

CATASTO DELLE STRADE: METODI DI RILIEVO, PROBLEMATICHE, ANALISI, ELABORAZIONI, RAPPRESENTAZIONI E REPORT DEI DATI GEOMETRICI DELL'ASSE STRADALE E DELLA GEOREFERENZIAZIONE DEGLI EVENTI.

Geometra Giuseppe Pompei
Responsabile Ufficio Rilievo del Territorio – Provincia di Perugia
Via Palermo 21/c – 06100 PERUGIA
Tel: 075 3681303 – Fax: 075 3681054
e-mail: giuseppe.pompei@provincia.perugia.it

RIASSUNTO

Il Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 1 giugno 2001 ha fissato i termini per la realizzazione del Catasto delle Strade, definendone anche le modalità d'istituzione ed aggiornamento. Tutti gli Enti proprietari di strade hanno l'obbligo di adempiere a tali disposizioni. La Provincia di Perugia ha inteso adempiere a quanto previsto dalla normativa dotandosi di un'ideale struttura, acquisendo la tecnologia ed i software necessari, formando il personale sulle procedure per l'acquisizione ed il successivo aggiornamento dei dati. L'esperienza maturata nel campo specifico dal personale dell'Ufficio Rilievo del Territorio, ha consentito di affinare metodologie operative di rilievo, ma soprattutto di sperimentare procedure per il trattamento e l'elaborazione del tracciato stradale acquisito con tecnologia GPS e degli eventi ad esso legati. L'uso dei dati contenuti nel data-base del Catasto Stradale per fini gestionali, ha permesso, altresì, di evidenziare la necessità di nuove e più specializzate procedure informatiche: l'elaborazione del grafo stradale ottenuto con tecnologia GPS, l'interpretazione del tracciato, l'esportazione degli elementi geometrici in altri ambienti, le elaborazioni cartografiche, la gestione specialistica e qualitativa di famiglie di dati (segnaletica, accessi stradali, segnaletica pubblicitaria, .. ecc.).

La sperimentazione ha consentito inoltre di affinare metodologie operative per il progetto del rilievo, ma anche per il controllo qualitativo della notevole mole di dati acquisiti.

Con il Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, 1 giugno 2001, tutti gli Enti proprietari di strade hanno preso coscienza degli adempimenti già anticipati dall'art. 13 comma 6, del D. Lgs. 30.04.92 N. 285 (Nuovo Codice della Strada) e successive modificazioni.

Le modalità di istituzione ed aggiornamento della banca dati ed i termini stabiliti per il completamento dei lavori hanno stimolato le amministrazioni ad una frenetica ricerca di soluzioni che, pur permettendo loro di adempiere alle disposizioni normative, potessero anche rientrare nei budget economici disponibili.

La realizzazione del Catasto Stradale, infatti, risulta per ogni Ente un impegno economico ed organizzativo importante e direttamente proporzionale alla estensione viaria gestita.

Un impiego di risorse così importante deve presupporre un utilizzo, soprattutto per fini gestionali, dei dati raccolti:

- migliorare la sicurezza stradale;
- ottimizzare l'utilizzo delle risorse economiche a disposizione;
- realizzare una banca dati contenente informazioni relative al traffico, alle condizioni meteorologiche, alla incidentalità, alle caratteristiche geometriche ed allo stato di conservazione di strade ed opere d'arte;
- pianificare lavori di manutenzione, ecc.

Ogni amministrazione, pertanto, sta sviluppando proprie esperienze sia nel campo dell'acquisizione dei dati che in quello della successiva elaborazione.

Il Decreto 1 giugno 2001, tra le altre cose, definisce le modalità di acquisizione dei dati geometrici della strada: assi stradali, profilo longitudinale, profilo trasversale, larghezza della strada e cippi chilometrici (Punti: 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 e 4.1.5 dell'ALLEGATO al Decreto 1/06/2001).

Sinteticamente:

- gli **Assi Stradali** vanno rilevati come sequenza di punti, in numero sufficiente per ricavare la geometria di rettili e curve con il procedimento dei minimi quadrati. I punti devono essere forniti in coordinate geografiche ellissoidiche WGS84 ottenute con rilievo GPS o GPS + GLONASS vincolato alla rete IGM95 oppure in coordinate piane Gauss Boaga o UTM. Gli errori nelle coordinate piane dei punti dell'asse stradale devono essere contenuti entro un metro.
- il **Profilo Longitudinale** Può essere costruito sulla base dei punti di rilievo. La precisione della quota geoidica rispetto il riferimento altimetrico nazionale deve essere migliore di 5,00 metri. La precisione relativa fra un punto e quello successivo deve essere tale da garantire che l'errore massimo sia contenuto nell'1%.
- nel **Profilo Trasversale** l'errore massimo nella pendenza trasversale va contenuto entro 1/100 della larghezza della corsia oppure 0,5 gradi centesimali.
- Nella misura della **larghezza della strada** (carreggiata e franco), l'errore va contenuto nella misura massima assoluta di 10 cm. La misura deve essere fornita ad ogni variazione di larghezza della strada superiore a 10 cm. La larghezza non deve essere necessariamente fornita in corrispondenza di ogni punto dell'asse stradale.
- qualora gli enti proprietari dispongano già di un sistema informativo riferito ai **cippi chilometrici esistenti**, è necessario collegare tali informazioni al nuovo sistema di riferimento, completando i dati richiesti con l'indicazione delle coordinate geografiche e/o piane del cippo.

La Provincia di Perugia ha affrontato il problema della costituzione del Catasto Stradale dotandosi di idonea struttura (Ufficio Rilievo del Territorio); acquisendo la tecnologia ed i software necessari; formando il personale sulle procedure per l'acquisizione ed il successivo aggiornamento dei dati e sperimentando procedure per il controllo e l'elaborazione dei dati acquisiti.

Il sistema di rilievo ad alto rendimento utilizzato è rappresentato dalla Videocar "Ulisse". Un autoveicolo assemblato con sistema GPS, 3 videocamere digitali, 1 Odometro di precisione, 2 pc dotati di schede di acquisizione immagini digitali e 1 fotocamera digitale. Si tratta di un sistema semplice, robusto e

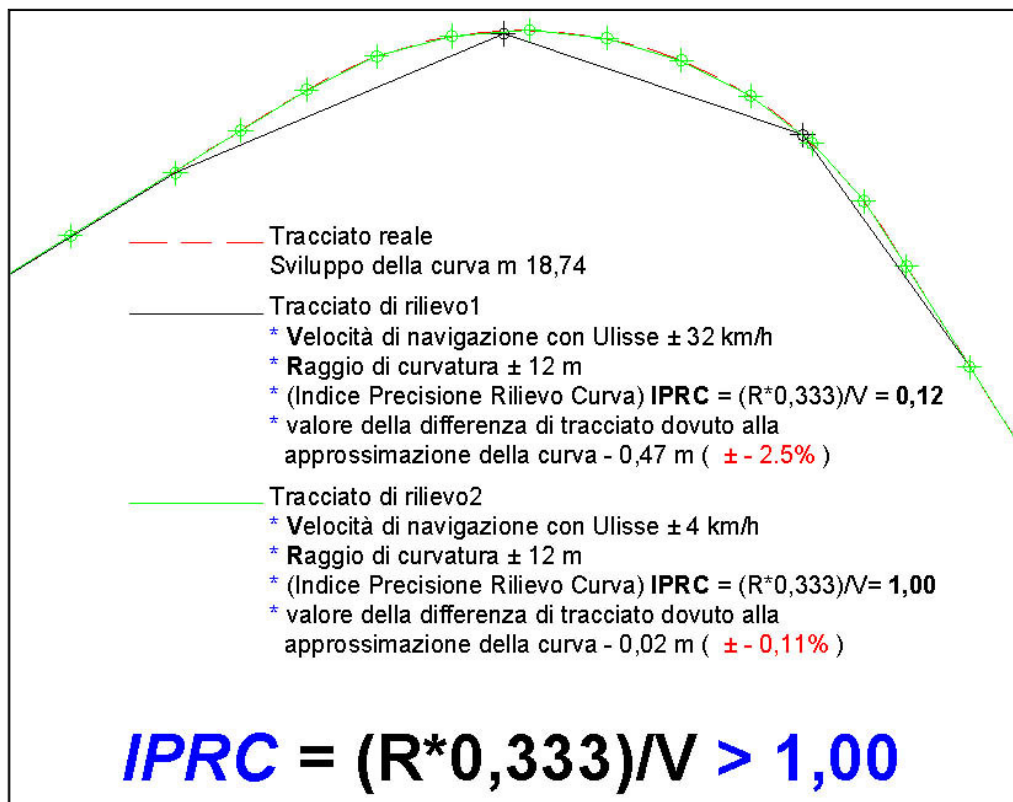
relativamente economico. Diversamente da altri mezzi attrezzati per il rilievo degli "eventi" stradali, l'antenna GPS è posta in maniera decentrata rispetto all'autoveicolo. L'accorgimento consente di non occupare, in fase di rilievo dell'asse stradale, entrambe le corsie. Tale posizione garantisce, inoltre, una maggiore visibilità satellitare per la ricezione del segnale.

Entrando nel dettaglio operativo, gli assi stradali sono determinati come sequenza di punti mediante ricevitore GPS impostato per l'acquisizione di 1 punto/secondo. La lunghezza del vettore è quindi dipendente dalla velocità di crociera della Videocar che può variare in funzione della geometria stradale al fine di assicurare una sequenza di vettori che meglio approssimi l'asse anche nelle curve a piccolo raggio. Si è constatato quanto sia determinante la velocità di crociera della Videocar nel campionamento dei punti (con il GPS), che descrivono le curve planimetriche, e nella determinazione dello sviluppo complessivo dell'asse stradale: tale velocità incide sul sistema di georeferenziazione integrato, Odometro/Videocamere digitali/GPS, ma anche, conseguentemente, sul posizionamento cartografico degli eventi rilevati.

Si è osservata la relazione esistente fra velocità di rilievo (campionamento 1 punto/secondo) e il raggio di curvatura. Ciò ha permesso la determinazione di una "formula" che aiuta a definire - in post elaborazione - il grado di precisione di un rilievo o - preventivamente - il progetto della velocità di rilievo in particolari situazioni quali le curve a piccolo raggio.

$$\text{IPRC} = R * 0,333 / V > 1,00$$

IPRC (Indice di Precisione del Rilievo della Curva)
R Raggio della curva
V Velocità di crociera della Videocar



Nell'esempio in figura è evidente l'incidenza della velocità nella determinazione dello sviluppo della curva. Una velocità non appropriata nella percorrenza delle curve a piccolo raggio può determinare imprecisioni nella definizione delle curve a raggio variabile.

Il rilievo GPS è eseguito in modalità cinematica con correzione differenziale in post-elaborazione, ottenuta da stazione base posta su vertice della rete IGM95. La trasformazione delle coordinate WGS84 in coordinate Gauss Boaga è eseguita adottando i parametri specificati nelle monografie dei vertici IGM95 più prossimi alla zona del rilievo. Una Rete di capisaldi GPS realizzata dalla Provincia di Perugia e validata dall'I.G.M.I. assicura una copertura adeguata alle necessità di conoscenza del territorio dell'Ente.

Nel rilievo cinematico con tecnologia GPS, fattori ambientali e disturbi elettromagnetici possono essere causa della diluizione o della perdita del segnale generando discontinuità nell'andamento plano-altimetrico del profilo stradale: viali alberati, aree molto urbanizzate con presenza di edifici di altezza elevata lungo la strada, presenza di ponti e gallerie lungo il percorso, ecc. Ciò impone agli operatori topografici interventi di correzione, in post-elaborazione, del tracciato.

Per tratti brevi e diversi da gallerie si procede:

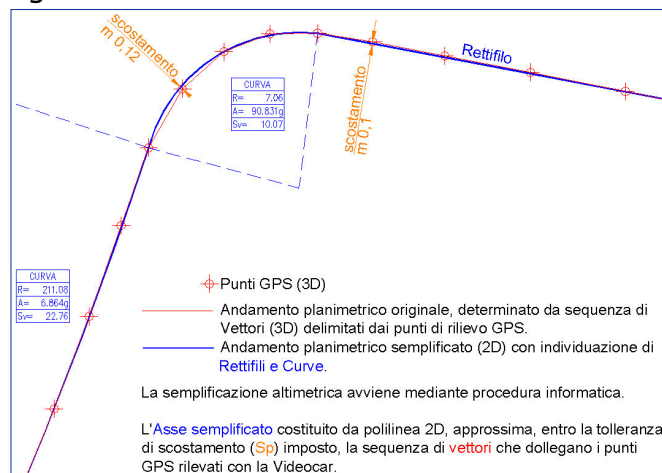
- alla ricostruzione planimetrica in ambiente Autocad del tracciato su base ortofotografica o catastale o CTR;
- alla ricostruzione altimetrica del profilo con procedure semi-automatiche sviluppate in ambiente AutocadMap per la Provincia di Perugia dal Consorzio ESC.

In presenza di gallerie stradali, il tracciato GPS viene integrato con rilievo topografico tradizionale essendo peraltro prescritta dalla normativa la conoscenza geometrica dell'intera opera d'arte per questioni attinenti la sicurezza (*circ. Min. LL.PP. n. 7938 del 6/12/1999 - D.M. del 5/06/2001 Sicurezza nelle gallerie stradali*).

L'esperienza nel rilievo GPS in modalità cinematica, ha permesso di constatare che non sempre la precisione planimetrica, osservabile graficamente, coincide con la precisione altimetrica dei punti che descrivono l'asse stradale. Pertanto un'analisi qualitativa delle indeterminazioni fornite dai report di elaborazione dei dati GPS, permette una più agevole individuazione delle anomalie del

tracciato. Procedure informatiche appositamente sviluppate permettono di evidenziare graficamente i tratti di asse stradale in cui la precisione è al di sotto degli standard richiesti.

Successivamente alla fase di determinazione della sequenza di vettori che determinano l'asse stradale, e delle eventuali correzioni, si procede (con l'ausilio di appropriate procedure informatiche) nella semplificazione planimetrica e



altimetrica per la determinazione dei dati geometrici della strada: rettili, curve planimetriche ed altimetriche, livellette, raccordi verticali e pendenze longitudinali.

Le informazioni topografiche così trattate consentono una rappresentazione cartografica fedele dell'intero tracciato stradale. Le planimetrie ed i profili longitudinali vengono trattati e semplificati per ricavare informazioni essenziali sulla geometria della strada. In particolare, la planimetria definisce l'andamento stradale come sequenza di rettili e curve; il profilo longitudinale rappresenta l'andamento altimetrico del tracciato con riferimento ai suoi punti notevoli.

Sia la semplificazione planimetrica che altimetrica, eseguita con procedure informatiche richiede all'operatore un valore massimo di scostamento rispetto all'andamento definito dalla sequenza di punti GPS. Tale valore, a seconda delle situazioni ambientali e dei condizionamenti della condotta di guida, viene assunto non superiore a cm 25 in planimetria e a cm 15 in altimetria: vale a dire che tutti i punti che rientrano nell'intervallo stabilito vengono assoggettati ad un rettilo oppure, nel secondo caso, ad una livelletta.

Spesso chi fa ed utilizza il GIS è portato a sottovalutare la precisione geografica degli eventi rilevati. Tuttavia si ritiene fortemente penalizzante, almeno per quanto riguarda la costituzione del Catasto Stradale, un approccio di questo genere: la qualità del dato geografico, unitamente a quella delle informazioni associate all'evento, può essere un elemento risolutore in situazioni future ove, invece, è fortemente incidente l'esatta posizione dell'oggetto nel territorio. Perché fare due o più volte una cosa che può essere fatta bene la prima volta?

Mi riferisco ai cultori del posizionamento "più o meno", a coloro che pensano al tracciato stradale posizionato su cartografie a grande scala per utilizzi navigazionali o turistici, dove 10 m in più o in meno sono assorbiti dal fatto che un mm può rappresentare, a seconda della scala, ad esempio, 25 m per cartografie al 25.000 o addirittura 100 m per cartografie al 100.000, non pensando invece che un Ente ha esigenze diverse e cioè la gestione del territorio dove già l'approssimazione del metro può costituire un problema.

I test eseguiti dalla Provincia di Perugia per la valutazione dei risultati del rilievo GPS hanno evidenziato la bontà del sistema e delle procedure di rilievo. E' risultato incidere fortemente sulla precisione del dato topografico acquisito con tecnologia GPS in modalità cinematica, la distanza della stazione GPS base utilizzata per la correzione differenziale delle coordinate. Distanze non superiori ai 12 Km riescono a garantire precisioni planimetriche dell'ordine dei 20 cm: ben al di sotto della tolleranza stabilita dalle norme (che indicano 100 cm) e, grazie alla griglia geodetica fornita dall'I.G.M.I., in assoluta tolleranza nella determinazione delle quota geoidica e, ottimale anche, per ciò che riguarda la precisione relativa fra un punto e quello successivo (che per norma deve essere contenuta nell'1%).

Le precisioni raggiungibili permettono agli Uffici della Provincia di Perugia un ampio utilizzo delle informazioni geografiche del tracciato stradale: è ragionevole, quindi, un utilizzo dell'asse stradale e degli eventi ad esso correlati in sovrapposizione a cartografie a grande scala come ad esempio le mappe catastali in scala 1:1000 o 1:2000.

Per la gestione del rilievo GPS dell'asse stradale è stato sviluppato dal Consorzio ESC, per conto della Provincia di Perugia, un apposito software applicativo che consente la successiva elaborazione, il controllo, l'interpretazione e la stampa:

- consente, in ambiente AutoCAD, l'analisi e la gestione dei tracciati 3D.
- ha funzioni di interpolazione, modifica, e fusione dei tracciati GPS.
- ha funzioni per la gestione delle progressive 3D inclinate.
- genera planimetrie e profili altimetrici sui punti notevoli del tracciato.
- consente l'esportazione dei file di tutti i dati geometrici dell'asse stradale.
- permette l'importazione lungo il tracciato delle icone della segnaletica, delle intersezioni stradali e degli accessi.
- esegue la trasformazione di cartografie vettoriali in coordinate piane Cassini - Soldner in Gauss-Boaga e viceversa.

L'applicativo CAD si occupa dell'interpretazione del tracciato GPS, al fine di ottenere informazioni sugli elementi geometrici che lo compongono attraverso un processo di semplificazione planimetrico ed altimetrico (Curve planimetriche, rettifili, elementi di raccordo - Curve altimetriche, livellette, elementi di raccordo verticale). Esegue, inoltre, l'esportazione in formato neutro o tabellare delle informazioni relative agli elementi geometrici: progressiva iniziale, progressiva finale, raggio di curvatura, sviluppo curva, lunghezza rettilo, pendenze, ecc.

Struttura file <u>.sxf</u> :		Esempio di file <u>.sxf</u>	
0	Tipo entità	0	
XX	(valori possibili: RETTIFILO = 34; CURVAPLAN = 30; LIVELLETTA = 35; CURVAAL RACCORDO ALTIMETRICO = 33; RACCORDO PLANIMETRICO =	32	
10	(progressiva iniziale: per tutte le tipologie)	10	
<u>XX.XXXX</u>	(valore progressiva iniziale)	0.0	
11	(progressiva finale: per tutte le tipologie)	11	
<u>XX.XXXX</u>	(valore progressiva finale)	14.9234	
40	(raggio di raccordo: solo per curve)	0	
<u>XX.XXXX</u>	(valore raggio di raccordo)	32	
41	(angolo al centro: solo per curve)	10	
<u>XX.XXXX</u>	(valore angolare)	14.9237	
43	(curva a SX o DX: solo per curve)	11	
X	(verso curva: 0 per Curva a DX; 1 per Curva a SX)	33.7403	
50	(pendenza trasversale: per tutte le tipologie)	0	
XXXXX	(valore minimo pendenza trasversale)	32	
51	(pendenza longitudinale: solo per <u>livellette</u>)	10	
XXXXX	(valore pendenza longitudinale: valore + per <u>livellette</u> in salita; valore - pe	33.7406	
		11	
		39.9539	

I dati così esportati potranno essere acquisiti da altri sistemi per ogni tipo di successiva elaborazione. Al momento sono in fase di collaudo altre procedure informatiche che, utilizzando le analisi già eseguite dai tecnici della Provincia di Perugia, permetteranno una più agevole gestione delle informazioni contenute nel data-base del Catasto Stradale, come ad esempio quelle relative alle concessioni e/o autorizzazioni stradali (passi di accesso, cartellonistica

pubblicitaria) o magari quelle attinenti problematiche legate alla segnaletica stradale verticale ed orizzontale, ecc.

L'Archivio delle Opere d'Arte, eseguito in collaborazione con l'università degli Studi di Perugia, è stato, in termini di tempo, l'ultimo progetto attivato in adempimento al Decreto 1 Giugno 2001. L'apposito software consente l'archiviazione di tutte le informazioni riguardanti l'opera d'arte: geometriche, conservative, manutentive ecc., e permette la restituzione anche di informazioni statistiche utili alla programmazione degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria o alla conoscenza di soluzioni tecniche e qualitative adottate in passato.