

## Uso delle tecniche GNSS a supporto dei rilievi di infortunistica stradale

Gino Dardanelli, Giuseppe Salvo

Dipartimento di Ingegneria Civile - Ambientale - Aerospaziale dei Materiali (DICAM),  
Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze - Edificio 8, 90118 Palermo,  
tel. 09123896228, gino.dardanelli@unipa.it; giuseppe.salvo@unipa.it

### Riassunto

Nell'ambito delle ricerche scientifiche messe a punto negli ultimi anni dagli studiosi del DICAM dell'Università di Palermo, un filone particolarmente interessante e multidisciplinare è quello relativo all'uso delle tecniche GNSS in NRTK per le applicazioni di infortunistica stradale.

Le rilevazioni delle informazioni relative al sinistro stradale oggi vengono condotte con modalità standardizzate tra quelle di Polizia Locale o Stradale; per quanto riguarda il rilievo vero e proprio esso viene realizzato con tecniche di triangolazione, con l'ausilio di strumentazione manuale costituita da rotelle metriche in plastica o fili in acciaio.

Le tecniche GNSS in NRTK bene si prestano a questa tipologia di rilevazioni, per l'alto contenuto informatico e per la gestione di metadati differenti (mappe, coordinate, fotografie, particolari del sinistro) che sono utili per la rilevazione degli incidenti.

In questo lavoro si riporta l'esperienza che è stata condotta in ausilio alle squadre di rilevazione degli incidenti stradali del corpo di Polizia Municipale di Palermo utilizzando strumentazione GNSS della Topcon, ed in particolare un ricevitore GNSS GRS1 equipaggiato con software *TopCRASH*. I primi risultati sono molto incoraggianti e portano alla conclusione che i sistemi GNSS in NRTK sono ormai maturi anche per applicazioni interdisciplinari come quelle legate alla incidentistica stradale.

### Abstract

In the context of scientific research developed in recent years by DICAM, University of Palermo, a trend that is particularly interesting and multidisciplinary concerning the use of GNSS techniques in NRTK for applications of road accidents.

The detections of the information relating to the left road today are conducted with standardized mode between those of local police; regarding the real relief it is realized with triangulation techniques, with the aid of manual instrumentation consists casters metrics in plastic or steel wires.

The GNSS techniques in NRTK lend themselves well to this type of survey, the high information content and to manage different metadata (maps, coordinates, photographs, details of the accident) that are useful for the detection of claims.

This paper reports the experience that has been conducted in teams to aid detection of road accidents in the body of the Municipal Police of Palermo using the Topcon GNSS instrumentation, and in particular a GNSS receiver GRS1 equipped with software *TopCRASH*. The first results are very encouraging and lead to the conclusion that the GNSS in NRTK is ripe for interdisciplinary applications such as those related to road accident.

### Introduzione, background e normativa di riferimento

Gli incidenti dovuti ai veicoli a motore rivestono nelle società occidentali una rilevanza sociale ed un problema prioritario per la sanità pubblica, per l'elevato numero di morti e di invalidità

permanenti; a questi elevati costi sociali ed umani devono essere aggiunti altri costi economici, che rendono il problema della sicurezza stradale di estrema importanza. Secondo le stime dell'ISTAT si valuta che in Italia gli incidenti stradali costano ogni anno dai 24 ai 34 miliardi di euro, cioè una percentuale da 1,5 a 2 punti del Prodotto Interno Lordo. L'analisi del sinistro stradale si inquadra nel più ampio problema della sicurezza stradale.

L' Art. 1 del D.L. n 9 del 2002 afferma, infatti, che: *“la sicurezza delle persone nella circolazione stradale rientra tra le finalità primarie di ordine sociale ed economico perseguite dallo Stato”*, ma il problema della sicurezza stradale è stato affrontato in Italia, in maniera sistematica solo alla fine degli anni novanta e in notevole ritardo rispetto ad altri Paesi europei.

La *“Prima Relazione al Parlamento sullo stato della sicurezza stradale del 1998”*, ha fatto emergere l'urgenza di intervenire con un'azione coordinata di soggetti pubblici e privati e di predisporre un *“Piano Nazionale”* per la sicurezza stradale.

Cronologicamente, la Convenzione di Vienna del 1968 ha definito il sinistro stradale come: *“un evento in cui rimangono coinvolti veicoli, esseri umani o animali fermi o in movimento e dal quale derivano lesioni a cose, animali e persone”*.

In genere il sinistro stradale si verifica quando più utenti della strada intersecano le loro traiettorie e determinano un conflitto di spazi fisici e tuttavia non bisogna tralasciare anche la componente umana che rappresenta l'elemento di maggiore variabilità, e su cui ricade la valutazione di responsabilità.

Secondo la definizione, fornita dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità): *“un incidente stradale è uno scontro che avviene su una strada pubblica, che coinvolge almeno un veicolo e che può avere, ma non necessariamente, conseguenze sulla salute di chi vi è coinvolto”*.

La fonte principale dei dati consiste nella rilevazione statistica finalizzata alla raccolta degli elementi essenziali che contraddistinguono i singoli sinistri stradali, la loro localizzazione e le circostanze in cui si sono manifestati.

Tale rilevazione viene eseguita, per ogni incidente, tramite la compilazione di una scheda (Modello ISTAT CTT/INC) da organi pubblici a competenza locale quali: Polizia Stradale, Carabinieri, Polizia Locale o Municipale.

Le informazioni rilevate riguardano il numero di individui coinvolti nell'incidente secondo il ruolo (conducente, passeggero, pedone) e l'esito, la localizzazione e la dinamica dell'incidente, in particolare data e luogo del sinistro, l'organismo pubblico di rilevazione, l'area o localizzazione dell'incidente (se nel centro urbano o fuori dall'abitato), la dinamica del sinistro, il tipo di veicoli coinvolti, le circostanze che hanno dato origine all'incidente e le conseguenze alle persone e ai veicoli e i dati vengono raccolti in un annuario che l'ISTAT pubblica in collaborazione con l'ACI.

Il rilievo costituisce la fonte di informazione primaria per coloro che hanno il compito di ricostruire la dinamica di un incidente stradale e di valutare i comportamenti delle persone coinvolte.

L'esigenza di uniformare a livello nazionale le modalità di rilievo di un incidente stradale ed orientare la raccolta di dati per la sua corretta ricostruzione ha portato all'emanazione della norma UNI 11472 *“Rilievo degli incidenti stradali - Modalità di esecuzione”*. La presente norma è stata elaborata dalla Commissione Tecnica *“Costruzioni stradali e opere civili delle infrastrutture”* ed è entrata a far parte del Corpo Normativo Nazionale il 24 Gennaio 2013.

In essa si precisa che *“il rilievo è l'insieme degli atti irripetibili per la raccolta di tutti gli elementi tecnici sul luogo dell'incidente utili per la ricostruzione dell'evento, l'analisi dell'incidentalità, l'individuazione dei fattori di rischio ed il miglioramento della sicurezza stradale”*. Essa descrive anche la procedura per il rilievo degli incidenti stradali, ponendo l'attenzione su cosa debba essere rilevato e con quali modalità affinché possa costituire una valida base di partenza per la ricostruzione del sinistro finalizzata ad una maggiore comprensione dei fenomeni e, in ambito giudiziario, per fornire un elemento di giudizio. Effettuare una buona ricostruzione implica la necessità di disporre di dati il più possibile precisi ed affidabili, cioè di avere dei rilievi condotti in maniera ottimale. La norma UNI si applica al rilievo di tutti gli incidenti stradali e prende in

considerazione le tecniche di rilievo tradizionali basate sull'utilizzo di cordella metrica, metro o equivalente strumento di misura.

Si evidenzia, quindi, come la recente normativa italiana non faccia riferimento all'uso di nuove tecnologie come quelle GNSS in NRTK ai fini del rilievo planimetrico dei sinistri, anche se esse possano risultare più efficienti ed efficaci ai fini della precisione e della bontà del rilievo effettuato.

In letteratura invece si ritrovano due studi particolarmente interessanti che associano al rilievo tradizionale con stazione totale quello GNSS, svolte in Nord America.

La *Royal Canadian Mounted Police* (RCMP) rappresenta l'agenzia pioniera nell'uso del GNSS RTK per il rilievo planimetrico dei sinistri stradali, dato che fin dalla prima metà degli anni novanta aveva cominciato ad usare Stazioni Totali per la ricostruzione nelle indagini riguardanti sinistri stradali, oltre che per studio delle deformazioni sui veicoli.

Oggi le unità di polizia stradale sono state dotate di sistema GNSS, che permettono agli agenti di regolare il traffico, evitando rallentamenti, ingorghi o altre possibilità di incidente. Tale ricostruzione costituisce parte integrante per le investigazioni per uso probatorio, atte a determinare ed accertare le differenti responsabilità degli individui coinvolti. Dall'esperienza del RCMP emerge che il rilievo di un sinistro stradale con due autoveicoli coinvolti, in un incrocio a quattro vie è stato effettuato in soli 20 minuti, contro le 2 ore richieste utilizzando una stazione totale (El Sheimy, 2006).

Il *Las Vegas Metro Police Department* (LVMPD), è all'avanguardia nell'uso della tecnologia per la mappatura delle scene dei sinistri stradali in USA, attraverso l'utilizzo delle stazioni totali robotiche. L'utilizzazione delle stazioni totali ha consentito al Dipartimento di Polizia Metropolitana di gestire tra 30.000 e 40.000 incidenti stradali all'anno e recentemente il LVMPD utilizza sistemi GNSS che utilizzano la rete di stazioni permanenti del "*Las Vegas Valley Water District*", per la correzione differenziale (Gavin, 2010).

In Italia, invece, il rilevamento planimetrico di un sinistro stradale ha la funzione di acquisire tutti gli elementi necessari per consentire la rappresentazione grafica, su di un piano, del luogo in cui è avvenuto un sinistro stradale e di tutte le cose che sul luogo si trovavano e che risultino in un qualche modo collegate, o comunque coinvolte nel sinistro stesso per individuare le cause dirette o indirette, oggettive o soggettive del sinistro.

L'attrezzatura di cui dispone l'operatore, per la realizzazione dello schizzo di campagna, è portatile e di facile impiego. L'agente dell'infortunistica stradale, dispone di un foglio (formato A3) con tacche millimetriche, di una matita e di una riga. Per misurare le aree del sinistro dispone di una cordella metrica in materiale plastico molto resistente di almeno 50 m. I punti significativi, sulla sede stradale, vengono tracciati attraverso l'utilizzo di un gesso bianco.

In genere gli operatori della Polizia stradale per eseguire i rilievi planimetrici di un sinistro, utilizzano due metodi: il sistema delle triangolazioni e il sistema delle rette ortogonali, che possono essere usati anche insieme. La scelta del metodo è influenzata dalla conformazione topografica del luogo dell'incidente. Si può usare il sistema delle rette ortogonali soprattutto quando la strada è rettilinea, pertanto esso è applicato principalmente nel rilievo planimetrico dei sinistri avvenuti in autostrada. Il metodo delle triangolazioni è quello che viene usato con maggiore frequenza quando la strada non è rettilinea perché permette di ottenere una maggiore precisione rispetto al metodo precedente. Il sistema delle triangolazioni si basa sulla costruzione ed esatta determinazione di tanti triangoli quanti sono gli elementi da rilevare. A partire da due punti fissi (capisaldi), che devono essere perfettamente individuabili a distanza di tempo per cui la collocazione dovrebbe essere descritta con precisione, si costruisce la base del triangolo. Dagli estremi della base si eseguono le misurazioni in modo tale che il vertice del triangolo costituisce l'elemento da rilevare. I lati di tale triangolo sono costituiti dalle misurazioni che congiungono gli estremi della base all'elemento da fissare (il vertice).

## Sperimentazione

Lo studio svolto in questo lavoro ha avuto come oggetto la sperimentazione dell'uso del sistema *TopCRASH* finalizzata al rilievo di sinistri stradali. Esso si è svolto nel Comune di Palermo, tra la fine del 2012 e l'inizio del 2013 e ha riguardato il rilievo di sinistri su tutto il territorio comunale, considerato che la città di Palermo, nel 2011, si è piazzata al quinto posto tra le città italiane con la maggiore percentuale di indice di mortalità.

Natura dell'incidente	Palermo	
	N.	%
Scontro frontale	168	4,8
Scontro frontale-laterale	1.454	41,6
Scontro laterale	349	10
Tamponamento	534	15,3
Urto con veicolo in fermata o in arresto	91	2,6
<b>Totale incidenti tra veicoli</b>	<b>2.596</b>	<b>74,3</b>
Investimento di pedoni	362	10,4
Urto con veicolo in sosta	51	1,5
Urto con ostacolo	185	5,3
Fuoriuscita	260	7,4
Frenata improvvisa	3	0,1
Caduta da veicolo	36	1
<b>Totale incidenti a veicoli isolati</b>	<b>897</b>	<b>25,7</b>
<b>Totale</b>	<b>3.493</b>	<b>100</b>

Tabella 1. Tipologia incidenti a Palermo, 2011.

Tra il 2010 e il 2011 la percentuale degli incidenti è aumentata del 3%, il numero dei morti è cresciuto del 2,9 % e il numero dei feriti è aumentato del 2,5 % passando da 4.910 del 2010 a 5.032 del 2011, unica provincia in Sicilia a registrare un aumento (Tabella 1).

Le operazioni di rilievo sono state svolte con la collaborazione del Comando dei Vigili Urbani di Palermo, che nutre un interesse particolare per la sperimentazione di apparecchiature tecnologicamente avanzate, in materia di rilievo tecnico dei sinistri stradali.

Il sistema utilizzato per i rilievi è composto da un ricevitore palmare GNSS a doppia frequenza, con integrato fotocamera, bussola elettronica e lettore di codice a barre, corredato con asta in carbonio da due metri e antenna esterna PG-A1, su cui sono installati i software *Mercurio Crash*, utile al rilievo in strada e *Meridiana Crash*, che svolge il compito di restituzione della planimetria del sinistro; il ricevitore è già stato impiegato dal DICAM in altre attività di ricerca negli ultimi anni (Dardanelli et. al., 2010).

Lo studio ha richiesto diverse fasi: preliminare, operativa, elaborazione dei dati.

Nella prima fase è stato necessario finalizzare l'apprendimento delle modalità di intervento nei luoghi teatro di un sinistro e dello studio delle tecniche di rilievo tradizionale, attraverso l'utilizzo di un prontuario in dotazione al reparto infortunistica. In questa fase si è analizzato come circoscrivere l'area di un sinistro, come non contaminare la scena, raccogliere indizi utili all'indagine successiva, effettuare le misurazioni del campo del sinistro, individuare i caposaldi opportuni per il rilievo, e produrre uno schizzo di campagna esaustivo. La sezione di infortunistica stradale della Polizia Municipale di Palermo è divisa in quattro turni di lavoro, ed è attiva 24 ore su 24 su tutto il territorio del Comune. Gli agenti lavorano con un furgone tipo FIAT Ducato, nel quale è presente un ufficio mobile con tutta l'attrezzatura necessaria al rilevamento dei sinistri e all'accertamento tecnico-amministrativo degli incidentati.

Per tutta la durata della presente sperimentazione ci si è affiancati alle pattuglie in servizio, agendo contemporaneamente e parallelamente ad esse, ed effettuando il rilievo con *TopCRASH*, mentre le pattuglie utilizzavano il metodo di rilievo tradizionale.

Nella seconda fase, quella operativa, procedendo al rilievo e per sgomberare il più velocemente possibile la sede stradale ed evitare rallentamenti ed ingorghi del traffico, secondo la prassi, si sono rilevati per primi i veicoli considerandone i mozzi (parte del veicolo che connette il pneumatico al semiassie e quindi una delle parti più rigide del veicolo che non subisca grosse deformazioni a seguito di impatto) ed un punto mediano del retrotreno.

Con soli tre punti, dunque, è possibile rilevare il veicolo coinvolto e, per mezzo della banca – dati, è possibile inserire il tipo di veicolo (autoveicolo, moto, autotreno) e il modello tra quelli disponibili, il verso di percorrenza e il senso di marcia.

Nella terza fase acquisiti tutti gli elementi associati ai veicoli coinvolti (tracce di frenata, scarrocciamento, residui, o altro) si passa poi, al rilievo dell'area del sinistro, utilizzando anche in questo caso le opzioni disponibili del menu del software. Si sono rilevati, così, per ogni incidente, la segnaletica orizzontale e verticale presenti, i marciapiedi, eventuali tracce biologiche (sangue, materiale organico), attraversamenti pedonali.

A corredo del rilievo si sono aggiunte ove necessario, anche delle foto, in cui ad ogni immagine è associata una coordinata plano-altimetrica. Il rilievo così effettuato, risulta essere inconfutabile ed incontrovertibile ai fini di una indagine giudiziaria, poiché riproduce in modo reale e fedele il sinistro così come è avvenuto (Figura 1).

La planimetria rilevata è quella definitiva, può essere stampata nella scala e nel formato desiderato e allegata ai verbali redatti direttamente sul luogo dell'incidente.

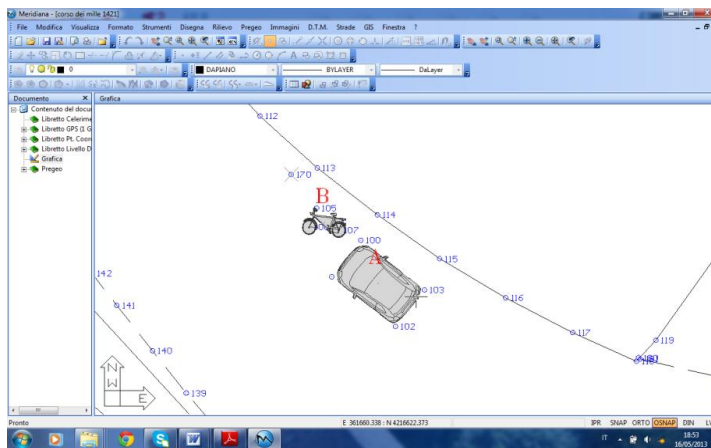


Figura 1. Restituzione grafica software Meridiana Crash.

Sono stati effettuati, nell'arco di un mese, 20 rilievi in tutto il territorio comunale e ciò ha consentito di testare il sistema in punti differenti della città, sia in punti ad alta intensità abitativa del centro storico sia in zone meno edificate periferiche. È stato possibile, però, effettuare il rilievo con *TopCRASH* soltanto di 10 sinistri, poiché in alcune zone della città il segnale GNSS è risultato debole o addirittura assente, per la presenza di ostacoli come muri, alberi, e soprattutto edifici (Figura 2).

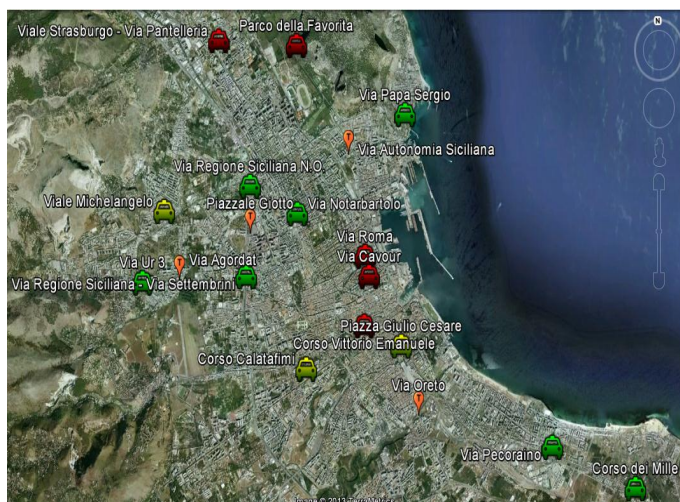


Figura 2. Sinistri stradali rilevati.

### Analisi dei risultati

Completata la fase di rilievo di tutti i sinistri, si è proceduto con l'elaborazione dei dati, ai fini della sperimentazione, con inizialmente la conversione delle coordinate di alcuni "punti di controllo", dal sistema di riferimento UTM – WGS 84 a quello Gauss – Boaga, per permettere, in un secondo momento, la sovrapposizione del rilievo effettuato con il sistema testato e la carta tecnica del Comune di Palermo, in formato digitale.

Come si può osservare dall'esame della figura 3 vi è un'ottima corrispondenza tra la cartografia e i rilievi eseguiti, che rappresenta quindi un'innovazione rispetto ai rilievi "locali" operati dalle pattuglie e permette di inserire gli stessi all'interno del sistema informativo dell'Amministrazione Comunale.

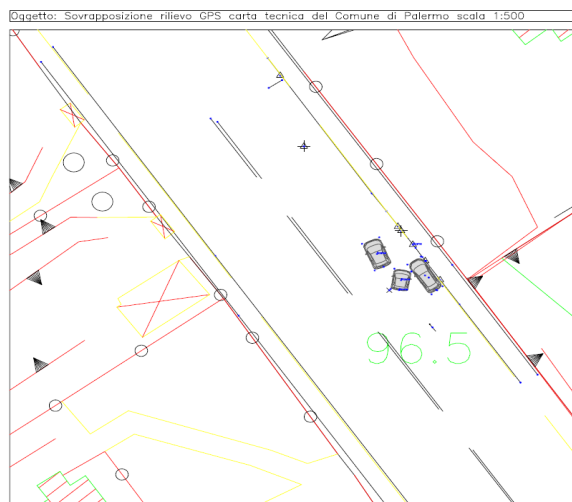


Figura 3. Sovrapposizione del rilievo GNSS con la carta Tecnica del Comune di Palermo in scala 1:500.

L'ultima fase del lavoro di sperimentazione ha riguardato l'elaborazione dei dati per definire la qualità e la precisione dei rilievi effettuati.

A tale proposito, dunque, i dati grezzi sono stati esportati dal software Meridiana a fogli di calcolo, dove è stato possibile realizzare dei grafici per analizzare gli andamenti degli indici di precisione PDOP e GDOP, il numero di satelliti presenti al momento del rilievo, gli SQM orizzontali e gli SQM verticali (Figura 4).

I diagrammi mostrano chiaramente ottimi valori per i parametri statistici, ampiamente al di sotto dei valori limite noti in letteratura, con scarti orizzontali e verticali sempre contenuti a qualche centimetro, che validano l'uso del sistema alle applicazioni in corso.

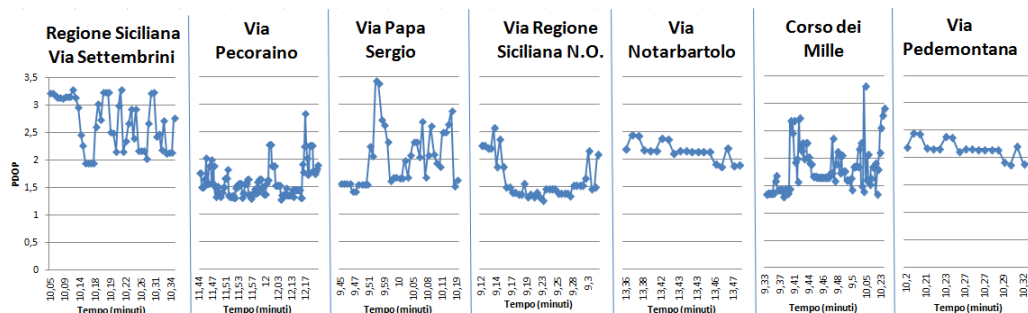


Figura 4. Valori di PDOP e GDOP relativi a tutti i sinistri rilevati.

## Conclusioni

La sperimentazione svolta in questo lavoro ha avuto come obiettivo la valutazione dell'attendibilità del rilievo GNSS in ambito infortunistico-stradale, dove l'accuratezza risulta fondamentale ai fini dell'esatta ricostruzione del sinistro per accertare le singole responsabilità civili, penali o amministrative dei soggetti coinvolti.

Dall'elaborazione dei dati si evince come il rilievo planimetrico effettuato col *TopCRASH* presenti degli alti livelli di precisione e consenta di apportare numerosi vantaggi per gli operatori impegnati nel rilievo.

Bastano, infatti, pochi minuti per inizializzare lo strumento e realizzare una planimetria dell'area del sinistro estremamente dettagliata e precisa, con un notevole risparmio di tempo e di personale.

Ciò comporta un aumento in termini di sicurezza sia dell'operatore coinvolto nel rilievo, sia degli altri utenti della strada con la diminuzione del rischio di altri incidenti.

Tuttavia ai molteplici vantaggi si affianca un aspetto negativo, insito nella stessa tecnologia GNSS, cioè la mancata ricezione del segnale da parte del ricevitore in alcune zone della città in cui, a causa di ostacoli il segnale risulta essere debole o assente; in questi casi si potrebbero affiancare al sistema utilizzato altri dispositivi dal costo molto contenuto, come i distanziometri a laser, che permettono di completare il rilievo senza ricorrere all'uso della cordella metrica.

Si può, dunque, concludere che, nonostante questi limiti, il sistema utilizzato risulta essere uno strumento indispensabile nell'equipaggiamento di un reparto, come quello infortunistico, che ogni anno interviene nel rilevamento di un numero elevatissimo di sinistri (circa 4000 quelli rilevati lo scorso anno nella città di Palermo). A riprova di ciò si fa riferimento alle sovrapposizioni dei rilievi effettuati con la carta Tecnica Comunale che risultano quasi perfettamente coincidenti.

Tuttavia la normativa italiana vigente, come risulta dalla norma *UNI 11472* (marzo 2013), non menziona l'utilizzo di strumenti tecnologici a supporto del rilievo planimetrico dei sinistri stradali, ma indica il metodo tradizionale con l'uso di cordella metrica, come l'unico legalmente applicabile.

Dai dati elaborati, e dai risultati ottenuti si può pertanto affermare che il sistema testato risulta efficace, per cui si potrebbe auspicare un suo più ampio utilizzo in futuro poiché permette agli

operatori di potere inserire rapidamente gli incidenti all'interno del WebGIS del Comune di Palermo.

### **Ringraziamenti**

Gli autori desiderano ringraziare la Geotop s.r.l. per la fornitura della strumentazione e il geometra Vito Terzo, per la paziente assistenza durante le fasi dei rilievi. Un particolare ringraziamento al comando dei Vigili Urbani di Palermo, Sezione di Infortunistica Stradale e all'ing. Giuseppe Ferraro che su tali tematiche ha discusso brillantemente la Sua tesi di Laurea in Ingegneria Civile.

### **Bibliografia**

- G. Dardanelli, V. Franco, S. Chiappone (2010). Analisi di rilievi NRTK condotti con differenti reti di stazioni permanenti in Sicilia. In Atti ASITA 2010
- B.Gavin (2010). Mapping the crash, Professional Surveyor Magazine, pp 18-20
- N. El Sheimy, (2006). Traffic Accident Reconstruction Using GPS and no – metric imagery, FIG XXIII
- G. Protospataro (2010). Prontuario dell'infornistica stradale, Ed. Egaf.C
- A. H. Franck, D. Franck (2010). Mathematical methods for accident reconstruction: A forensic engineering perspective, CRC Press Taylor & Francis Group
- D. Vangi (2007). I criteri e le tecniche per la ricostruzione degli incidenti stradali, Bollettino Ingegneri n°. 3, pp.25-28
- T. Esposito, R. Mauro (2003). Fondamenti di infrastrutture viarie 1, Ed. Hevelius