



Lecce

MUST

Museo Storico
della Città di Lecce

8

9

10

06.2016

SIFET

SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA

61° CONVEGNO NAZIONALE SIFET

Nuvole di punti e stampa 3D

Fotogrammetria da drone

Monitoraggio



SIFET

SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA

61° CONVEGNO NAZIONALE SIFET

Nuvole di punti e stampa 3D Fotogrammetria da drone Monitoraggio



Segreteria organizzativa del convegno
Cristina Castagnetti
Andrea Dessì
www.sifet.org
redazione@sifet.org
amministrazione@sifet.org
+39 070 6755406/42

COE – Comitato Organizzatore Esecutivo
Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Lecce
Via Duca degli Abruzzi, 49 - 73100 Lecce
tel. 0832/303508 | fax 0832/305436 | collegiogeometrilecce@gmail.com
Antonio Vergara
Giuseppe Furfaro
Domenica Costantino

Finito di stampare nel mese di Giugno 2015 presso le Arti grafiche Pisano di Cagliari

GIUNTA ESECUTIVA

Presidente

Ing. Giuseppina Vacca

Vice Presidente

Dott. Geom. Stefano Nicolodi

Segretario

Dott. Geom. Paolo Nicolosi

Tesoriere

Prof. Fulvio Rinaudo

Assessori

Prof. Alessandro Capra

Dott. Geom. Luciano Di Marco

MEMBRI DI DIRITTO

Direttore dell'Istituto Geografico Militare

Direttore dell'Istituto Idrografico della Marina

Direttore del Centro Informazioni Geotopografiche dell'Aeronautica

Direttore Istituto Superiore per la Protezione e la ricerca Ambientale

Direttore del Dipartimento del Territorio

Presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Presidente del Consiglio Nazionale degli Architetti

Presidente del Consiglio Nazionale dei Geometri e Geometri Laureati

Presidente Sezione Sifet Palermo

Presidente Sezione Sifet Catania

Presidente CS SIFET

MEMBRI ORDINARI

(oltre ai componenti la Giunta esecutiva)

Prof. Maurizio Barbarella

Prof.ssa Maria Brovelli

Prof. Alberto Cina

Geom. Massimiliano Currado

Geom. Ermanno Porrini

PROBIVIRI

Prof. Livio Pinto

Geom. Walter Mentasti

Ing. Marco Nardini

REVISORI DEI CONTI

Ing. Sergio Padovani

Prof.ssa Giannina Sanna

COMITATO SCIENTIFICO

Prof. Andrea Lingua

Presidente

Ing. Maria Grazia D'Urso

Geom. Giuseppe Furfaro

Prof. Stefano Gandolfi

Geom. Aldo Guastella

Prof. Francesco Guerra

Prof. Francesco Mancini

Prof. Marco Piras

Dott. Francesco Pirotti

Ing. Andrea Scianna

Prof. Giovanna Venuti

La Geomatica svolge un ruolo essenziale nella conoscenza del territorio, dell'ambiente, dei beni culturali e dello spazio edificato, fornendo le tecniche e i metodi di acquisizione dei dati, i modelli e le procedure per la loro elaborazione, e infine gli strumenti per la memorizzazione, gestione e rappresentazione in forma cartografica dei risultati.

Nel terzo millennio, la geomatica è spinta da una parte dall'evoluzione tecnologica che mette a disposizione strumenti nuovi, più veloci, di dimensioni ridotte e più accurati in grado di fornire dati tridimensionali, densi, completi e corretti. Dall'altro lato, l'evoluzione procedurale permette di estrarre in modo rapido e sempre più automatico le informazioni richieste e l'innovazione nelle tecniche di rappresentazione permette di proporre numerosi prodotti finali più semplici da leggere e da utilizzare per affrontare in modo efficace i processi progettuali e pianificatori che richiedono competenze multidisciplinari.

Con l'obiettivo di consentire un'ampia discussione ed esposizione di tecniche, strumenti e metodi più attuali, il convegno SIFET è stato organizzato in sessioni tematiche. Ogni sessione sarà composta da due relazioni invitate di ampio respiro inerenti lo stato dell'arte del tema trattato e gli aspetti più avanzati di ricerca, seguite da alcuni interventi applicativi specifici per ogni sessione selezionati tra le proposte inviate dai partecipanti (call for abstracts). Ove possibile si darà spazio ad almeno un intervento sugli aspetti formativi, e uno degli aspetti professionali che caratterizzano la nostra associazione.

Le sessioni tematiche previste quest'anno sono le seguenti:

- Nuvole di punti e stampa 3D;
- Fotogrammetria da drone;
- Monitoraggio.

Accanto alle sessioni tematiche, quest'anno si propongono anche due sessioni speciali:

- Una sessione "ditte" organizzata in modo pratico-applicativo mediante un'operazione di rilevamento sul campo in un'area prossima alla sede del convegno. Le ditte intervenute potranno affrontare il rilevamento del tema proposto con le tecniche di cui dispongono interagendo direttamente con i partecipanti al fine di mostrare l'efficacia delle soluzioni proposte.
- Una sessione "benchmark" di strumenti software per la fotogrammetria basata su immagini acquisite da SAPR. Allo scopo, è stato predisposto dal Comitato Scientifico un dataset completo che contiene immagini acquisite da drone con GoPro e camera compatta. La partecipazione a queste attività è aperta a tutti i soci e alle ditte che sostengono l'associazione SIFET e prevede una registrazione gratuita all'iniziativa con comunicazione del software e delle modalità che si intendono seguire (vedi la pagina relativa sul sito www.sifet.org).

Anche quest'anno il Convegno SIFET propone il concorso per giovani autori provenienti dagli ambiti professionali, formativi e della ricerca, giunto ormai alla IV edizione (consultare il www.sifet.org).

Prima dell'inaugurazione vera e propria del convegno, ci sarà il III workshop internazionale tra la SIFET e la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection (SFPT) sul tema "*Multi-disciplinary and transnational applications of Geomatics*".

MARTEDÌ 7 GIUGNO: ORE 15.00-19.00

Corso base di Geomatica

Docenti: Prof. Fulvio Rinaudo - Politecnico di Torino

Prof. Domenica Costantino - Politecnico di Bari

L'iscrizione al corso è gratuita. Il corso sarà attivato se verrà raggiunto il numero minimo di 10 partecipanti. Ai partecipanti saranno riconosciuti Crediti Formativi (CFP) secondo le regole stabilite dagli ordini e collegi professionali. Per iscrizione e informazioni consultare il sito www.sifet.org o scrivere a amministrazione@sifet.org.

CURRICULUM VITAE DOCENTI

Fulvio Rinaudo

Professore associato di Topografia e Fotogrammetria dal 1999 presso la I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino e dal 1° dicembre 2006 presso la II Facoltà di Architettura.

Autore di oltre 140 articoli su riviste nazionali e internazionali.

Dal 1991 al 1997 è Segretario della Commissione C "Large Scale Mapping" dell'OEEPE (European Organisation for Experimental Photogrammetric Research) nonché responsabile dell'unità di ricerca italiana partecipante al test OEEPE "Comparison of national guidelines for technical and cadastral mapping in Europe".

Dal 1992 al 1994 è responsabile del gruppo italiano per la partecipazione al test internazionale CIPA "Karlsplatz".

Dal 2000 è responsabile del gruppo di ricerca del Politecnico di Torino per la progettazione e la realizzazione di un sistema informativo territoriale per la documentazione archeologica multidisciplinare di un ambito territoriale. Dal 2001 è responsabile del gruppo di ricerca del Politecnico di Torino per l'utilizzo della tecnologia laser scanner nel rilevamento di oggetti architettonici e dei beni culturali e ambientali.

Dal 2003 è consulente scientifico per la Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali della Regione Piemonte sulle tematiche riguardanti le applicazioni GIS e LIDAR ai beni culturali (Cantiere della Conoscenza per il restauro della Cappella della S.S. Sindone).

Responsabile dell'unità di ricerca del Politecnico di Torino all'interno del progetto COFIN2002 "Integrazione di tecniche di rilevamento nei Sistemi Informativi Territoriali per la documentazione, la conservazione e la gestione del patrimonio culturale" (resp naz. Prof. Carlo Monti). Responsabile dell'unità di ricerca del Politecnico di Torino all'interno del progetto COFIN2004 "Sistemi Informativi territoriali e modelli 3D per la modellazione multiscala dei beni culturali e ambientali" (resp naz. Prof. Carlo Monti).

Responsabile di contratti di ricerca e di consulenza per enti pubblici e privati su tematiche riguardanti la cartografia numerica, la fotogrammetria digitale, le tecniche laser scanner terrestri per applicazioni ambientali e per la documentazione del Patrimonio Culturale e Ambientale.

Dal 2005 coordina, all'interno dell'iniziativa RECORDIM (<http://extranet.getty.edu/gci/recordim/>) il Task Group 9 "Generic GIS Template for the Management of Heritage Places" e, all'interno del CIPA (<http://cipa.icomos.org/>) è responsabile del Working Group II "Documentation and Information Management".

Dal 2007 è membro dell'Executive Bureau del CIPA.

Domenica Costantino

Nata a Bari il 18/10/66, si laurea in Ingegneria Civile nell'A.A. 1994/95 presso il Politecnico di Bari e si abilita alla professione nel 1996. Consegue il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze Geodetiche e Topografiche presso l'Istituto Universitario Navale di Napoli nell'A.A. 1998/1999. Svolge attività di ricerca post-dottorato presso il Politecnico di Bari negli anni 2000/2001. Le viene attribuito un assegno per la collaborazione all'attività di ricerca nel settore scientifico disciplinare ICAR06 "Topografia e Cartografia" nell'anno 2003. In seguito, ottiene una borsa di studio del PNRA, anno 2004/2005. Dal gennaio 2005 è ricercatore universitario presso il Politecnico di Bari, per il settore scientifico-disciplinare ICAR06 "Topografia e Cartografia", inoltre partecipa al collegio docenti del dottorato in "Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio" ed è responsabile del laboratorio di Geomatica - Politecnico di Bari. Partecipa, come membro dell'unità operativa o responsabile scientifico a numerosi progetti e convenzioni di interesse nazionale ed europeo quali: responsabile Scientifico del COFIN 2004, responsabile scientifico della convenzione "NEW EPOC"; responsabile scientifico della convenzione di ricerca conto terzi tra la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Puglia e il DIASS; responsabile scientifico del Progetto MarMu Commerce Interreg IIIC Programme; responsabile scientifico del Progetto "NEW EPOC EXTENTION"; componente dell'unità operativa del Progetto S5 – Task2 Test Site "Stretto di Messina" UR INGV; componente dell'unità operativa del progetto "Albania: conoscere, comunicare e condividere" (CNR). È stata correlatore e relatore di 36 tesi di Laurea e tre tesi di dottorato. È tutor scientifico, international advisor e national advisor insieme al prof. Josep A. Gili - Department of Geotechnical Engineering and Geosciences Technical University of Catalonia. È autore o co-autore oltre 60 pubblicazioni scientifiche.

MERCOLEDÌ 8 GIUGNO: ORE 9.00-13.00

Multi-disciplinary and transnational applications of Geomatics

In concomitanza con il convegno, la SIFET ha il piacere di presentare il III workshop SIFET Italia – SFPT Francia. L’incontro con i “cugini” d’oltralpe consentirà di approfondire interessanti scambi culturali con realtà diverse dalla SIFET ma accomunate dagli stessi valori ed obiettivi e operanti all’interno degli stessi ambiti di interesse. Saranno graditi i contributi dei ricercatori e geomatici italiani e francesi sulle tematiche oggetto del workshop, privilegiando esperienze e lavori realizzati all’interno di progetti Italo-Francesi.

Il workshop si terrà in lingua inglese e consentirà di mettere a confronto le esperienze “sul campo” ed i modi di affrontare i problemi concreti nell’ambito della geomatica. Chi desidera presentare una propria esperienza è tenuto ad inviare un abstract in lingua inglese di almeno 1000 caratteri entro il 15 Aprile sottomettendolo sul sito www.sifet.org alla sezione Convegno/ Presentazione abstract. Il contributo può essere presentato in forma di relazione orale oppure di poster.

La partecipazione al Workshop è gratuita, ma è richiesta l’iscrizione sul sito www.sifet.org.

MUST
MUSEO STORICO DELLA CITTÀ DI LECCE

Mercoledì 8
Giugno 2016
09.00 - 13.00

III Workshop
SIFET Italia - SFPT Francia
Multi-disciplinary and transnational
applications of Geomatics

WELCOME ADDRESS BY SFPT PRESIDENT AND SIFET PRESIDENT

FRENCH SPEAKERS

- MARC PIERROT DESEILLICY**
Recent Evolution in Mac/Mac software
- EWELINA RUPNIK**
Satellite image processing in open-source photogrammetric tool PhotoMao/Apeo
- FREDERIC BERGER**
High resolution remote sensing data and GIS based models: a revolution for forest ecosystems knowledge and management

ITALIAN SPEAKERS

- FRANCESCA NOARDO**
Cross-border digital maps harmonization in the INSPIRE data model
- PIERO BOCCARDO**
Geomatics for emergency management
- FABIO REMONDINO**
Oblique aerial images state of art and perspectives

SFPT
SIFET

MUST - Museo storico della città di Lecce
Via degli Annunziati 11, 73100 - Lecce

PROGRAMMA SINTETICO

MERCOLEDÌ 8 GIUGNO

dalle 12.00

Registrazione dei partecipanti

ore 14.30

Saluti e apertura del convegno

ore 15.30

Sessione orale: Nuvole di punti e stampa 3D

Chairman: Francesco Guerra

ore 18.00

Inaugurazione della Mostra Espositiva

Inaugurazione della Sessione Poster

ore 18.30

Assemblea dei soci SIFET

ore 20.00

Cocktail di benvenuto

A seguire, presso l'anfiteatro romano del MUST, intrattenimento degli ospiti con spettacolo di Pizzica con la partecipazione del gruppo dei Tamburellisti di Torre Paduli. Lo spettacolo è gentilmente offerto dal Collegio Geometri e GL di Lecce.

GIOVEDÌ 9 GIUGNO

ore 8.45-11.00

Sessione orale: Fotogrammetria da drone
Chairman: Andrea M. Lingua

ore 11.00

Coffee break e sessione poster

ore 11.20-13.00

Sessione orale: IV Premio Giovani Autori
Chairman: Francesco Mancini, Francesco Pirotti, Giovanna Venuti

ore 14.00-19.00

Spazio Ditte DEMO IN THE FIELD
Chairman: Marco Piras

ore 21.00

Cena sociale presso Ristorante Torre del Parco (Viale Torre del Parco, 1 - Lecce)

VENERDÌ 10 GIUGNO

ore 8.45-11.00

Sessione orale: Monitoraggio
Chairman: Giovanna Venuti

ore 11.00

Coffee break e sessione poster

ore 11.20-12.45

Sessione Benchmark
Chairman: Francesco Mancini

ore 12.45-13.30

Premiazione Concorso Giovani Autori e chiusura convegno

PROGRAMMA DETTAGLIATO

MERCOLEDÌ 8 GIUGNO

dalle 12.00: registrazione dei partecipanti

ore 14.30

Saluti e apertura del convegno

Paolo Perrone, Sindaco di Lecce
Giuseppina Vacca, Presidente SIFET
Andrea Lingua, Presidente CS SIFET
Eugenio Rizzo, Presidente Collegio Geometri e GL di Lecce
Maurizio Savoncelli, Presidente CNGeGL
Gianni Massa, Vice-presidente CNI
Antonio Gabellone, Presidente Provincia Lecce
Loredana Capone, Assessore Regione Puglia
Lorenzo Daniele De Fabrizio, Presidente Ordine degli Ingegneri di Lecce
Rocco De Matteis, Presidente Ordine degli Architetti di Lecce

ore 15.30-18.00

Sessione orale: Nuvole di punti e stampa 3D

Chairman: Francesco Guerra

Stampa 3D: stato dell'arte e prospettive future
Relazione invitata a cura di Caterina Balletti, Università IUAV di Venezia

Geomatica e Patrimonio Digitale. Dai dati ai modelli: quale futuro?
Relazione invitata a cura di Grazia Tucci, Università degli Studi di Firenze

L'originale e la copia: considerazioni sulle caratteristiche metriche della stampa 3D
M. Ballarin, F. Guerra

Materializzare i prodotti del rilievo. La stampa 3D per i beni culturali
F. Chiabrando, M. Goffi, G. Sammartano, L. Teppati Losè

Gestione dei point cloud mediante la realizzazione del software Intelligent Cloud Viewer
D. Costantino, M.G. Angelini, F. Mazzone, F. Settembrini

Analisi dei vantaggi derivanti dall'utilizzo della tecnologia laser scanner per l'acquisizione di geometrie complesse: cave – grotte- miniere
F. Negroni, D. Mariotti, E. Tamagnini, M. Tartaglioni

Integrazione di tecniche geodetiche per la conoscenza e la gestione di complessi monumentali: l'Historical BIM di Santo Stefano a Bologna
C. Castagnetti, M. Dubbini, R. Rivola, P.C. Ricci, M. Agnoletti, M. Giannini, A. Capra

Nuvole di punti e fotogrammetria da drone per la modellazione 3D dell'Abbazia di Sant'Eustachio a Nervesa della Battaglia (TV)
M. Bellotto, V. Foramitti, F. Guerra, D. Visintini

ore 18.00

Inaugurazione della Mostra Espositiva

Inaugurazione della Sessione Poster a cura del Presidente CS SIFET

ore 18.30

Assemblea dei soci SIFET

ore 20.00

Cocktail di benvenuto

A seguire, presso l'anfiteatro romano del MUST, intrattenimento degli ospiti con spettacolo di Pizzica con la partecipazione del gruppo dei Tamburellisti di Torre Paduli. Lo spettacolo è gentilmente offerto dal Collegio Geometri e GL di Lecce.

GIOVEDÌ 9 GIUGNO

ore 8.45-11.00

Sessione orale: Fotogrammetria da drone

Chairman: Andrea M. Lingua

Rilievi fotogrammetrici tramite UAS: veicoli, sensori e software di elaborazione delle immagini

Relazione invitata a cura di Livio Pinto, Politecnico di Milano

Droni e fotogrammetria - ricerca e mercato

Relazione invitata a cura di Fabio Remondino, FBK Trento

Posizionamento di UAV tramite segnali radio

F. Fissore, A. Masiero, M. Piragnolo, A. Guarnieri, F. Pirotti, A. Vettore

Sperimentazione di rilievi UAV con strumenti low cost e tecnologie FOSS4G

M.A. Brovelli, S. Jovanovic, D. Oxoli

Rilievo fotogrammetrico da drone in ambito archeologico e per i beni culturali. I casi studio della colonna del tempio a del Santuario di Hera Lacinia a Capo Colonna (KR) e del castello bizantino del Borgo di Simeri, Simeri Crichi (CZ)

M. Di Lieto, D. Della Mora

Fotogrammetria da SAPR: uno strumento operativo per il rilievo dello stato di fatto del territorio

G. Caroti, I. Martinez-Espejo Zaragoza, A. Piemonte

Nuove opportunità offerte dai SAPR nel monitoraggio dell'evoluzione dell'ambiente alpino

U. Morra di Cella, F. Diotri, P. Pogliotti

ore 11.00

Coffee break e sessione poster

ore 11.20-13.00

Sessione orale: IV Premio Giovani Autori

Chairman: Francesco Mancini, Francesco Pirotti, Giovanna Venuti

3D Mapping of underground environments with a hand-held laser scanner

Elisa Farella, Università degli Studi di Napoli Federico II – FBK Trento

Confronto tra misure tradizionali e tecnica satellitare su una diga in terra ed una in calcestruzzo

Franco Giancola, Sapienza Università degli Studi di Roma

Immagini sferiche per il rilievo di ambienti indoor

Nives Grasso, Politecnico di Torino

Strumenti GIS e triggering per il monitoraggio attivo di incendi boschivi

Maria Angela Musci, Politecnico di Torino

Le tecnologie digitali per la conoscenza, la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale

Riccardo Rivola, GEIS Srl - Geomatics Engineering Innovative Solutions

Modellazione empirica dell'accuratezza di volumi calcolati da rilievi fotogrammetrici UAS

Lorenzo Rossi, Politecnico di Milano

Sistemi GNSS ad alta frequenza per il monitoraggio strutturale: criticità ed effetti delle variabili ambientali

Paolo Rossi, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

ore 14.00-19.00

Spazio Ditte DEMO IN THE FIELD

Chairman: Marco Piras

In questo spazio dedicato alle aziende, verranno svolte dimostrazioni pratiche-operative in campagna a cura delle ditte che hanno aderito all'iniziativa. Effettueranno le dimostrazioni AERIALCLICK, GEOMAX, LEICA, MESA, MICROGEO, TOPCON/FLYTOP e TRIMBLE.

Ogni ditta avrà a disposizione una ventina di minuti per presentare un particolare strumento di rilievo (GNSS, Laser scanner, UAV) e fare una piccola demo sul funzionamento, eventualmente mostrando già in campagna i dati acquisiti. L'obiettivo dello spazio ditte è mostrare ai partecipanti come lavorano gli strumenti in condizioni operative. Le demo, in funzione delle necessità delle ditte, verranno svolte nell'anfiteatro Sant'Oronzo di Lecce e nell'AvioSuperficie "FONDONE" di Lecce. Sono previsti dei pullman per gli spostamenti da e verso l'aviosuperficie.

ore 21.00

Cena sociale presso *Ristorante Torre del Parco* (Viale Torre del Parco, 1 - Lecce)

VENERDÌ 10 GIUGNO

ore 8.45-11.00

Sessione orale: Monitoraggio

Chairman: Giovanna Venuti

Il monitoraggio, questo conosciuto

Relazione invitata a cura di Maurizio Barbarella, DICAM CIRI ITC - Università di Bologna

L'integrazione di monitoraggio e modellazione numerica per lo studio dei processi di dissesto geo-idrologico: applicazioni e prospettive

Relazione invitata a cura di Piernicola Lollino, IRPI CNR

Attraversamento altimetrico di canali marini e verifica dell'attendibilità del modello ITALGEO2005

R. Maseroli, S. Bartolini, M. Carroccio, F. Cauli, A. Musolino

Monitoraggio in mare: le attività idrografiche sulle bocche della laguna di Venezia

M. Garbarino, A. Kruss, F. Madricardo, C. Murri, N. Pizzeghello, F. Trincardi

Sperimentazione di monitoraggio locale mediante strumentazione GNSS a basso costo

L. Biagi, F. Catalin Grec, M. Negretti

Monitoraggio di un ponte ferroviario con interferometria radar

M. Ciano, G. Abate

Una esperienza didattica di monitoraggio multi-temporale del ghiacciaio Belvedere (VB) finalizzata all'analisi delle risorse idriche: test e primi risultati

C. De Michele, L. Pinto, A. Cina, M. Piras, R. Barzagli, P.F. Maschio, F. Avanzi, A. Bianchi, A. Donizetti, G. Giani, G. Giarrizzo, A. Negrini, A. Rampazzo, G. Savaia, E. Soria

ore 11.00

Coffee break e sessione poster

ore 11.20-12.45

Sessione Benchmark

Chairman: Francesco Mancini

La sessione sarà caratterizzata da una breve descrizione dell'iniziativa, da un focus sul dataset proposto e da un'analisi di sintesi dei contributi prodotti dai partecipanti.

Seguiranno discussione, interventi e considerazioni a cura dei partecipanti stessi.

ore 12.45-13.30

Premiazione Concorso Giovani Autori e chiusura convegno

SESSIONE POSTER

I poster saranno esposti e visibili durante tutta la durata del convegno.

Un rappresentante degli autori di ciascun poster sarà presente, secondo i gruppi di seguito programmati, per una breve esposizione del lavoro. L'incontro con gli autori avverrà in occasione dell'inaugurazione di mercoledì 8 alle ore 18.00 e durante i due coffee break previsti alle ore 11.00 di giovedì 9 e venerdì 10.

Gli autori dei lavori che seguono saranno presenti presso l'area poster mercoledì 8 giugno alle ore 18.00

Tecniche imaging per la modellazione 3D del moto ondoso

V. Barrile, V. Gelsomino, D. Lamari

Laser scanning e reverse engineering per la progettazione di opere di musealizzazione

R. Rivola, C. Castagnetti, E. Bertacchini

Documentare e conservare con tecniche non invasive: digitalizzazione e stampa 3D di un mosaico a tecnica bizantina

C. Castagnetti, R. Rivola, E. Bertacchini, F. Casagrande

Esperienze di monitoraggio costiero con fotogrammetria da UAV

F. Mancini

Modellazione 3D tramite droni per monitoraggi e controlli

V. Barrile, V. Gelsomino, D. Lamari

La fortezza da Basso di Firenze: dal rilievo critico al progetto per la conservazione e valorizzazione

G. Tucci, V. Bonora, E. Santoro, R. Maseroli

Nuvole di punti per capolavori poco noti - la Cattedrale di Vank a Isfahan, Iran

N. Hashemi, S. Nourollahichatabi, A. Spanò

Gli autori dei lavori che seguono saranno presenti presso l'area poster giovedì 9 giugno alle ore 11.00

Rilievo dell' "Horologium Augusti" mediante differenti tecniche di fotogrammetria terrestre e loro comparazioni

V. Baiocchi, M. Barbarella, M.T. D'Alessio, S. Del Pizzo, V. Giammarresi, K. Lelo, C. Piccaro, S. Troisi

La fotogrammetria digitale come strumento di supporto per la promozione e la valorizzazione del patrimonio culturale: il caso del Museo Archeologico di Parma

N. Bruno, E. Dall'Asta, G. Bigliardi, A. Zerbi, R. Roncella

Il rilievo dell'Altare di San Francesco di Paola in Santa Croce a Lecce

G. Rossi

La fotogrammetria da UAS per il monitoraggio ambientale in alta montagna: il ghiacciaio in roccia Gran Sometta (AO)

E. Dall'Asta, F. Diotri, G. Forlani, U. Morra di Cella, R. Roncella, M. Santise

Caratteristiche ottiche e radiometriche dei sensori fotografici degli APR: analisi delle prestazioni ed ottimizzazione dei risultati

M. Minchilli, N. Liscia, L. Tedeschi

Tecnologia UAV a servizio dell'archeologia: indagini aerofotogrammetriche svolte presso il Parco di Veio

G. Ceraudo, G. Santiccioli

Gli autori dei lavori che seguono saranno presenti presso l'area poster venerdì 10 giugno alle ore 11.00

Rilievi test da UAV - utilizzi didattici

D. Pagliari, D. Passoni, L. Pinto, G. Sona

Bologna, i portici, i geometri. Operazioni topografiche di monitoraggio strutturale - Progetto Portici

G. Parmeggiani, F. Negroni, V. Casanova

GEOGUARD: un servizio di monitoraggio geodetico basato su ricevitori GPS a basso costo

S. Caldera, E. Realini, A. Rambaldi, R. Barzaghi, M. Reguzzoni, F. Sansò

POIS, un sensore low-cost di inclinazione e posizionamento per il monitoraggio di frane e manufatti: progetto e primi test

S. Artese, M. Perrelli, S. Meduri, G. Artese

GNSS per la determinazione di assetti angolari

A. Cina, P. Dabove, A.M. Manzino

Navigazione in ambito urbano con il dispositivo Microsoft Kinect

D. Pagliari, L. Rossi, M. Reguzzoni, L. Pinto



AERIALCLICK nasce nel 2013 da una idea dell'ing. Gaetano Cosimo Massari con l'obiettivo di progettare e realizzare prodotti ed oggetti "market oriented" per effettuare riprese tecniche e cinematografiche.

Dal 2014 Aerialclick diventa operatore riconosciuto ENAC e, grazie alla partnership con Helispin, responsabile della formazione per i piloti SAPR per pesi sotto i 25Kg.

Aerialclick per attuare la sua mission dispone di pali telescopici "Magic Pole", in grado di sollevarsi fino a 8m di altezza per effettuare riprese aeree puntuali, droni di classe quadricottero ed esacottero riconosciuti ENAC (anche in aree non critiche), sensoristica avanzata (termocamere radiometriche, camere ottiche 4k, camere multispettrali NIR).

Inoltre, per svolgere al meglio l'attività, Aerialclick dispone di uno staff composto principalmente da ingegneri (aerospaziali, meccanici ed elettronici); un pilota sperimentale SAPR e istruttore di volo; software operativi di alta gamma (APS Menci software, Pix4d, Pinnacle professional, Adobe Photoshop); una rete di collegamenti nazionali ed internazionale per poter offrire servizi e prodotti in tutta Europa.

Grazie alla professionalità e alle competenze, Aerialclick ha all'attivo attività e lavori per conto di clienti del calibro di Striscia la Notizia, Ferrari Libano, ILVA, Lucania Film Commission, TV Giapponese nel campo delle riprese video e nella fornitura di mezzi specifici.

Aerialclick ha all'attivo diverse certificazioni quali:

- Operatore riconosciuto ENAC sin dal 2014
- Consulente per oltre 50 aziende nella fase di certificazione e airworthiness SAPR
- Dal 2014 è formatore SAPR grazie alla partnership con Helispin (certificato OR I/RF/160) e responsabile commerciale per il centro-sud Italia

Tra i partner principali di Aerialclick si menzionano aziende del calibro di Yuneec (multinazionale focalizzata sul volo elettrico), Helispin, Striscia la Notizia.

Aerialclick dedica oltre il 50% delle risorse al settore R&S, con una ricerca volta alla realizzazione di nuovi prodotti svolta sia internamente che in collaborazione con istituti di ricerca quali Università ed Enti di Ricerca che enti privati; Inoltre, grazie alle risorse marketing presenti in azienda, è possibile focalizzare tale ricerca su ambiti applicativi in grado di dare ad Aerialclick un vantaggio competitivo rispetto ai competitor sia nel campo dei software che dell'hardware. Tra le Università e Centri di Ricerca con le quali Aerialclick collabora si menziona: Università degli Studi di Bari, Università del Salento, Università degli studi di Roma Torvergata. Aerialclick collabora inoltre con "Motulab" per la creazione di nuovi polimeri e stampi, "Spirito Libero" per il taglio del carbonio, "Icaro Droni" per il test e lo sviluppo di nuovi applicativi software. Ad oggi Aerialclick sta investendo risorse per la creazione di un drone sotto i 300 grammi e per la creazione di un'ala fissa in grado di volare per circa 1 ora a velocità di quasi 100 Km/h.

GEOMAX S.R.L. è una società internazionale operante nel settore dello sviluppo, produzione e distribuzione di una gamma completa di strumenti per il rilievo topografico e per il cantiere. Tutti gli strumenti Geomax consentono un'elevata produttività, grazie alla facilità d'uso e l'elevato contenuto tecnologico.

Geomax è una società del Gruppo Svedese HEXAGON, la quale opera in tutto il mondo nel settore dell'alta tecnologia con una forte presenza nelle tecnologie di misurazione. HEXAGON è leader nel mondo nel mercato della misura e del posizionamento. Tutte le aziende del gruppo realizzano da oltre 150 anni le soluzioni tecnologiche più avanzate per la misurazione; inoltre l'elevata tecnologia dei prodotti è supportata da una completa rete di vendita ed assistenza presente in tutto il mondo con oltre 100 rami di attività. I prodotti Geomax sono distribuiti attraverso una rete di distribuzione mondiale in continua crescita.



Sede Legale

Via G. Carducci 32 – 20123 Milano

info@geomax-positioning.it - www.geomax-positioning.it

Sede Operativa (LO)

Via Codognino 10

26854 Cornegliano Laudense (LO)

Sede Operativa (AN)

Via Marconi 86/AD

60015 Falconara Marittima (AN)

LEICA GEOSYSTEMS S.P.A.

LEICA GEOSYSTEMS, filiale italiana della multinazionale Leica Geosystems AG leader mondiale nel mondo della misura, ha quale attività principale, la distribuzione di strumenti topografici, strumenti GPS per il rilievo da satellite, strumenti per il monitoraggio di eventi sul territorio e/o di infrastrutture, sistemi laser scanner per il rilievo 3D, sistemi e software inerenti le misure per il territorio e l'industria.

Leica Geosystems, offre inoltre una serie di servizi come: Servizi di correzione differenziale (ItalPoS), Servizi aggiuntivi per applicazioni GPS/GNSS (Polar) basati sulla infrastruttura di stazioni di riferimento, Formazione all'utente per qualsiasi applicazione di misura, Contratti personalizzati di manutenzione e Servizio post-vendita in proprio e tramite centri autorizzati.



Contatti:

Via Codognino, 12 – 26854 Cornegliano Laudense (LO)

Tel. 0371 6973.1 - Fax 0371 6973.33

E-mail surveying@leica-geosystems.it - Sito Internet: www.leica-geosystems.it

ME.S.A. SRL, con una consolidata esperienza nella scansione tridimensionale ad alta velocità, veste l'azienda ed il professionista con soluzioni e strumenti ad hoc, fornendo CONSULENZA, PREVENTIVI e FORMAZIONE, avvalendosi di personale tecnico specializzato, centrando così obiettivi importanti per i propri Clienti con DISPONIBILITA', COMPETENZA e FLESSIBILITA'. Recentemente ha ampliato la sua offerta e la sua esperienza nel settore Survey ed Imaging con l'acquisizione dei prodotti Trimble in Piemonte, Liguria, Lazio e Valle d'Aosta, diventando rivenditore autorizzato per queste Regioni delle soluzioni Trimble per la Geomatica. ME.S.A è anche partner esclusivo in Italia nella vendita di strumenti di misura e rilievo 3D della CAM2 e della GeoSLAM. L'offerta di ME.S.A. comprende una gamma di strumenti per la scansione 3D in tutti gli ambienti e per il Walking Mobile Mapping (novità assoluta), oltre a bracci di misura e laser tracker per l'Industria Meccanica e Aerospaziale. ME.S.A. si pone sul mercato non solo come fornitore di strumenti ma soprattutto come consulente, suggerendo soluzioni ad hoc che prevedono di abbinare allo strumento di misura il software più adatto in base all'esigenza del cliente, scegliendo tra i migliori presenti sul mercato come Geomagic, Polyworks, JRC Reconstructor e Kubit Pointsense per AutoCAD e Revit. In ciascuno dei settori in cui opera, ME.S.A. ha scelto Partner che meglio integrano la propria offerta: Trimble, CAM2 Authorized Reseller, Geoslam, Geomagic, Gexcel.



Contatti:

Strada Antica di None 2 Beinasco - 10092 (To)

Tel: +39 011.39.71.937 Fax: +39 011.39.72.614 <http://mesa-laserscanner3d.com/>

MICROGEO ha come obiettivo quello di presentarsi come fornitore di strumenti, sistemi, soluzioni, consulenze e corsi di addestramento nei settori di sua competenza. MicroGeo opera oggi in tre settori importanti del rilievo: Laser Scanner 3D, Termografia, Fotogrammetria Digitale.

Nel settore della termografia, è distributore dei marchi Nec Avio, Testo spa e Optris. Nel campo della Fotogrammetria Digitale, si avvale anche della strumentazioni di Droni (UAV), strumenti multirotori ad alimentazione elettrica sui quali è possibile installare strumenti di rilievo come termocamere, radar, laser scanner.

Nel settore Laser Scanner è distributore esclusivo per il mercato italiano, spagnolo e rumeno dei marchi Riegler e Zoller+Frohlich. Forte della altissima qualità dei suoi prodotti, MicroGeo garantisce competenza e professionalità, aiutando il cliente nella scelta dello strumento più adatto alle sue esigenze.

L'esperienza maturata nelle applicazioni proprie degli scanner laser a differenza di fase (rilievo di interni, architettura, archeologia, industria etc.) ha consentito a MicroGeo di individuare negli scanner laser Zoller+Frohlich gli strumenti migliori per il rilievo tridimensionale, sia per la qualità del dato 3D, sia per la robustezza e l'affidabilità che l'azienda è in grado di garantire.

La Zoller+Frohlich è una dei pionieri tra gli sviluppatori dei laser scanner 3D terrestri, è possibile definirla l'inventore del laser scanner con tecnologia a differenza di fase. La casa costruttrice tedesca è presente in oltre 40 paesi del mondo riuscendo a costruire una rete globale di supporto, di vendita e di assistenza, grazie anche alle filiali presenti in Inghilterra e Stati Uniti ed a numerosi partner locali.



MicroGeo

Contatti:

Via Petrarca, 42

Campi Bisenzio (Firenze)

Tel: 055-8954766 Fax: 055-8952483 Mail: info@microgeo.it

La **SJM Tech** opera nel campo della Grafica 3D e dell'Authoring Multimediale, è in grado di fondere competenze tecniche ed artistiche allo scopo di creare strumenti tridimensionali utili in ambito tecnico-amministrativo, culturale, divulgativo e accademico-scientifico.

La comparsa dei media interattivi e la diffusione di internet ha creato un modo nuovo per promuovere e valorizzare il territorio e di tutte le emergenze ad esso connesse, siano monumenti singoli o interi centri storici, siano scavi archeologici o complessi minerari.

Per questi motivi rendiamo i nostri modelli 3D fruibili interattivamente via internet attraverso più diffusi browser del momento (Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome e Safari) creiamo inoltre delle applicazioni che installate direttamente sul personal computer o su totem multimediali permettono la fruizione interattiva dei modelli 3D sia in ambiente Windows che in ambiente Macintosh.

Il principale campo di attività è costituito dalla modellazione grafica 3D all'interno del quale realizziamo: ricostruzioni 3D di aree urbane ed extraurbane, simulazioni di complessi industriali, ricostruzioni 3D di emergenze archeologiche, simulazioni di eventi geologici, rendering di edifici, monumenti storici e viabilità e territorio.

I nostri prodotti sono caratterizzati da un'alta precisione tecnica in quanto basati su cartografie aerofotogrammetriche, rilievi topografici, rilievi laser e fotografici e su piante, profili e sezioni.

Abbiamo la possibilità, tramite i nostri partner, di realizzare, cartografie aerofotogrammetriche, cartografie tematiche, rilievi fotografici, e rilievi laser scanner.

Ulteriori campi di attività sono costituiti da: sviluppo e grafica per siti web, illustrazione e grafica pubblicitaria, produzione di CD/DVD-Rom, video e presentazioni multimediali.

TOPCON POSITIONING ITALY

TOPCON (Tokyo OPTical COmpaNy, Ltd.) fondata a Tokyo nel 1932, e dal 1989 Topcon Corporation, è una società multinazionale che annovera attualmente nel suo gruppo più di 60 tra società affiliate e controllate sparse in tutto il mondo, con un numero totale di dipendenti che supera le 4.000 unità.

Topcon Corporation è oggi strutturata in due distinte linee di business: *Eye Care*, dedicata alla produzione di strumenti oftalmici per il mercato medicale e *Positioning*, focalizzata nella progettazione e sviluppo di sistemi di misura e posizionamento di precisione per i settori Geospatial, Construction e Precision Agriculture.

Topcon Positioning Italy, dal 2012 filiale italiana di Topcon Positioning Group, è in grado di offrire un'ampia ed articolata gamma di strumentazione topografica per il professionista e per l'impresa: stazioni totali, sistemi GNSS, laser per edilizia, laser ed automatismi per macchine movimento terra, software topografici, laser scanner, sistemi mobile mapping, APR/UAV, soluzioni hardware e software per il monitoraggio topografico e sistemi di guida automatica per l'agricoltura di precisione.



Contatti:

Topcon Positioning Italy Srl
Via Brece Bianche 152 - 60131 Ancona
Telefono: +39 071 21 325 1
Fax: +39 071 21 325 282

www.topconpositioning.it

info@topconpositioning.it

SPEKTRA SRL - A TRIMBLE COMPANY

Spektra Srl è una società del gruppo Trimble, produttore e distributore a livello mondiale di prodotti hi-tech dedicati all'acquisizione, trattamento e visualizzazione di dati spaziali 3D. Azienda innovatrice nello sviluppo della tecnologia GPS, Spektra è da sempre focalizzata nella proposta di soluzioni complete hardware & software e dei servizi a valore aggiunto ad esse correlati.

Partner e Technology Solutions Provider, Spektra pone la massima attenzione alla progettazione e caratterizzazione di soluzioni per applicazioni specifiche nei settori del Geospatial, Agriculture, Construction, Natural Resources & Utilities, Transportation & Logistics.

Ricerca e innovazione sono cardini e filosofia fondante dell'azienda. Con questo obiettivo abbiamo stretto collaborazioni e alleanze significative e strategiche in ogni settore di mercato con aziende leader di riferimento, tra cui Caterpillar per il settore minerario e le costruzioni, New Holland, Nortel per il timing e Siemens VDO per l'automotive e i trasporti.



Contatti:

Centro Torri Bianche

Palazzo Larice, 3 - Vimercate, Italy

Phone: 0039 039 6858510 Fax: 0039 039 6858515

Sito web: www.trimble.com

RIASSUNTI DEI LAVORI

Convegno Nazionale SIFET

MERCOLEDÌ 8 GIUGNO ORE 15.30

SESSIONE ORALE: NUVOLE DI PUNTI E STAMPA 3D

Chairman: Francesco Guerra

Negli ultimi anni lo sviluppo di tecnologie 3d applicate nel campo dei Beni Culturali ha portato a risultati di grande impatto sia dal punto di vista della conservazione, che della valorizzazione, della trasmissione/comunicazione e della fruizione del nostro patrimonio. In particolare abbiamo assistito a molteplici esperienze interdisciplinari dove, grazie all'integrazione tra campi di ricerca diversi, si sono ottenuti risultati ottimali proprio grazie al trasferimento tecnologico, dalla computer graphics a quello della documentazione, dall'ingegneria industriale a quello della conservazione e fruizione dei Beni Culturali.

In questo intervento si vuole fare particolare attenzione alle attuali tecnologie per la stampa solida (digital fabrication) impiegate per la realizzazione di copie fisiche, quindi "tangibili", di modelli digitali tridimensionali virtuali.

Anche se presenta sicuramente possibilità di nuovi sviluppi, il processo di stampa 3d ha gradualmente raggiunto dei livelli di accuratezza che oggi possiamo definire assolutamente soddisfacenti. Questo è più evidente nel settore industriale (dall'industria manifatturiera a quella del design), ma anche in altri settori quali quello medicali, per la realizzazione, ad esempio, di protesi, e dei Beni Culturali, quale elemento centrale per nuove forme di musealizzazione che per il restauro e la conservazione del patrimonio culturale.

Gli oggetti fisici vengono realizzati, in tempi relativamente brevi e con costi spesso contenuti, a partire da modelli numerici, con geometrie anche complesse, convertiti in G-code, ovvero nel linguaggio di programmazione usato dalle macchine a controllo numerico (CNC). Questo linguaggio viene utilizzato non solo dalle macchine che costruiscono gli oggetti mediante fabbricazione sottrattiva (macchine laser, fresa a 3 o 4 assi, etc.) ma anche stampanti 3d che utilizzano la tecnica della fabbricazione additiva (layer by layer). In particolare assistiamo alla riduzione delle dimensioni e dei costi delle stampanti (Desktop 3D printer) che ha dato un nuovo impulso a questa tecnologia, favorendone la diffusione. L'apertura in questo periodo di FabLab in tutta Italia ne è la prova.

Si aprono così, nel settore dei Beni Culturali, nuove possibilità di fruizione, catalogazione e studio, dove i modelli, sia virtuali che fisici, rappresentano la base sia per la visualizzazione che per l'analisi della forma (anche da un punto di vista metrico) di ogni manufatto di interesse artistico e storico.

Le ultime esperienze di modellazione e stampa 3d hanno mostrato la necessità di introdurre una nuova professionalità a supporto di archeologi, architetti, ingegneri, restauratori e conservatori che richiedono l'utilizzo delle tecnologie digitali legate al rilievo strumentale, alla modellazione 3d e alla stampa solida. Si tratta una nuova professionalità evidentemente trasversale ai consolidati ambiti disciplinari che tradizionalmente e separatamente si sono occupati di tali questioni.

Bisognerà in conclusione ripensare e riconfigurare queste attività che hanno come riferimento l'universo digitale nel quale quotidianamente ci muoviamo.

Il rapido susseguirsi di innovazioni tecnologiche relative alla produzione di modelli 3D e la crescita negli ultimi anni dei rischi cui è esposto il patrimonio monumentale causa la frequenza di eventi bellici e disastri naturali e/o dolosi postula una riflessione a tutto campo sulle prospettive di sviluppo e affinamento delle discipline afferenti alla Geomatica, per una più congrua rispondenza delle linee di ricerca e di esercizio "professionale" specifiche del nostro Settore al trend della domanda odierna, vagliando le potenzialità del loro contributo alla tutela e alla "fruizione" del cultural heritage e dell'ambiente antropico.

Un riesame dei passaggi più significativi dell'avvicinamento al "patrimonio digitale", partendo dalla Carta di Québec (2008) e dalla Carta di Londra, consente di cogliere le modifiche del ruolo che la *geomatica* è chiamata a svolgere in questo scenario. L'accento si sposta infatti dalla "produzione" di dati digitali (già esplorata da vari progetti come EPOCH, 3DCOFORM, FOCUS K3D, CARARE, EU-CHIC, CLIMATE CHANGE), che seppure in continua evoluzione può dirsi ampiamente risolta, a quella di modelli (interpretativi) e con essa al loro "uso" e "riuso", come richiesto dalle più recenti raccomandazioni Europee.

Il campo dei beni digitali rappresenta uno dei settori dove l'interdisciplinarietà assume speciale rilevanza e va quindi messa in primo piano. Siamo di fronte ad un "nuovo rinascimento" che non consente più di accentrare le conoscenze in una sola figura, postulando invece un'interazione sinergica tra saperi diversi.

Riferendoci al quadro nazionale anche la distinzione fra tutela e valorizzazione esplicitata dal codice Urbanistico coinvolge per entrambi gli aspetti, coniugando il più consolidato utilizzo del patrimonio digitale a fini conoscitivi e per la predisposizione di progetti di restauro, con quello, emergente, della "comunicazione". Parole chiave diventano quindi: turismo virtuale, gaming, didattica, "democratizzazione della cultura".

Di qui l'interrogativo: quale futuro per la geomatica?

Se dovessimo seguire gli esperti di marketing siamo assolutamente nella norma: stiamo per assistere ad una fuga senza precedenti dall'identità tradizionale del SSD e nella fluidità tra etnie, generazioni, ruoli, professioni e settori disciplinari, dovranno venire ridefiniti, indirizzi, compiti e modi di partecipazione a quelle attività di digitalizzazione già in corso in tutto il mondo.

Open data, big data, crowdsourcing e partecipazione sociale per la costruzione del patrimonio digitale che non prevede più ruoli primari e ruoli ancillari e per cui si devono individuare nuovi servizi e nuove policy.

Le tecnologie digitali sono in grado di offrire un contributo essenziale alla documentazione, all'analisi e alla successiva fruizione del patrimonio culturale, perché possono essere utilizzate in diverse forme e con diverse finalità: studio e ricerca, diagnosi, restauro, tutela, gestione, comunicazione-divulgazione, formazione e fruizione del patrimonio culturale.

Negli ultimi decenni si è assistito a una crescita esponenziale dell'uso delle tecnologie elettroniche e informatiche, che ha aperto nuovi scenari e possibilità nel campo dei Beni Culturali. Questa evoluzione di strumenti e metodi si affianca a una diffusione di tecniche strumentali per il rilievo, in particolare la scansione 3D, che permettono di osservare geometrie complesse che sarebbe impossibile analizzare attraverso metodi più tradizionali.

All'interno di questo sviluppo tecnologico, un ruolo particolare ha assunto la stampa solida. La prototipazione rapida è una tecnica che permette di produrre copie fisiche di oggetti con geometrie complesse direttamente dal modello matematico in tempi relativamente brevi e con costi spesso contenuti. In anni recenti, questa tecnica ha subito un forte sviluppo grazie alla larga diffusione sul mercato delle desktop 3D printers, stampanti dal costo e dalle dimensioni piuttosto contenuti, che utilizzano spesso una tecnologia di tipo FDM (Fuse Deposition Modeling), vale a dire una tecnologia di tipo "additivo" che crea dei modelli fisici attraverso la sovrapposizione di strati di materiale. Tale sviluppo ha permesso una rapida ascesa di questa tecnologia in applicazioni "di consumo", consentendo a utenti meno esperti di avvicinarsi al mondo della stampa 3D e creare una community di makers paragonabile a quella formatasi con l'introduzione sul mercato di Arduino.

D'altro canto, le stampanti 3D si sono dimostrate molto efficaci anche in molti altri contesti applicativi, in particolare nel campo dei Beni Culturali. Grazie all'innovazione tecnologica informatica e alla multimedialità è ormai possibile elaborare nuove forme di analisi e fruizione del patrimonio culturale, che vengono affiancate alle modalità di lettura più tradizionali. I modelli, prima digitali e poi fisici, hanno aperto nuove possibilità di fruizione, catalogazione e studio del patrimonio culturale, perché costituiscono la base sia per la visualizzazione che per l'analisi metrica di ogni manufatto di interesse da un punto di vista artistico e storico. Dal punto di vista museale, ad esempio, la possibilità di creare fedeli repliche digitali e fisiche di spazi e oggetti tridimensionali permette di arricchire mostre e collezioni, perché l'accesso alle informazioni diventa "customizzabile" a seconda dell'utente, del contenuto e della complessità dell'informazione fornita. Tutto ciò ha portato ormai a considerare la stampa 3D come uno dei possibili output di un rilievo, così come gli elaborati tradizionali in forma cartacea o digitale.

La grande diffusione delle stampanti solide ha però messo in evidenza da una parte il problema della costruzione dei modelli digitali che devono essere stampati e dall'altra quello della conformità della copia all'originale.

La questione diventa molto attuale se si pensa al progetto ideato per la città di Palmira, in Siria, i cui monumenti sono stati di recente distrutti. Il progetto, molto ambizioso, prevede di ricreare le rovine del sito archeologico sostituendole con delle copie fisiche realizzate attraverso la robotica e la stampa 3D. Progetti come questo rendono ormai evidente la necessità di valutare quanto il modello stampato sia fedele all'originale. Il modello fisico, che tradizionalmente veniva utilizzato per prefigurare e visualizzare quanto non era ancora

stato realizzato, diventa ora una vera e propria copia che va di fatto a sostituire l'originale divenendo essa stessa monumento.

Alla luce di queste considerazioni, particolare importanza assumono le caratteristiche metriche di precisione e accuratezza del modello 3D stampato, che sono alla base di tutto quanto concerne il mondo della Geomatica e che devono essere messe in relazione con le stesse caratteristiche del modello digitale ottenuto dalle operazioni di rilevamento. In altri termini, la precisione del prodotto stampato deve essere valutata in relazione a quelle proprie degli strumenti di acquisizione. Non si deve dimenticare, inoltre, che il modello stampato è il risultato di operazioni di rilievo, ma che, per essere ottimizzato per la stampa, il dato digitale deve essere sottoposto a una serie di operazioni di semplificazione che se da un lato servono a eliminare il rumore introdotto dal processo di acquisizione, dall'altro possono allontanare la copia fisica dalla geometria originale.

Una volta determinate e verificate le precisioni metriche dei modelli digitali e fisici, sarà possibile individuare i diversi ambiti applicativi di tali riproduzioni: in alcuni ambiti la copia potrà con efficacia sostituire l'originale, specialmente nel caso in cui questo debba essere conservato e la sua fruibilità limitata all'esposizione. I modelli fisici, infatti, vengono sempre più di frequente utilizzati in occasioni in cui è necessario il contatto diretto, ad esempio allestimenti museali dedicati a bambini o a ipovedenti.

Questo contributo è parte di una ricerca più ampia, che si pone l'obiettivo di ottimizzare il percorso che va dalla acquisizione di una nuvola di punti di un oggetto (per esempio vaso, statua, architettura, area urbana) alla sua rappresentazione in un modello 3D in scala. In questo processo si devono naturalmente tenere in considerazione da una parte la precisione degli strumenti di acquisizione (fotogrammetria multi immagine, laser scanner TOF, laser scanner a triangolazione) e dall'altra quella del dispositivo di output finale: stampanti FDM, CNC, a resina fotopolimerica, SLS, ecc., per evitare diseconomie dettate dalla differente precisione e risoluzione strumentale.

In questa sede verranno presentati alcuni prodotti della ricerca, che si propone in questa prima fase di analizzare le caratteristiche metriche del modello stampato in relazione al dato originale. Gli oggetti che verranno proposti sono stati acquisiti tramite alcuni laser scanner a triangolazione, sistemi a scansione che permettono di raggiungere precisioni sub millimetriche. I modelli numerici acquisiti sono stati sottoposti ad un processo di elaborazione che ha permesso di ottimizzare i dati per la stampa, mantenendo il più possibile inalterata la geometria originale dell'oggetto. I prodotti sono stati stampati in scala 1:1 con diversi macchinari che utilizzano metodologie di stampa differenti. Le riproduzioni fisiche sono state a loro volta digitalizzate con gli stessi laser scanner, cercando di mantenere invariate le condizioni di acquisizione che avrebbero potuto in qualche modo incidere sulla precisione del modello digitale. Infine, le mesh acquisite sono state sottoposte allo stesso processo di elaborazione e poi confrontate con i modelli originali, per verificare quanto le riproduzioni fisiche fossero copie fedeli degli oggetti reali.

L'applicazione della stampa 3D per la riproduzione di beni culturali rilevati tramite le tecnologie avanzate della geomatica è ormai una pratica diffusa tra gli operatori coinvolti nel settore della documentazione e valorizzazione del patrimonio. Il contributo proposto intende affrontare l'intero workflow che porta dall'acquisizione dei dati, passando per la loro elaborazione, fino alla stampa e all'utilizzo del modello finale.

In particolare si intende rivolgere l'attenzione verso le fasi di preparazione del modello virtuale il quale deve presentare specifiche caratteristiche per essere adatto alla stampa 3D. Attraverso la presentazione di alcuni casi studio verranno illustrate le diverse problematiche riscontrabili durante le fasi di ottimizzazione del modello e gli strumenti utili alla loro risoluzione.

Considerato che l'impiego di diversi sensori conduce a molteplici risultati in termini di precisione e scala dell'oggetto rilevato, allo stesso modo sarà possibile valutare, nei diversi casi presentati, l'apporto delle tecniche del rilievo 3D in termini di qualità del modello finale a parità di risoluzione di stampa.

Infine, sempre tramite gli esempi proposti, verranno presentate brevemente alcune potenzialità nell'utilizzo dei prodotti della stampa 3D.

Si descrive un software dedicato all'elaborazione di point clouds, Intelligent Cloud Viewer (ICV), realizzato dall'AESEI software, che consente di visualizzare point cloud, di diverse decine di milioni di punti, su sistemi "non" particolarmente performanti. Le elaborazioni sono eseguite sull'intero point cloud e gestite mediante la sola visualizzazione di una parte di esso al fine di velocizzarne il rendering. E' progettato per Windows a 64 bit consentendo uno spazio di indirizzamento molto elevato tale da consentire la gestione virtualmente illimitata di punti. E' interamente scritto in C++ ed integra diversi moduli specializzati per computer graphics, matematica, point clouds, strutture di dati avanzate, ecc. ICV integra una serie di funzionalità quali, ad esempio: cropping, trasformazioni e georeferenziazione, matching, registration, decimazione, sezioni, ecc. E' stato sperimentato su dati fotografici e TLS di Castel del monte, ottenendo risultati soddisfacenti.

Questo articolo vuole illustrare i vantaggi che l'evoluzione della tecnica di misura ha portato in alcuni ambiti geologici. I metodi di rilievo tradizionali utilizzati per l'acquisizione della morfologie complesse, come ad esempio le grotte, le miniere abbandonate o le cave, portavano inevitabilmente ad una forte approssimazione delle geometrie limitandosi ad acquisire le informazioni geometriche principali.

La tecnologia laser scanner ha permesso di rilevare con grande precisione e dettaglio luoghi che fino a poco tempo fa erano impensabili da documentare. L'evoluzione della tecnica di rilievo ha inoltre consentito una grande innovazione: la "cattura" tridimensionale dei luoghi in forma digitale. Questo metodo consente di acquisire una enorme quantità di informazioni geometriche che, correttamente elaborate e modellate, consentono di ottenere sia elaborati tecnici tradizionali che modelli virtuali 3D a diverse scale di dettaglio. Quest'ultimo offre la possibilità di essere completamente interrogabile dal punto di vista geometrico, oltre a permettere la navigazione virtuale, rappresentando una grande innovazione per la fruibilità delle realtà geologiche indagate. Una ulteriore "nuova" possibilità che il rilievo con le nuvole di punti offre è la possibilità di realizzare la stampa 3d del modello intero o di sue parti in scale e risoluzioni differenti per successive analisi e divulgazioni didattiche.

Cristina Castagnetti⁽¹⁾
Marco Dubbini⁽²⁾
Riccardo Rivola⁽¹⁾
Pier Carlo Ricci⁽³⁾
Michele Agnoletti⁽³⁾
Martina Giannini⁽¹⁾
Alessandro Capra⁽¹⁾

(1) DIEF - Università di Modena
e Reggio Emilia

(2) DISCI sez. Geografia
Università di Bologna

(3) Artificio Digitale SNC

Integrazione di tecniche geodetiche per la conoscenza e la gestione di complessi monumentali: l'Historical BIM di Santo Stefano a Bologna

L'attività di ricerca affronta il tema della documentazione e della conoscenza approfondita dello stato di fatto di complessi storici monumentali finalizzata alla loro tutela e conservazione. Il caso in esame è la Basilica di Santo Stefano a Bologna (BO), conosciuta anche come "Complesso Delle Sette Chiese", la quale rappresenta un complesso storico di edifici di culto di grande pregio con età che vanno dal V al XI secolo. Agli occhi dei tecnici, il complesso rappresenta un insieme di strutture modificatisi nel tempo e integrate l'una con l'altra fino a creare l'attuale bellezza e allo stesso tempo l'attuale complessità strutturale. Considerando la prospettiva di coloro che sono deputati alla tutela e conservazione dei beni culturali, Santo Stefano esemplifica, quindi, molto bene la necessità di conoscere in modo accurato e completo la geometria dello stato di fatto con tutte le variazioni architettonico/strutturali che ha subito il complesso nel tempo con il fine di monitorare l'evoluzione del monumento, progettare interventi di consolidamento e restauro nonché programmare e gestire correttamente la manutenzione. L'approccio che fin da subito è stato ritenuto necessario ed efficace per tutti questi scopi è la creazione di un modello geometrico BIM, Building Information Model.

Il punto focale dell'approccio adottato è rivolto all'implementazione di tutti i dati acquisiti (geometrici, qualitativi, storici, testuali, fotografici, d'archivio e quant'altro) in un flusso di lavoro che li rendesse coerenti, confrontabili e accessibili per qualunque direzione di indagine. Le informazioni di natura tipicamente geometrica e morfologica sono confluiti nel Historical-BIM (H-BIM) così da poter essere interpretati secondo i comuni strumenti del mondo tridimensionale (modello 3D navigabile, piante/prospetti/sezioni, rendering) mentre i dati di natura qualitativa sono stati inseriti in un database online su piattaforma web interpellabile tramite criteri di ricerca testuali. L'aspetto unico e innovativo ricade principalmente nella metodologia, che ha permesso di applicare questo approccio alla straordinaria estensione e frammentarietà dell'intero complesso monumentale garantendo in uscita uno strumento di informazioni utilizzabile da procedure informatiche e tecniche di uso comune.

Le attività, svolte nel 2012, hanno consistito nell'integrazione di molteplici tecniche geomatiche finalizzate alla conoscenza e alla creazione, appunto, di uno dei primi esempi in Italia di H-BIM as built, ovvero di modellazione di un edificio esistente caratterizzato anche da tutte le anomalie geometriche tipiche di un edificio storico. Numerosi rilievi laser scanning sono stati effettuati utilizzando uno strumento a tempo di volo, modello C10 di Leica Geosystems, per la documentazione e la digitalizzazione dell'intero complesso. L'allineamento di una tale numerosità di scansioni è stato effettuato in maniera mista, adottando sia algoritmi di surface matching (ICP, Iterative Closest Point), sia un approccio indiretto basato sul vincolo creato da una rete di appoggio rilevata tramite stazione totale TCR1201+ di Leica Geosystems. Per quanto riguarda l'altimetria, è stata installata e rilevata una rete di livellazione geometrica di altissima precisione che ha avuto una doppia finalità: il collegamento ai vertici IGM (Istituto Geografico Militare) per vincolare il modello finale e fornire le quote ortometriche e il controllo dei livelli nei vari ambienti del complesso monumentale. Per completare il rilievo del campanile e di alcune porzioni di tetti è stato utilizzato l'approccio fotogrammetrico aereo con realizzazione di voli tramite UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Una tale completezza di dati ha permesso poi sia di costruire il modello geometrico H-BIM sia di effettuare analisi dettagliate e specifiche sulla nuvola di punti con lo scopo di analizzare le anomalie geometriche di interesse strutturale (ad esempio le pavimenta-

zioni e alcuni strapiombi murari). Verranno presentati i criteri con cui è stato progettato e realizzato il rilievo in maniera da permettere una corretta e accurata integrazione di tecniche geodetiche al fine di assolvere ai molteplici obiettivi imposti nonché alcuni risultati delle analisi effettuate. A completamento del lavoro di modellazione svolto, il complesso è stato scomposto nelle sue chiese principali e stampato in 3D a scopo dimostrativo di fruizione e valorizzazione.

L'abbazia benedettina di Sant'Eustachio a Nervesa della Battaglia (TV), posta nel bosco del Montello a ridosso del fiume Piave, risale alla prima metà dell'XI sec. e raggiunse il massimo splendore nel XVI sec. (qui mons. Giovanni Della Casa compose nel 1552 il celebre "Galateo").

Seguì una lenta decadenza con vari saccheggi e spogliazione dei beni, aggravata nel 1866 con la soppressione degli Ordini e delle Corporazioni religiose; il colpo di grazia avvenne durante la Prima Guerra Mondiale, con la distruzione di circa il 70% dell'abbazia, trovatisi in mezzo alla "Battaglia del Piave". Il complesso abbaziale era composto dalla chiesa (36,77 x 20,01 m) a croce latina con tre navate, dal chiostro a pianta trapezia (15,26 x 12,35 m) e dalla parte conventuale (di lunghezza 45,58 m), originariamente su tre piani, che circondava il chiostro e si congiungeva alla chiesa.

Il lavoro qui presentato è stato svolto per una tesi di laurea magistrale in Architettura presso l'Università degli Studi di Udine ed ha riguardato la modellazione 3D dello stato di fatto, la ricostruzione 3D della situazione ante 1918 ed un'ipotesi di restauro e valorizzazione.

È stato eseguito un rilevamento topografico con una stazione Leica TRCA 1103, anche per ottenere il piano quotato dell'intera collina, un rilevamento fotogrammetrico sia da terra, con CCD Panasonic DMC-TZ25 e Canon EOS M, che aereo mediante drone, ancora con la Canon EOS M, ed anche un rilevamento laser scanning con il sistema Faro Focus3D S120. Per elaborare ed integrare questi cinque dataset sono stati utilizzati diversi software, ad esempio mediante MeshLab e Pointools. Le elaborazioni di maggior interesse sono quelle sulle immagini con software di Structure from motion, quali 123DCatch e VisualSfM per i primi tentativi con approccio "cloud computing" e poi Agisoft Photoscan per ottenere il modello finale. Dopo l'estrazione & matching delle features, è stato eseguito l'orientamento delle immagini, sfruttando opportunamente le coordinate acquisite topograficamente e per scansione laser. Le successive fasi automatiche sono la generazione della sparse cloud, quella della dense cloud, la costruzione delle mesh del DSM ed il texture mapping di quest'ultimo.

Sono state ricavate una serie di ortofoto su vari piani (quattro prospetti e tre sezioni raster in scala 1:100) che poi sono state vettorializzate ed opportunamente migliorate in ambiente CAD (le corrispondenti sette rappresentazioni vector) quali dettagliate mappe del degrado; sono state create anche tre piante-sezioni a diversa quota in scala 1:100.

A partire dal modello 3D delle rovine, è stato quindi creato un modello solido 3D virtuale dell'intero complesso antecedente alla Prima Guerra Mondiale, facendo riferimento ad informazioni documentarie e ad immagini d'epoca, alcune di fonte militare.

Infine è stato creato un ulteriore modello 3D virtuale, quello del progetto dell'ipotetico restauro e basato proprio sul modello 3D ante 1918, i cui volumi saranno ricreati mediante una struttura tubolare che ripropone gli spigoli dell'estradosso e dell'intradosso. L'idea di fondo è quella di proteggere e garantire solidità strutturale ai pochi muri rimasti e, allo stesso tempo, di valorizzare il sito. I tubi di acciaio dell'intradosso saranno disposti a gruppi di quattro nella posizione originaria della pilastratura della navata centrale, mentre gli archi tra le campate saranno realizzati con un telaio metallico mascherato da due fasce in legno. L'originario soffitto a cassettoni sarà ricostruito con un telaio in acciaio rivestito di legno e cassettoni in vetro. L'estradosso sarà

costituito ancora da una struttura tubolare e, per la copertura, da un sistema di teli abbassabili in caso di maltempo.

In definitiva, questo esempio illustra come le tecniche geomatiche hanno permesso di costruire il modello 3D dello stato di fatto, ma anche come esso è stato restaurato virtualmente per modellare lo stato originario e come quest'ultimo abbia guidato il progetto di restauro dei volumi crollati.

Convegno Nazionale SIFET

GIOVEDÌ 9 GIUGNO ORE 08.45

SESSIONE ORALE: FOTOGRAMMETRIA DA DRONE

Chairman: Andrea Lingua

I Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) stanno rivoluzionando le modalità di rilievo: per molti versi siamo di fronte ad una rivoluzione simile a quella generata, alcuni anni orsono, dai rilievi con strumentazione satellitare. I motivi principali di questa rapida diffusione di questa nuova modalità di rilevamento sono essenzialmente 3. Il primo consiste nella possibilità di reperire sul mercato velivoli di basso costo dotati di sistemi di navigazione assai accurati: i sistemi di posizionamento satellitari e di controllo dell'assetto permettono di seguire, in modalità automatica, delle rotte di volo con precisione di qualche metro, qualità necessaria per i rilievi fotogrammetrici. Il secondo motivo risiede nella disponibilità di sensori di basso costo che possono essere montati sui velivoli e acquisire immagini di buona qualità della zona ripresa; tali sensori possono registrare immagini nello spettro visibile, nell'infrarosso o in entrambi. Infine il terzo motivo risiede nella potenzialità dei software di elaborazione delle immagini di giungere automaticamente o quasi alla ricostruzione dei modelli 3D del territorio e delle architetture riprese: gli algoritmi di Fotogrammetria Digitale e quelli derivati dalla Computer Vision, giunti ad una piena maturità, permettono anche a operatori non particolarmente esperti, l'orientamento esterno delle immagini, la generazione di nuvole dense di punti oggetto, la ricostruzione delle superfici, la sovrapposizione delle immagini e la successiva ortoproiezione.

Nella relazione viene presentato lo stato dell'arte di questa nuova tecnica di rilevamento facendo riferimento ai 3 aspetti sottolineati poc' anzi. In particolare vengono sottolineate le opportunità offerte dal mercato a tal riguardo: i principali velivoli, i sensori e i software di elaborazione. Ciascuna sezione viene chiusa con esempi tratti dall'esperienza maturata dagli autori in questi ultimi anni.

L'utilizzo di Unmanned Aerial Vehicles (UAV) sta diventando sempre più diffuso sia a livello industriale che nel mondo della ricerca. Infatti la flessibilità di tali mezzi ne rende possibile l'uso in una larga gamma di applicazioni di remote sensing, sia in applicazioni civili che industriali/commerciali (e.g. agricoltura di precisione, sicurezza e controllo, monitoraggio, esplorazione di aree di difficile accesso).

Il posizionamento degli UAV è solitamente basato sull'utilizzo del GNSS: quando il mezzo è dotato di un ricevitore di alta fascia e l'area di interesse è ben coperta dal segnale GNSS, tale metodo di posizionamento permette di arrivare ad una accuratezza approssimativamente centimetrica. Sfortunatamente l'utilizzo di ricevitori di alta fascia non è ancora molto diffuso (spesso i ricevitori utilizzati sono a basso costo) e, a prescindere dal tipo di ricevitore GNSS utilizzato, spesso le aree di interesse per l'utilizzo di UAV non sono ben coperte dal segnale GNSS (e.g. aree montuose). In tali condizioni la stima della posizione ottenuta secondo tale metodo risulta insoddisfacente e può portare a diverse problematiche più o meno gravi (e.g. deviazione dalla rotta di volo prevista) fino alla perdita del mezzo stesso.

Al fine di superare le limitazioni imposte dall'utilizzo del posizionamento tramite GNSS, in questo lavoro vengono considerate tecniche alternative di posizionamento basate sul segnale radio (e.g. potenza del segnale ricevuto (RSSI), tempo di volo) che possono consentire di ottenere stime di posizioni in un sistema di riferimento locale con accuratezza di un ordine di grandezza inferiore rispetto ai ricevitori GNSS di alta fascia, ma che possono essere utilizzati in ambienti generici (anche in zone montuose).

Il lavoro svolto si inquadra nell'utilizzo di strumenti low cost e tecnologie free e open source per la gestione di rilievi UAV. L'ambito di applicazione di riferimento per gli autori sono ad esempio rilievi in zone circoscritte in campagne di tipo umanitario e in situazioni di emergenza. Le sperimentazioni sono state condotte in un'area di dimensioni 140 m² con morfologia uniforme (minima, media, massima altezza ortometrica rispettivamente pari a 261.46, 262.33 e 264.4 m; scarto quadratico medio dell'altezza ortometrica pari a 0.43 m), usando un DJI Phantom 2 Vision+. Le elaborazioni delle osservazioni per la determinazione del modello digitale del terreno sono state eseguite con i software: OpenDroneMap, Cloud Compare, GRASS e GIMP. Nella presentazione si definiscono le procedure operative utilizzate e si discutono i risultati sperimentali ottenuti, concentrandosi in particolare sulla valutazione della qualità del DTM in confronto a quello ottenuto da un rilievo tradizionale. Si delineano anche alcune raccomandazioni e i limiti applicativi della soluzione proposta.

Rilievo fotogrammetrico da Drone in ambito archeologico e per i beni culturali. I casi studio della Colonna del Tempio A del Santuario di Hera Lacinia a Capo Colonna (KR) e del Castello Bizantino del Borgo di Simeri, Simeri Crichi (CZ)

Il contributo fa riferimento alle attività di rilievo fotogrammetrico da drone, realizzate dal nostro gruppo di lavoro negli ultimi anni in numerosi siti di interesse archeologico e monumentale del Sud Italia. In particolare si sono scelti 2 casi studio: il tempio A del santuario di Hera Lacinia a Capo Colonna (KR) ed il castello Bizantino del borgo di Simeri, Simeri Crichi (CZ).

Nel primo sito sono stati eseguiti progressivamente, per conto della Soprintendenza Archeologia della Calabria, vari rilievi fotogrammetrici da drone, come documentazione integrativa della campagna di scavi compiuta tra il 2013 ed il 2014. Sono state realizzate numerose riprese fotografiche e video del tempio, che hanno documentato il procedere delle attività archeologiche sia con viste prospettiche che zenitali. Utilizzando circa 150 scatti ad alta risoluzione dell'area della colonna, viste zenitali e oblique, realizzate per finalità differenti, nel corso di voli di momenti diversi del biennio indicato, è stato creato nel febbraio del 2016 un nuovo modello 3D ad alto dettaglio della parte conservata in elevato del monumento. Le elaborazioni fotogrammetriche hanno consentito di ricavare una dense cloud e una superficie definita da mesh. La mesh è stata vestita con una texture fotografica ricavata dalle riprese dal drone, costituendo una documentazione molto dettagliata dello stato di fatto della colonna e del suo basamento. Il modello si presta per essere visualizzato anche in applicativi didattici e divulgativi. Ulteriori elaborazioni hanno reso il modello idoneo anche alla stampa 3D, finalizzata a rappresentare nel dettaglio lo stato di conservazione del monumento. È stata realizzata la stampa 3D, in poliammide con tecnica a polvere, in scala 1:100 del monumento ed in scala 1:50 della colonna con base e capitello. Il livello di dettaglio riesce a rendere con buona approssimazione lo stato di degrado dei rocchi in pietra della colonna ed è stato utilizzato con finalità didattiche e divulgative.

Il secondo caso di studio riguarda il rilievo fotogrammetrico da drone del castello bizantino del borgo di Simeri (CZ), realizzato per conto del Comune di Simeri Crichi negli ultimi mesi del 2015. Il rilievo ha interessato una grande struttura con muri in elevato alti fino a 12 metri e con un ragguardevole sviluppo planimetrico (un'area triangolare con lati di circa m 70 x 70 x 60), per la quale era necessario realizzare, in tempi limitati dalle esigenze del cantiere, un rilievo di dettaglio del complesso e di tutti i paramenti murari, stampabile fino alla scala di 1:50. Per affrontare un impegno del genere, si è deciso di utilizzare il drone per tutte le riprese fotogrammetriche, con l'usilio di una fitta rete di punti di controllo misurati mediante stazione totale e GPS differenziale. È stato realizzato un modello 3D di alto dettaglio dell'intero castello, dalla fusione di 6 blocchi di rilievo di singole aree del monumento, utilizzando per le elaborazioni un totale di circa 900 scatti fotografici. Il rilievo da drone, grazie ad una serie di viste oblique e quasi frontali è riuscito a documentare in dettaglio anche le murature a sviluppo verticale. Inoltre, essendo il castello collocato su un'altura con alcuni versanti inaccessibili, l'utilizzo del drone non avrebbe avuto realistiche alternative perseguibili. Il modello 3D è servito anche come base per la progettazione della fruizione e della valorizzazione del monumento e si è rivelato uno strumento prezioso per progettazioni specifiche nell'ambito della attività di restauro in corso, come impianto di illuminazione, regimentazione delle acque meteoriche, ecc.. Dal modello 3D sono stati ricavati gli elaborati grafici bidimensionali, planimetrie, prospetti e sezioni, richiesti per la documentazione esaustiva del documento.

La fotogrammetria da SAPR (Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto) è stata oggetto da diversi anni di numerose attività di ricerca di molti gruppi nazionali ed internazionali. Contemporaneamente una vasta platea di operatori del rilevamento ha iniziato ad utilizzare tale metodologia approcciandosi ad essa con conoscenze teoriche molto eterogenee.

Derivando molte considerazioni dal rapporto diretto degli scriventi con molti di questi operatori, vengono presentate in questo articolo due esperienze di rilievo fotogrammetrico da SAPR.

La prima riguarda il rilievo finalizzato all'aggiornamento cartografico dell'area in cui sorge il nuovo porto a Marina di Pisa, la seconda il rilievo di un grande complesso alberghiero nella città di Badharzburg in Germania, distrutto a seguito di un incendio. Per entrambi i rilievi vengono presentati i risultati in termini di precisioni ottenute, derivanti da confronti con misure indipendenti di riferimento o con gli elaborati di progetto.

Vengono poi sottolineati gli aspetti operativi (piano di volo, punti di appoggio, inclinazione delle prese, qualità delle fotocamere, ...) che sono di interesse per l'operatore che debba pianificare un rilievo da drone.

Nuove opportunità offerte dai SAPR nel monitoraggio dell'evoluzione dell'ambiente alpino

L'impatto del cambiamento climatico sugli ambienti di alta quota si manifesta con modalità e intensità differente a seconda della componente considerata. Negli ultimi anni, i ghiacciai rocciosi, tipiche forme detritiche connesse alla presenza di ghiaccio al loro interno, hanno manifestato un incremento della velocità superficiale il cui monitoraggio si rende necessario in caso di possibile interferenza con elementi antropici. La fotogrammetria aerea, applicata ad immagini acquisite tramite SAPR, costituisce una interessante opportunità per il monitoraggio dei fenomeni evolutivi in alta montagna. Si intendono presentare i risultati delle attività di monitoraggio condotte da ARPA Valle d'Aosta nella conca di Cervinia (Valtournenche, AO) a partire dal 2012.

Convegno Nazionale SIFET

GIOVEDÌ 9 GIUGNO ORE 11.20
SESSIONE ORALE: IV PREMIO GIOVANI AUTORI

Chairman: Francesco Mancini
Francesco Pirotti
Giovanna Venuti

The development of several instruments and techniques for reality-based 3D survey provides for new effective and affordable solutions for mapping underground environments. Terrestrial laser scanning (TLS) techniques demonstrated to be suitable for recording complex surfaces in high resolution even in low ambient lightning conditions. TLS approaches allow to obtain millions of 3D points and very detailed representations of complex environments, but they normally required a very high number of stations.

This paper presents the investigation and deployment of a hand-held laser scanning system for the fast 3D digitization of underground tunnels. The active hand-held device (GeoSlam Zeb1) was employed in two different typologies of underground structures: the Grotta di Seiano, a 800 m long monumental passage used as entrance of a roman villa in Posillipo (Naples, Italy), and some military fortifications built during the First World War (WWI) on the hills around Trento (Italy).

Il miglioramento dei metodi per il monitoraggio delle dighe rappresenta un problema crescente tra la comunità che si occupa della sicurezza delle infrastrutture critiche. Sebbene i cedimenti strutturali nelle dighe sono solitamente improvvisi, nella maggior parte dei casi è possibile capire in anticipo quando i danni strutturali potrebbero evolvere in un processo pericoloso. Al giorno d'oggi, lo sviluppo di metodologie innovative per la modellazione strutturale statica e dinamica permette di migliorare notevolmente la capacità di prevedere crolli, ed in tal modo prevenire e ridurre i rischi associati. Per quanto riguarda questo problema, diverse tecniche geomantiche possono essere proficuamente sfruttate per la realizzazione di modelli analitici e matematici. Questo si ottiene beneficiando della disponibilità di misure di spostamento dense e precise, forniti sia dai dati satellitari sia dai sensori terrestri aventi elevate coperture temporali e spaziali.

Per quanto riguarda le tecnologie satellitari, i vantaggi consistono nel rilevamento accurato di spostamenti del suolo sull'intera infrastruttura senza necessità di installare localmente punti di controllo. La disponibilità di misure di deformazione spazialmente dense è di importanza cruciale per la modellazione strutturale perché ciò permette di superare gli inconvenienti dei sistemi di controllo tradizionali, che prevedono misure di alta precisione solo su un numero limitato di punti.

Lo scopo di questo lavoro è quello di mostrare i risultati su due casi di studio: la diga in terra di Genzano di Lucania e la diga a gravità di Corbara. In particolare, si mostra come misurazioni satellitari possono essere proficuamente sfruttate ed efficacemente integrate con le misure tradizionali, al fine di migliorare le attuali sistemi di monitoraggio e di aumentare la sicurezza delle dighe.

Negli ultimi anni si è assistito ad un notevole incremento nell'uso di immagini sferiche per la generazione di modelli tridimensionali. Oggigiorno esistono tantissimi software (commerciali o open source) dedicati al trattamento delle immagini, ma, solo alcuni software consentono l'elaborazione di questi dati; in particolare, i comuni software basati su algoritmi di computer vision non sono in grado di calcolare i parametri di orientamento interno di questi sistemi. Questo contributo si propone di analizzare le potenzialità dell'elaborazione di immagini sferiche per la ricostruzione di oggetti tridimensionali attraverso algoritmi di Structure from Motion (SfM), confrontando i risultati con quelli ottenuti dall'utilizzo delle singole immagini, e di valutare la possibilità di calcolare con gli stessi software i parametri di calibrazione delle singole camere. A tal fine, sono stati condotti alcuni test in ambiente indoor per mezzo della camera panoramica NCTech iSTAR Fusion. Il modello di riferimento per le analisi sull'accuratezza raggiunta è una nuvola di punti LiDAR, con la quale verranno confrontati i prodotti tridimensionali. Inoltre, verrà fatta una valutazione sui parametri di orientamento interno calcolati da differenti software.

Negli ultimi anni, i fattori climatici hanno determinato un drastico incremento degli incendi boschivi. Le aree maggiormente colpite sono concentrate nella zona mediterranea, in particolare in Italia nel 2015, ci sono stati 5447 incendi boschivi, per un totale di superficie bruciata pari a 37582 ha (Corpo Forestale dello Stato, 2016). Confrontando questi dati con quelli relativi agli anni precedenti emerge come il monitoraggio delle aree a rischio e la gestione degli incendi, siano aspetti fondamentali per preservare il patrimonio naturale e salvaguardare vite umane. A tal proposito, la tendenza europea è quella di sviluppare di strumenti GIS in grado di rendere più efficaci le attività di predizione, monitoraggio e pianificazione e quindi allo stesso tempo, migliorare gli aspetti di coordinazione in situazioni di emergenza. Nel presente lavoro si propone una possibile metodologia per lo sviluppo di un GIS (secondo le direttive INSPIRE), con l'intento di migliorare l'interscambio dati e favorire la collaborazione di tutte le risorse (gestionali e operative) impegnate nella lotta e prevenzione degli incendi boschivi. L'approccio metodologico descritto vuole mettere in evidenza le potenzialità dell'utilizzo di piattaforme GIS open-source come strumenti di decision support. A tal proposito, ci si propone di descrivere la strategia implementativa di sviluppo del triggering che consente a questo strumento di presentarsi come un applicativo utile per il monitoraggio attivo e real-time.

Le moderne tecnologie digitali di rilievo, restituzione e visualizzazione 3D offrono enormi possibilità per la documentazione, la conservazione e la fruizione del patrimonio culturale. L'esperienza presentata ha avuto come obiettivo quello di mostrare i molteplici utilizzi di un rilievo laser scanning per applicazioni legate ai Beni Culturali, sperimentando le potenzialità d'interazione tra le tecniche geomatiche e quelle informatiche per il recupero e la riqualificazione di spazi urbani (edifici, monumenti, territori) di particolare interesse storico-artistico scarsamente qualificati e valorizzati. L'articolo illustra alcuni possibili impieghi delle nuvole di punti derivanti da un rilievo laser scanning per le attività di conoscenza, tutela e valorizzazione di un monumento storico-architettonico di Reggio Emilia (RE). Dal lato tecnico il modello tridimensionale a nuvola di punti è stato utilizzato a scopo documentativo e conservativo per effettuare approfondite analisi geometriche sulla struttura; come strumento di comunicazione, il rilievo 3D è invece stato utilizzato come base per la creazione di un *tour* virtuale interattivo e, per finalità divulgative e didattiche, per la riproduzione materica di un elemento caratteristico del sito mediante stampa 3D.

Per il rilievo di aree di media estensione nelle quali sia necessario conoscere un modello digitale tridimensionale del terreno per applicazioni ambientali, è sempre più frequente eseguire riprese fotogrammetriche da UAS. L'uso di questa tipologia di rilievo è legato alla rapidità nell'esecuzione ed alla sua economicità rispetto alle tecniche topografiche o fotogrammetriche tradizionali, oppure all'uso del laser scanner terrestre. In commercio esiste una serie di software nati appositamente per il processamento di questa tipologia di acquisizioni, basati sulle tecniche della Structure for Motion, la quale unisce la rigosità dei modelli matematici tipici della fotogrammetria classica con gli algoritmi altamente automatizzati della Computer Vision. Questi software solitamente non forniscono nessuna informazione sulla precisione del DSM calcolato. Nel presente lavoro viene analizzato come sia possibile modellizzare empiricamente l'accuratezza di stima del DSM, usando dei punti di validazione misurati con un metodo alternativo e valutando la covarianza empirica del campo delle differenze. Inoltre, viene mostrato come sia possibile propagare questo errore di stima al calcolo di volumi di materiale ottenuti da un DSM. Il metodo viene testato in un caso reale, dove è stato calcolato il volume di sedimenti rimosso dal fondo di un bacino artificiale confrontando due DSM calcolati da due rilievi fotogrammetrici da UAS eseguiti prima e dopo la rimozione dei sedimenti. I risultati dimostrano la necessità di modellizzare la correlazione tra le celle del DSM nel calcolo dell'accuratezza del volume, oltre che mostrare la precisione raggiungibile con rilievi da UAS, con una deviazione standard di circa 1% del volume stimato.

Questo lavoro si inserisce nell'ambito del monitoraggio strutturale, si tratta di uno dei pochi esempi in Italia di monitoraggio con sistema GNSS ad alta frequenza applicato ad una torre civica italiana. L'indagine ad alta frequenza permette di quantificare la frequenza naturale di oscillazione della struttura e valutare lo stato di salute della stessa. La torre Ghirlandina di Modena, patrimonio dell'UNESCO, è stata scelta come oggetto di studio data la presenza di altri sistemi e sensori che monitorano in modo continuo la struttura. Il monitoraggio integrato fornisce un approccio multidisciplinare allo studio della struttura in esame, fornendo una valida interpretazione delle interazioni tra diversi fenomeni. Il test effettuato evidenzia le criticità emerse nell'applicazione della tecnologia GNSS ad alta frequenza, i movimenti individuati sono di bassa entità e non permettono di ottenere informazioni sullo stato di salute della struttura e sulle risposte alle sollecitazioni ambientali. Lo spettro di potenza risulta dominato dalle basse frequenze, solo una correlazione tra spostamento in direzione Est-Ovest e variazione diurna della temperatura viene identificata.

Convegno Nazionale SIFET

VENERDÌ 10 GIUGNO ORE 08.45

SESSIONE ORALE: MONITORAGGIO

Chairman: Giovanna Venuti

Il monitoraggio topografico non va considerato semplicemente la ripetizione di un rilievo eseguito con una tecnica nota e il puro confronto delle coordinate di ciascun punto. Per fornire risultati affidabili occorre curare particolarmente alcuni aspetti: la progettazione del rilievo, tenendo conto degli scopi e della risposta da dare; la definizione di un frame di riferimento stabile nel tempo (e verificato come tale); la valutazione della precisione effettivamente raggiunta nel rilievo (alta o bassa, l'importante è conoscerla per capire la sensibilità del monitoraggio); il processamento dei dati acquisiti per la valutazione della significatività effettiva delle variazioni di posizioni riscontrate.

Questi aspetti vanno affrontati in modo diverso a seconda che si usi una tecnica volta al monitoraggio di pochi punti ben materializzati rilevati singolarmente, in rilievi eseguiti a epoche discrete oppure in continuo, o se si vuole controllare l'andamento di una superficie a diverse epoche. Nel primo caso le tecniche sono abbastanza consolidate (ma non già completamente definite) mentre negli altri due casi la scelta dell'hardware le tecniche di elaborazione dati appaiono ancora da sviluppare o meglio da ottimizzare.

Per le sue caratteristiche peculiari il monitoraggio potrebbe diventare una 'specializzazione' professionale del Topografo in qualche modo riconosciuta e validata dalla categoria, anche per evitare approcci un po' dilettanteschi da parte di altre figure non specificamente esperte di rilevamento ma invogliate dalla 'semplicità' di uso delle nuove strumentazioni.

L'integrazione di monitoraggio in sito e modellazione numerica per lo studio dei processi di dissesto Geo-Idrologico: applicazioni e prospettive

Nel campo dell'indagine sui processi di dissesto geo-idrologico, l'integrazione tra le attività di monitoraggio del campo degli spostamenti, oltre che di alcuni importanti fattori di controllo degli stessi processi, e la modellazione numerica degli stessi fenomeni offre interessanti prospettive per la comprensione delle relazioni causa-effetto che sottendono ai processi e lo studio della loro evoluzione nel tempo. Tale integrazione consente, infatti, di indagare i trends cinematici delle varie aree del territorio coinvolte dal processo di dissesto, contestualizzandoli all'interno di un quadro di comportamento generale dell'area coinvolta. La relazione discute alcuni esempi di casi di studio per i quali tecniche di monitoraggio degli spostamenti del terreno e di altri fattori di controllo dei processi di instabilità sono state utilizzate al fine di ricostruire l'evoluzione cinematica del processo, successivamente interpretata anche alla luce dei risultati di modelli di simulazione numerica. Saranno altresì presentate alcune prospettive di sviluppo della ricerca nel campo delle applicazioni delle tecniche geodetiche per lo studio dei processi di dissesto geo-idrologici.

Attraversamento altimetrico di canali marini e verifica dell'attendibilità del modello italgo2005

Nell'attività di revisione della rete nazionale di livellazione di alta precisione, attualmente in corso, si è giunti in questi anni ad operare nel territorio del Veneto, dove si è proceduto, in collaborazione con la Regione, alla rimisura delle linee d'impianto e all'istituzione di nuove linee di raffittimento. Le misure sono state effettuate, come di consueto, con la tecnica della livellazione geometrica di alta precisione, secondo la normativa tecnica in uso all'IGM, con ricorso ad appalti a ditte private a carico della Regione Veneto. Alcune delle linee suddette valicano in più punti bracci di mare e alvei fluviali di ampiezza non trascurabile (fino ad un km), sui quali il dislivello è stato determinato con misure zenitali simultanee e contemporanee, effettuate con particolari accortezze e con l'impiego di mire luminose appositamente realizzate presso la Direzione Geodetica dell'IGM. I dislivelli ottenuti su tali attraversamenti, uniti alle misure di livellazione geometrica lungo le linee dell'entroterra, hanno consentito di chiudere vari poligoni, che sono sempre risultati nelle tolleranze tipiche della livellazione geometrica. Al fine di ottenere una verifica delle misure effettuate e della metodologia utilizzata, su ciascun attraversamento è stato misurato, utilizzando strumentazione GPS, anche il dislivello ellissoidico, successivamente corretto con la differenza fra i valori di separazione sui due estremi, stimati sul modello di geoidi ITALGEO2005. Il confronto fra dislivelli geoidici, determinati con le osservazioni zenitali, e quelli ellissoidici corretti, dimostra la notevole precisione, almeno nella zona oggetto d'indagine, del modello di geoidi utilizzato: la media dei valori assoluti delle differenze si riduce dopo le correzioni da 9 a 2 mm. Bisogna comunque considerare che si è operato in un'area caratterizzata da una topografia totalmente priva di rilievi e dall'assenza di anomalie gravimetriche significative, e quindi fra le più semplici, a livello nazionale, per la stima dei valori di separazione.

Marco Garbarino
Aleksandra Kruss
Fantina Madricardo
Chiara Murri
Nicola Pizzeghello
Fabio Trincardi
*Istituto Idrografico della Marina
CNR Ismar*

Monitoraggio in mare: le attività idrografiche sulle bocche della Laguna di Venezia

Il monitoraggio connesso alla geomatica rappresenta il tentativo di descrivere l'evoluzione di alcune caratteristiche di una certa porzione di territorio attraverso i risultati di misure condotte sul campo. Al fine di utilizzare le misure per studiare l'area di interesse e monitorarla, le stesse hanno bisogno di essere confrontabili e quindi di essere riferite allo stesso reference frame spaziale e temporale. Tale reference frame, basato su regole ma soprattutto materializzato e direttamente fruibile sul territorio, viene utilizzato per restituire i risultati del rilievo idrografico. Il lavoro presenta le attività condotte nel tempo da due Enti che hanno operato rilievi batimetrici alle bocche della Laguna di Venezia per scopi istituzionali e di ricerca: l'Istituto Idrografico della Marina, Organo Cartografico dello Stato e rappresentante per l'Italia nell'Organizzazione Idrografica Internazionale, e l'Istituto di Scienze Marine, del Consiglio Nazionale delle Ricerche (sede di Venezia), ente che svolge ricerche in aree mediterranee, oceaniche e polari per studiare gli oceani e i margini continentali, i cambiamenti climatici, gli habitat e l'ecologia marina e i fattori naturali e antropici che influiscono sull'evoluzione di coste e lagune. I rilievi oggetto di studio e le loro differenze rappresentano la sintesi storica di quello che la strumentazione di più alta qualità messa a disposizione dalla tecnologia di ogni epoca ha potuto misurare. Si passa da rilievi condotti con misure dirette a ecoscandagli con tecnologia singlebeam, fino ai rilievi condotti con i moderni ecoscandagli multibeam. Il posizionamento planimetrico passa dal posizionamento ottico a terra a quello satellitare. La misura del tempo e la sincronizzazione dei dati passano da un cronometro ai segnali di sincronizzazione messi a disposizione dai sistemi GNSS. La restituzione dei dati passa dall'analogico su tela cerata ai dati completamente digitali elaborabili ed integrabili nei sistemi informativi geografici. I primi rilievi sono contraddistinti da misure dirette della profondità attraverso lead line, in cui ogni punto di misura è frutto dell'immersione in acqua del peso collegato ad una sagola opportunamente campionata a distanze standard. Passando alle misure indirette, connesse al moderno concetto di remote sensing, la linea di confine in campo batimetrico è stata tracciata negli anni '90 del secolo scorso, quando, a misure discrete di fondale lungo una linea di scandagliamento acquisita da un sistema acustico a singolo fascio orientato perpendicolarmente rispetto al trasduttore, si sono sostituite misure oblique simultanee lungo diverse direzioni. La tecnologia ha permesso il passaggio dal singlebeam al multibeam, e tale cambiamento ha rivoluzionato le competenze degli operatori che conducono rilievi in mare, di chi processa i dati, i software che utilizzano, il modo di presentare i risultati e di confrontarli. I modelli digitali di elevazione risultato del rilievo multibeam, per la loro continuità nello spazio possono essere confrontati per posizioni assegnate corrispondenti ai dati discreti raccolti con il singlebeam con la tecnica lead line. In tal modo, attraverso le opportune considerazioni sulle diverse accuratezze e precisioni della misura, si valuta la dinamicità dell'area monitorata e la si associa alle relative caratteristiche morfodinamiche. Il secondo fattore che ha condizionato il monitoraggio idrografico è stato quello del posizionamento, con la possibilità di accedere direttamente al reference frame dello spazio e del tempo data dai sistemi satellitari. Si è passati dai sistemi ottici e poi radioelettrici, in cui il team che operava era composto da diverse squadre di lavoro, ognuna assegnata ad un diverso strumento, al rilevamento satellitare che non necessita di operatori se non per il controllo del corretto funzionamento dello strumento. Il terzo fattore riguarda l'evoluzione tecnologica legata all'avvento dell'informatica. Fino agli anni '80 il rilievo veniva restituito su supporto cartaceo, in particolare su tela cerata, conservata negli archivi degli

Enti preposti al monitoraggio. Oggi la restituzione avviene in maniera completamente digitale e i dati vengono manipolati con computer e software studiati per le nuvole di punti provenienti da sistemi multibeam. Al fine di rendere confrontabili i rilievi, i dati su supporto analogico sono stati digitalizzati e resi confrontabili con quelli moderni, uniformandone il datum e utilizzando strategie di confronto singlebeam-multibeam. Le tre bocche della Laguna di Venezia, quella di Lido, di Malamocco e di Chioggia, da nord a sud rispettivamente, hanno una larghezza che varia dai 500 ai 1000 m e una profondità che arriva a circa 25 m, con l'eccezione della fossa delle Ceppe alla bocca di Malamocco che raggiunge la profondità massima di 48 m. Il loro attuale aspetto è il risultato della costruzione dei moli foranei a cavallo tra l'Ottocento e l'inizio del Novecento e delle recenti modifiche iniziate nel 2003 e ancora ad oggi in corso per la costruzione delle barriere mobili a protezione della città di Venezia dalle acque alte nell'ambito del progetto MOSE. Sono aree soggette a forti correnti (fino a 1-2 m/s durante i massimi di marea) e quindi ad alta dinamicità. Attraverso di esse avviene il trasporto di sedimenti sia in forma sospesa che come trasporto al fondo. Capire l'evoluzione morfologica delle bocche a breve e lungo termine, dunque, è particolarmente rilevante non solo per il mantenimento e il funzionamento delle barriere mobili, ma anche per comprendere l'evoluzione a lungo termine della stessa Laguna di Venezia. I primi rilievi idrografici condotti nelle tre bocche della Laguna di Venezia dall'Istituto Idrografico della Marina con misure dirette delle profondità, risalgono alle Campagne dal 1886 al 1896, per poi proseguire nel nuovo secolo dal 1901 al 1913 e oltrepassando la Grande Guerra dal 1922 al 1938. Dopo il secondo conflitto mondiale si abbandonano le misure dirette in favore di quelle eseguite con la "nuova" tecnica remote sensing di indagine ultrasonora che determina il valore del fondale da una misura indiretta, rilievi dal 1947 al 1972 singlebeam, restituiti anch'essi come i precedenti in forma grafica su supporto fisico in tela cerata. Infine, nelle ultime campagne dal 2001, condotte dall'Istituto Idrografico della Marina e dal CNR ISMAR, si trovano sia rilievi singlebeam sia multibeam, con acquisizioni e restituzioni completamente digitali. Con questa serie di dati aderenti a standard consolidati di misura e quindi al contempo rappresentativi e confrontabili, si può studiare l'evoluzione dell'area nelle sue peculiari caratteristiche, attuando un'importante attività di monitoraggio del fondo marino della zona considerata, riprodotta sulle carte nautiche edite dall'Istituto Idrografico della Marina e studiata dal CNR ISMAR durante le sue attività di ricerca tuttora in corso.

Ci si pone in un contesto di monitoraggio di fenomeni di spostamento e deformazione alla scala locale, ad esempio di opere di ingegneria civile e di frane.

In passato il monitoraggio era attuato utilizzando strumenti come accelerometri e trasduttori di spostamento; in seguito si sono imposte nuove tecniche basate su misure geodetiche e geotecniche.

E' ormai consolidato anche l'utilizzo di strumenti GNSS geodetici, che permettono di ottenere risultati con precisione subcentimetrica e quindi adatti per tutte le applicazioni che necessitano di individuare spostamenti dell'ordine del centimetro. Lo svantaggio di questo approccio è nell'alto costo della strumentazione: ad esempio nel monitoraggio continuo di una frana, la necessità di installare molti strumenti per avere un'informazione spazialmente densa ed il rischio di perderli nel momento in cui si verifica un evento di rottura implicano rispettivamente lo stanziamento di fondi significativi e il rischio della loro possibile perdita: per tale motivo, tale approccio spesso non è economicamente sostenibile.

Esistono oggi sul mercato diversi tipi di ricevitori GNSS a basso costo (indicativamente intorno ai 500 E) che rendono disponibili i dati grezzi, e che quindi si prestano a tecniche di elaborazione geodetica. Chiaramente, la possibilità di un loro utilizzo per il monitoraggio continuo alla scala locale permetterebbe di ampliare grandemente i casi di studio e gli ambiti di applicazione. Ciò naturalmente, richiede una valutazione anche sperimentale delle accuratezze e affidabilità fornite.

Lo scopo di questo lavoro è quindi di sperimentare tali ricevitori per applicazioni di monitoraggio locale.

E' stato completato un esperimento nel quale un ricevitore a basso costo è stato progressivamente spostato di 10 cm rispetto a una posizione di zero iniziale, sia in orizzontale sia in verticale. Lo spostamento è stato attuato mediante movimenti consecutivi controllati di 5 mm: ogni posizione è stata mantenuta per sessioni di due ore. Per ogni sessione, la posizione del ricevitore è stata stimata mediante postelaborazione rispetto a una stazione di riferimento posta a circa 150 metri di distanza. Come stazione di riferimento, si sono utilizzati sia un ricevitore geodetico (la stazione permanente EPN di Como) sia un ricevitore a basso costo installato a pochi metri dal primo. L'elaborazione è stata fatta con diversi software, sia commerciali e closed source, sia free e open source. Gli spostamenti stimati sono stati confrontati con gli spostamenti noti. In questo lavoro vengono presentati i risultati ottenuti.

In seguito all'alluvione del 1994, è stato istituito un rallentamento della velocità di percorrenza (30 chilometri orari) sul ponte ferroviario, dal chilometro 101,786 al chilometro 101,584, posto sulla linea Acqui Terme-Asti. L'opera, costituita da una travata metallica che poggia su due spalle e sorretta da due pile in alveo del fiume Tanaro, ha subito danneggiamenti a seguito dell'alluvione in menzione, per cui si sono resi necessari interventi per (A) il ripristino della continuità strutturale delle fondazioni, (B) il ripristino della continuità delle superfici esterne e riempimento dei vuoti retrostanti le pile e (C) il consolidamento mediante cementazione delle zone a bassa densità interna degli appoggi.

Allo scopo di una verifica delle condizioni della struttura a seguito degli interventi richiesti, sono state effettuate misure Radar Interferometriche con il sistema IBIS FS di produzione IDS Ingegneria dei Sistemi S.p.A.. Lo scopo delle misure eseguite è stato quello di analizzare gli spostamenti verticali, in modalità dinamica, del pulvino di due pile del ponte al passaggio di un treno prima a velocità costante e poi in frenata.

Carlo De Michele¹, Livio Pinto², Alberto Cina³
Marco Piras³, Riccardo Barzagli¹
Paolo F. Maschio³, Francesco Avanzi²
Alberto Bianchi², Alberto Donizetti⁴
Giulia Gianì⁴, Giuseppe Giarrizzo⁴
Alessandro Negrini⁴, Alessandro Rampazzo⁴
Gianluca Savaia⁴, Enrica Soria⁴
1 DICA Politecnico di Milano
Sez. Scienza e Ingegneria dell'Acqua
2 DICA Politecnico di Milano
Sez. Geodesia e Geomatica
3 DIATI Politecnico di Milano
4 Alta Scuola Politecnica

Una esperienza didattica di monitoraggio multi-temporale del ghiacciaio belvedere (VB) finalizzata all'analisi delle risorse idriche: test e primi risultati

I cambiamenti climatici in atto, a scala locale, regionale e globale, stanno modificando la distribuzione spaziale e temporale delle risorse idriche soprattutto in aree alpine e montane. Un esempio è la riduzione del volume dei ghiacciai e delle risorse idriche ivi immagazzinate. Risulta dunque di fondamentale importanza monitorare l'evoluzione dei ghiacciai e valutare i conseguenti effetti sul ciclo idrologico.

Nel 2015 nasce il progetto DREAM (Drone Technology for Water Resources and hydrologic hazards Monitoring) dell' "Alta Scuola Politecnica", tra Politecnico di Torino e Politecnico di Milano, che ha come scopo quello di indagare l'utilizzo di nuove tecnologie, tra cui Unmanned Aerial Vehicle (UAV), per il monitoraggio dei rischi naturali e la valutazione delle risorse idriche alle diverse scale. Il progetto ha come sito di interesse il ghiacciaio del Belvedere, alle pendici del Monte Rosa, caratterizzato da estensione glaciale di circa 3 km². In tale contesto è svolta una campagna di raccolta dati (immagini RGB) con un UAV ad ala fissa (eBee SenseFly), al fine di generare un DSM denso (DDSM) e un ortofoto del ghiacciaio ad elevata risoluzione (4-6 cm). L'acquisizione è stata effettuata con due sorvoli (realizzati in ottobre 2015), per un totale di circa 2000 immagini, ed una copertura di circa 2,7 km². Le immagini sono state georiferite attraverso punti di controllo a terra, posizionati sul ghiacciaio e sulle morene circostanti, e rilevati con misure GNSS (RTK o statico). Tali immagini sono state elaborate con diversi software (p.e. Agisoft Photoscan, APS), al fine di produrre un DSM ed un ortofoto. In aggiunta, con il supporto della Regione Piemonte, sono stati recuperati diversi fotogrammi di voli effettuati negli anni passati sulla stessa zona, al fine di generare DSM di confronto con quello ottenuto mediante UAV.

L'obiettivo era quello di effettuare una analisi multi-temporale, e valutare le variazioni e le tendenze del volume del ghiacciaio. In questo contributo verranno descritte le attività svolte, le campagne di misura, l'elaborazione dati e i risultati ottenuti.

Nell'ottica di una sperimentazione più ampia collaborando con il laboratorio NOEL dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, il laboratorio di Geomatica ha prodotto una prima ricostruzione di un modello metrico 3D (tramite nuvola di punti) della superficie marina ad un istante fissato, utilizzando tecniche imaging (fotogrammetria digitale e Computer Vision). Le coppie di immagini digitali, acquisite in sincrono, sono state elaborate mediante software commerciale Agisoft PhotoScan. La prova è stata condotta su uno specchio di mare a Reggio Calabria e ha permesso di ricavare valori di altezza d'onda compatibili con le condizioni meteo-marine riscontrate in fase di ripresa. Tuttavia, si rende necessaria una validazione del modello combinando l'uso di più software (anche sviluppati in proprio) e un'ottimizzazione della sincronizzazione degli scatti. A tal proposito si sta lavorando alla realizzazione di un sistema completo in grado di modellizzare in continuo la superficie marina.

Nel 2015 si è concluso il restauro dell'imponente Porta Nord del Battistero di Firenze a cura dell'Opificio delle Pietre Dure, durato circa 27 anni, volto a ripristinare l'antico splendore della Porta e a rimuovere i danni causati dall'alluvione. In vista della collocazione della Porta originale all'interno del nuovo Museo dell'Opera del Duomo a Firenze, è stato necessario progettare e realizzare un adeguato allestimento per la sua musealizzazione. L'allestimento finale, oggi visibile ai visitatori, consiste in una speciale vetrina in acciaio e vetro affiancata a quella già realizzata nel 2012 per la Porta del Paradiso. Le vetrine ad alta tecnologia, realizzate dalla ditta Goppion, sono caratterizzate da un fronte in vetro extra-chiaro antiriflesso di 4 x 6 metri e da un peso complessivo di circa 11 tonnellate ciascuna. Il valore e la delicatezza delle Porte hanno richiesto condizioni di tenuta eccezionali, in grado di garantire la stabilizzazione dell'umidità relativa al di sotto del 15%, per evitare l'ossidazione delle parti dorate. Entrambe le vetrine sono dotate di sistema di avanzamento elettrico per consentire la manutenzione e la regolazione della posizione delle porte in relazione ai sofisticati sistemi illuminotecnici a LED che permettono la dimmerizzazione e la definizione della temperatura-colore.

Le tecnologie geomatiche sono venute in supporto all'accurato lavoro di ingegnerizzazione per la musealizzazione della Porta: un rilievo mediante laser scanner ad altissima risoluzione, modello Konica Minolta Range7, è stato realizzato per digitalizzare e ricostruire accuratamente le matematiche dei cardini originali di sostegno della Porta. A tal scopo è stato adottato un approccio di Reverse Engineering che permettesse l'analisi dettagliata del funzionamento, della progettazione e dello sviluppo dell'oggetto del rilevamento. Questa 'conoscenza' avrebbe infatti permesso di realizzare un nuovo dispositivo con funzionamento analogo (ad esempio mediante Rapid Prototyping), magari migliorandone o aumentandone l'efficienza, o un secondo oggetto in grado di interfacciarsi con il primo. L'utilizzo della tecnologia laser scanning nello step di digitalizzazione 3D ha permesso di adottare un processo tecnologicamente avanzato ed estremamente efficiente per la creazione del modello matematico 3D accurato dell'oggetto fisico reale, da cui sono derivate le successive fasi di progettazione e sviluppo ingegneristico dei nuovi componenti.

Nel caso specifico, tramite il processo di Reverse Engineering è stato possibile ricostruire le caratteristiche geometriche esatte dei cardini sulle quali progettare gli elementi di sostegno della Porta all'interno della teca museale da realizzare. Questi elementi di sostegno, infatti, devono interfacciarsi con grande accuratezza con i cardini originali e devono essere progettati appositamente per sostenere nel tempo l'imponente Porta per la sua esposizione permanente all'interno del Museo dell'Opera del Duomo. Saranno forniti dettagli relativi ai vantaggi e alle difficoltà affrontate durante le lavorazioni, focalizzandosi inoltre sull'interoperabilità tra i vari software utilizzati nell'intero processo.

Cristina Castagnetti⁽¹⁾ ⁽²⁾

Riccardo Rivola⁽²⁾

Eleonora Bertacchini⁽²⁾

Francesca Casagrande⁽³⁾

⁽¹⁾ GEIS – Geomatics Engineering

Innovative Solutions Srl

⁽²⁾ DIEF – Università di Modena

e Reggio Emilia

⁽³⁾ Opus Digitale

Documentare e conservare con tecniche non invasive: digitalizzazione e stampa 3D di un mosaico a tecnica bizantina

La conservazione del patrimonio culturale mediante archiviazione digitale è divenuto nel recente passato un obiettivo globale e al tempo stesso una sfida: l'UNESCO, fra le maggiori autorità del settore, pone sempre maggiore attenzione sulle tematiche della documentazione digitale al fine di garantirne la trasmissione alle generazioni future. Le nuove tecnologie afferenti alla geomatica e all'informatica offrono oggi notevoli potenzialità applicative per la documentazione dei Beni Culturali, sia per quanto riguarda le fasi di acquisizione dei dati, sia per tutte le fasi di rappresentazione, diffusione e comunicazione multimediale. Nell'ambito del progetto di ricerca della Dott.ssa Casagrande, Opus Digitale, il team di GEIS ha eseguito un test di digitalizzazione di un pannello musivo di dimensioni 35x36 cm circa con l'obiettivo di riprodurlo mediante stampa 3D policroma. La sperimentazione si pone l'obiettivo di valutare la potenzialità delle nuove tecnologie di riprodurre opere in modalità non invasiva e senza richiedere contatto, diversamente da quanto accadeva in passato. Il campione oggetto della sperimentazione è una copia di una porzione del mosaico del Buon Pastore presente all'interno del Mausoleo di Galla Placidia (bene UNESCO dal 1996) di Ravenna. La copia, risalente alla metà del secolo scorso è stata realizzata seguendo fedelmente la tecnica bizantina. La peculiarità della tecnica di realizzazione del pannello musivo, atta a creare una superficie tridimensionale mediante la messa in opera di tessere di smalto e foglia metallica con diverse inclinazioni pur mantenendo una geometria prevalentemente planare, ha suggerito la digitalizzazione del campione tramite tecnologia a scansione laser. Dovendo ottenere un prodotto di ottima qualità e precisione, è stato scelto di operare con un laser scanner a triangolazione poiché, grazie al principio di misurazione, avrebbe assicurato risoluzioni e accuratezze di acquisizione elevatissime; il modello utilizzato è il Range7 di Konica Minolta con ottica Wide, in grado di acquisire per ogni singola scansione una superficie di circa 20x25 cm con una risoluzione di 20 centesimi di millimetro e un'accuratezza nominale di 40 micron.

La complessità geometrica e materica del pannello musivo ha reso particolarmente complesse e laboriose sia le operazioni di acquisizione sia quelle di elaborazione. In particolare verranno descritte le criticità legate alla differente giacitura e spaziatura delle tessere costituenti il mosaico, al materiale e colorazione delle tessere, all'allineamento e all'elaborazione della mesh per l'ottenimento di un file 3D idoneo alla riproduzione materica. Infine, al modello tridimensionale opportunamente trattato è stata applicata un'immagine fotografica (texture) acquisita con fotocamera reflex Canon EOS 5D Mark II e ottica fissa e calibrata da 35 mm, per conferirgli l'aspetto fotorealistico e permetterne una più fedele riproduzione mediante stampa 3D. Il processo di prototipazione scelto è stato quello a polvere di gesso policroma (CJP), di cui si discuterà anche la resa colorimetrica finale, effettuata a cura dall'azienda Stampa 3D Bologna by Eliofossolo di Villanova di Castenaso (BO). Verranno presentate sia valutazioni critiche relativamente alla fase di digitalizzazione e alla fase di riproduzione materica sia considerazioni più generali sull'efficacia e sulla fattibilità di questo tipo di documentazione per lo specifico ambito dei mosaici.

I processi morfodinamici di ambienti costieri sono da tempo monitorati grazie ai rilevamenti satellitari, aerei (fotogrammetrici e LiDAR) e con indagini al suolo tramite GNSS in aree selezionate. Nelle applicazioni che richiedono una maggiore definizione delle proprietà morfologiche dell'ambiente costiero, si recentemente diffusi anche i sistemi terrestri a scansione laser. Tuttavia, molte delle metodologie utilizzate per le indagini costiere si scontrano con problemi di carattere logistico, legati a difficoltà di accesso all'area, assenza di riferimenti topografici, problemi nella fase di stazionamento in arenili o coste alte, ambienti soggetti a fluttuazioni tidali. L'assenza di riferimenti topografici permanenti rende difficoltosa la fase di appoggio dei rilevamenti e la progettazione di un'attività di monitoraggio sistematica. In generale, i metodi aerei risultano costosi per applicazioni in aree circoscritte mentre le scansioni terrestri non si prestano ad indagini estese o in ambienti di difficile accesso. Le falesie costiere non sono, in genere, oggetto di rilevamenti, nonostante l'interesse che rivestono.

Il rilevamento fotogrammetrico con UAV rappresenta una risposta nei casi in cui occorre garantire elevate risoluzioni spaziali e temporali. È il caso delle applicazioni alla geomorfologia costiera, dinamiche dei litorali e delle valutazioni di vulnerabilità e rischio costiero. In queste applicazioni occorrono rilevamenti tridimensionali, accurati e tempestivi, in grado di rappresentare momenti significativi dei processi costieri in atto. Per questo motivo gli ambienti costieri sono tra i più interessanti per la fotogrammetria da UAV. Il lavoro illustra alcune applicazioni della fotogrammetria da UAV tra le quali: indagini su erosione costiera da rilevamenti ripetuti, vulnerabilità costiera e rilevamenti di falesie costiere con integrazioni di acquisizioni nadirali e oblique.

La presente nota intende trattare una sperimentazione condotta dal laboratorio di Geomatica del DICEAM dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria inerente l'utilizzo di aeromobili a pilotaggio remoto per il rilievo, il monitoraggio e il controllo di una collina, nell'area della cittadella universitaria di Reggio Calabria, interessata da movimenti franosi. In particolare, attraverso l'utilizzo di un drone equipaggiato di fotocamera digitale e GPS al fine di produrre un modello 3D dell'area oggetto di studio, è stato possibile acquisire una serie di immagini digitali georiferite, che successivamente sono state elaborate, mediante le tecniche della Computer Vision con software commerciale Agisoft PhotoScan. Per contro, l'utilizzo della tecnica laser scanning ha permesso di ricostruire per altra via un modello 3D, mediante nuvola di punti, della stessa area ed effettuare un confronto in termini di precisioni, tempi e costi di modellazione fra le due metodologie image based e range based.

Grazia Tucci*
Valentina Bonora*
Enzo Santoro**
Renzo Maseroli**

*Università di Firenze

Dipartimento DICEA, Laboratorio GeCo

** Istituto Geografico Militare, Firenze

La Fortezza da Basso di Firenze: dal rilievo critico al progetto per la conservazione e valorizzazione

La Fortezza da Basso, uno dei monumenti che rappresenta la città di Firenze, è un autentico archivio di informazioni relative alle strutture politiche, militari e civili che registra la storia della città, dalla sua costruzione per volere di Alessandro de' Medici ai giorni nostri.

Si tratta di un importante testo storico che, in vista degli interventi progettati dal Comune in accordo con la Soprintendenza, è stato oggetto di nuovi studi interdisciplinari. Le competenze presenti nelle più accreditate istituzioni scientifiche del territorio hanno così potuto collaborare con proficui risultati e reciproca soddisfazione per rispondere alla richiesta della Soprintendenza di un'approfondita conoscenza dello stato di conservazione del manufatto e delle sue tecniche costruttive. Con la firma di un protocollo d'intesa tra il Comune, l'Università degli Studi di Firenze, l'Istituto Geografico Militare e l'Istituto per la Conservazione e Valorizzazione dei Beni Culturali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ICVBC) si sono avviate le attività del Comitato Scientifico per la messa a punto di un rilievo critico con il supporto di metodi avanzati e tecnologie di ultima generazione.

I gruppi di lavoro hanno rispettato un ritmo molto serrato per condividere impostazioni, metodi e risultati di un piano di indagine che è partito dal rilievo metrico tridimensionale e ha integrato prove geofisiche, campionamenti e saggi materici, analisi chimico-petrografiche e indagini archeologiche. Fotogrammetria digitale, scansioni 3D, sistemi di mobile mapping (supportati dall'articolata rete di inquadramento misurata dall'IGM) hanno consentito ai ricercatori del Laboratorio GeCo - UniFi di elaborare un modello virtuale ad alta risoluzione, dal quale sono stati estratti gli elaborati di base per le analisi realizzate dagli altri gruppi. Lo stesso modello tridimensionale costituisce però anche un ricchissimo archivio di informazioni, che potrà essere interrogato (e integrato) anche in seguito. Gli archeologi hanno applicato un approccio archeologico 'leggero', non invasivo ed economico, individuando sia le strutture superstiti della fase di impianto, secondo il progetto del Sangallo, che i diversi interventi di costruzione e demolizione che nei secoli hanno interessato il monumento. Alle ipotesi di ricostruzione di alcune parti con laterizi di riuso, oltre che allo studio dei materiali di costruzione e del loro stato di conservazione, hanno contribuito anche le analisi mineralogiche, petrografiche e chimiche realizzate nei laboratori dell'ICVBC-CNR e del Dipartimento di Chimica di UniFi.

All'interno della Fortezza, sistemi georadar all'avanguardia hanno ispezionato in modo non invasivo il sottosuolo, individuando i tubi sepolti e consentendo di assistere così la progettazione, anche dal punto di vista impiantistico, dei nuovi interventi.

I risultati degli studi, coordinati dalla prof. Grazia Tucci, costituiscono un brillante esempio di ottimizzazione delle risorse e integrazione multidisciplinare. Seppur avviati nell'occasione contingente determinata dalla volontà del Comune di proporre nuove interpretazioni degli spazi della Fortezza a favore della città e sapientemente indirizzata dalla Soprintendenza, costituiscono l'inizio di un nuovo capitolo del racconto della Fortezza di ieri e di domani.

Il contributo intende illustrare l'impostazione del rilievo 3D, a partire dalla progettazione, misura e compensazione della rete di inquadramento, realizzata integrando misure GNSS e topografiche classiche, descrive quindi le sperimentazioni effettuate con sistemi laser scanner e fotogrammetrici al fine di ottimizzare la progettazione delle acquisizioni sul campo, infine presenta i risultati ottenuti integrando entrambe le tecniche.

La prima fase dello studio, conclusa alla fine del 2015 e presentata in occasione di una giornata di studi ospitata presso la sede dell'IGM lo scorso gennaio, ha riguardato in particolare la documentazione di tutti i paramenti murari esterni della Fortezza, oltre ad un approfondimento relativo ai paramenti interni e alla planimetria di uno dei bastioni.

Gli spazi interni ed esterni della Fortezza sono anche stati adottati come area test per la sperimentazione di sistemi di mobile mapping e, a breve, i camminamenti superiori saranno ripresi da un drone, in modo da integrare il modello già disponibile e completare la documentazione dell'importante struttura.

Gruppo di lavoro:

Rilievo metrico tridimensionale

- Prof.ssa Grazia Tucci – UNIFI
- Arch. Valentina Bonora, Arch. Alessandro Conti, Arch. Lidia Fiorini, Arch. Armagan Gulec Korumaz, Arch. Maria Riemma, Arch. Francesca Panighini

Inquadramento geometrico

- Dott. Renzo Maseroli – IGM
- Funz. Cart. Donnatello Donatelli, Ing. Marianna Carroccio, Dott.ssa Ilaria Gualtieri, Funz. Cart. Gianni Giovannoni, Funz. Cart. Andrea Musolino, Dott. Antonio Palumbo

La conservazione e valorizzazione del Patrimonio Culturale necessitano di un'approfondita documentazione sia in termini più propriamente storico-artistici che per quanto concerne le caratteristiche fisiche di posizione, forma, colore e geometria.

Con l'utilizzo della fotogrammetria digitale che si avvale dell'acquisizione d'immagini con elevati ricoprimenti per la fotomodellazione 3D e con l'elaborazione di un modello di punti denso, accurato e tridimensionale è possibile generare con sempre minore dispendio di risorse disegni architettonici bidimensionali tradizionali come piante, sezioni e prospetti integrati con ortoproiezioni delle superfici architettoniche. Nel caso studio prescelto, la Cattedrale di Vank a Isfahan in Iran, la possibilità di disporre di nuvole dense e di ortofoto affidabili è particolarmente significativa dal momento che la costruzione del periodo Safavide (sec. XVII-XVIII) presenta le superfici delle murature interne completamente affrescate; esse sono emblema di un'età in cui l'architettura e soprattutto la decorazione architettonica raggiunsero il loro apice.

La disponibilità delle ortofoto consente e agevola la lettura iconografica degli affreschi, aggiungendo ai dati radiometrici le potenzialità metriche di lettura delle proporzioni e dell'organizzazione compositiva degli affreschi.

Il rilievo fotogrammetrico è stato condotto senza punti di controllo misurati per via topografica, cioè i dati raccolti in Iran sono stati semplicemente una serie di immagini stereoscopiche acquisite con camera professionale, caratterizzate da geometria di presa opportuna e senza sistemi di innalzamento meccanico del sensore. Al modello finale è stata assegnata la scala mediante alcune misure dirette di distanza, una modalità di raccolta di dati cioè che avrebbe potuto essere adottata da qualsiasi non specialista, istruito circa le esigenze di ricoprimento dei fotogrammi.

In realtà, questo tipo di test è anche un pretesto per discutere dell'attuale possibilità di sfruttare il crowd sourcing per il patrimonio culturale, allo scopo di ricavare dati e modelli spaziali di Beni sparsi in tutto il mondo. L'obiettivo principale è quello di condividere nel web modelli 3D e differenti prodotti del rilievo *reality based*, come quelli che rappresentano le textures. I modelli, schematizzati e opportunamente semplificati, possono essere sottoposti alla stampa 3D, che oggi è vista con grande interesse per gli scopi didattici e per supportare la diffusione della conoscenza del patrimonio, perseguita ad esempio dai musei e da altre istituzioni culturali.

V. Baiocchi
M. Barbarella
M.T. D'Alessio
S. Del Pizzo
V. Giammarresi
K. Lelo
C. Piccaro
S. Troisi

Sapienza Università di Roma

Rilievo dell' "Horologium Augusti" mediante differenti tecniche di fotogrammetria terrestre e loro comparazioni

Nell'ambito di una più ampia ricerca sul corretto posizionamento ed orientamento del tratto rinvenuto della meridiana nota come "Horologium Augusti" o, più comunemente, "Meridiana di Augusto", sono state validate differenti metodologie di rilievo fotogrammetrico terrestre. L'interesse è volto tanto alla restituzione per la conservazione di un'emergenza archeologica unica al mondo, quanto all'accurata misura di alcuni particolari che potrebbero fornire ulteriori nuovi dettagli per ricostruirne con maggior sicurezza il funzionamento, il posizionamento ed alcune informazioni di geodesia storica. Tra i rilievi sin'ora eseguiti alcuni hanno utilizzato camere professionali, ma non metriche, in differenti configurazioni di focale, sia in modalità di acquisizione singola che di ripresa continua; in quest'ultima configurazione è stato rilevato tutto il percorso che dal piano campagna porta al livello della meridiana, attualmente giacente in un locale sotterraneo. Tutte queste acquisizioni sono state fotogrammetricamente trattate con pacchetti software ampiamente collaudati ed investigati in letteratura dalla quale risultano basati su algoritmi SFM.

Ulteriori rilievi sono stati eseguiti con una policamera fotogrammetrica a dodici focali simultanee di tipo "Trimble V10" e trattate successivamente, sia con i software proprietari che con i pacchetti precedentemente utilizzati; i software proprietari non riportano su quale tipo di algoritmi siano basate la ricostruzione fotogrammetrica che effettuano ne questa informazione è reperibile in letteratura, ne da contatto diretto con i produttori.

Le nuvole di punti così ottenute sono state confrontate in termini assoluti e nelle varie componenti attraverso uno specifico pacchetto "open source".

La Fotogrammetria Digitale come strumento di supporto per la promozione e la valorizzazione del patrimonio culturale: il caso del Museo Archeologico di Parma

In un contesto ricco di storia e di cultura come quello italiano, le iniziative di promozione e valorizzazione del territorio e delle sue testimonianze storico-artistiche rappresentano un'occasione di sviluppo fondamentale per il territorio stesso nonché un impulso al miglioramento e al rinnovamento delle modalità di divulgazione di tali ricchezze. Infatti è importante considerare come il patrimonio artistico e culturale, se opportunamente valorizzato, divenga una vera e propria risorsa per il territorio, non solo in termini di sviluppo culturale ma anche di ricchezza economica.

A tal proposito i musei oggi giorno stanno sperimentando nuove soluzioni per potenziare l'offerta espositiva, intervenendo soprattutto sulle modalità di comunicazione, divulgazione e fruizione dei beni. Sono sempre più diffusi infatti musei virtuali, applicazioni per smartphone e tablet, ambientazioni virtuali, applicazioni di realtà aumentata (AR), stampe 3D, progetti collaborativi volti al coinvolgimento anche della comunità nella creazione dei contenuti digitali, etc. Tutte queste azioni mirano non solo ad aumentare l'afflusso turistico presso i musei, ma soprattutto a migliorare la qualità della visita museale, potenziando l'apprendimento e favorendo l'interazione della comunità. È sempre più evidente quanto questi impulsi rappresentino il motore per l'avvio di progetti di studio e approfondimento e come questi trovino larga applicazione negli ultimi anni, vista anche la diffusione dei devices per la fruizione dei contenuti multimediali.

L'articolo descrive il caso di studio del Museo Archeologico di Parma, fondato alla metà del Settecento per ospitare i reperti rinvenuti in quegli anni presso il sito archeologico romano di Veleia sull'Appennino piacentino. Vista quindi la collocazione originaria dei reperti, come spesso avviene per molti siti archeologici, anche per il caso di Veleia vi è una separazione tra il luogo di conservazione e il sito di ritrovamento. Questa distanza fisica limita la comprensione del periodo storico e dei reperti in sé, dal momento che la decontestualizzazione li priva del contesto originario e della carica sia evocativa che informativa da esso portata.

Il progetto si pone dunque l'obiettivo di valorizzare i beni archeologici presenti in museo e al tempo stesso di ricreare (anche se solo virtualmente) la connessione tra i beni e il loro luogo di ritrovamento, tramite l'adozione delle nuove tecnologie digitali, che stanno profondamente rivoluzionando il modo di comunicare. Sono quindi in corso di realizzazione nuovi contenuti multimediali e digitali (in particolare modelli e stampe 3D e applicazioni di AR) volti a migliorare la fruibilità dei beni tramite un approccio divulgativo di tipo interattivo e a ricreare, anche se solo virtualmente, la connessione con il contesto originario.

Allo stesso tempo è importante considerare che, molto spesso, progetti di valorizzazione del patrimonio archeologico come questo sono anche l'occasione per approfondire aspetti di carattere scientifico, legati sia allo studio dei beni stessi che alle metodologie di acquisizione dei dati. In questi casi la definizione di un'adeguata pipeline di acquisizione e di processamento, nonché l'accuratezza e la precisione dei dati divengono elementi fondamentali per ottenere risultati di elevata affidabilità e qualità metrica. Nel caso in esame l'esecuzione dei rilievi ha incontrato diverse problematiche connesse con le difficoltà di acquisizione e la complessità degli oggetti esaminati (dimensione, posizione, materiale e irregolarità di superficie dei reperti), ma anche con la flessibilità e l'economicità delle tecniche di rilievo e di modellazione. Inoltre, è stato fondamentale identificare una soluzione che permettesse di rispondere a due requisiti fondamentali: da un lato la necessità di ottenere prodotti ad elevata risoluzione e gradi di dettaglio, per garantire e consentire l'analisi metrica dei

dati, dall'altro l'esigenza di avere modelli leggeri, facilmente navigabili e consultabili all'interno di applicazioni web/smartphone. Per queste ragioni si è scelto di utilizzare tecniche di fotogrammetria digitale close-range per produrre la maggior parte dei modelli tridimensionali, dal momento che, sebbene la strumentazione laser sia molto diffusa ed ampiamente utilizzata nel campo della documentazione del patrimonio culturale, la fotogrammetria rimane la soluzione più adatta e versatile per rispondere alle necessità del progetto e ad esigenze di economicità della strumentazione e qualità dei prodotti di rilievo.

In questo contributo, sarà dedicata particolare attenzione alla descrizione della campagna di rilievo e di elaborazione dei dati acquisiti, sottolineando le problematiche e le soluzioni adottate, al fine di fornire una sintesi metodologica delle azioni eseguite. I contenuti 3D ottenuti saranno impiegati per diverse applicazioni, con il duplice obiettivo di validare le procedure di rilievo e restituzione dei dati acquisiti e di creare gli elementi per simulare itinerari virtuali di collegamento tra il sito archeologico e il museo di Parma.

Nella chiesa di Santa Croce a Lecce, massima espressione dell'architettura barocca salentina, in corrispondenza del transetto sinistro c'è l'altare di San Francesco di Paolo considerata opera emblematica del fenomeno barocco locale, elemento di passaggio dalla staticità rinascimentale al dinamismo barocco.

Realizzato tra il 1614 e l'anno successivo è considerata una delle opere più significative di Francesco Antonio Zimbardo definito dall'Infantino "buonissimo scultore dei nostri tempi" e nonno del più celebre Giuseppe.

Un altare "a imbuto" che suggerisce un andamento prospettico enfatizzato anche dalla nicchia a cerchi concentrici posta nella parte superiore il cui punto di fuga tuttavia non si abbina con quello proposto dalle ali dell'altare.

La ricerca del dinamismo attraverso l'effetto prospettico è l'elemento più rilevante di questa macchina d'altare; il tema della prospettiva solida si ritrova anche in alcuni dei dodici pannelli, raffinatamente istoriati e rappresentanti storie del santo, posti tra le colonne delle ali dell'altare.

Le tecniche di Structure from Motion (SfM), offrono nuove prospettive alla fotogrammetria classica; negli ultimi anni infatti i processi semi-automatizzati e i bassi costi delle riprese fotografiche hanno aperto nuovi scenari che ora si cominciano a valutare con un certo interesse e come valida alternativa ai laser scanner di tipo tradizionale.

Il rilievo qui condotto ricorrendo a tali tecniche e con un minimo appoggio topografico ha come obiettivo la restituzione grafica in proiezione ortogonale di questa piccola ma riccamente decorata architettura al fine di redigere un elaborato grafico che restituisca con una rappresentazione al tratto - necessaria per gli interventi sul manufatto - gli elementi costituenti l'apparato architettonico e decorativo di questa complessa macchina d'altare.

Il rilievo nella zona del Parco di Veio è stato svolto dal geometra Gabriele Santiccioli – membro dell'Agit, della Commissione Geodetica Italiana e della Commissione Catasto e Topografia del Collegio Provinciale dei Geometri e Geometri Laureati di Roma, nonché presidente di FlyTop Srl – in collaborazione con il Professore Giuseppe Ceraudo dell'Università del Salento. Lo studio rappresenta una riprova della validità dell'impiego della tecnologia SAPR in ambito archeologico. In particolare è stato eseguito un volo a pochi chilometri da Roma, in un'area compresa tra i comuni di Formello e Isola Farnese, mediante l'utilizzo dell'APR ad ala fissa FlyGeo24Mpx equipaggiato con una fotocamera digitale con risoluzione a 24Mpx e obiettivo a focale fissa. L'operazione ha interessato la località Campetti ed è stata effettuata nel rispetto delle specifiche Enac. Durante la missione sono stati raccolti dati fondamentali per il progetto di ricerca avviato da diversi anni dall'Università del Salento congiuntamente con il Laboratorio di Topografia antica e Fotogrammetria del Dipartimento dei Beni Culturali. Nello specifico il volo ha consentito di ottenere immagini di altissima qualità: circa duecento scatti con una risoluzione di 1,7 cm per pixel, georeferenziati e completi di 3 parametri di traslazione e 3 di rotazione. Dalle immagini digitali elaborate sono state ricavate una nuvola di punti, un modello 3D, il DTM e il DSM che hanno contribuito alla migliore conoscenza della morfologia del terreno. Tale missione, infatti, ha consentito di individuare l'esistenza di antichi insediamenti etruschi e romani, resti di strutture di edifici e strade. Il caso di studio svolto nel Parco di Veio conferma l'affidabilità della tecnologia UAV a servizio del settore dell'archeologia. Del progetto di rilievo APR a Veio è stato pubblicato un approfondimento all'interno del numero 5 del 2015 della rivista GEOmedia.

Diversi sono i casi di studio e di applicazione che vedono l'impiego di sistemi di controllo e monitoraggio ambientale, tuttavia le caratteristiche proprie di ogni indagine richiedono lo sviluppo di specifiche metodologie di rilievo e analisi dei dati.

Il parametro fondamentale per la corretta progettazione di un sistema di monitoraggio è la precisione di misura necessaria a quantificare l'entità degli spostamenti. Anche altri fattori devono essere tenuti in considerazione nell'identificazione del sistema di misura più efficiente per il fenomeno indagato: la dimensione dell'area d'indagine, la frequenza di acquisizione dei dati, il tempo di elaborazione dei risultati, la stabilità del sistema di riferimento, l'influenza dei parametri atmosferici sulla precisione di misura, le caratteristiche geomorfologiche del sito, etc.

Tra le varie tecniche di rilievo, la fotogrammetria aerea e terrestre è da sempre impiegata per il controllo degli spostamenti di frane e ghiacciai, così come per l'analisi morfologica del terreno, anche in aree remote o di difficile accesso. In questo contesto, la fotogrammetria da UAS (Unmanned Aerial Systems) rappresenta una delle tecniche più promettenti in quanto consente di acquisire i dati rapidamente e in condizioni di sicurezza per l'operatore. Inoltre, il costo relativamente basso, connesso alla capacità di acquisire grandi quantità di dati sia geometrici (modelli digitali di superficie - DSM) che tematici (utilizzando ottiche RGB o NIR), rende questa tecnologia idonea ed estremamente performante anche in applicazioni di monitoraggio.

In un contesto più specifico, il monitoraggio dei ghiacciai consente di evidenziare l'effetto dei cambiamenti climatici. I ghiacciai in roccia, essendo costituiti da una matrice di roccia e ghiaccio interstiziale, sono particolarmente interessati da fenomeni di instabilità che, in aeree a forte presenza antropica come le Alpi, rappresentano un rischio per la sicurezza.

Dal 2012 ARPAVdA (ARPA Valle d'Aosta) ha messo in atto una campagna di monitoraggio periodico del ghiacciaio in roccia Gran Sometta (AO). L'articolo presenta un innovativo sistema di monitoraggio periodico tramite fotogrammetria da UAS (SwingletCAM- senseFly) e campagne di rilievo GNSS, finalizzato alla quantificazione degli spostamenti del corpo glaciale tramite il confronto di DSM a istanti temporali differenti (su base mensile e annuale).

Dal 2012 ad oggi sono state eseguite 7 campagne di rilievo, per ognuna delle quali sono stati prodotti DSM e ortofoto a differenti risoluzioni. Dal momento che l'area è soggetta a forte instabilità, anche la rete d'appoggio risente del movimento franoso; pertanto il rilievo d'appoggio GNSS è stato ripetuto in occasione di ogni campagna, al fine di ottenere una corretta georeferenziazione dei prodotti.

Inoltre sul sito è stato effettuato un test di stima dell'accuratezza del processo di georeferenziazione tramite triangolazione aerea assistita da GPS: in Agosto 2015 si è eseguito un rilievo con eBee RTK in modalità GPS-RTK (Real Time Kinematic) sfruttando per le correzioni differenziali una stazione master appartenente alla rete d'appoggio. Il blocco è stato pertanto orientato tramite triangolazione aerea assistita da GPS, utilizzando i punti della rete d'appoggio come dati di controllo. Sono state indagate anche le differenze tra i DSM derivati da orientamenti diversi: con GCP e assistito da GPS.

Per aver una descrizione complessiva delle dinamiche di spostamento della superficie glaciale alle diverse epoche, inizialmente è stata eseguita l'individuazione manuale di punti facilmente riconoscibili sulle ortofoto

con risoluzione 5 cm/pixel. Successivamente, per avere una descrizione più densa delle osservazioni e automatizzare il processo di individuazione degli spostamenti superficiali, si è ricorsi a tecniche di correlazione di immagine, utilizzando i codici di Least Squares Matching (LSM) e Semi-Global Matching (SGM) sviluppati proprietariamente. Entrambe le tecniche sono state applicate su coppie di ortofoto e DSM a differenti istanti temporali, valutando l'accuratezza degli spostamenti individuati al variare della risoluzione (5, 10 e 20 cm/pixel). Il contributo riporta una disamina dell'affidabilità delle due tecniche automatiche rispetto ai dati di spostamento desunti dalle analisi manuali.

Caratteristiche ottiche e radiometriche dei sensori fotografici degli APR: analisi delle prestazioni ed ottimizzazione dei risultati.

La possibilità fornita dagli APR di sollevare da terra, per l'acquisizione di prese nadirali o panoramiche sub-orizzontali, sensori fotografici di tipo commerciale sta aprendo un dibattito sulla qualità delle ottiche e sulle prestazioni sia geometriche che radiometriche degli stessi. Lo studio confronta, ai fini di una restituzione fotogrammetrica di alta qualità, sia gli schemi progettuali che le caratteristiche costruttive di alcune ottiche e dei relativi sensori accoppiabili.

Vengono esaminate le caratteristiche a volte contrastanti sulla risoluzione fortemente variabile, in funzione dell'ottica usata, ed anche fra i bordi ed il centro delle stesse. Nella relazione vengono illustrate le problematiche, strettamente fotogrammetriche, applicate all'uso di coperture aeree a quota molto bassa.

Una particolare attenzione è stata rivolta alla sperimentazione nell'uso metrico delle immagini: la calibrazione della distorsione radiale degli obiettivi, la costanza dei parametri di taratura con ottiche di basso costo, la risoluzione geometrica e spettrale e la perdita di nitidezza dovuta alle vibrazioni ed infine l'uso di ottiche con angoli di campo particolarmente elevati (supergrandangolari) per il raggiungimento di una buona produttività anche nelle coperture a quote molto basse.

Lo studio delle potenzialità applicative dei rilievi mediante SAPR comporta la sperimentazione di veicoli e sensori diversi, con lo scopo di ottimizzare le procedure di acquisizione e di processamento di blocchi di immagini per scopi metrici e tematici.

Inoltre, negli ultimi anni è stato analizzato il problema della bassa qualità di sensori low cost, o di dimensioni ridotte, che possono essere montati su mini UAV, sviluppando adeguate procedure di calibrazione e correzione delle distorsioni.

Presso la Sez. Geodesia e Geomatica Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA) del Politecnico di Milano sono stati effettuati numerosi test, sia per la sperimentazione di sw fotogrammetrici o di computer vision nella produzione dei tipici prodotti digitali, DSM e ortofoto, che per la calibrazione geometrica di camere multispettrali e termiche montate su drone.

Una parte di questi rilievi si sono prestati a diventare dei buoni esempi per laboratori didattici, e alcuni aspetti sono stati approfonditi nell'ambito di lavori di tesi.

Vengono brevemente illustrati alcuni rilievi effettuati per la modellizzazione 3D di edifici, per il monitoraggio di vegetazione in area parco, e per studi di zonazione di suoli coltivati.

All'interno del "Progetto Portici", un progetto complessivo dell'Amministrazione Comunale dedicato alla cura e alla valorizzazione del sistema dei Portici di Bologna, il Collegio Geometri e Geometri Laureati di Bologna ha collaborato eseguendo le operazioni topografiche di monitoraggio strutturale. In questo lavoro vengono riportati i risultati, preliminari, dei rilievi eseguiti nei tratti più lesionati dei Portici di San Luca.

L'unione di diverse tecniche di misura topografiche come i sistemi di posizionamento GNSS, le stazioni totali di alta precisione ed i laser scanner a differenza di fase, consentono di creare un sistema completo per la verifica periodica dei movimenti strutturali.

Le odierne tecnologie di misura non a contatto come i laser scanner distanziometrici permettono di acquisire geometrie complesse in poco tempo e con assoluta precisione senza intaccare e/o alterare lo stato di conservazione del bene oggetto di indagine.

A differenza delle classiche tecniche topografiche di monitoraggio, "limitate" a punti di controllo "puntuali", la tecnica laser scanner offre la possibilità di valutare, in maniera più dettagliata, la struttura nella sua interezza.

Stefano Caldera
Eugenio Realini
Antonio Rambaldi
Riccardo Barzaghi
Mirko Reguzzoni
Fernando Sansò

Geomatics Research & Development srl

GEOGUARD: un servizio di Monitoraggio Geodetico basato su ricevitori GPS a basso costo

L'uso di sistemi GPS/GNSS per monitorare le deformazioni di infrastrutture o i movimenti del terreno è una pratica ormai comune, tipicamente svolta installando ricevitori geodetici che garantiscono le accuratezze necessarie al controllo di tali fenomeni. Di recente è stato studiato l'uso alternativo di ricevitori a più basso costo, tipicamente a singola frequenza, dimostrando la possibilità di ottenere buoni risultati. L'effettiva realizzazione di un sistema di monitoraggio richiede lo sviluppo di un'unità di acquisizione, memorizzazione e trasmissione delle osservazioni acquisite dal ricevitore e di un centro di calcolo in grado di processarle, generando eventualmente allarmi. Un sistema di questo tipo è stato progettato e realizzato dalle due società GReD (<http://www.g-red.eu>) e Proteco (<http://www.protecogroup.it>), per l'implementazione di un servizio di monitoraggio end-to-end denominato GeoGuard (<http://www.geoguard.eu/>).

In particolare il sistema su cui si basa GeoGuard è costituito da due componenti principali:

- la GeoGuard Monitoring Unit (GMU), dotata di un ricevitore ed una antenna GPS a basso costo e a singola frequenza. Tipicamente una rete di sensori GeoGuard è composta da una o più GMU, integrate eventualmente con la strumentazione aggiuntiva necessaria a rispondere a specifiche esigenze (e.g. sensori ambientali);
- il GeoGuard Cloud, ovvero il sistema che raccoglie e organizza i dati acquisiti, ne verifica l'integrità, esegue l'elaborazione dei dati provenienti dal posizionamento e dalla rete di sensori, ne analizza i risultati e li invia al cliente del servizio.

In questa comunicazione viene presentato il sistema, sia hardware che software, su cui è basato GeoGuard, descrivendone gli aspetti legati al posizionamento GPS mediante ricevitori a basso costo. Sono poi riportati i risultati delle sperimentazioni preliminari che hanno portato all'ideazione del servizio, nonché dei test pilota effettuati su casi reali per conto di operatori di infrastrutture critiche su scala nazionale e di amministrazioni locali interessate al monitoraggio di instabilità del terreno.

Un sensore integrato per la misura e il monitoraggio di posizione e inclinazione, denominato POIS (Position and Inclination Sensor) e caratterizzato da basso costo, piccole dimensioni e peso ridotto, è stato progettato, realizzato e calibrato presso lo spin-off dell'Università della Calabria Spring Research. L'inclinazione viene ottenuta attraverso il trattamento delle immagini di due livelle toriche acquisite da una mini-camera; il posizionamento è ottenuto con un ricevitore GPS. La progettazione del prototipo, destinata al monitoraggio di frane, strutture e impalcature, mirava a realizzare uno strumento di controllo completamente automatizzato, in grado di inviare i dati acquisiti, periodicamente o su richiesta, ad un centro di controllo attraverso un protocollo di trasmissione bidirezionale.

Una caratteristica dello strumento è la possibilità di selezionare la precisione ed il range di misura, scegliendo fiale con diversa sensibilità. Lo strumento è dotato di un modulo di elaborazione che può essere programmato in modo da eseguire indipendentemente il processamento dei dati raccolti da un singolo sensore o da una rete di sensori e di trasmettere, di conseguenza, i segnali di allarme se le soglie determinate dal centro di controllo sono superati. La trasmissione bidirezionale consente inoltre agli utenti di variare l'insieme dei parametri di monitoraggio (momento dell'acquisizione, durata acquisizioni satellitari, soglie per i dati osservati).

Due gruppi di prototipi dello strumento sono stati installati su versanti in frana, ai margini dell'Autostrada A16 Napoli-Canosa e dell'autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria. Essi sono costantemente gestiti dal centro di controllo presso l'Università della Calabria.

Saranno descritte le caratteristiche dei moduli componenti lo strumento:

- Modulo livella optoelettronica
- Modulo di Posizionamento
- Modulo di Elaborazione Dati
- Modulo di Trasmissione Dati
- Modulo di Alimentazione
- Telaio

Saranno descritte, inoltre, le procedure di calibrazione e saranno discussi i risultati delle prove di laboratorio e delle prime acquisizioni in campo.

Sono ormai note le potenzialità dei ricevitori GNSS geodetici nel calcolo della posizione. Anche ricevitori singola frequenza possono dare ottimi risultati su basi limitate. Integrati con sistemi inerziali IMU permettono di determinare posizione e assetti anche in ambienti ostili al posizionamento solo GNSS. Uno dei problemi del posizionamento inerziale è la sua deriva della soluzione in funzione del tempo: la determinazione degli assetti con GNSS è invece indipendente da esso. In questo secondo caso altri fattori influiscono sulla precisione angolare, come la precisione della posizione da cui ricavare i valori di assetto, la distanza tra le antenne, la visibilità satellitare.

Per aiutare la determinazione dell'assetto possono però essere considerati ulteriori vincoli, se la posizione relativa delle antenne è nota, in quanto poste ad esempio su una barra calibrata.

Nel lavoro si determina la precisione ottenibile negli assetti angolari utilizzando sistemi muti ricevitore GNSS, con particolare riferimento alla categoria basso costo (circa 200 €) e la cui posizione relativa delle antenne può ritenersi nota. Le misure vengono fatte in tempo reale e i dati di assetto angolare sono confrontati con quelli ottenuti da una stazione totale. L'utilizzo di ricevitori basso costo e di basso peso e ingombro, rendono l'applicazione interessante sia in tema di monitoraggio che di determinazione di assetti per fotogrammetria diretta, anche da drone.

Il dispositivo Microsoft Kinect ricopre ormai da qualche tempo un importante ruolo nel mercato dei sensori di navigazione/modellazione 3D a basso costo. Grazie a un costo contenuto (circa 200 euro) e alla presenza contemporanea di una camera RGB e una camera IR in grado di acquisire anche immagini di profondità, esso è proficuamente impiegato in applicazioni di robotica. Il Kinect, nelle sue due versioni, è stato a lungo studiato e calibrato, principalmente per applicazioni indoor; la seconda generazione del dispositivo (uscita nel 2014) è però in grado di acquisire mappe di profondità anche all'esterno, alla presenza di luce solare. Questa caratteristica lo rende molto interessante per risolvere il problema del passaggio da un ambiente indoor ad ambienti esterni, poiché le soluzioni impiegate in un caso, non risultano tipicamente efficaci nell'altro.

In questo lavoro il Kinect è stato utilizzato outdoor, alla presenza di luce solare, con lo scopo di valutare le accuratezze e le precisioni delle misure di distanza. Inoltre, il sistema è stato sottoposto a test anche con lo scopo di valutare le proprietà riflesse di differenti materiali. Infine si è realizzato un esperimento di navigazione per indagare la possibilità di sopperire alle problematiche ben note dei sistemi GNSS in ambito urbano, integrando in un filtro di Kalman il dato satellitare con la soluzione fotogrammetrica, calcolata a sua volta integrando i dati RGB e le immagini depth acquisite con il Kinect.

Con il Patrocinio di:



Regione Puglia



Provincia di Lecce



Città di Lecce



Consiglio Nazionale
Geometri e Geometri Laureati



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Lecce



ordine
ingegneri
provincia
di lecce



Ordine degli Architetti
Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori
della Provincia di Lecce



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



Politecnico
di Bari

Con la partecipazione di:

