



**HAL**  
open science

# **Metodologie di visione artificiale per la documentazione e il monitoraggio strutturale di costruzioni antiche mediante droni**

Giuseppe Riccardo Leone, Danila Germanese, Davide Moroni, Maria Antonietta Pascali, Marco Tampucci, Andrea Berton

## **► To cite this version:**

Giuseppe Riccardo Leone, Danila Germanese, Davide Moroni, Maria Antonietta Pascali, Marco Tampucci, et al.. Metodologie di visione artificiale per la documentazione e il monitoraggio strutturale di costruzioni antiche mediante droni. Ital-IA, Mar 2019, Rome, Italy. <hal-03010112>

**HAL Id: hal-03010112**

**<https://hal.science/hal-03010112v1>**

Submitted on 17 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Metodologie di visione artificiale per la documentazione e il monitoraggio strutturale di costruzioni antiche mediante droni

Giuseppe Riccardo Leone<sup>1</sup>, Danila Germanese<sup>1</sup>, Davide Moroni<sup>1</sup>, Maria Antonietta Pascali<sup>1</sup>,  
Marco Tampucci<sup>1</sup>, Andrea Berton<sup>2</sup>

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo", Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pisa  
Istituto di Fisiologia Clinica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pisa  
g.leone@isti.cnr.it, danila.germanese@isti.cnr.it, davide.moroni@isti.cnr.it,  
maria.antonietta.pascali@isti.cnr.it, marco.tampucci@isti.cnr.it, andrea.berton@ifc.cnr.it

## Abstract

La manutenzione e la salvaguardia del complesso patrimonio architettonico italiano rappresentano un'importante sfida che deve essere quotidianamente affrontata dalle soprintendenze e dalle amministrazioni locali e regionali. In quest'ambito, lo sviluppo delle tecnologie ICT può contribuire ad una gestione più efficiente e accurata del costruito storico. In questo intervento, si presenta un sistema di visione artificiale basato sull'utilizzo di droni che permette di monitorare lo stato di conservazione di edifici e strutture nel tempo, andando a quantificare l'entità di lesioni e ammaloramenti. Un front-end di realtà virtuale, ottenuto mediante tecniche fotogrammetriche, permette inoltre di visualizzare i dati trasmessi dal drone contestualmente ai dati raccolti da una rete di sensori wireless per il monitoraggio *in situ* delle strutture. Il sistema è stato testato in tre diversi casi di studio in Toscana.

## 1 Introduzione

Il deterioramento strutturale del patrimonio architettonico è un problema annoso. Per quanto riguarda il monitoraggio e la misurazione di ammaloramenti quali crepe, fessure e distacchi, l'ispezione visiva è la tecnica più utilizzata al giorno d'oggi per rilevare i danni o per valutarne le loro variazioni. Tuttavia, tale tecnica può essere poco efficiente a causa dell'ingente impegno di tempo e risorse, oppure addirittura inattuabile se l'accesso all'area di interesse è impervio o vietato per ragioni di sicurezza. D'altra parte, lo sviluppo di sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR) o autonomi consente di estendere l'ispezione visiva anche alle zone non direttamente accessibili, offrendo la possibilità di un monitoraggio più frequente e costante del costruito storico. In questo contesto l'introduzione di algoritmi di visione artificiale risulta importante per due aspetti: da un lato permette di ottenere misure quantitative mediante l'elaborazione delle immagini e dei flussi video acquisiti da droni, dall'altro permette di automatizzare le procedure di ispezione riducendo i tempi di esecuzione e garantendo una migliore riproducibilità.



Figura 1: La Fortezza Vecchia di Livorno. Si apprezza una evidente lesione nell'area del Bastione della Capitana.

Nell'ambito del Progetto PAR FAS Moscardo<sup>1</sup>, è stata proposta una soluzione completa per il monitoraggio di edifici storici e monumentali. La soluzione integra competenze e metodologie della scienza e della tecnica delle costruzioni con tecnologie del settore ICT (tra cui reti di sensori wireless, visione artificiale, fotogrammetria e impiego di droni) per l'analisi modale operativa e l'analisi strutturale. Il sistema Moscardo permette di verificare in qualunque momento e da qualunque luogo lo stato di salute, andando nello stesso tempo a raccogliere grandi quantità di dati per vigilare in modo permanente sulla struttura esaminata, così da consentire previsioni complesse per intervenire tempestivamente in caso di necessità. La soluzione è stata sperimentata su tre siti di interesse: la Fortezza Vecchia e il Voltone a Livorno e la Torre Grossa di San Gimignano. In questo contributo, ci si concentra sugli aspetti di visione artificiale e fotogrammetria impiegati per la realizzazione del sistema Moscardo.

## 2 Monitoraggio di lesioni mediante fotogrammetria

Il monitoraggio delle dimensioni di crepe e lesioni è di importanza per comprendere e identificare precocemente l'insorgere di instabilità strutturali. I tre casi di studio presi in considerazione presentano quadri fessurativi complessi che possono beneficiare di un'attenta e costante osservazione. Ad esempio, le mura della Fortezza Vecchia (Figura 1) sono difficili da monitorare perché la struttura è parzialmente circondata

<sup>1</sup><http://www.moscardo.it/>



Figura 2: Configurazione dei marker per il monitoraggio della lesione

dal mare. Una caratteristica molto importante della maggior parte delle fessure lungo le pareti della Fortezza è che i loro lati sono piuttosto distanti e non sono complanari. Ciò rende difficile ottenere una misurazione assoluta e accurata degli scostamenti mediante metodi standard. Per questo tipo di ammaloramenti aventi irregolarità intrinseche e soggetti ad agenti ambientali, a cambiamenti stagionali e al variare della vegetazione, la qualità di una ricostruzione puramente fotogrammetrica potrebbe non essere sufficiente per uno studio longitudinale sul medio-lungo periodo. Si è quindi optato per l'utilizzo di markers in modo da identificare in maniera robusta un insieme di punti fiduciali su entrambe i lati delle lesioni e di tracciare nel tempo i loro spostamenti relativi in 3D [Germanese *et al.*, 2018b]. La tecnica è minimamente invasiva e consente di raggiungere un'elevata precisione quando si esegue un'analisi quantitativa della fessura (Figura 2). Può essere inoltre utilizzata su SAPR, andando ad elaborare le immagini a bordo velivolo o su un'opportuna stazione a terra. In questo modo si ottiene un'acquisizione dei dati veloce e altamente ripetibile, anche in zone difficili da raggiungere, riducendo costi e rischi.

### 3 Front-end di realtà virtuale

I dati sui quadri fessurativi raccolti mediante i metodi descritti nella Sezione 2 possono essere visualizzati e confrontati mediante un front-end di realtà virtuale, che permette di osservare contestualmente i dati raccolti da una rete di sensori di varia natura (tra cui accelerometri, estensimetri e termometri) installata sulla struttura monitorata. Il front-end (Figura 3) è stato realizzando procedendo ad una ricostruzione fotogrammetrica (Figura 4) della struttura utilizzando le immagini



Figura 3: Front end di realtà virtuale per il monitoraggio dei dati raccolti mediante rete di sensori wireless e drone



Figura 4: Ricostruzione 3D della Fortezza Vecchia di Livorno

ni raccolte mediante SAPR. Il modello ottenuto è stato quindi inserito in una applicazione Unity<sup>2</sup> fruibile sia sulla ground station del drone sia da web mediante un comune browser [Germanese *et al.*, 2018a; Germanese *et al.*, 2019].

### 4 Sviluppi futuri

Il monitoraggio delle strutture è ancora in corso con una campagna di misure sul lungo periodo che permetterà di valutare appieno l'efficacia e l'accuratezza dei metodi proposti, così come la loro ergonomia nell'uso quotidiano da parte dei gestori dei beni architettonici.

### Riferimenti bibliografici

- [Germanese *et al.*, 2018a] Danila Germanese, Giuseppe Riccardo Leone, Davide Moroni, Maria Antonietta Pascali, e Marco Tampucci. Long-term monitoring of crack patterns in historic structures using uavs and planar markers: A preliminary study. *J. Imaging*, 4(99), 2018.
- [Germanese *et al.*, 2018b] Danila Germanese, Giuseppe Riccardo Leone, Davide Moroni, Maria Antonietta Pascali, e Marco Tampucci. Towards structural monitoring and 3d documentation of architectural heritage using uav. In *International Conference on Multimedia and Network Information System*, pages 332–342. Springer, 2018.
- [Germanese *et al.*, 2019] Danila Germanese, Maria Antonietta Pascali, Andrea Berton, Giuseppe Riccardo Leone, Davide Moroni, Bushra Jalil, Marco Tampucci, e Antonio Benassi. Architectural heritage: 3d documentation and structural monitoring using uav. In *VIPERC 2019 Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding*, pages 1–12, 2019.

<sup>2</sup><https://unity3d.com/>