè, di non avere le correzioni differenziali in tempo reale). Nel seguito ogni fase viene descritta nel dettaglio.

● Progetto del rilievo e creazione del Data Dictionary

In questa prima fase si definiscono "a tavolino", sulla base dei modelli concettuali, logico e fisico del GIS in cui andranno a confluire i dati, le entità geometriche elementari da rilevare, gli attributi descrittivi associati ed i valori ammissibili per questi ultimi. Il progetto del rilievo va realizzato insieme con gli utenti finali del GIS: gli unici in grado di definire le esigenze informative che il GIS stesso dovrà soddisfare. Entità geometriche, attributi descrittivi e valori predefiniti costituiscono, come

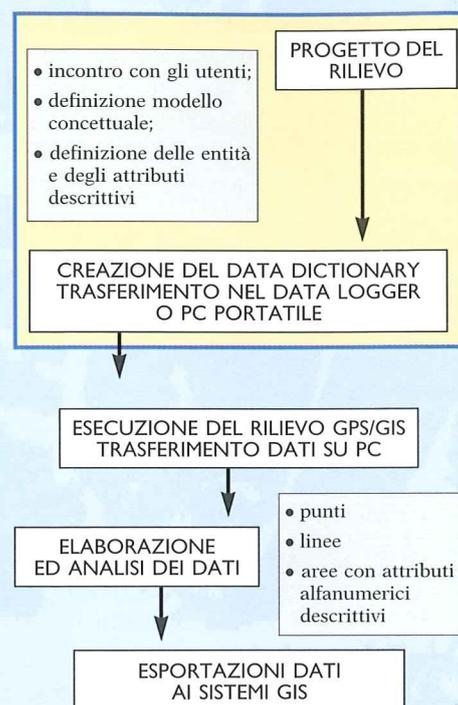


Figura 4 - Le diverse fasi di acquisizione dei dati con un Sistema GPS/GIS.

già affermato, un dizionario da utilizzare durante il rilievo.

Nella prova realizzata, grazie ad alcuni incontri con i tecnici dell'Ufficio Viabilità dell'Amministrazione Provinciale di Ferrara, è stato definito un semplice dizionario degli oggetti da rilevare nell'ambito della realizzazione di un prototipo di Catasto Stradale numerico. Un estratto di tale dizionario è illustrato nella tabella 1, da cui si osserva che le entità geometriche sono suddivise in entità puntuali (es. segnale verticale, cartello pubblicitario), lineari (es. tronco stradale) ed areali (es. parcheggio). Ogni entità è normalmente caratterizzata da uno o più attributi descrittivi che possono essere di tipo alfanumerico, numerico, o a menù (con valori predefiniti e selezionabili a scorrimento).

Una volta definite le entità geometriche e gli attributi da rilevare, si passa alla creazione vera e propria del dizionario attraverso il software GPS/GIS su PC. La figura 5 illustra una fase di creazione di tale dizionario con uno dei software GPS/GIS utilizzati (il Pathfinder Office, ver. 1.1 della Trimble).

Terminata la composizione del Data Dictionary esso viene trasferito al Data Logger tramite porta seriale RS232 (a meno di non utilizzare direttamente un PC portatile al posto del Data Logger).

ENTITÀ GEOMETRICA	Tipologia entità	ATTRIBUTI	Tipologia attributi	Valori predefiniti
TRONCO STRADALE	lineare	<ul style="list-style-type: none"> Numero corsie Stato pavimentazione Segnaletica orizzontale 	numerico menu menu	- buono, discreto, da ripristinare presente, non presente
PARCHEGGIO	areale	<ul style="list-style-type: none"> Posti auto 	numerico	-
SEGNALE VERTICALE	puntuale	<ul style="list-style-type: none"> data installazione condizione tipo 	numerico menu menu	- buono, discreto, da ripristinare presente, non presente
CARTELLO PUBBLICITARIO	puntuale	<ul style="list-style-type: none"> data installazione condizione tipo 	numerico menu menu	- buono, discreto, da sostituire

Tabella 1: estratto del dizionario utilizzato nelle prove sperimentali di acquisizione dati per un Catasto Stradale.

Esecuzione del rilievo GPS/GIS

Prima di iniziare un rilievo GPS/GIS è necessario impostare alcuni parametri di configurazione:

- maschere di elevazione (cut-off), maschera di PDOP e numero minimo di satelliti;
- intervallo di acquisizione per le entità puntuali (ad esempio un'epoca al secondo) e per quelle lineari ed areali (ad esempio un'epoca ogni 5 secondi);
- numero minimo di posizioni da acquisire per le entità puntuali (ad esempio 30 posizioni);
- Data Dictionary da associare al rilievo stesso.

Nelle sperimentazioni eseguite i Sistemi GPS/GIS sono stati montati su auto (tramite un supporto magnetico per l'antenna) o su un motorino opportunamente attrezzato. Durante il rilievo, l'operatore al GPS, per mezzo del software GPS/GIS su Data Logger, seleziona nel Data Dictionary la primitiva geometrica da rilevare ed introduce o seleziona i valori degli attributi descrittivi da associare alla componente geometrica stessa.

Nella nostra applicazione, il rilievo è iniziato con l'acquisizione della primitiva "TRONCO STRADALE", che viene rilevata in movimento (cinematico, con velocità di rilievo di circa 40 Km/h) acquisendo una posizione (o epoca) ogni 5 secondi. Ogni tronco è contraddistinto da determinati valori degli attributi (Numero corsie, Stato pavimentazione, Segnaletica orizzontale); al variare delle caratteristiche della strada (si supponga, ad

esempio, che lo "Stato pavimentazione" passi da "buono" a "da ripristinare"), l'operatore termina il rilievo del tronco precedente ed avvia il rilievo di un successivo tronco stradale introducendo i nuovi valori degli attributi. In prossimità della segnaletica verticale e dei cartelli pubblicitari (entità puntuali), il rilievo del tronco stradale viene temporaneamente messo in pausa, e le entità puntuali vengono rilevate per mezzo di un rilievo in modalità statica con tempi di permanenza di circa 30 secondi (con un'acquisizione al secondo); dalle prove si è verificato che 30 secondi sono un tempo sufficiente per l'introduzione (grazie al dizionario) degli attributi descrittivi.

Durante i rilievi stradali sono risultati molto utili alcune funzioni del software GPS/GIS su Data Logger, funzioni che contribuiscono a caratterizzare i Sistemi GPS/GIS, in particolare:

- funzione "Pausa", per interrompere la registrazione del rilievo (utile per impedire che si creino delle nuvole di punti in caso di soste forzate, come ad esempio ad un semaforo);
- rilievo dei "Punti in Prossimità"

(Nested Point), per rilevare un'entità puntuale in prossimità di un'entità lineare o areale senza interrompere il rilievo di queste ultime ma semplicemente mettendolo in pausa (utilizzata per il rilievo di tutte le entità puntuali lungo i tronchi stradali);

- rilievo dei "Quick Mark", per rilevare una singola posizione "al volo" senza interrompere in alcun modo il rilievo; ai Quick Mark può essere associato come attributo solo un semplice testo alfanumerico predefinito (ad esempio: per il rilievo dei pali della luce in un viale urbano, o delle centraline SOS lungo un'autostrada);
- funzione "Ripetizione", per ripetere l'ultima entità rilevata (ad esempio: due cartelli uguali uno di seguito all'altro); è importante che sia possibile modificare i valori degli attributi dell'entità ripetuta (nell'esempio precedente si supponga che i due cartelli differiscano solo per le condizioni dello stato di usura del pannello, in tal caso la funzione di ripetizione risulta molto comoda purché sia possibile modificare il valore dell'attributo "condizione cartello");
- funzione "Segmentazione", consente la segmentazione di entità lineari, cioè, la suddivisione della linea in tronchi, ciascuno caratterizzato da valori differenti per uno o più attributi, con il punto iniziale del nuovo tronco automaticamente coincidente con il punto finale dell'ultimo (molto utile nelle applicazioni stradali).

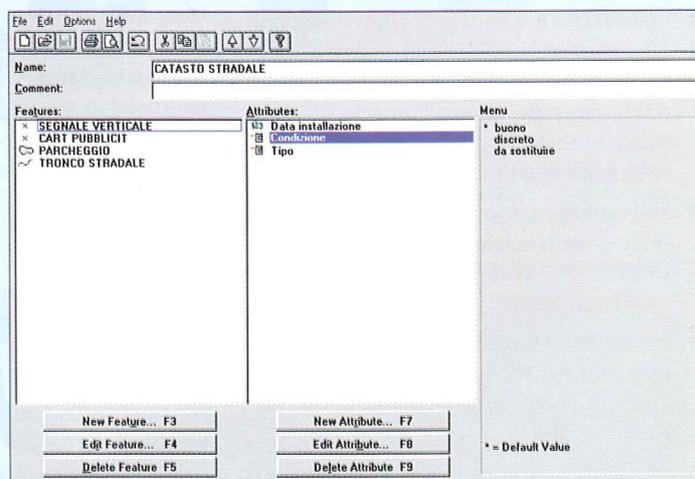


Figura 5 - Costruzione del dizionario con il software GPS/GIS su PC del sistema Pathfinder TRIMBLE. Sono evidenziati gli attributi della features "SEGNALE VERTICALE", ed in particolare l'attributo a menù "Condizione" i cui valori possibili sono: "buono", "discreto", "da sostituire".

Terminato il rilievo, i dati vengono trasferiti, via porta seriale RS232, dal GPS e/o dal Data Logger al software GPS/GIS su PC.

Dalle sperimentazioni realizzate si è verificato che un operatore esperto di Sistemi GPS/GIS è in grado di rilevare mediamente circa 15 Km di strada (in andata e ritorno, acquisendo tutti gli oggetti di interesse descritti nella tabella 1) in una giornata di lavoro.

● Elaborazione ed analisi dei dati

La fase di elaborazione viene compiuta in laboratorio utilizzando la componente software GPS/GIS su PC. Per elaborare i dati in post-processing è necessario, come prima cosa, importare le misure della stazione GPS di base (che possono anche essere nel formato di interscambio RINEX) ed introdurre le sue coordinate note. Si avvia, quindi, l'elaborazione dei dati (applicazione delle correzioni differenziali), elaborazione che avviene in modo completamente automatico, secondo la precisa scelta di facilitare il più possibile l'uso dei Sistemi GPS/GIS da parte di utenti non particolarmente esperti di GPS e delle sue osservabili.

Elaborati i dati, il software GPS/GIS su PC consente la visualizzazione, l'analisi e l'editing del rilievo eseguito. Sulla base delle esperienze realizzate, si ritiene che la componente software GPS/GIS su PC debba consentire di:

- aprire e visualizzare contemporaneamente più files di rilievo (ad esempio per unire rilievi di una stessa strada eseguiti in più sessioni);
- visualizzare a video il rilievo sia con "finestre mappa" (con le classiche funzioni di zoom, pan, misura distanza, ecc.), sia con "finestre tempo" (in cui viene evidenziata la sequenza temporale delle entità rilevate);
- selezionare ed interrogare, su entrambe le finestre, le entità geometriche rilevate, con visualizzazione dei relativi attributi descrittivi;
- intervenire con operazioni di editing per modificare le entità geometriche ed i valori degli attributi introdotti durante il rilievo;
- per ogni entità, ottenere informazioni riguardanti la data, l'ora ed il periodo di rilievo; inoltre, per le entità puntuali ottenere informazioni sulla precisione stimata, per le entità lineari

sulla lunghezza della linea rilevata, e per le entità areali sulla lunghezza del perimetro e sull'area rilevata.

Una funzione fondamentale del software GPS/GIS su PC è l'applicazione di filtri sulle entità geometriche rilevate, in modo da visualizzare a video (anche con diverso simbolismo grafico) solo le entità con determinati valori degli attributi introdotti (ad esempio, si può visualizzare solo le entità lineari "TRONCO STRADALE" con valore "da ripristinare" dell'attributo "Stato pavimentazione"). Altri filtri consentono l'eliminazione di posizioni non corrette, o corrette soltanto in 2D (presenza di solo tre satelliti), oppure con valori dei fattori DOP o della precisione calcolata superiori ad un determinato valore di soglia.

Ed ancora, il software GPS/GIS su PC deve consentire di impostare correttamente il sistema di coordinate da utilizzare. In tal senso deve avere un elevato numero di Datum e di sistemi di proiezione, ma soprattutto deve consentire l'utilizzo di un Datum locale con l'introduzione dei parametri necessari per passare dal sistema WGS84 al sistema locale.

● Esportazione dati al sistema GIS

L'ultima fase di un rilievo GPS/GIS prevede l'esportazione delle informazioni territoriali rilevate (geometriche e descrittive) in un formato GIS standard interpretabile dal software GIS utilizzato.

In questa fase, sulla base al solito delle esperienze realizzate, si può osservare che un Sistema GPS/GIS deve garantire l'esportazione (anche con applicazione di filtri sulle entità e/o sulle posizioni), nei principali formati GIS proprietari, soprattutto, in quelli in cui componente geometrica e componente descrittiva dei dati sono compresi in un unico file, oppure, in una combinazione di file posti automaticamente in relazione tra loro (ad esempio il formato SHP per ArcView, il formato MIF per MapINFO, ecc.).

D'altronde, considerato l'elevato numero di formati GIS proprietari, non è pensabile che un Sistema GPS/GIS sia in grado di esportare i dati in ciascuno di essi, è, quindi, indispensabile prevedere, per ogni entità geometrica, un'uscita dati in formato testo (ASCII), con delimitatori standard (carattere di tabulazione, virgola, ecc.) tali da separare coordinate ed attributi. Sarà poi l'utente del GIS a ricostruire le entità ponendole successiva-

mente in relazione con i corrispondenti attributi descrittivi.

Conclusioni

L'analisi delle caratteristiche dei Sistemi GPS/GIS e le prove realizzate hanno messo in evidenza le notevoli potenzialità di questi Sistemi nell'acquisizione di dati per applicazioni GIS. In conclusione, si può ritenere che una delle caratteristiche più importanti di questi Sistemi sia la loro relativa facilità d'uso che consente di avvicinare l'utente finale del sistema GIS al mondo dell'acquisizione del dato.

Ringraziamenti

Si ringraziano le Ditte Codevintec Italiana, Geotop, Communication Technology per avere gentilmente messo a disposizione gli apparati GPS utilizzati nel corso delle prove sperimentali. Si ringrazia inoltre il personale dell'Ufficio Viabilità dell'Amministrazione Provinciale di Ferrara per la collaborazione nella definizione del dizionario delle entità da rilevare.

BIBLIOGRAFIA

1. BITELLI G., PELLEGRINELLI A. (1995); "GIS georeferencing by GPS"; Proceedings ISPRS - Workshop "Multimedia GIS Data", CISM n. 135, Udine, pp. 128-140;
2. BITELLI G., PELLEGRINELLI A. (1996); "Esperienze di rilievo DGPS in tempo reale nell'acquisizione dei dati per un GIS"; Bollettino SIFET n. 3/96;
3. BURROUGH P. A. (1986); "Principles of GIS for land resources Assessment";
4. GATTI M., PELLEGRINELLI A., RUSSO P. (1996); "The GPS for road maintenance GIS"; Reports on Surveying and Geodesy" - Nautilus - Bologna, pp. 377-389;
5. LEICK A. (1990); "GPS satellite surveying"; John Wiley and Sons, New York;
6. KENNEDY M. (1996); "The Global Positioning System and GIS. An Introduction"; - ANN ARBOR PRESS, INC-USA; ISBN: 1-57504-017-4;
7. WELLS D. (1987); "Guide to GPS"; New Brunswick; Canadian GPS Associates; ISBN 0-920-114-73-3.

Marco Gatti, laureato in Ingegneria Civile - Idraulica nel 1987 presso l'Università degli Studi di Bologna, ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Scienze Geodetiche e Topografiche nel 1994. È ricercatore confermato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara, ha lavorato presso il Servizio Geodetico dell'AGIP s.p.a. di Milano ed insegnato Topografia presso gli Istituti Tecnici per Geometri, membro del Consiglio Direttivo della Sezione SIFET di Ferrara, autore di una quarantina di pubblicazioni scientifiche su autorevoli periodici italiani ed esteri.

Alberto Pellegrinelli, laureato in Ingegneria Civile - Trasporti nel 1994 presso l'Università degli Studi di Bologna, nel 1998 ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze Geodetiche e Topografiche discutendo una tesi dal titolo: "GPS/GIS il GPS come sistema di acquisizione dati in ambiente GIS - Realizzazione di un Catasto Stradale". Autore di quindici pubblicazioni su periodici italiani ed esteri. Attualmente collabora alle attività didattiche dei corsi di Topografia e di Fotogrammetria della Facoltà di Ingegneria di Ferrara e con l'Amministrazione Provinciale di Ferrara (Settore Viabilità).