

MONITORAGGIO DINAMICO DI UN PARCO URBANO CON TECNICHE GEOMATICHE E SOFTWARE PER LA MANUTENZIONE

di Gino Dardanelli, Silvia Paliaga e Massimo Allegra

QUESTO LAVORO SI PROPONE DI REALIZZARE UNO STRUMENTO ATTO A SUPPORTARE LE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE E GESTIONE DEL VERDE PUBBLICO, ATTRAVERSO LA CREAZIONE DI UN APPLICATIVO, IN PARTICOLARE UN CMMS (ACRONIMO INGLESE DI COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM - "SISTEMA COMPUTERIZZATO DELLA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE").

Le fasi del lavoro che hanno portato alla realizzazione di questo applicativo sono state numerose. Il primo passo è stato il rilievo del parco urbano Ninni Cassarà, oggetto di questa sperimentazione. Il rilievo è stato effettuato attraverso il sistema IP-S2 Topcon, uno strumento che permette di rilevare e georeferire grandi aree attraverso dati acquisiti con scanner laser e sistemi fotogrammetrici. In un secondo momento si è passati all'elaborazione dei dati, dove si è proceduto alla generazione dei panorami sferici, andando a costruire un sistema di rife-



Fig. 1 - Piattaforma MMS TOPCON.

rimento locale per ogni sfera, al fine di poter identificare ogni pixel, costituente la sfera, con una coppia di coordinate geografiche.

In seguito si è proceduto con la progettazione e prototipazione del software; esso si compone di tre parti: la prima permette l'inserimento dei dati identificativi dell'operatore preposto dall'a-

zienda di manutenzione per effettuare l'ispezione del parco, inoltre è previsto un elemento dinamico che restituisca data e ora del rilievo rilevandolo direttamente della macchina in cui è installato; la seconda è costituita da un'ortofoto dell'intero parco, creata da immagini satellitari, dove si evidenzia la posizione di ogni immagine sferica.

La terza parte del software è costituita da una schermata con un primo pannello che permette una rapida visualizzazione del panorama sferico relativo alla posizione dell'operatore, il quale può confrontare le caratteristiche che aveva il parco nel suo stato originario con quelle che presenta al momento dell'ispezione, un secondo pannello che presenta icone rappresentative della tipologia di elementi da sottoporre a manutenzione.

Il software oggetto di studio nasce con lo scopo di progettare, organizzare e gestire la manutenzione dei parchi urbani, cioè uno strumento a supporto dei tecnici, i quali, realizzando all'interno di esso un sistema informativo coerente con i fabbisogni espressi del servizio di manutenzione, potranno re-



Fig. 2 - Percorso effettuato dallo strumento IP-S2.

alizzare i seguenti obiettivi: miglioramento nella prestazione impiantistica; riduzione dei costi propri di manutenzione; evoluzioni nella progettazione del sistema di manutenzione; perfezionamenti nell'efficienza/efficacia delle azioni manutentive; miglioramenti nella definizione e nella gestione dei piani di manutenzione, delle politiche di manutenzione preventiva delle attività diagnostiche ed infine miglioramenti nella gestione dei ricambi e nella definizione dei corretti livelli di scorta.

LA STRUMENTAZIONE

Lo studio svolto ha riguardato il rilievo del parco comunale attraverso un sistema di rilevamento dinamico della Topcon, l'IP-S2. Topcon IP-S2 (figura 1) è un sistema MMS integrato che permette di effettuare il rilievo lineare in movimento raggiungendo un alto grado di precisione.

Si ottiene il posizionamento preciso dei veicoli ricorrendo a tre tecnologie: un ricevitore GNSS, (Global Navigation Satellite System), a doppia frequenza che stabilisce la posizione nello spazio, un sistema di misura inerziale, IMU (Inertial Measurement Unit), che fornisce l'assetto del veicolo e un collegamento al CAN (Controlled Area Network) bus del veicolo o a encoder esterni sulle ruote (informazioni sulla velocità delle ruote), che permette di ottenere informazioni dall'odometro. L'IMU di cui è dotato IP-S2, fornisce informazioni sull'accelerazione e sulla rotazione ad alta frequenza e, se combinato alle misurazioni GNSS di precisione, permette di calcolare le posizioni anche quando ci si avvicina ad ostacoli come edifici o alberi, o mentre si attraversa un tunnel o un cavalcavia, senza compromettere la precisione.

Il sistema standard IP-S2 comprende tre scanner LiDAR ad alta risoluzione che coprono il percorso del veicolo sia a livello del terreno che scansionando le aree adiacenti fino a una distanza di 30 metri. È stato possibile aggiungere una fotocamera digitale ad alta risoluzione per fornire immagini sferiche a 360° a un ritmo di 15 fotogrammi al secondo. Gli input che provengono dai sensori vengono registrati ad un intervallo di 15 nanosecondi.

I sensori presenti sono:

- ▶ Antenna GNSS;
- ▶ Telecamera digitale 360°;
- ▶ IMU;
- ▶ Laser scanner;
- ▶ Dati odometrici provenienti da CAN Bus o encoder esterni.



Fig. 3 - Panorama sferico.



Fig. 4 - Panorama sferico.



Fig. 5 - Panorama sferico.

IL RILIEVO DEL PARCO URBANO NINNI CASSARÀ

In primo luogo, si è iniziato con l'andare a valutare tutti i possibili percorsi da poter effettuare all'interno del parco, andando a ricercare le traiettorie da seguire che permettevano un numero ridondante di passaggi dello strumento stesso e quindi una qualità migliore del dato rilevato. In seguito si è scelta la traiettoria in figura 2 che produceva un ottimo compromesso tra tempo impiegato e qualità del dato rilevato.

Il sistema di mapping mobile della Topcon, IP-S2, è in grado di effettuare misurazioni GNSS e IMU. In base alle esigenze dell'utente e per ottenere dati addizionali, è possibile integrare un laser scanner o una fotocamera digitale in grado di scattare immagini sferiche a 360 gradi.

Queste immagini hanno un ruolo determinante, nella interpretazione dei dati. Infatti esse conferiscono al mo-

dello rilevato, costituito dalla nuvola di punti, oltre il colore reale dei vari oggetti rilevati e un maggiore dettaglio. Nelle figure 3, 4 e 5 alcune delle immagini a 360° scattate dalla piattaforma.

ELABORAZIONE DEI DATI

Il processo di elaborazione dei dati comprende diverse fasi, che consistono in una fase di elaborazione dei dati grezzi, nella quale si possono distinguere il processamento, la sincronizzazione e la georeferenziazione dei punti rilevati, la creazione e calibrazione dei filmati, elaborazione dei panorami sferici e infine la progettazione dell'applicazione.

Durante il rilievo in sito, il pos IV registra tutti i dati relativi a posizionamento e assetto del veicolo e i dati relativi alla stazione fissa GPS, su supporto *flashcard*. Quelli relativi al laser scanner e le immagini catturate dalle telecamere digitali sono registrati su hard disk.

Il processamento dei dati avviene tramite il software *POSPAC LAND*, di proprietà e distribuito dalla Applanix Corporation.

La seconda fase è la sincronizzazione nella quale si associano i dati di assetto e di posizione del veicolo, fino ad ora elaborati, con i momenti in cui le immagini sono state catturate tramite le telecamere.

Infine vi è la georeferenziazione. E' la fase in cui i file ottenuti con l'output vengono associati con le immagini registrate dalle telecamere e con i dati laser. Il processo, chiamato *SYNC EVENT*, lavora in .batch e associa i file dell'output con le immagini. Il risultato è un file.pnt delle immagini georiferite e uno stesso file dei punti laser georiferiti. Il file .pnt è una tabella database e può già essere incluso in un sistema relazionale.

Vengono poi creati i filmati; per farlo si utilizza il programma ARCGIS e alcuni suoi applicativi. I file ottenuti con l'output sono stati salvati in una cartella, che viene chiamata convenzionalmente *PROCESS*. Aprendo la cartella process con l'applicativo *FILM MAKER*, si crea automaticamente al suo interno un geodatabase, che contiene due tipi di dati: i punti della sequenza pos e i commenti che l'operatore ha immesso durante il rilievo (figura 6).

Al fine di essere certi sull'affidabilità del dato rilevato, è stata effettuata una sovrapposizione cartografica tra il rilievo effettuato con il mezzo IP-S2 e un rilievo NRTK, effettuato in lavori precedenti. La sovrapposizione riguarda il percorso pedonale e ciclabile oltre a pali elettrici, cestini e panchine e la semina di punti che individua la traiettoria del mezzo durante il rilievo.

Questo ci permette di affermare che la precisione del mezzo varia in un intorno di 4 cm, come ci si attendeva in fase di progettazione.



Fig. 6 - Particolare della sovrapposizione tra i due rilievi.

ELABORAZIONE DEI PANORAMI SFERICI

In primo luogo, si è proceduto tramite il software Geoclean ad estrarre tutte le immagini sferiche in formato .jpg.

Questo software permette l'elaborazione dei dati in Post processing, assicurando la perfetta integrazione delle misure IMU, GPS e degli odometri, fornendo una continua ed accurata posizione 3D del veicolo, i dati completi della traiettoria del veicolo e le immagini orientate, necessarie per incrementare i dettagli della mappatura.

In secondo luogo con l'utilizzo di Spatial Factory è stato possibile andare a visionare e selezionare i dati rilevati dall'IP-S2. Attraverso questo software è possibile visionare su una mappa di fondo, in 3D o in una vista panoramica di immagini sovrapposte alla nuvola di punti, i dati raccolti nel rilievo (figura 7). Il software è progettato per rendere agevoli le operazioni di misura delle distanze, l'estrazione di attributi delle features e l'export nei formati shapefile o ASCII in vari sistemi di coordinate. Inoltre esso permette anche l'import di shapefile da geo database esistenti e l'importazione e l'esportazione di nuvole di punti nei formati CSV e LAS.

Per la costruzione del sistema di coordinate di ogni singola immagine, si è utilizzato il Software *3Ds Max dell'Autodesk*. Esso ci ha permesso di realizzare una sfera, su cui sovrapporre l'immagine, avente raggio pari alla lunghezza focale, di 14 mm, della camera di presa. Si è imposto un sistema di riferimento avente origine nel centro della sfera, che ha permesso di effettuare il "Mapping", ossia di trasformare le coordinate immagine (u,v) in 2 dimensioni presenti nell'immagine, in coordinate x,y,z appartenenti alla sfera. Questo ci ha permesso di poter individuare ogni elemento presente sull'immagine attraverso una coppia di coordinate in tre dimensioni, nello spazio, passando da un sistema di coordinate locale x,y,z ad un sistema di coordinate globale, λ, φ, h (latitudine, longitudine e quota - figura 8 e 9). Infine si è proceduto nell'inserire una camera al centro della sfera, in modo da avere un punto di vista realistico, ossia una visione a 360° degli elementi in essa contenuti. La telecamera virtuale è stata impostata con parametri di focali corrispondenti a quelli della camera sferica in dotazione (figura 10).

IL SISTEMA DI MANUTENZIONE

Per una gestione ottimale della manutenzione, risulta di elevata importanza la rilevazione dei seguenti dati: l'identificazione dell'operatore (nome, cognome, ed numero identificativo); le coordinate relative dell'elemento analizzato; la data del rilievo; la porzione dell'elemento da sottoporre a manutenzione (ad esempio ripristino di parte del manto erboso, oppure fessurazioni su una parte di un edificio); le eventuali note che l'operatore deve inserire.

Per raccogliere questi dati in modo rapido ed esaustivo si è pensato allo sviluppo di un software che permetta oltre che raccogliere in modo intuitivo e rapido i dati sensibili al rilievo, di inviare, attraverso una connessione ad internet, i dati raccolti al centro di controllo in tempo reale.

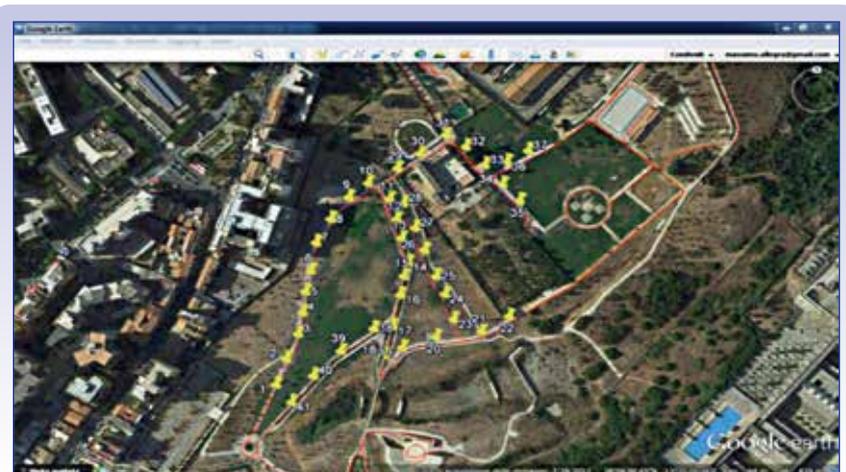


Fig. 7 - Posizione delle sferiche sovrapposta alla traiettoria effettuata dallo strumento.

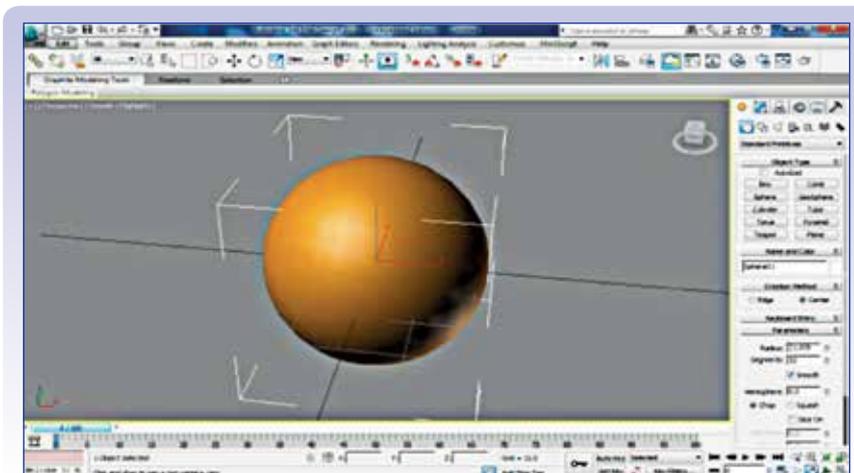
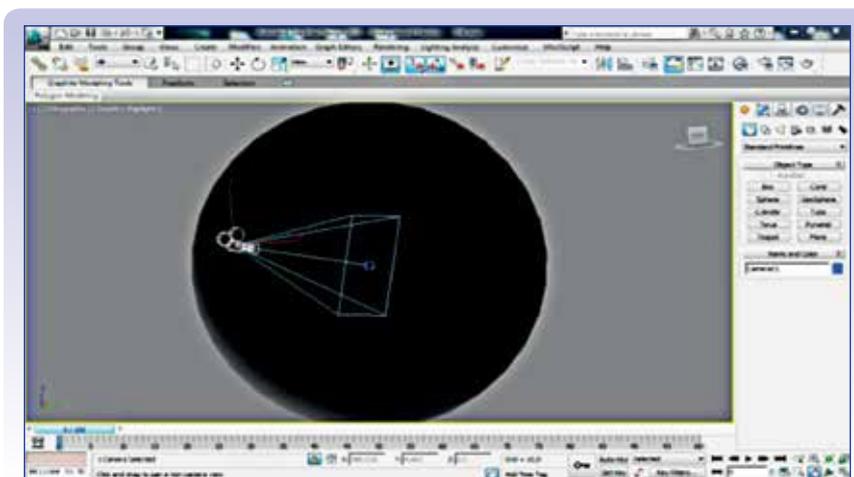


Fig. 8 - Sfera su cui si dovrà sovrapporre l'immagine.

La seconda scheda permette di inserire i dati dell'operatore e il suo identificativo. Date le dimensioni del parco, questo è stato suddiviso in 8 settori, l'operatore può selezionare attraverso questa schermata il settore su cui deve operare, con scheda permette quindi di migliorare l'organizzazione delle operazioni di manutenzione e di coordinare in maniera più semplice ed efficace le varie squadre preposte (figura 11).

Selezionato il settore dove effettuare la rilevazione si accede alla terza ed ultima scheda (figura 12) che permette: di inserire o modificare i dati dell'operatore che sta effettuando il rilievo, nella barra superiore; di selezionare l'immagine sferica relativa alla posizione in cui si trova l'operatore, nel riquadro in alto a sinistra, e visualizzarla nella apposita finestra posta in basso a sinistra; di selezionare la categoria su cui effettuare



10 - Telecamera virtuale impostata con parametri di focale corrispondenti a quelli della camera sferica in dotazione.



Fig. 11 - Ortofoto del Parco Ninni Cassarà classificata in settori.



Fig. 9 - Sovrapposizione dell'immagine panoramica alla sfera.

l'intervento (viabilità, segnaletica, impianto di irrigazione, impianto illuminazione, edifici, alberi e arbusti, manti erbosi) attraverso un pannello posto al centro della scheda; di inserire la descrizione dello stato di fatto e del tipo di intervento da effettuare, nel riquadro in alto a destra; di salvare le informazioni inserite e inviarle al centro di controllo tramite i tasti "Save" e "Send" che si trovano in basso a destra.

Secondo quanto progettato il principio di funzionamento dell'applicativo risulta facile ed intuitivo. L'operatore una volta giunto sul luogo di lavoro, avvia l'applicativo dal suo dispositivo portatile.

Inserisce le sue credenziali, automaticamente viene generata la data del rilievo, la quale viene estratta dal clock di sistema, interno al dispositivo su cui è installato il software, l'operatore procede all'ispezione del settore assegnato, quindi selezionandolo visualizza tutte le sferiche in esso contenute e sceglie quella relativa alla sua posizione, per ogni immagine sferica infatti sono riportate le coordinate WGS84, che permettono una georeferenziazione globale.

La sferica contiene lo stato originario delle varie componenti presenti nel settore, per cui immediatamente il soggetto può, ruotando la visuale nella stessa immagine selezionata, effettuare un confronto con lo stato di fatto e individuare eventuali irregolarità.

Fatto ciò, procede selezionando dal pannello centrale la categoria cui appartiene l'elemento da sottoporre a manutenzione, automaticamente si attiva un marker di colore assegnato che autorizza all'operatore a contrassegnare sull'immagine l'elemento o la porzione di esso che presenta l'irregolarità. Dopo aver localizzato l'anomalia procede alla descrizione dello stato di fatto e del possibile intervento da effettuare per il ripristino. Inoltre l'operatore dall'immagine sferica riesce ad estrarre anche un dato metrico che da modo di quantificare le dimensioni dell'anomalia riscontrata.

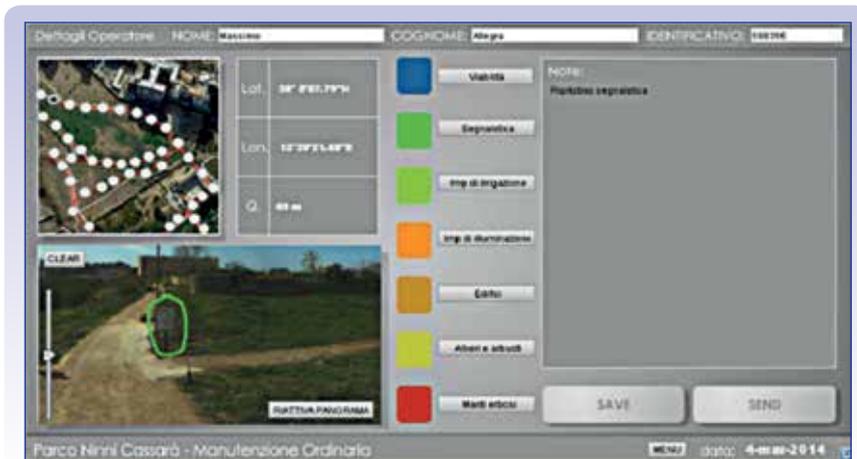


Fig. 12 - Scheda di manutenzione.

Una volta compilata la scheda, l'operatore procede dapprima, tramite l'utilizzo del tasto "Save" al salvataggio dei dati su una periferica di archiviazione di massa presente nel suo dispositivo, in seguito sfruttando una connessione ad internet, tramite il tasto "Send" il programma genera automaticamente una mail che sintetizza le informazioni raccolte e la invia al centro di controllo.

CONCLUSIONI

Il lavoro qui presentato ha portato all'elaborazione di un applicativo per la manutenzione dei parchi urbani a partire da immagini sferiche acquisite tramite tecnologia MMS.

Gli obiettivi preposti erano basati sulla possibilità di confrontare in tempo reale le condizioni attuali di tutte le componenti del parco con quelle ottimali, di riscontrare eventuali anomalie, poterne stimare l'entità, ricavarne la posizione geografica, descriverne lo stato di fatto, comunicare all'organo di competenza le informazioni raccolte e suggerire eventuali modifiche da apportare.

In conclusione si può affermare che il lavoro compiuto ha portato a centrare gli obiettivi preposti, infatti l'applicativo sviluppato risponde bene all'esigenze di chi si occupa di manutenzione, andando a semplificare notevolmente sia l'acquisizione dei dati, in quanto permette che la rilevazione venga svolta in modo molto semplice ed intuitivo ma soprattutto veloce, sia le operazioni di gestione dei dati rilevati, ad opera del centro di controllo, in quanto ottenendo i dati raccolti in tempo reale si possono effettuare analisi veloci e comunicare immediatamente, all'operatore incaricato, le modifiche da apportare. Purtroppo ad oggi il Parco Ninni Cassarà, oggetto di questa sperimentazione, è stato chiuso per la presenza di amianto, quindi il dispositivo è pronto ma inutilizzabile.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare l'Arch. Marco Carella per la fattiva collaborazione e soprattutto la Geotop s.r.l. di Ancona per avere messo a disposizione gratuitamente le attrezzature software ed hardware per i test.

BIBLIOGRAFIA

- G. Dardanelli; M. Carella; (2013): "Rilevamento ed elaborazione di dati laser acquisiti con sistemi MMS in un parco urbano" Geomedia n. 3; 2013.
- M. Cannella; (2013): "Valutazioni sull'impiego della fotogrammetria sferica nella costruzione di modelli digitali 3D: l'oratorio della chiesa di Santa Caterina a Zejtun (Malta)", DISEGNARECON, ISSN 1828-5961. Ottobre 2013
- Arrighetti; (2012): "Tecnologie fotogrammetriche e registrazione 3D della struttura materiale: dal rilievo alla gestione dei dati" Archeologia e Calcolatori 23, 283-296, anno 2012.
- De Luca, Livio; (2011): "La Fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie", Flaccovio Editore, Palermo.
- Pagani, Alain, Gava, Christiano, Cui, Yan, Krolla, Bernd, Hengen, Jean-Marc, Stricker, Didier; (2011): "Dense 3D point cloud generation from multiple high-resolution spherical images", in The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST.
- R. Barzaghi, N. E. Cazzaniga; (2010): "Un database aziendale per la tracciabilità dell'aggiornamento dei sottoservizi", Politecnico di Milano, Atti 14a Conferenza Nazionale ASITA - Brescia 9-12 novembre 2010.
- G. Fangi; A. Schiavoni; (2009): "Una esperienza di Mobile Mapping con la fotogrammetria sferica", Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA - Bari 1-4 dicembre 2009.
- H. Gontran, J. Skaloud, P. Y. Gilliéron; (2003): "A Mobile Mapping System For Road Data Capture Via A Single Camera", Swiss Federal Institute of Technology, Geodetic Engineering Laboratory, Switzerland; Proceedings of the Optical 3D Conference (2003).
- B. Frischer, D. Favro, P. Liverani, S. De Blaauw, "Virtual Reality and Ancient Rome: The UCLA Cultural VR Lab's Santa Maria Maggiore Project" ArchoPress, 155-162. Oxford 2000

PAROLE CHIAVE

GEOMATICA; MONITORAGGIO; CMMS; IP-S2 TOPCON

ABSTRACT

The work presented here concerns the integration of a series of surveys conducted by the Department of Civil, Environmental and Materials Engineering of the Polytechnic School of the University of Palermo, as part of a campaign of studies begun in 2012 with the objective of investigating about the potential and the accuracy reached by MMS (Mobile Mapping System) within the urban park Ninni Cassarà of Palermo. The survey was designed in several phases: first was a NRTK (Network Real Time Kinematic) mode. The second phase of the investigation has focused on the dynamic survey of the park with MMS, which was followed by the phase of return that led to the analysis of internal paths and the driveway to the park and to the development of an application for management of the maintenance of the same by exploiting the spherical images.

AUTORI

GINO DARDANELLI
gino.dardanelli@unipa.it

SILVIA PALIAGA
silvia.paliaga@unipa.it

MASSIMO ALLEGRA
Massimo.allegra@unipa.it

DICAM UNIPA, VIALE DELLE SCIENZE,
EDIFICIO 8 - 90128 PALERMO, ITALIA