

TECNICHE DI RILIEVO ARBOREO PER LA CREAZIONE DI UNA BASE GEOMETRICA PER IL SISTEMA INFORMATIVO SPAZIALE DEL CASTELLO E DEL PARCO DI RACCONIGI

Davide MARENCHINO, Manuele PESENTI, Marco PIRAS,
Fulvio RINAUDO, Vittoria TODISCO

DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie –
Politecnico di Torino, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino.
(davide.marenchino, manuele.pesenti, marco.piras, fulvio.rinaudo, vittoria.todisco)@polito.it

Riassunto

Nell’arco degli ultimi anni si è sviluppata una collaborazione tra la Soprintendenza per i Beni Architettonici e il Paesaggio del Piemonte e il DITAG - Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie - del Politecnico di Torino, che ha portato alla realizzazione di un SIT per la gestione del parco reale del castello di Racconigi.

Il seguente lavoro si pone come obiettivo di affrontare le problematiche inerenti al rilievo topografico degli alberi del parco e il confronto delle differenti tecniche di rilievo utilizzate, al fine di ottenere una corretta integrazione nel SIT esistente.

Abstract

In the last years the Architecture and Landscape Safeguard Office in Piedmont and the DITAG - Land Environment and Geo-Engineering Department - of the Politecnico di Torino have carried out a collaboration dealing with the achievement of a GIS to the management of the Real Park of the Racconigi Castle.

The following work aims at analyse the problems related to the topographic survey of the trees of the park and testing the different measurement instruments, in order to update the GIS.

Introduzione

Il parco del castello di Racconigi, cittadina situata a circa 40 Km a sud di Torino, è sicuramente un bene di inestimabile valore storico, architettonico e culturale. Esso fa parte, unitamente al castello, del sistema della “corona di delizie”, circuito delle residenze extraurbane con cui i Savoia circondarono la capitale del loro regno tra i secoli XVII e XVIII.

Il parco è un bene decisamente complesso, la cui gestione deve essere opportunamente pianificata. A tale scopo, nell’arco degli ultimi anni, si è sviluppata una collaborazione tra la Soprintendenza per i Beni Architettonici e il Paesaggio del Piemonte e il DITAG - Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie - del Politecnico di Torino, che ha portato alla realizzazione di un SIT per la gestione del parco.

Lo sviluppo di un sistema informativo permette di agevolare la raccolta, l’integrazione, l’analisi e la sintesi delle numerose informazioni necessarie alla gestione del sito. Allo stato attuale sono presenti numerose tematiche strutturate all’interno del SIT (Agosto, Ardisson, Rinaudo, Todisco, 2006), tra cui le informazioni di carattere tecnico, gestionale, botanico relative ai singoli individui arborei presenti nel parco. La bassa accuratezza del dato geometrico di ogni singola entità arborea richiede però l’integrazione e l’aggiornamento della base cartografica attualmente a disposizione, costituita da una carta in scala 1:500 e un’ortofoto in scala 1:1000. Ne consegue la necessità di definire una

tecnica di rilievo speditiva che permetta una rapida integrazione del SIT, garantendo le accuratezze richieste.

Il parco di Racconigi

Il parco del castello reale di Racconigi si estende su un'area complessiva di 170 ettari. Dal 1997 è entrato nella lista UNESCO dei siti mondiali patrimonio dell'umanità ed è un piccolo gioiello testimonianza dell'abilità e dell'esperienza degli architetti che lo progettaron e dei giardinieri che in esso lavorarono. Nel corso della storia secolare del castello dei principi di Carignano il parco ha assunto diversi aspetti. Ideato nel Seicento sullo stile del giardino "all'inglese", subì una profonda trasformazione nel XIX secolo: il giardiniere tedesco Xavier Kurten realizzò, dietro richiesta di Carlo Alberto, un parco all'inglese, con sentieri tortuosi tra le grandi distese di prati e i boschetti, ed un sistema idraulico costituito da una rete di navigli, con il "Grande lago" nella zona centrale. Oggi, grazie alle opere di manutenzione e restauro degli ultimi anni, il parco è visitabile e tuttora ricco di una grande varietà di specie animali e vegetali protetti. Molti sono gli alberi monumentali presenti, in particolare i platani le querce farnie, i carpini, gli olmi, i faggi e gli ippocastani. Accanto a queste varietà arboree, si trovano alcune specie esotiche presenti qui in esemplari unici: zelcova, ginkgobiloba, libocedro, tasso, albero di giuda, solo per citarne alcune.

Le tecniche di rilievo arboreo

Nella salvaguardia del parco è fondamentale avere a disposizione un SIT multidisciplinare che permetta di conoscere ed identificare tutte le componenti del giardino stesso al fine di ottimizzare e coordinare le attività di gestione. E' quindi necessario creare un archivio di dati, aggiornabile periodicamente, relativo alla vegetazione. La necessità di una base cartografica degli individui arborei consona alle esigenze del SIT, ha condotto ad un'accurata analisi delle tecniche di rilievo più idonee. La completezza dell'informazione geometrica, l'ottimizzazione dei tempi di rilievo e l'accuratezza sono requisiti che sono spesso ostacolati da numerose problematiche, dovute alle non ideali condizioni operative in campagna, quali la mancanza di visibilità dovuta alla presenza della vegetazione. E' stata quindi compiuta una campagna di rilievi topografici su aree campione con tre differenti tecniche, al fine di valutare le potenzialità di ognuna di esse, ed in modo da definire una metodologia idonea al rilievo dell'intera area del parco. Le tecniche utilizzate sono:

- rilievo topografico terrestre con Stazione totale;
- rilievo GPS in modalità RTK;
- rilievo integrato (Stazione Totale e GPS) con strumento "Leica SmartStation".

Le aree campione sono costituite da tre particelle adibite a fustaia (si veda figura 1).

La scelta di queste aree è avvenuta in funzione delle caratteristiche morfologiche/botaniche medie del parco, caratterizzato prevalentemente da fustaie ad alto fusto e zone "boschive" a fitta vegetazione.

Rilievo topografico terrestre con stazione totale

Il rilievo topografico terrestre è stata la prima tecnica presa in considerazione. Tale scelta è giustificata dal fatto che all'interno del parco era già materializzata una rete di inquadramento costituita da 11 punti (Agosto, Rinaudo, 2004) nel sistema di riferimento WGS84. Ciò ha comportato l'eliminazione delle operazioni topografiche di inquadramento, limitando il rilievo alle



Figura 1. Particelle campione

fasi di raffittimento e dettaglio. Il rilievo è stato eseguito con lo strumento Leica TCR 705 nella zona sud-est del parco, comprendente la particella 21E. La tecnica ha fornito dei buoni risultati, sia in termini di accuratezza che in termini di completezza geometrica. Tali requisiti sono stati raggiunti a discapito delle tempistiche in campagna: la mancanza di una completa visibilità delle entità arboree e la difficoltà nell'esecuzione delle misure di distanza, dovute alla presenza di fronde e rami, ha reso necessaria l'esecuzione di una poligonale chiusa di 5 vertici (figura 2), di cui 2 appartenenti alla rete di inquadramento (punti R1 - R6).

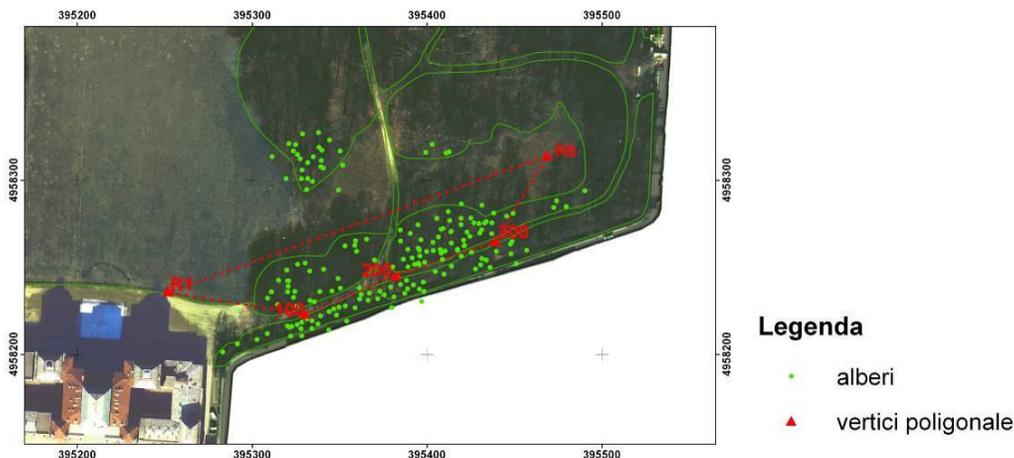


Figura 2. Schema del rilievo topografico con Stazione totale

Rilievo GPS in modalità RTK

Una tecnica alternativa al rilievo topografico terrestre è costituita dal GPS. Operando in modalità differenziale cinematica di fase (RTK), mediante collegamento GSM con la stazione permanente di Savigliano (CN) si è reso possibile un rilievo degli individui arborei nelle particelle 69 e 70. La modalità di rilievo RTK ha arrecato un forte vantaggio in termini di rapidità del rilievo, sia durante le operazioni di misura in campagna, sia durante il post-processamento dei dati. Il GPS fornisce in real-time coordinate cartografiche (UTM WGS84) con accuratezze dell'ordine del cm (in condizioni standard). La fase di post-processing in questo caso è stata limitata alla conversione delle quote da ellissoidiche ad ortometriche (da eseguire con un opportuno modello di geoida).

Il fattore che limita fortemente la tecnica nel caso del rilievo arboreo riguarda la perdita del segnale GPS nelle zone di maggior vegetazione. Seppur il rilievo sia stato svolto in inverno inoltrato (con alberi spogli di foglie), sono state riscontrate numerose difficoltà nell'occupazione dei punti. La presenza di alberi ad alto fusto (oltre i 20 m) e l'elevata densità hanno ostacolato la ricezione del segnale, con la conseguente perdita di accuratezza. In numerosi casi, infatti non si è reso possibile il fissaggio dell'ambiguità di fase per la mancanza di una visibilità dei satelliti soddisfacente (>4-5 satelliti). L'occupazione dei punti è avvenuta quindi in condizioni di ambiguità *float* (non intera), con un conseguente decadimento della precisione (> 50 cm).

Rilievo integrato con Leica SmartStation®

Lo strumento Leica SmartStation è un'integrazione tra una stazione totale ed un ricevitore GPS in grado di operare in modalità RTK. Occupando con il GPS i punti stazione, lo strumento è in grado di calcolare le correzioni di stazione ed inquadrare le misure di dettaglio nel sistema di riferimento UTM WGS84. E' quindi possibile eseguire le operazioni di inquadramento e dettaglio in un'unica fase, senza l'ausilio di poligonali d'appoggio, riducendo notevolmente i tempi di rilievo.



Figura 3. Strumento Leica SmartStation Figura 4. Operazioni di rilievo con SmartStation

Il rilievo con SmartStation è stato eseguito sulle 3 particelle campione. Tutti i punti stazione sono stati occupati con il GPS integrato in modalità RTK. Questa tecnica, come noto, richiede che la distanza massima tra master e rover non superi i 30 km, al fine di conservare le precisioni centimetriche previste da questa metodologia di rilievo. Sfruttando la potenzialità della rete test di stazioni permanenti presente nella regione Piemonte, si è effettuato un posizionamento NRTK, vale a dire si è sfruttata una correzione differenziale generata dalla rete. Sono quindi state calcolate le coordinate di ogni punto di stazione nel sistema UTM WGS84. L'orientamento della stazione è avvenuto in due modalità differenti:

- rispetto ad un punto noto;
- rispetto ad un punto di cui le coordinate non sono ancora note.

Nel primo caso (figura 5a), un punto (P2) è noto mentre il punto P1, di stazione, viene occupato mediante RTK. In seguito all'orientamento di stazione su P1 (opzione *Backsight point*), lo strumento procederà in automatico a calcolare l'Azimuth e la correzione azimuthale, sfruttando l'informazioni di posizione dei due punti noti. Quest'operazione automatica consente di effettuare un rilievo di dettaglio senza definire una poligonale d'appoggio. In questo caso le coordinate sono riferite al sistema cartografico (E, N, h).

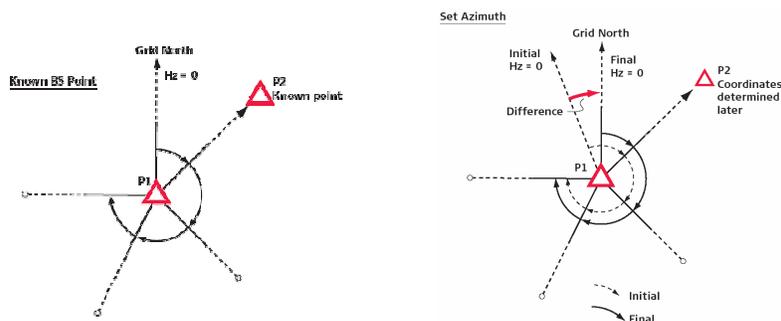


Figura 5 (a-b). Orientamenti di stazione con lo strumento Leica SmartStation

Nel secondo caso (figura 5b), invece, si staziona su un punto determinato in RTK, e ci si orienta su un punto incognito. Quindi si setta un Azimuth (opzione *Set Azimuth*) "iniziale", non coincidente con quello reale. Eseguito il rilievo di dettaglio dal punto P1, si occupa il punto P2 e si rilevano, in RTK, le sue coordinate. Con modalità analoga a quanto descritto sopra (*Backsight point*), lo strumento calcola il valore di correzione azimuthale e l'Azimuth reale. I punti di dettaglio rilevati

dalla stazione P2 vengono direttamente registrati in coordinate assolute, mentre le coordinate dei punti di dettaglio su P1 vengono automaticamente ruotate dal sistema locale al sistema globale. Nel caso del rilievo del parco di Racconigi si è lavorato per coppie di punti stazione tra loro intervisibili, sfruttando il secondo metodo di misura. Il rilievo è risultato speditivo e completo.

Considerazione generali sul sistema di coordinate utilizzato

La tecnica di misura con SmartStation deve essere attentamente analizzata in fase di progetto del rilievo, in quanto l'integrazione tra coordinate tridimensionali e triplette di coordinate sferiche comporta l'insorgere di problemi di natura geodetica. La soluzione rigorosa a tale problema è la compensazione in un sistema 3D (Barzagli, Cina, Manzino). In realtà le operazioni di trattamento delle misure in *real-time* compiute da SmartStation non seguono un approccio rigoroso. L'integrazione tra le misure dirette di distanze ed angoli e le coordinate GPS avviene direttamente sul piano cartografico UTM WGS84. E' quindi necessario compiere le operazioni di:

- riduzione delle distanze misurate con stazione totale sulla superficie di riferimento (ellissoide WGS84);

$$d_g = d_0 \left(1 - \frac{Q_B}{R} \right)$$

- proiezione delle distanze sul piano cartografico.

$$d_c = m_l \cdot d_g = \left(1 + \frac{x^2}{2pN0.9996^2} \right) \cdot 0.9996 \cdot d_g$$

La SmartStation è in grado di gestire in automatico queste operazioni, a completa discrezione dell'utente.

Facendo riferimento ad un punto stazione del parco ($Quota = 300m$; $m_l = 0.99973$), sono state riassunte in tabella 1 le differenze che intercorrono tra le distanze in considerazione.

d_0 (m)	$d_0 - d_g$ (m)	$d_0 - d_c$ (m)
100	0.005	0.031
200	0.009	0.063
500	0.024	0.156
1000	0.047	0.313

Tabella 1. Correzione delle distanze (riduzione sull'ellissoide, proiezione cartografica)

Nel caso specifico del rilievo arboreo del parco, in cui le misure massime di distanza non eccedono i 100m, le differenze tra distanze ridotte all'orizzonte e distanze cartografiche si possono considerare trascurabili rispetto alle accuratezze richieste. Ne consegue che le correzioni alle distanze orizzontali non sono necessarie.

In generale si può concludere che il sistema debba essere utilizzato in maniera consona dall'utente, che deve essere consapevole non solo delle sue potenzialità, ma anche delle problematiche di natura geodetica dovute all'integrazione delle tecniche di misura.

Integrazione nel SIT esistente e comparazione tra le tecniche

I dati di natura geometrica, unitamente alle informazioni botaniche di ogni individuo arboreo delle aree campione sono stati introdotti nel SIT esistente. In questo ambiente sono stati comparati i risultati ottenuti dalle varie tecniche di rilievo. Ne è conseguito che il rilievo GPS, seppur rapido, non ha fornito risultati soddisfacenti in termini d'accuratezza e completezza delle entità rilevate, soprattutto nelle zone ad alta percentuale di vegetazione (figura 6). I risultati di accuratezza forniti dal rilievo topografico con stazione totale e da SmartStation si possono invece considerare

soddisfacenti. In particolare la possibilità di inquadrare il dettaglio in un sistema di riferimento assoluto, unitamente alla rapidità delle operazioni di post-processamento, ha reso il rilievo integrato con SmartStation la tecnica più idonea alle esigenze richieste, garantendo il rilievo speditivo e completo di tutti gli individui arborei presenti.

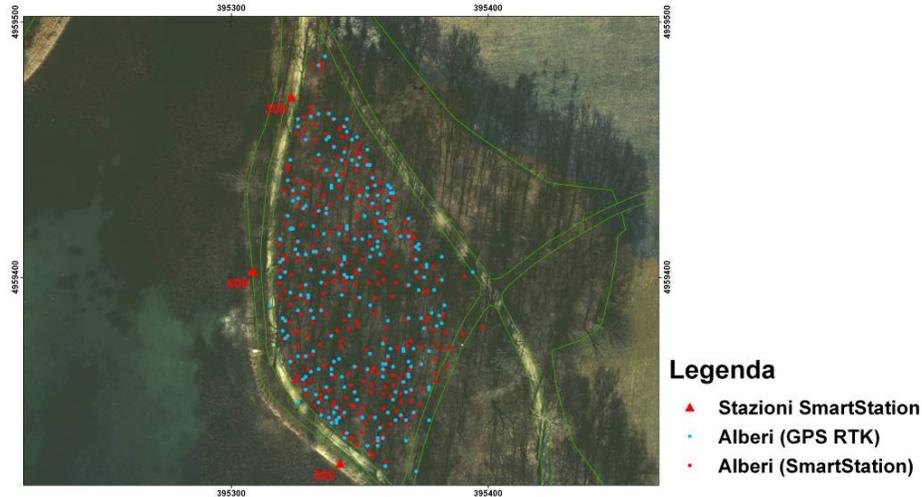


Figura 6. Confronto tra rilievo GPS RTK e rilievo SmartStation sulla particella 69.

Conclusioni e sviluppi futuri

Nel caso specifico del rilievo arboreo del Parco di Racconigi si può affermare che la tecnica di rilievo integrata con lo strumento SmartStation è risultata la più efficace tra quelle sperimentate, essa ha infatti soddisfatto i requisiti primari di completezza, accuratezza e rapidità. Per contro la tecnica GPS RTK non ha soddisfatto i requisiti richiesti dal rilievo arboreo seppur abbia fornito buoni risultati in zone rade. Per ovviare il problema della mancanza di segnale nelle zone mediamente alberate, è possibile in futuro tentare di utilizzare un ricevitore singola frequenza o di solo codice in modalità DGPS. Questi ricevitori non consentono di raggiungere elevate precisioni in tempo reale, ma altresì consentono di lavorare anche in presenza di un segnale abbastanza rumoroso.

Bibliografia

Barzaghi R., Cina A., Manzino A. (2006), “Il rilievo geodetico tridimensionale integrato”, *Bollettino SIFET n° 3*

Agosto E., Ardissoni P., Rinaudo F., Todisco V. (2006), “La gestione di beni culturali con strumenti Open Source: il Sistema Informativo del Parco Reale di Racconigi”, *Atti della IX Conferenza Nazionale ASITA, Bolzano*

Biasion A., Cina A., Pesenti M., Rinaudo F. (2005), “An integrated GPS and total station instrument for cultural heritage surveying: the Leica SmartStation example”, *CIPA 2005 XX International Symposium, Torino*

Agosto E., Rinaudo F. (2004), “Il sistema informativo territoriale per il monitoraggio del sistema idraulico del Parco Reale di Racconigi”, *Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA, Roma*

Mondino L. (2003), “Racconigi: idraulica e giardini: ponti e manufatti nel sistema d’acque del Parco di Racconigi tra Ottocento e Novecento”, *tesi scuola di specializzazione*