SIFET

SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA

CONVEGNO NAZIONALE

Dal rilevamento fotogrammetrico ai data base topografici

ATTI DEL CONVEGNO

Arezzo
Sala Sant'Ignazio
Palazzo Vincenzi

27
28 | 06.2007
29

ASITA

ESEMPIO GIS PER UNA MIGLIORE FRUIZIONE DA PARTE DEGLI OPERATORI DEI DATI GREZZI IN OUTPUT DA UN MMS

***G.Caroti, *A.Piemonte**

*Sede di Topografia e Fotogrammetria – Dipartimento di Ingegneria Civile – Università di Pisa
e-mail g.caroti@ing.unipi.it– tel. +390502217771

KEY WORDS: Catasto stade, *IMU*, pendenza trasversale, alta produttività, *laser scanner*

RIASSUNTO

Un veicolo MMS che rileva una strada permette un'accurata ispezione del territorio ed i dati acquisiti realizzano un database costituito da molteplici informazioni georiferite come ad esempio asse strada, larghezza della carreggiata e della banchina, pendenza longitudinale e trasversale, curvatura, segnaletica orizzontale e verticale, barriere laterali, etc.
Questi dati opportunamente elaborati possono essere posizionati sulla cartografia digitale georeferenziata, e se adeguatamente strutturati possono essere visualizzati tramite modelli GIS.
In questa relazione si vuole riportare l'esperienza condotta al fine di realizzare un GIS a partire dai dati tabulari in output dal sistema di rilievo e richiesti dall'attuale normativa sul catasto strade in Italia. Ciò che si è cercato di perseguire è un modo piuttosto diretto e intuitivo di organizzare l'informazione, che permette una migliore lettura da parte degli operatori che gestiscono il territorio ed un utile supporto per chi si occupa di verifica della sicurezza stradale.
Si riporta in particolare come esempio un rilievo realizzato sulla s.s Aurelia dalla Sede di Topografia e Fotogrammetria di Pisa con il veicolo MMS GIGI One del Centro di Eccellenza per la Ricerca in Telegeomatica dell'Università di Trieste.

ABSTRACT

Performing road's survey with a MMS vehicle a georeferenced database is created. This database contain several data: road's axis, road's width, tangent grade and cross slope, curvature, vertical and horizontal signs, etc.
This paper will present GIS building methodology starting from MMS collected datasets. The data, as requested by Italian road's cadastre law, are in tabular form and describe segmented attribute of road. A graphical GIS representation permits to give support to technicians how work on road's management and on road's safety control.
As example will be present a survey realised by Department of Civil Engineering, Seat of Topography and Photogrammetry – Pisa University, using GIGI One MMS vehicle of Excellence Centre for Telegeomatics Research of the Trieste University. The survey is related to the s.s.1 Aurelia near Livorno.

1. INTRODUZIONE

Ai sensi del Codice della Strada italiano gli enti proprietari di strade sono tenuti ad istituire e mantenere aggiornati la cartografia e il "catasto delle strade" e delle relative pertinenze. Il "catasto delle strade" — secondo il decreto ministeriale 1/6/2001 che lo istituisce formalmente — è un insieme di dati che rappresenta l'inventario di tutte le strade ad uso pubblico presenti sul territorio nazionale ed ha l'obiettivo primario di definire la consistenza della rete stradale nazionale. La norma istitutiva stabilisce gli standard di rilievo e di rappresentazione ispirandosi allo standard GDF (Geographic Data Files) versione 3.0 del 1995 [CEN, 1995] emesso dal Technical Committee 278 del Comité Européen de Normalisation.
Il veicolo MMS GIGIOne, del Centro di Eccellenza per la Ricerca in Telegeomatica, è in grado, con la sua strumentazione, di fornire quelle caratteristiche geometriche e descrittive che costituiscono appunto la base dati del catasto delle strade così come richiesto dal decreto ministeriale.
In questa comunicazione si vuole presentare un esempio di come possono essere analizzati e rappresentati i dati acquisiti da questo specifico veicolo MMS. L'applicazione a cui questo esempio si riferisce riguarda il rilievo del tratto della strada statale n.1 (Aurelia), in particolare del tratto dal km 287+350 al km 299+800, dall'incrocio nord presso l'abitato di Vada all'abitato di Campolecciano, in provincia di Livorno.

1.1 GDF e Catasto Strade

Lo standard GDF è per definizione indipendente dall'applicazione, mentre il decreto ministeriale 1/6/2001 introduce esplicitamente la richiesta di una applicazione GIS che consenta la rappresentazione della cartografia del territorio e del grafo stradale e permetta di selezionare i singoli elementi e di visualizzare i valori degli attributi ad essi associati. Per quanto riguarda gli aspetti del modello fisico dei dati, lo standard GDF impone una struttura ASCII sequenziale mentre il catasto delle strade richiede genericamente una base dati relazionale compatibile con una architettura client-server, lasciando ampia libertà nelle scelte di implementazione. Le soluzioni proponibili per il modello fisico dei dati del catasto delle strade sono varie: da formati SQL compatibili gestibili da DBMS,

a formati XML-like, a formati misti per la rappresentazione del grafo (come per esempio XML e Shapefile) e degli attributi, più vicini all'attuale modello di applicazione GIS. Non si ritiene opportuno propendere per l'una o per l'altra scelta, in quanto i dati del catasto delle strade, per poter essere impiegati realmente ed efficacemente, dovranno integrarsi nei sistemi informativi aziendali degli enti proprietari, che dunque condizioneranno la scelta su base locale. Si reputa invece opportuno esigere che dai vari sistemi locali si possano estrarre reports con i contenuti del catasto delle strade in un formato di scambio standard. In letteratura si trova che un formato standard adeguato a contenere queste informazioni specifiche potrebbe essere quello XML [Palermo 2004].
L'applicazione oggetto di questa nota, parte proprio da una strutturazione XML dei dati grezzi, che nel nostro caso derivano principalmente dall'analisi manuale dei fotogrammi acquisiti dalle fotocamere dell'MMS. Questi dati grezzi, opportunamente elaborati, attraverso degli script per Autodesk Map, vanno a costituire il contenuto di layers grafici, all'interno dei quali troviamo quindi le informazioni e le caratteristiche della sede stradale rilevate per il catasto strade.

2. RILIEVO CON MMS E DATI GREZZI ACQUISITI

Il rilievo con MMS (Mobile Mapping System) si basa essenzialmente su due fattori: il posizionamento di precisione del veicolo e l'analisi delle foto scattate lungo il percorso e sincronizzate con i dati di posizione del veicolo stesso.
Il posizionamento con precisione sub-decimetrica del veicolo è garantito da una coppia di ricevitori satellitari GPS montati su di esso, che operano in modalità differenziale di fase. Questa modalità prevede che durante la fase di rilievo si utilizzi un ulteriore ricevitore GPS geodetico, in stazione su di un punto, di coordinate note, posto ad una distanza inferiore ai 20 km dal veicolo rilevatore, che acquisisca ogni secondo i propri dati grezzi di osservazione.
Per il rilievo in oggetto, non essendo presenti nella zona stazioni permanenti GPS con tale caratteristica o servizi di virtual reference station su base regionale, è stato necessario predisporre un punto master di nuova realizzazione. Quest'ultimo è stato istituito nel parcheggio compreso fra viale Salvador Allende e la Piazza del Mercato dove un ricevitore GPS 530SR della Leica, ha registrato in continuo durante il rilievo e ha fornito i dati per il post processing delle traiettorie, permettendo così il raggiungimento della precisione richiesta nel posizionamento dei punti dell'asse strada.
La posizione del master locale nel sistema globale WGS84 del GPS, è stata determinata grazie al calcolo della base statica con la stazione permanente GPS del Dipartimento di Ingegneria Civile di Pisa (figura 1).

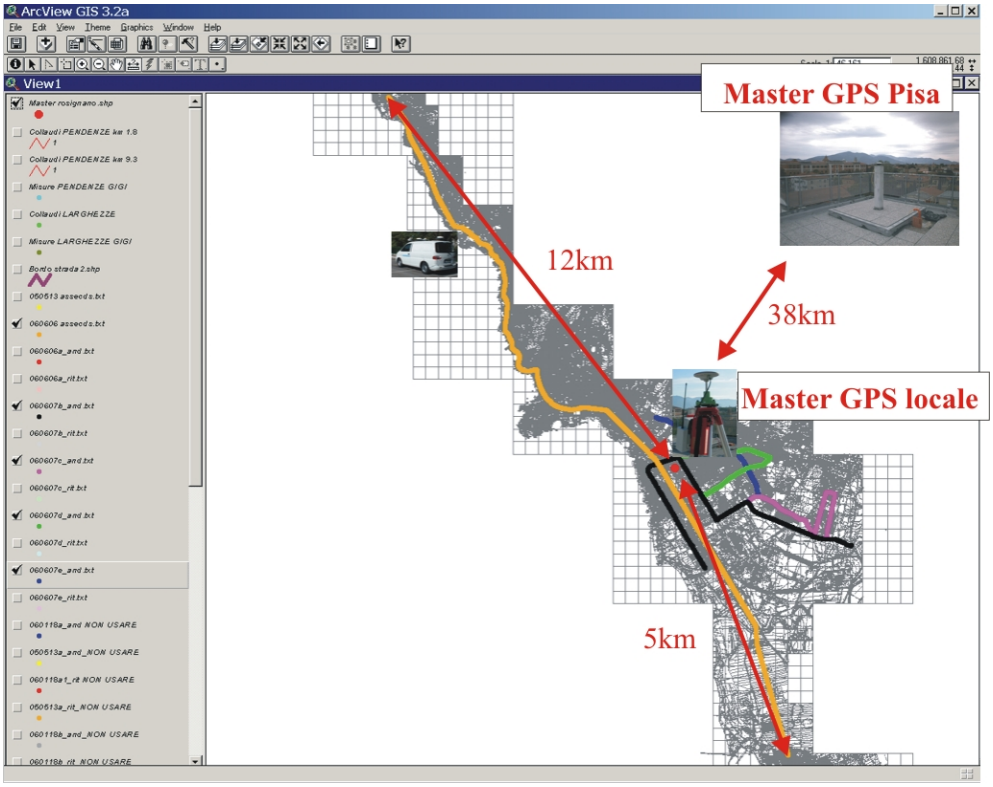

Figura 1: Tracciato rilevato della s.s. Aurelia

Il posizionamento di precisione del veicolo, nel sistema di riferimento assoluto permette, quindi, di conoscere la posizione, nello stesso sistema di riferimento, di tutte le componenti hardware del veicolo.
Fra queste componenti rivestono una notevole importanza le due fotocamere digitali installate frontalmente sul tetto del veicolo. Si tratta di due fotocamere Basler A101f con sensore CCD da 1300x1030 pixel, una a colori, installata sul lato sinistro del veicolo ed orientata assialmente, ed una in bianco e nero, installata sul lato destro ed inclinata lateralmente di 45° verso il bordo strada.
Le due fotocamere si trovano in posizione reciproca fissa e nota nel sistema di riferimento del veicolo e di conseguenza anche nel sistema di riferimento assoluto del GPS: di esse sono quindi noti i parametri di orientamento.

Durante il rilievo, le fotocamere scattano una foto al secondo e, tenuto conto che la velocità media di marcia è di 40km/h, effettuano l'acquisizione di un fotogramma circa ogni dieci metri. Questa impostazione permette di ottenere tutte le caratteristiche della sede stradale dalla serie di foto scattate.
Inoltre, dato che l'istante di scatto è registrato nel sistema di posizionamento assoluto, il fotogramma risulta georiferito.
Oltre ai dati qualitativi e segmentati (vedi D.M. 1/6/2001) derivanti dall'elaborazione dei fotogrammi, vengono determinati, tramite l'elaborazione dei dati del sistema inerziale del veicolo, anche i parametri di pendenza trasversale e longitudinale. Questi ultimi, assieme al valore del raggio di curvatura vanno ad integrare la tabella contenente le informazioni relative ai punti dell'asse stradale.
Il rilievo di ognuno dei percorsi è stato realizzato percorrendo con il veicolo MMS la sede stradale in entrambi i sensi di marcia: l'elaborazione dei dati acquisiti (dati GPS, INS, fotografici ...) ha permesso di determinare l'andamento dell'asse stradale, la larghezza della carreggiata e le pendenze trasversali di entrambe le corsie; inoltre ha fornito gli elementi necessari per l'analisi della segnaletica verticale.
Il software che permette agli operatori di determinare le coordinate immagine necessarie è stato sviluppato in linguaggio HTML/Javascript dal Centro di Eccellenza per la Telegeomatica e sfrutta le caratteristiche grafiche ed il modello di accesso ai dati di Internet Explorer 6.0. La sua interfaccia è stata studiata e realizzata per le specifiche esigenze del Catasto delle Strade ed i dati in input e output sono in formato standard XML (figura 2).

```
<?xml version="1.0" ?>
- <misure>
  - <misura id="20060725074553_1013_923_101" operatore="AP" timestamp="20060725074553">
      <fotogramma id="923" sessione="060607 Rosignano B" />
      <attributo codice="101" descrizione="Larghezza della carreggiata" />
      <puntoinasse row="720" col="640" />
      <larghezza row1="720" col1="201" row2="720" col2="1164" />
    </misura>
  - <misura id="20060725074619_1016_924_101" operatore="AP" timestamp="20060725074619">
      <fotogramma id="924" sessione="060607 Rosignano B" />
      <attributo codice="101" descrizione="Larghezza della carreggiata" />
      <puntoinasse row="795" col="640" />
      <larghezza row1="795" col1="46" row2="795" col2="1219" />
    </misura>
```

Figura 2. Formato dei dati grezzi XML.

La sua funzione è quella di consentire l'osservazione e la selezione di oggetti sul fotogramma, salvare le loro coordinate e associare ad essi le informazioni di classificazione previste dal D.M. 1/6/2001.
I dati generati vengono successivamente elaborati con modalità batch per fornire il database finale conforme alla normativa sul catasto strade (figura 3).

Id_dataset	Id_line	Type	From_	To_	Id_source	Abs_rel	Startpoint	Endpoint	Dir	Value
19	1	101	0	357			0	357	null	590 / 590
19	1	102	0	11			0	11	+	0
19	1	103	11	176			11	176	+	55
19	1	114	0	357			0	357	null	2
19	1	201	0	357			0	357	null	0
19	1	202	0	357			0	357	+	1
19	1	802	177	186			177	186	+	1
19	1	803	347	357			347	357	+	4
19	1	900	0	8			0	8	null	1
19	1	901	151	151			151	151	-	-0001 0050

Figura 3. Esempio di tabella contenente attributi relativi a parti omogenee della sede stradale (dati segmentati).

Nelle figure 4 e 5 sono riportati due esempi di analisi manuale dei fotogrammi tramite il software prima citato. Si analizza il caso della misura della larghezza strada (figura 4), non risolvibile con metodologie automatiche di trattamento delle immagini nei casi in cui la segnaletica orizzontale sia in cattivo stato di manutenzione, ed il caso della creazione del database della segnaletica verticale (figura 5).

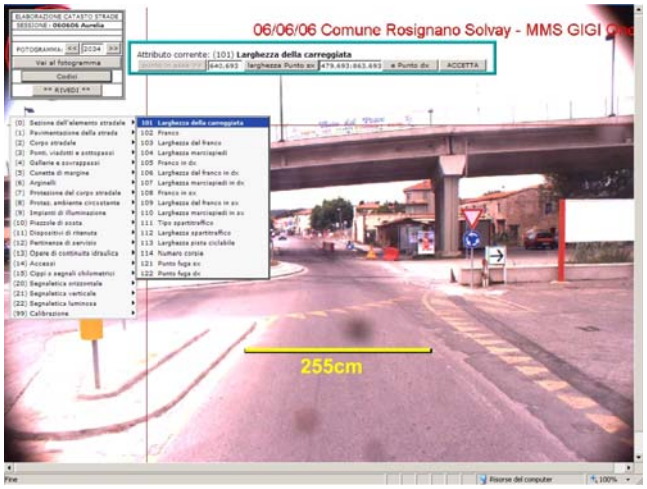

Figura 4. Software di analisi immagini – larghezza carreggiata.

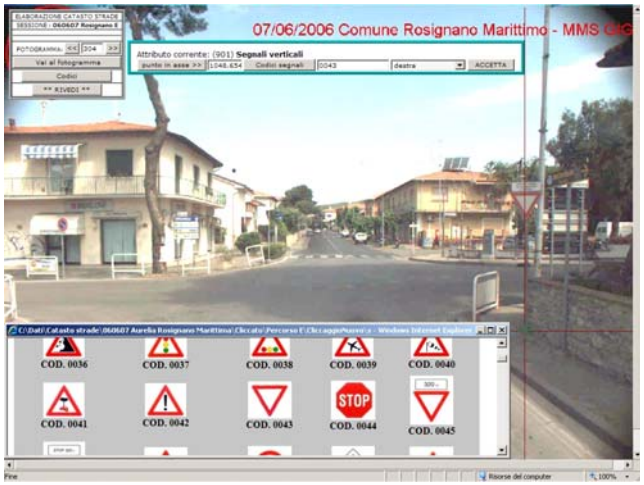

Figura 5. Software di analisi immagini – segnaletica verticale.

3. GIS DEL CATASTO STRADE

Dalla tabella contenente gli attributi relativi a parti omogenee della sede stradale (dati segmentati) sono stati generati automaticamente degli script di autocad, che creano i layer relativi ai diversi codici del catasto strade.
Innanzitutto si è creata, a partire dai dati di larghezza della carreggiata e sulla base sia delle coordinate dei punti che individuano l'asse strada sia dei valori di azimuth in output dal sistema inerziale (relativi alla stessa distanza chilometrica dei "punti asse"), la polilinea che rappresenta i margini della carreggiata.
In questo modo è stato possibile verificare graficamente la consistenza del supporto cartografico sul quale si inseriscono i dati del catasto (figura 6).

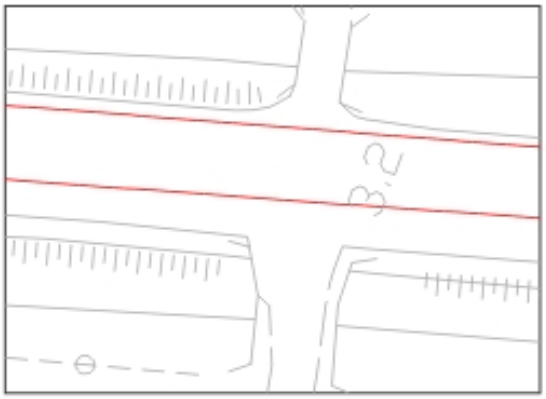

Figura 6. Sovrapposizione del layer della carreggiata alla C.T.R. Toscana.

Alla semina di punti dell'asse strada sono stati associati i parametri geometrici di curvatura, pendenza longitudinale e pendenza trasversale, ottenuti automaticamente dai dati grezzi di rilievo e ne è stata creata una tabella.
Su questa tabella è quindi possibile eseguire delle query per estrapolare per esempio tratti di strada omogenei per caratteristiche geometriche, oppure, isolare quei tratti di strada che non rispettano i parametri di progetto ai fini della sicurezza stradale.
In figura 7 è riportato un particolare del sistema informativo, sul quale sono attivi i layer dell'asse strada e dei margini della carreggiata. Interrogando, tramite le query standard dei software GIS, un singolo punto dell'asse, è possibile visualizzare la tabella contenente i parametri geometrici della strada stessa e ricostruirne, ad esempio, la sezione trasversale.

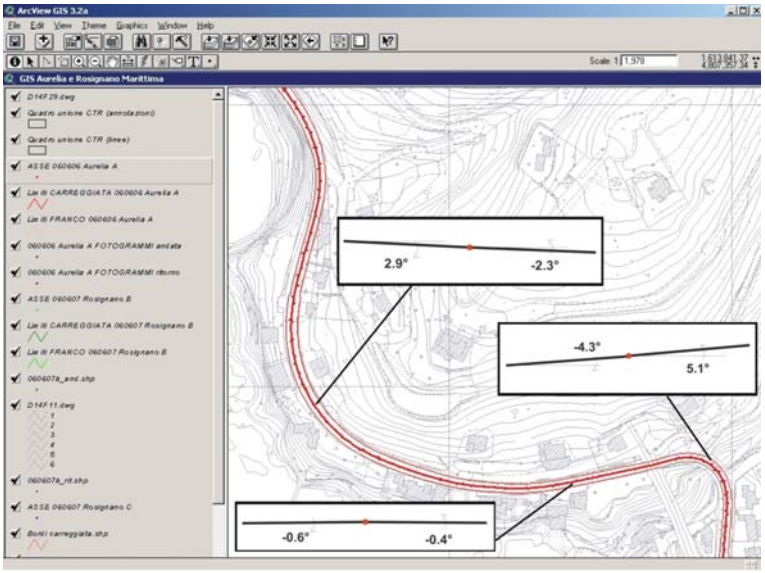

Figura 7. Esempio di sezioni trasversali ottenute dai dati del database realizzato.

Dalla tabella degli attributi segmentati sono stati poi ricavati i layer relativi alla segnaletica verticale ed orizzontale.
La visualizzazione nel GIS di questi attributi e le relative query eseguibili per investigare la consistenza numerica della cartellonistica o l'estensione della segnaletica orizzontale possono essere di fondamentale aiuto al gestore della rete stradale per preparare i computi metrici in fase di manutenzione della stessa.
Inoltre, un'analisi di tipo visivo della distribuzione dei segnali e della segnaletica orizzontale, possono essere estremamente utili nell'individuare punti di criticità ai fini della sicurezza stradale, come ad esempio in prossimità delle intersezioni.
Ad esempio, per quanto riguarda la segnaletica verticale si è disposto un layer relativo alla posizione planimetrica dei sostegni, che risulta in relazione con i singoli cartelli installati su di esso. Inoltre, per facilitare l'ispezione visiva dello stato di fatto, si è realizzata

anche una rappresentazione reale dei cartelli installati, tramite un layer formato dalle “immagini teoriche” dei cartelli stessi, posti a fianco del punto del supporto (figura 8).
Analogamente, è stata realizzata anche la rappresentazione “reale” sul sistema informativo della segnaletica orizzontale.

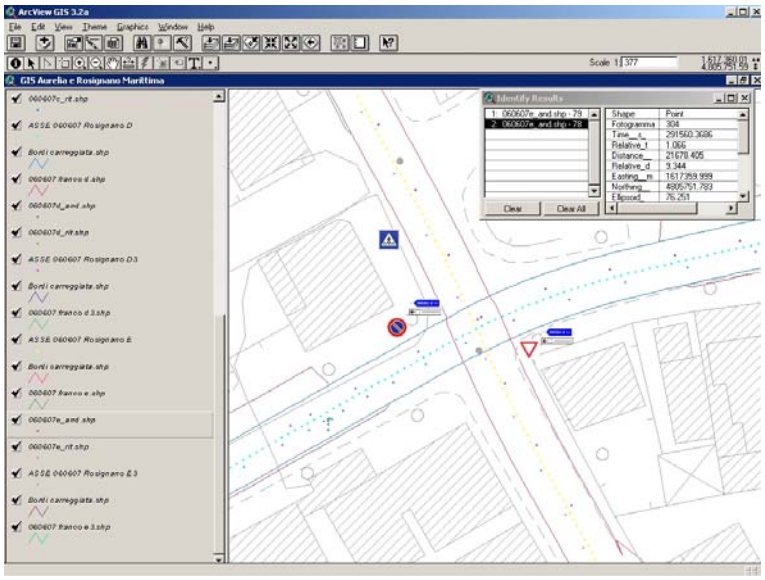

Figura 8. Sovrapposizione del layer della segnaletica verticale alla C.T.R. Toscana.

A completamento del sistema informativo sono state riportate anche le due traiettorie seguite dal veicolo rilevatore in andata e in ritorno.
Da questi punti è possibile risalire all’immagine di archivio scattata durante il rilievo, assieme ai dati grezzi di posizione, e agli angoli di roll, pitch e heading. Grazie a questo archivio fotografico, il database può quindi essere aggiornato anche successivamente la sua creazione con eventuali caratteristiche prima non estrapolate dai fotogrammi.

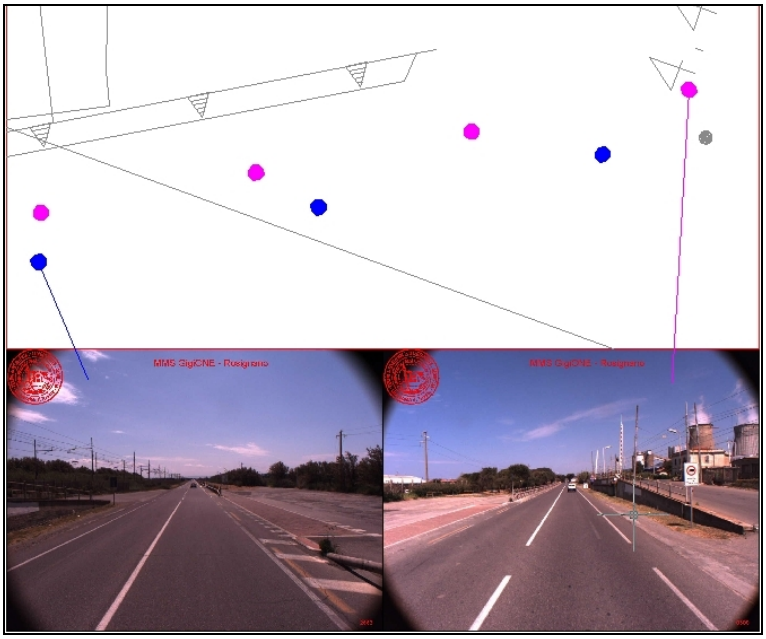

Figura 9. Punti delle traiettorie del veicolo e fotogrammi relativi.

4. CONCLUSIONI

Le applicazioni GIS finalizzate alla gestione dei dati per il catasto strade sono molteplici: esistono infatti molti software e varie modalità di gestione dei dati stessi. La pubblica amministrazione e gli enti che gestiscono la rete stradale hanno messo in evidenza alcuni punti di fondamentale importanza, il primo tra questi è quello di poter utilizzare applicazioni “user-friendly”, in grado di eseguire facilmente interrogazioni sul data base principale. Queste applicazioni dovrebbero garantire un accesso al data base

cliccando direttamente sui singoli elementi grafici, permettendo così un facile aggiornamento del sistema mediante maschere di input.
I precedenti requisiti sono connessi alla necessità di tenere continuamente aggiornato allo stato di fatto il data base del catasto strade. E' infatti di fondamentale importanza che i dati costituenti il date base siano aggiornati e per far questo è prerequisito essenziale che il software abbia la capacità e la struttura per un facile aggiornamento da parte sia di personale specializzato sia dai tecnici "non informatici" degli enti gestori.
Si vuole mettere in evidenza che l'approntamento di un catasto strade pronto per l'utente finale prevede due fasi di uguale importanza in termini di tempo e di risorse. La fase di rilievo infatti deve essere seguita da quella di elaborazione e strutturazione dei dati acquisiti. Nella presente comunicazione è stato messo in evidenza come sia possibile produrre in modo automatico degli output grafici utili al gestore della rete a partire dai dati tabulari richiesti dalla normativa secondo lo standard GDF.
Gli applicativi fino ad ora predisposti sono finalizzati ad un utente esperto ed è in fase di studio un'interfaccia rivolta al generico utente. Infatti, le procedure sviluppate per passare da un dato esclusivamente tabulare ai layers grafici del sistema informativo prevedono l'utilizzo di script di Autocad e codice di gestione testo.

5. BIBLIOGRAFIA

Palermo C., 2003. A recipe for the Road Cadastre. In: *Reports on Geodesy n. 2(65).*

Manzoni G., Palermo C., 2003. Il catasto delle strade nel progetto pilota della Provincia di Teramo. In: *Ondaverde n. 83.*

Manzoni G., Martinolli S., Pagurut R., Palermo C., Purga A., Sluga T., 2003. Road survey by GIGI status and results. In: *Reports on Geodesy n. 2(65).*

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale, 2002. D.M. 5 novembre 2001 – Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade. In: *G.U. n. 5/2002.*

Palermo C., 2002. Il Catasto delle Strade. In: *Tecnologos n.8.*

Palermo C., 2003. Notes on development of a road GIS using data collected by a van mounted MMS. In: *Reports on Geodesy n. 2(65).*

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale, 2002. D.M. 1 giugno 2001 – Modalità di istituzione e aggiornamento del catasto delle strade ai sensi dell'art. 13, comma 6, del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, e successive modificazioni. In: *G.U. n. 4/1/ 2002.*

Comité Européen de Normalisation, 1995. Technical Committee 287, Geopraphic Data Files ver. 3.0.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Giorgio Manzoni, che ha messo a disposizione l'MMS "GIGI One", il Dr. Giorgio Bolzon per il supporto nello sviluppo del software, il Dr. Andrea Bedini e il Geom. Jessica Micheloni, tecnici del Dipartimento di Ingegneria Civile per la collaborazione nel rilievo e nella restituzione dei fotogrammi.