

Sandro Parrinello Francesca Picchio

a cura di

DALMAZIA E MONTENEGRO

Le fortificazioni Venete nel Bacino del Mediterraneo Orientale
Procedure per la conoscenza e la Documentazione Digitale del Patrimonio
Storico Fortificato



Dalmazia e Montenegro. Le fortificazioni Venete nel Bacino del Mediterraneo Orientale. Procedure per la conoscenza e la Documentazione Digitale del Patrimonio Storico Fortificato / Sandro Parrinello, Francesca Picchio (edited by) - Pavia: Pavia University Press, 2019. - 176 p. : ill. ; 21 cm.

(Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte)

ISBN 978-88-6952-137-9

ISBN 978-88-6952-139-3 OA

La presente pubblicazione fa parte della serie "Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte", che ha un comitato di referee internazionali. "Dalmazia e Montenegro. Le fortificazioni Venete nel Bacino del Mediterraneo Orientale. Procedure per la conoscenza e la documentazione digitale del patrimonio storico fortificato" è un testo scientifico valutato e approvato dal Comitato Scientifico Editoriale delle Edizioni Pavia University Press dell'Università di Pavia.

Ciascun autore è a disposizione degli aventi diritti con cui non abbia potuto comunicare per eventuali omissioni o inesattezze.



© Copyright 2019

by Pavia University Press -

Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia

Via Luino, 12 - 27100 Pavia (PV)

Tel: +39 0382 987743 / 985047

Fax: +39 0382 985047

Email: unipress@unipv.it

EDITING

Sandro Parrinello, Francesca Picchio

GRAPHIC PROJECT

Francesca Picchio

PRINTED BY

DigitalAndCopy S.A.S., Segrate (MI)

ISBN 978-88-6952-137-9

ISBN 978-88-6952-139-3 OA

On cover: Graphic photocollage by Francesca Picchio

I diritti di traduzione, archiviazione elettronica, riproduzione e persino adattamento parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati a tutti i paesi.

Le fotocopie per uso personale del lettore non possono superare il 15% di ogni libro e con pagamento a SIAE del compenso previsto dall'art. 68, c. 4, della legge 22 aprile 1941, n. 633 e previo accordo del 18 dicembre, tra SIAE, AIE, SNS e CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfComercio, ConfEsercenti. Le riproduzioni per scopi diversi da quelli sopra menzionati possono essere fatte solo con l'espressa autorizzazione di coloro che hanno il copyright per l'editore.

Il volume raccoglie gli atti della Giornata di Studi "Dalmazia e Montenegro. Le fortificazioni Venete nel Bacino del Mediterraneo Orientale. Procedure per la conoscenza e la Documentazione Digitale del Patrimonio Storico Fortificato", realizzata a Verona presso il Bastione delle Maddalene il 21 novembre 2019. Le esperienze di ricerca qui presentate rientrano tra le azioni previste dall'omonimo progetto di ricerca, promosso dalla Regione Veneto e coordinato dall'Università di Pavia, per la documentazione dei sistemi fortificati veneziani nel bacino del Mediterraneo orientale. Nella stessa giornata è stata inaugurata un'esposizione presso Porta Vescovo che descrive, con prodotti grafici e multimediali, alcuni esiti del progetto e le principali attività di documentazione condotte sul campo.

Questa pubblicazione è realizzata con il contributo di Regione Veneto a supporto del progetto "Le fortificazioni venete nel bacino del Mediterraneo orientale. Documentazione e analisi degli storici possedimenti veneziani con particolare attenzione alle fortificazioni e all'opera di Michele Sanmicheli come possibile affermazione di una ancora esistente identità culturale di carattere veneto nelle terre d'oltremare." Il progetto è finanziato all'interno del bando "Iniziativa e attività culturali per la valorizzazione e la tutela della cultura veneta all'estero – Anno 2019", Linea d'Azione "Concessione di contributi per la realizzazione di iniziative culturali".



Università di Pavia



DICAr - Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura



DAda LAB - Drawing and Architecture DocumentAction



PLAY - Photography and 3D Laser for virtual Architecture laboratory



Università di Verona



Università di Bergamo



Università di Firenze



Università di Enna "Kore"



University of Montenegro



Institute of Art History of Spalato



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Associazione Beni italiani Patrimonio Mondiale



CONTRIBUTO REGIONE DEL VENETO



Ordine degli Architetti Pianificatori Paesaggisti Conservatori della Provincia di Verona



Comune di Verona

INDICE

PRESENTAZIONI

FEDERICO SBOARINA	Sindaco del Comune di Verona	09
ANDRO KRUSTULOVIĆ OPARA	Sindaco della Città di Spalato	10
ILARIA SEGALA	Assessore con deleghe alla Pianificazione urbanistica e Ambiente del Comune di Verona	11
FRANCESCA TOFFALI	Assessore con deleghe a Smart city e rapporti con UNESCO del Comune di Verona	12
DOMENICO ZUGLIANI	Responsabile Ufficio UNESCO, Comune di Verona	13
ALESSANDRO REALI	Direttore DICAr_ Dipartimento Ingegneria Civile ed Architettura, Università di Pavia	15

PREFAZIONE

SANDRO PARRINELLO, FRANCESCA PICCHIO	Un progetto pluriennale di documentazione delle opere dello Stato da Mar	17
--------------------------------------	--	----

CONTRIBUTI

SANDRO PARRINELLO	Disegnare le strutture militari nell'era digitale Lo sviluppo di un percorso conoscitivo	21
GIAN MARIA VARANINI	La difesa del Levante	31
STEFANO BERTOCCI	La documentazione della Fortezza di Trogir Un processo di analisi per la conoscenza di siti UNESCO	39
MARCO RICCIARINI	Rilievo digitale integrato per la descrizione del complesso fortificato di Trogir	49

CRISTIANO RIMINESI, ANGELA CALIA Approccio interdisciplinare per la conservazione	57
DARKA BILIĆ Francesco Melchiori e la fortificazione della Dalmazia nel XVIII secolo	61
ILIJA LALOSEVIĆ The defensive system of "Bocche di Cattaro". Study of the Venetian works and fortifications	67
ALESSIO CARDACI, ANTONELLA VERSACI, LUCA RENATO FAUZIA La cittadella di Stari Bar in Montenegro, tra conoscenza e conservazione	73
MARCO MORANDOTTI Architetture e Paesaggi fortificati. La fotografia tra racconto e memoria	83
FRANCESCA PICCHIO, ALBERTO PETTINEO Fotogrammetria per la creazione di banche dati utili alla lettura e alla comprensione dei sistemi fortificati	89
CHIARA MALUSARDI, DANTE CERTOMÀ Rilevamenti Laser Scanner presso le fortezze delle Bocche di Cattaro	97
ANNA DELL'AMICO, SILVIA LA PLACA L'applicazione di tecnologie SLAM per il rilevamento di grandi complessi fortificati	105
ATLANTE FOTOGRAFICO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA	117
MOSTRA: LE FORTIFICAZIONI VENETE IN DALMAZIA E MONTENEGRO	
ANNA DELL'AMICO, SANDRO PARRINELLO Un percorso espositivo nei locali di Porta Vescovo	135
Tavole della Mostra	145
CREDITI	173



FOTOGRAMMETRIA PER LA CREAZIONE DI BANCHE DATI UTILI ALLA LETTURA E ALLA COMPrensIONE DEI SISTEMI FORTIFICATI

FRANCESCA PICCHIO, ALBERTO PETTINEO

Università degli Studi di Pavia

L'importanza assunta dallo strumento fotografico ai fini della documentazione del patrimonio architettonico e paesaggistico, unita alla complessità della struttura compositiva dell'oggetto analizzato a differenti livelli di indagine, ha motivato l'interesse verso ambiti di sperimentazione volti a definire le procedure necessarie per rappresentare, in modo opportuno, le relazioni che intercorrono all'interno di ciascun organismo architettonico e tra questo e l'ambito nel quale si inserisce. Architetture monumentali e sistemi fortificati diffusi tra Dalmazia e del Montenegro, costituiscono alcuni dei casi studio dove le metodologie legate alla fotogrammetria di tipo Close Range sono state applicate per produrre un *corpus* documentale costituito, oltre che da nuvole di punti laser scanner, da immagini fotografiche e modelli fotogrammetrici *Structure from Motion* (SfM). Il duplice obiettivo di questi modelli digitali risiede nel realizzare un archivio aggiornato circa lo stato di conservazione di ciascun manufatto e nel produrre un nuovo linguaggio rappresentativo di tali beni architettonici e paesaggistici; uno strumento che, avvalendosi dell'immagine fotografica, sia in grado di esplicitare le complessità spaziali tra gli elementi che coesistono all'interno di uno stesso sistema architettonico e che concorrono a definirne differenti livelli di lettura. Tale *output* comunicativo si configurerà, in questo modo, come un vero e proprio strumento di analisi e di studio del manufatto o del

contesto paesaggistico, capace di porre le basi per avviare processi di conoscenza più specifici e finalizzati alla sua salvaguardia e valorizzazione.

Per realizzare le banche dati fotogrammetriche sono state impiegate due metodologie di acquisizione di tipo *close range*: una terrestre, che ha previsto l'utilizzo di macchine fotografiche reflex dotate di obiettivi opportunamente calibrati, ed una in quota, che ha previsto l'utilizzo di droni di piccole dimensioni, dotati di fotocamere orientabili. La prima metodologia è stata utilizzata per produrre modelli SfM di dettaglio dei paramenti: gli elementi architettonici interessati da questa metodologia di acquisizione sono classificabili in elementi "puntuali" (torri, bastioni angolari, porte urbane, elementi di dettaglio) o "lineari" (tratti continui di mura, superfici estese). La seconda metodologia è stata utilizzata prevalentemente per integrare il dato non acquisibile con la fotogrammetria da terra, completando quelle informazioni "non visibili" dall'operatore ma necessarie a comprendere pienamente la conformazione dell'oggetto analizzato (coperture, dettagli architettonici in quota, aree inaccessibili). Allo stesso tempo l'utilizzo dei droni è stato utile per sperimentare una metodologia rapida di acquisizione fotogrammetrica, grazie alla capacità di acquisire aree "estese" in brevissimo tempo, sfruttando piani di volo impostati e la possibilità di pilotare il drone anche da notevole distanza rispetto alla posizione dell'operatore.



Operatori durante le campagne di acquisizione fotografica condotta da terra e in quota, mediante l'uso di droni.

L'obiettivo da perseguire è quello che prevede l'integrazione dei dati ottenuti dall'applicazione delle due metodologie, poiché in grado di produrre una banca dati estremamente affidabile, esaustiva e rispondente qualitativamente ad una rappresentazione verosimile dell'oggetto o del contesto paesaggistico esistente. Tuttavia, non sempre è stato possibile applicare entrambe le metodologie sul campo ed integrarne i differenti *output* prodotti. La conformazione architettonica delle fortezze, la loro ubicazione e le condizioni ambientali che hanno interessato alcune campagne di rilievo hanno vincolato la pianificazione delle operazioni di ripresa, specialmente quelle realizzate con i droni. Per ciascuna campagna di rilievo è stato necessario analizzare attentamente le condizioni del contesto nonché l'eventualità di adottare piani di emergenza durante l'utilizzo della strumentazione. Questo aspetto, che da una parte cerca di limitare le eventuali mancanze di dato acquisito che comprometterebbero un'esaustiva comprensione dell'oggetto, dall'altra cerca di ridurre al minimo le situazioni di rischio alla pubblica sicurezza che si potrebbero verificare sorvolando aree abitate o di forte presenza turistica.

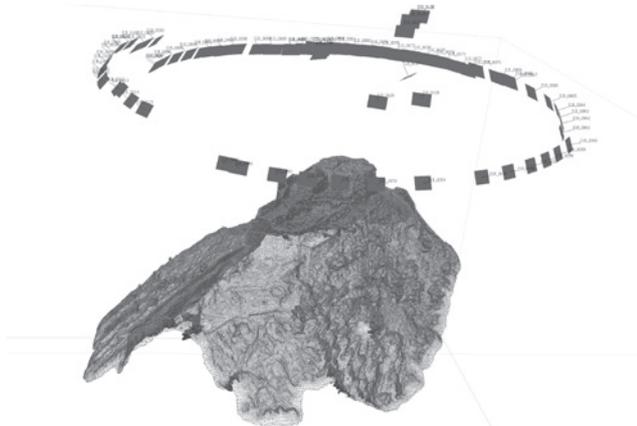
L'integrazione tra i dati ottenuti da una campagna fotogrammetrica da terra con quelli ottenuti da campagne da droni è stata sperimentata nell'attività di documentazione della Porta di Terraferma a Zara. La campagna da terra ha permesso di acquisire la maggior parte del dato della porta, con un alto livello qualitativo dei dettagli e della matericità della superficie muraria. La campagna da drone ha integrato il dato mancante, permettendo di ottenere una maggior qualità di dettaglio dei triglifi e delle metope, oltre alla sommità della porta. Tuttavia, l'utilizzo del drone è stato condizionato da condizioni sfavorevoli di pilotaggio (i numerosi stormi di gabbiani, le forti correnti di vento ed una pioggia ad intermittenza presenti durante l'intera campagna di acquisizione), che hanno obbligato a svolgere le operazioni di ripresa molto rapidamente e a bassa quota, per tenere il velivolo sempre a vista e con facilità di controllo per l'operatore.

Altre campagne di acquisizione fotogrammetrica sono state svolte con il solo utilizzo del drone, per l'impossibilità di eseguire un rilievo da terra: questa casistica si è verificata per l'isola fortificata di Mamula, all'ingresso delle Bocche di Cattaro.



Porta Zara: la fotogrammetria close range da terra permette di acquisire con altissimo dettaglio e precisione metrica la porzione basamentale fino ad un'altezza di circa 3 metri. Oltre quella quota, sono necessari strumenti quali aste telescopiche o droni per inquadrare gli elementi architettonici e le modanature dall'alto e ottenere maggior dettaglio delle superfici.

Uno degli aspetti che ha vincolato maggiormente la pianificazione della ripresa da drone è legato alla conformazione morfologica delle differenti fortificazioni, specie quando queste si sviluppano su differenti quote altimetriche. La cinta muraria di Cattaro che propende fin sopra alla montagna, articolandosi in un complesso sistema di terrazzamenti, ambienti fortificati e pareti a strapiombo, si presenta come uno dei casi studio in cui è stato necessario considerare



Modalità di acquisizione per punto di interesse attorno ad un oggetto o porzione di fortificazione. A sinistra, il Forte di San Giovanni a Cattaro, a destra, il Forte di Santa Croce di Perasto.



Fotogrammetria close range di Porta Zara, eseguita da drone, a completamento di quanto acquisito da terra.

molte variabili ambientali per svolgere correttamente la fotogrammetria da drone. L'impossibilità di effettuare riprese da terra, per l'estensione e l'inaccessibilità di gran parte delle aree del forte, ha implicato una scomposizione del perimetro fortificato in sistemi e sottosistemi acquisibili singolarmente, in modo che l'operatore potesse, di volta in volta, pilotare da posizioni più comode a garantire la visibilità del velivolo e ottenere maggiore controllo sull'output



prodotto. Una delle problematiche riscontrate nel pilotare il velivolo dalla cima della fortezza di Cattaro è stata il non trovare sufficienti riferimenti visivi per comprendere l'effettiva distanza del drone dall'operatore e dall'oggetto fotografato, aspetto che comporta una notevole complicazione nello svolgere le operazioni di ripresa fotogrammetrica. Per questo motivo, nei punti di criticità per la scarsa visibilità o la possibilità di perdita di segnale tra *remote controller* e velivolo, sono stati programmati alcuni voli semi-automatici, utilizzando l'apposita App DJI-GO, che permette di impostare una serie punti di interesse attorno ai quali il drone può svolgere traiettorie uniformi e acquisizioni fotogrammetriche esaustive, in grado di garantire una corretta sovrapposizione dei fotogrammi.

L'accortezza nella fase di acquisizione è stata, in questo caso, l'accertarsi di mantenere una certa sovrapposizione nell'acquisizione delle varie porzioni in cui il forte è stato scomposto, al fine di permetterne il successivo allineamento sulla base di punti comuni ai vari modelli SfM generati. Inoltre, in fase di acquisizione è stato necessario controllare l'orientamento rispetto al sole per poter ottenere un modello complessivo piacevole alla vista ed il più omogeneo possibile nella disposizione delle aree illuminate ed in ombra. In particolar modo, questa attenzione è stata posta per il rilievo della cinta muraria alta della città di Cattaro, situata sulla linea di crinale del rilievo montuoso, soggetta a differenti esposizioni di illuminazione per la maggior parte della giornata. Il modello di ciascuna porzione è stato generato autonomamente e, dopo averne verificata l'affidabilità morfologica e la qualità della componente materica di ciascun modello fotogrammetrico rispetto ai modelli adiacenti, al fine di ottenere un unico database sul quale impostare analisi e riflessioni più approfondite, sia a scala puntuale che generale.

Per ogni forte o sistema fortificato realizzato con fotogrammetria SfM sono state ottenute due tipologie di banche dati: una prima a livello architettonico,



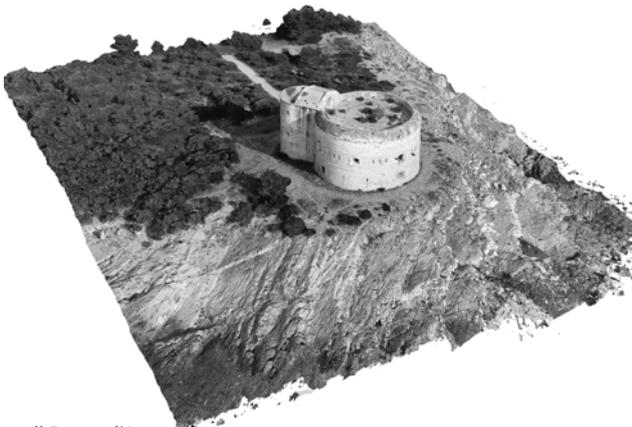
Processi di post-produzione per la creazione di modelli SfM (Structure from Motion). Dall'alto, generazione del modello poligonale in visualizzazione *wireframe* e *solid* e texturizzazione tramite procedure di riproiezione delle immagini sul modello.

Nella pagina a fianco, alcuni modelli dei singoli forti realizzati attraverso una serie di punti di interesse. Per alcune di queste fortezze, fisicamente inaccessibili, la fotogrammetria da drone è stata il solo mezzo possibile per ottenerne una descrizione volumetrica del complesso.

caratterizzata da una qualità geometrica e superficiale in grado di poter essere comparata ed, eventualmente, integrata con strumentazioni laser scanner terrestri (TLS); una seconda che, al contrario, mantiene volutamente un livello di affidabilità minore, caratterizzato da una ripresa più distaccata dalla superficie dell'oggetto, ma consente di ottenere un modello 3D globale, valido su scala territoriale e paesaggistica, comparabile ed eventualmente integrabile con sistemi laser mobile (MLS). Questa ultima sperimentazione risulta sicuramente la più interessante sulle potenzialità

dell'acquisizione tramite droni, poiché mette in campo due strumentazioni legate al fast-survey (Mobile Laser Scanner e Droni) che, integrate, possano offrire un database digitale metricamente affidabile, con errori registrati al di sotto dei sette cm sulla sovrapposizione di nuvole di punti architettoniche di una notevole estensione planimetrica.

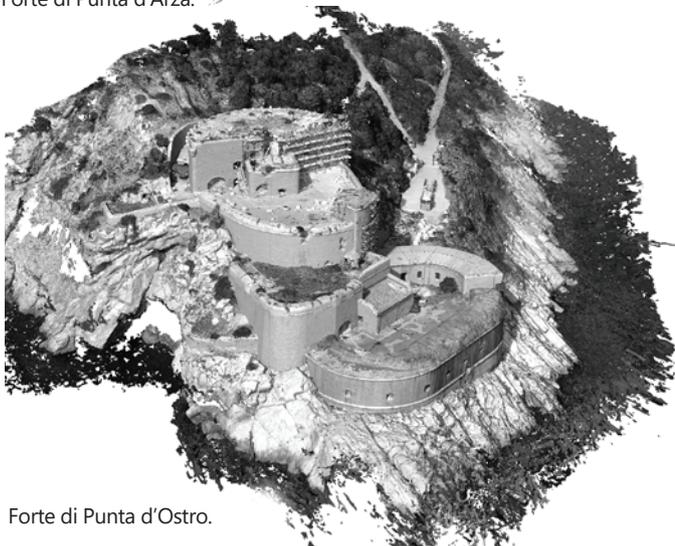
I modelli SfM, integrati ai dati laser o utilizzati come banche dati autonome, subiscono il processo di generazione della maglia poligonale *mesh* e della componente *texture*, per essere visualizzati e gestiti



Forte di Punta d'Arza.



Monastero Otocic Gospa.



Forte di Punta d'Ostro.



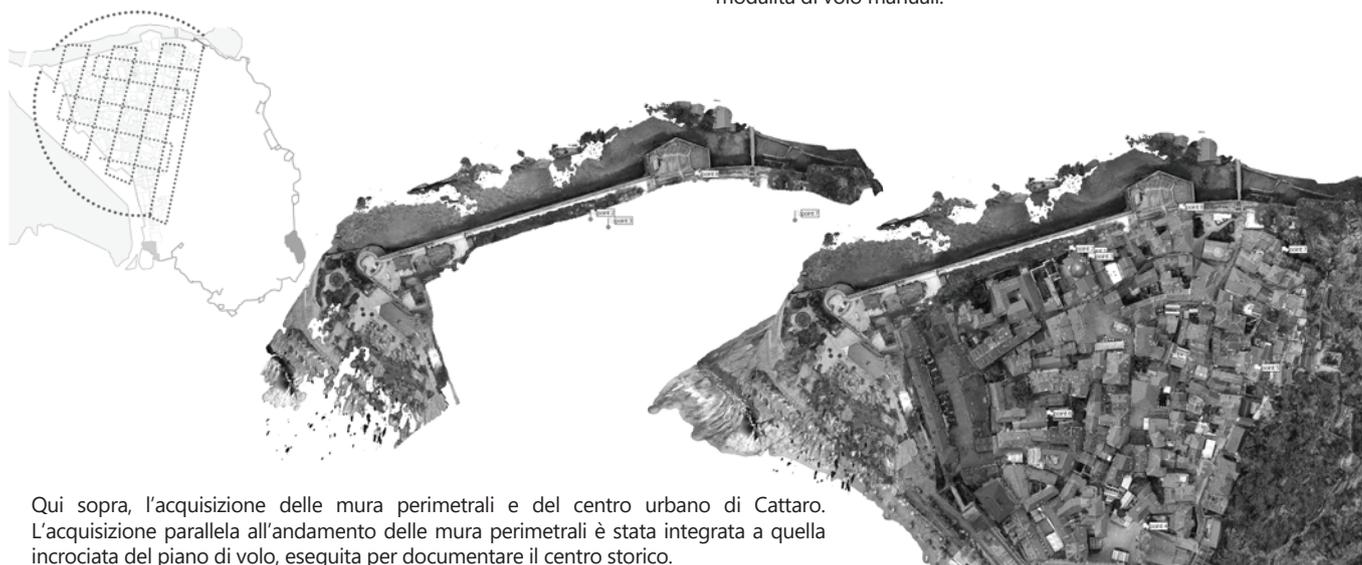
Forte Spagnolo ad Herceg Novi.

in postproduzione come modelli tridimensionali. Da questi modelli sarà possibile ricavare gli elaborati tecnici tradizionali nelle due dimensioni (planimetrie, sezioni e dettagli architettonici), ma anche sistemi di fruizione e gestione del modello 3D. I differenti livelli di informazioni, semanticamente raccolti nella fase di acquisizione fotogrammetrica e organicamente assemblati in un modello digitale, simulacro dello spazio reale, saranno in grado di esplicitare chiaramente quegli aspetti morfologici e compositivi legati alle architetture ed ai sistemi fortificati diffusi.

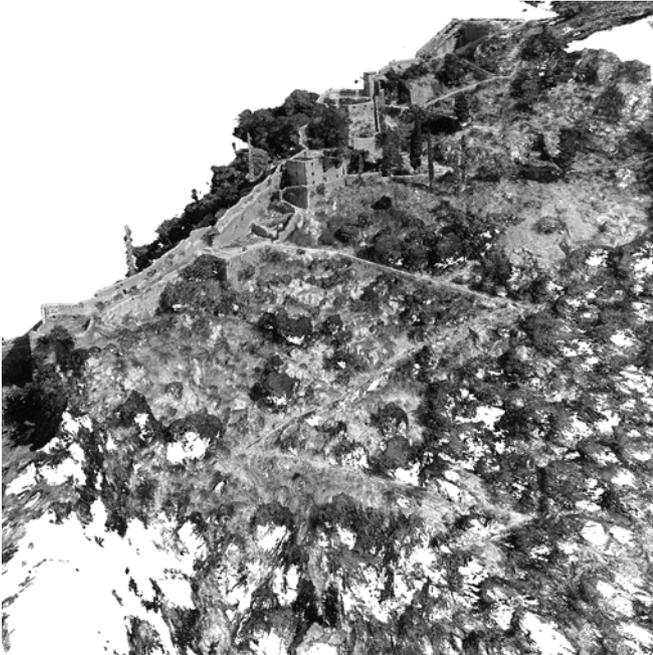
La finalità di questo tipo di sperimentazione della fotogrammetria *close range* applicata ai casi studio della presente ricerca sta nell'elaborare non solo un sistema di banche dati colorimetriche, metricamente e qualitativamente affidabili in grado di costituire un archivio esaustivo dal punto di vista conservativo sui manufatti fortificati indagati, ma anche di strutturare le basi metodologiche e procedurali per affrontare campagne di rilievo su sistemi complessi ed estesi, offrendo spunti di riflessione sulle potenzialità dell'utilizzo di strumentazioni fotogrammetriche, anche integrate ad altri strumenti, per il rilievo architettonico e paesaggistico ad ampia scala.



In alto, lo schema di acquisizione per il sistema fortificato di Cattaro. Sono riportate le differenti modalità di sorvolo del drone: circolari, per punti di interesse e lineari o ad archi di cerchio per piani di volo automatici o per modalità di volo manuali.



Qui sopra, l'acquisizione delle mura perimetrali e del centro urbano di Cattaro. L'acquisizione parallela all'andamento delle mura perimetrali è stata integrata a quella incrociata del piano di volo, eseguita per documentare il centro storico.



In alto a sinistra, la nuvola di punti sparsa, a destra quella densa, generata per punti di interesse attorno ad aree circoscritte della catena, acquisite a partire dal punto più in alto del sistema fortificato.

Qui sotto, il rilievo fotogrammetrico dell'intero sistema montuoso, sistema di riferimento sul quale allineare le singole porzioni generate singolarmente.



Acquisizione automatica per punti di interesse.



Acquisizione manuale.



CREDITI



CREDITI DELLA RICERCA

SOGGETTI PROPONENTI

Università di Pavia - *Porta Terraferma e mura veneziane di Zara. La documentazione delle fortificazioni venete nei territori delle Bocche di Cattaro: Il centro storico e le mura di Cattaro; la fortezza di Santa Croce a Perasto; le catene Gospe od Andjela; la Fortezza di Kanli Kula, il forte Spagnolo e il forte Mare di Castelnuovo; il Forte di Punta d'Arza, il Forte Mamula e il Forte di Punta d'Ostro.*

Prof. Sandro Parrinello
Prof. Marco Morandotti
Dott. Francesca Picchio
Ph.D.stud. Anna Dell'Amico
Ph.D.stud. Silvia La Placa
Msc. stud. Chiara Malusardi
Stud. Dante Certomà
Stud. Alberto Pettineo

Università di Firenze - *La documentazione del centro storico di Trogir e del Castello del Camerlengo.*

Prof. Stefano Bertocci
Prof. Michelangelo Pivetta
Dott. Marco Ricciarini
Ph.D.stud. Eugenia Bordini
Ph.D.stud. Federico Cioli
Ph.D.stud. Anastasia Cottini
Ph.D.stud. Andrea Lumini

PARTNER

Archivio di Stato di Venezia - *Redazione delle schede sulle mappe storiche di Cattaro e Trogir a supporto delle ricerche.*

Dott. Michela Dal Borgo

Università di Spalato - *La documentazione del centro storico di Trogir e del Castello del Camerlengo.*

Prof. Nikša Jajac
Prof. Neno Torić

CNR - *Tecniche di campionamento in situ, riconoscimento forme di degrado, termografia IR.*

Università di Bergamo - *La cittadella, il palazzo del Doge e la chiesa di Santa Caterina di Stari Bar in Montenegro, un percorso di analisi tra conoscenza e conservazione.*

Prof. Alessio Cardaci
Prof. Antonella Versaci
Dott. Luca Renato Fauzia
Mirko Scaburri
Pietro Azzola

Università di Verona - *Indagini storiche e ricerche d'archivio sulle fortificazioni dello Stato da Mar.*

Prof. Fabio Coden
Prof. Gian Maria Varanini

Università del Montenegro - *Studio delle opere e delle fortezze veneziane in Dalmazia e Montenegro.*

Prof. Ilija Lalošević
Prof. Slavica Stamatovic Vuckovic

Comune di Verona - *Ufficio UNESCO "Città di Verona – Patrimonio Mondiale UNESCO".*

Prof. Angela Calia
Prof. Marta Rapallini
Prof. Cristiano Riminesi

INFN Firenze - *Indagini sulla datazione delle malte: potenzialità e criticità del radiocarbonio.*

Prof. Mariaelena Fedi

INFN Milano - *Indagini sulla datazione delle malte: potenzialità e criticità dell'applicazione delle tecniche di OSL (Luminescenza Stimolata Otticamente).*

Prof. Emanuela Sibilia

CREDITI DELLA MOSTRA

CURATORI

Prof. Sandro Parrinello
Dott. Francesca Picchio
Ph.D.stud. Anna Dell'Amico

RESTITUZIONE GRAFICA DEI PANNELLI

Coordinatore
Dott. Francesca Picchio

Elaborati Grafici Università di Pavia
Dott. Francesca Picchio
Ph.D.stud. Anna Dell'Amico
Ph.D.stud. Silvia La Placa
Msc. stud. Chiara Malusardi
Stud. Dante Certomà
Stud. Alberto Pettineo

Elaborati Grafici Università di Firenze
Ph.D.stud. Anastasia Cottini
Ph.D.stud. Federico Cioli
Ph.D.stud. Eugenia Bordini
Ph.D.stud. Andrea Lumini

Elaborati Grafici Università di Bergamo
Arch. Luca Renato Fauzia

Memorie fotografiche
Prof. Marco Morandotti

Montaggio Video
Dott. Francesca Picchio
Ph.D.stud. Anna Dell'Amico
Ph.D.stud. Silvia La Placa
Msc. stud. Chiara Malusardi

Progetto di Allestimento
Ph.D.stud. Anna Dell'Amico
Prof. Sandro Parrinello

Un ringraziamento particolare al Comitato Simeon dell'Isolo che ha partecipato all'allestimento della mostra.

Finito di stampare nel mese di Novembre 2019
da Pavia University Press
Edizioni dell'Università di Pavia