



Politecnico di Torino

Modellare la conoscenza della vulnerabilità sismica delle chiese in muratura storica con tecnologie 3D speditive

DAD I Dipartimento di Architettura e Design - Polito FULL I the Future Urban Legacy Lab, Toolbox coworking
Edoardo Fillia - Giulia Sammartano - Cesare Tocci - Nannina Spanò

Parole chiave: **documentazione del patrimonio** **CH** **modelli 3D** **fotogrammetria UAV** **SLAM** **vulnerabilità sismica**

AIM

Esiste un rapporto serrato e critico tra patrimonio edilizio storico ed **eventi sismici**.

Una tipologia di edifici storici particolarmente diffusa sul territorio ed esposta al rischio sismico è rappresentata dalle **chiese in muratura**.

Il caso oggetto di studio è una chiesa a due navate del XIV secolo: **Sant'Andrea a Campi**, frazione di Norcia, in provincia di Perugia. Oggi si presenta parzialmente crollata in seguito agli eventi sismici che hanno colpito il centro Italia nel corso del 2016.

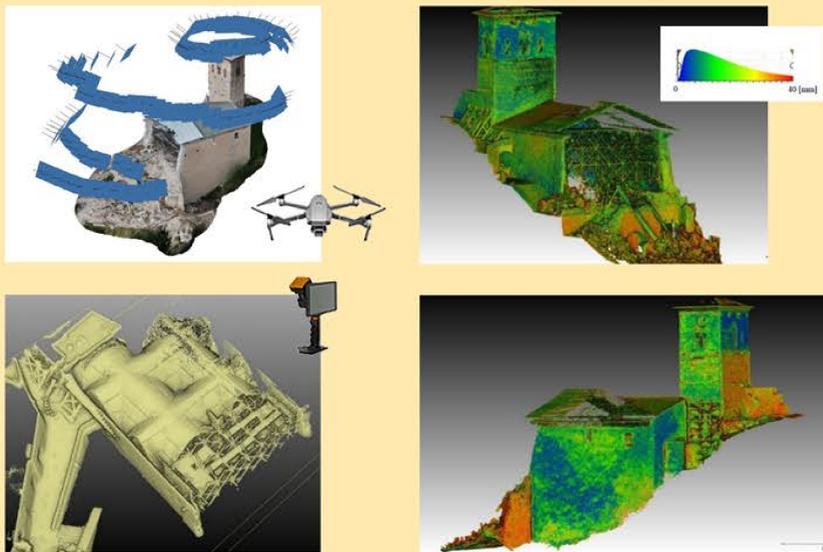


La **Direttiva del PCM del 9/02/2011** delinea e chiarisce i limiti e i modi per l'applicabilità di un programma di prevenzione sismica fondato su diversi livelli di conoscenza. Essa richiede di formulare una valutazione di sicurezza con tempi e con soluzioni consone al cospicuo numero di beni distribuiti sul nostro territorio.

La sperimentazione e la validazione di un workflow operativo basato sulla **digitalizzazione 3D** può portare a fornire quelle informazioni metriche e radiometriche efficaci a delineare il primo livello di conoscenza per le chiese in muratura.

WORKFLOW

GENERAZIONE DEL MODELLO 3D MULTISENSORE



Integrazione di **acquisizioni fotogrammetriche** da voli con micro-droni multi-rotore e da **scansioni con scanner mobile** (MMS).

Confronto fra la nuvola di punti integrata, acquisita con le tecniche di rilievo speditivo UAV e SLAM-based, con nuvola TLS.

DOCUMENTAZIONE 3D GENERATA DAL MODELLO

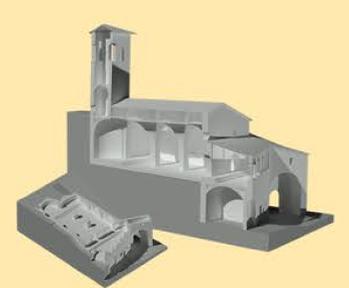


Fotogrammi ripresi da UAV

Ortoto ed elaborazioni bidimensionali



Mesh texturizzata



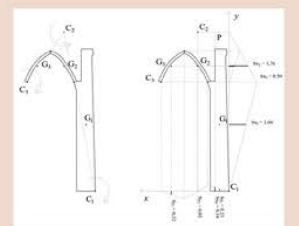
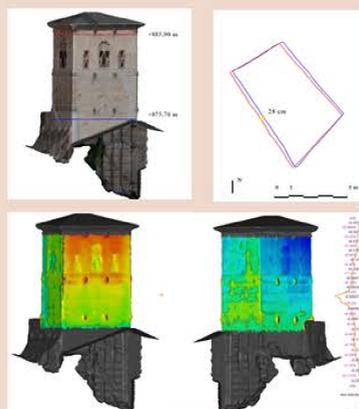
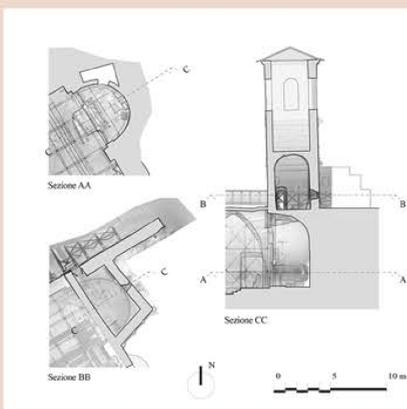
Modelli volumetrici

RESULTS

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'

Il modello 3D ad alta precisione della chiesa generato può supportare **molteplici analisi**:

- L'ispezione dei danni e l'analisi delle deformazioni;
- Il monitoraggio dell'evoluzione delle deformazioni e dei danni confrontando e analizzando secon do un punto di vista multi-temporale e multi-scala rilievi effettuati in periodi differenti;
- La definizione di volumetrie per analisi rivolte all'individuazione degli elementi che compongono il sistema architettonico e delle condizioni di equilibrio.



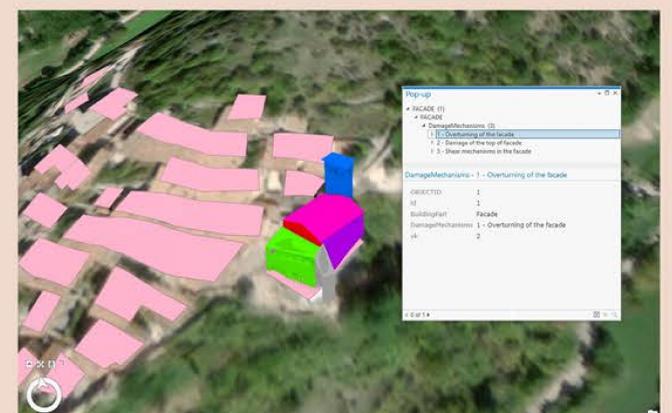
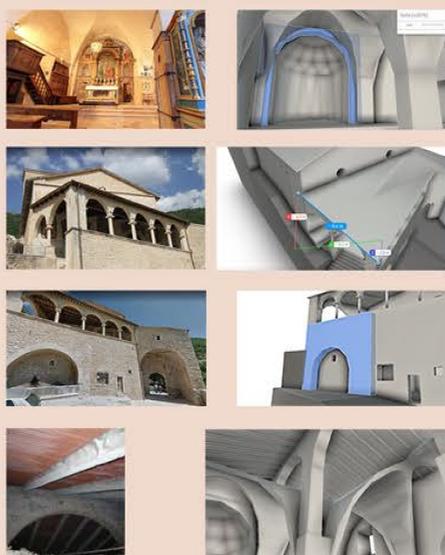
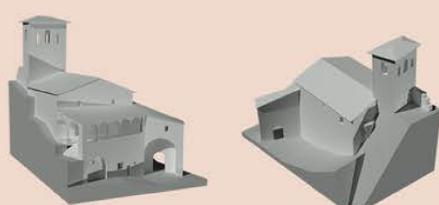
Le valutazioni scaturite dall'analisi del modello 3D della chiesa confluiscono nella **scheda di valutazione** detta "modello semplificato" previsto dalla Direttiva del 2011, che prevede l'identificazione dei macroelementi, l'analisi dei meccanismi e l'assegnazione del punteggio relativo alla probabilità che si verifichino (da -3 molto improbabile a +3 molto probabile).

Macroelemento	Meccanismo di danno	Vulnerabilità (vk)
Facciata	1 - Ribaltamento della facciata	2
	2 - Meccanismi nella sommità della facciata	2
	3 - Meccanismi nel piano della facciata	0
Portico	4 - Meccanismi del portico	2
	5 - Ribaltamento delle pareti laterali	2
Pareti laterali	6 - Meccanismi di taglio nelle pareti laterali	-3
	7 - Risposta longitudinale del colonnato	1
Volte	8 - Meccanismi delle volte	2
	13 - Meccanismo dell'arco trionfale	-2
Abside	16 - Ribaltamento dell'abside	-3
	17 - Meccanismi di taglio nell'abside	-2
	18 - Meccanismi delle volte dell'abside	-2
Copertura	19 - Meccanismi negli elementi di copertura	-2
	27 - Meccanismi della torre campanaria	-2
Torre campanaria	28 - Meccanismi della cella della torre campanaria	-1

Nome	Parametro	Valore
Indice di vulnerabilità	I_v	0,45
Accelerazione di picco al suolo SLD	a_{SLD}	0,051 g
Accelerazione di picco al suolo SLV	a_{SLV}	0,203 g
Vita nominale	V_N	2 anni
Indice di sicurezza sismica	I_s	0,04

CONDIVISIONE DEI RISULTATI

Il modello può essere condiviso su **visualizzatori online** come Autodesk Viewer, che consente di effettuare diverse operazioni come orbitarlo, creare sezioni orizzontali e verticali, misurare gli elementi, navigarlo in modalità passeggiata e selezionare gli elementi per visualizzarne le proprietà, come il macroelemento di appartenenza e le informazioni relative alla vulnerabilità, o nascondere alcuni per comprendere meglio il rapporto tra di essi.



Inoltre, se in una prima fase è stata esplorata la generazione del modello 3D ad elementi geometricamente definiti, in un secondo step di ricerca si si dirigerà verso l'integrazione delle informazioni multi-scala nell'ambiente GIS, nella prospettiva di una gestione integrata di tali modelli per macroelementi.