

# Lo spazio architettonico in un Protocollo per il rilievo 3D integrato finalizzato alla documentazione, rappresentazione e conservazione del patrimonio culturale

Marcello Balzani, Federica Maietti

## Abstract

*Lo spazio architettonico diventa il tessuto connettivo per la creazione di un protocollo finalizzato all'ottimizzazione della documentazione 3D del patrimonio culturale. La metodologia sviluppata e illustrata nel presente contributo pone come prioritarie le caratteristiche e le geometrie non convenzionali, uniche e complesse che identificano i beni culturali, evitando la segmentazione nell'acquisizione dei dati e facilitando l'accesso ai modelli 3D attraverso un approccio inclusivo. L'elaborazione del protocollo per l'ottimizzazione dei processi di acquisizione e gestione dei dati è parte del progetto INCEPTION - Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling, coordinato dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara e finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020. Il progetto è attualmente in corso e sta affrontando le attività correlate al secondo anno di sviluppo. Le azioni future riguardano l'applicazione pratica della procedura di documentazione digitale olistica e del protocollo ottimizzato per l'acquisizione 3D di nove casi studio appartenenti a sei paesi europei tra i partner del progetto. I casi studio pilota in siti significativi per testare la procedura complessiva consentiranno di validare la metodologia di documentazione, gli strumenti attesi in termini di accesso e interazione con il modello 3D digitale e i diversi risultati prefigurati in termini di inclusività nella fruizione dei modelli semantici da parte di diverse tipologie di utenti.*

*Parole chiave: protocollo, rappresentazione, rilievo 3D integrato, patrimonio culturale, documentazione integrata.*

## Introduzione

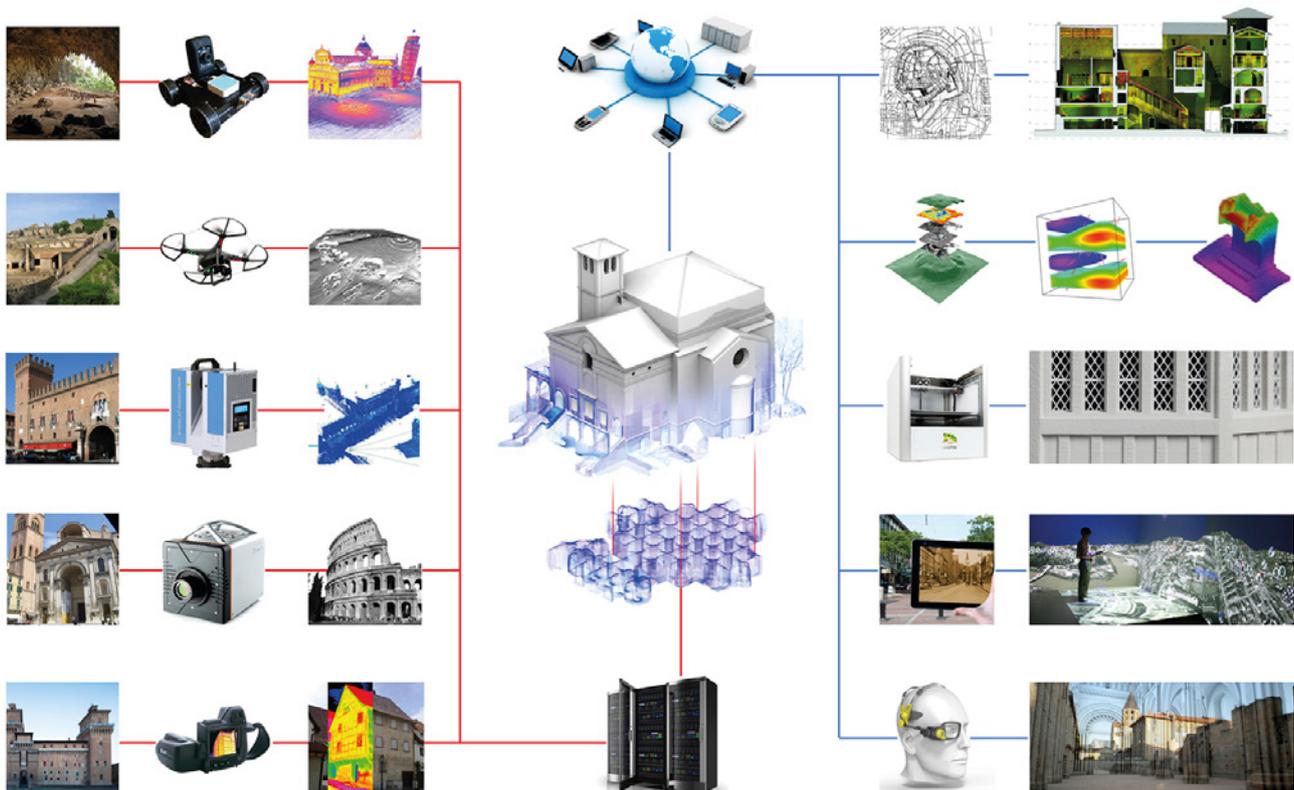
Il crescente sviluppo delle tecnologie laser scanner 3D consente di creare database di informazioni morfometriche tridimensionali; questi "archivi digitali" sono uno strumento di ricerca estremamente prezioso nel settore dei beni culturali: la "memoria geometrica" è essenziale per la conoscenza, la tutela e la conservazione del patrimonio storico architettonico, anche se esistono ancora alcuni limiti nell'utilizzazione dei modelli 3D. Il rischio di realizzare modelli "non-interpretati" o non sfruttati appieno nelle loro potenzialità di conoscenza e documentazione del patrimonio culturale, sottolinea la necessità di mettere a punto metodologie innovative in grado di incrementare il valore informativo fornito dai più recenti e avanzati sistemi di rilevamento e di rappresentazione, nonché dagli strumenti per la gestione dei dati digitali.

Lo sviluppo di modelli 3D di edifici caratterizzati da geometrie complesse o condizioni particolari, come avviene nel campo dei beni culturali, può ancora essere molto dispendioso, sia in termini di tempo che in termini economici, e generare grandi quantità di dati non facilmente accessibili. Il progetto europeo *INCEPTION - Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling*, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma *Horizon 2020* propone un sostanziale avanzamento nell'efficienza delle procedure e degli strumenti di rilievo 3D, in particolare per quanto riguarda la loro attitudine all'applicazione al patrimonio culturale tangibile: siti di interesse culturale, architetture storiche, siti archeologici, tessuti urbani ecc., diversificati da geometrie e caratteristiche non convenzionali e sempre diverse caso per caso.

Lo stato dell'arte e le fonti interdisciplinari e internazionali consultate a partire dalle prime fasi della ricerca, insieme a un'ampia esperienza di rilievo 3D integrato in diversi contesti, includono i più recenti contributi nel campo del rilievo del patrimonio culturale, della rappresentazione, modellazione e gestione delle banche dati digitali. Le principali metodologie utilizzate affrontano il problema della complessità degli attuali strumenti di gestione dei modelli 3D e dell'elaborazione dei risultati ottenuti attraverso nuove tecnologie per la rappresentazione al di là delle convenzioni 2D e 3D. I risultati sono spesso sorprendenti, in termini di potenzialità di navigazione del modello, ma talvolta impoveriti nel "vocabolario" espressivo della

rappresentazione di un modello di riferimento adeguato, che consente di indagare il materiale tangibile quanto i valori intangibili. La geometria dello spazio architettonico è uno strumento essenziale per gestire la rappresentazione spaziale utile a ottenere livelli di conoscenza e processi di documentazione e conservazione; il rilievo e la rappresentazione degli spazi architettonici del patrimonio culturale si configurano come strumenti essenziali per esplorare le morfologie architettoniche dalla bidimensionalità alla tridimensionalità e viceversa. Il confronto internazionale e l'analisi interdisciplinare di diversi indicatori (nell'ambito della documentazione, acquisizione ed elaborazione dei dati) finalizzati alla conoscenza del patrimonio culturale at-

Fig. 1. Schema della procedura di documentazione integrata sviluppata nel progetto INCEPTION. Le fasi operative vanno dall'acquisizione dei dati del patrimonio fino alla query semantica del modello tridimensionale.



traverso la modellazione 3D e l'interrogazione di database per l'estrazione dei dati sono fasi della ricerca già concluse, mentre i prossimi step riguarderanno lo sviluppo di modelli 3D avanzati per arricchire la conoscenza e la comprensione del patrimonio culturale [Ballabeni et al. 2015].

### Un patrimonio culturale europeo inclusivo attraverso la modellazione 3D semantica

Il progetto *INCEPTION*, finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del *Work Programme Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies* [1] è iniziato nel giugno del 2015. Il progetto è sviluppato da un consorzio di quattordici partner provenienti da dieci paesi europei, guidati dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara [2], coordinatore del progetto. Il gruppo di ricerca [3] include in modo ampio e allargato le diverse declinazioni di identità e diversità del patrimo-

nio culturale, valorizzando i sistemi di documentazione in grado di preservare memoria e identità del patrimonio culturale e concretizzando uno dei principali obiettivi che la Commissione Europea ha lanciato con il programma *Horizon 2020*: contribuire a una più approfondita consapevolezza e comprensione del tessuto culturale europeo come ispirazione per affrontare le sfide contemporanee, accrescendo la conoscenza del patrimonio e delle sue diverse identità europee. A tal fine, le nuove tecnologie e i processi di digitalizzazione giocano un ruolo chiave poiché consentono nuove e arricchite interpretazioni del nostro patrimonio culturale comune e collettivo.

Il consorzio interdisciplinare spazia nei campi specifici di interesse dei beni culturali, dalla documentazione e indagini diagnostiche del patrimonio alle strategie di salvaguardia, gestione e valorizzazione, fino alle tecnologie di acquisizione 3D, allo sviluppo di *hardware*, *software* e di piattaforme digitali finalizzate alla rappresentazione e disseminazione del patrimonio culturale, attraverso processi propri delle

Fig. 2. Schema riassuntivo delle priorità affrontate dal progetto sulla base delle richieste del Work Programme, le principali aree e l'approccio della ricerca collaborativa, i principali obiettivi, gli utenti delle innovazioni, gli strumenti di validazione e di disseminazione.

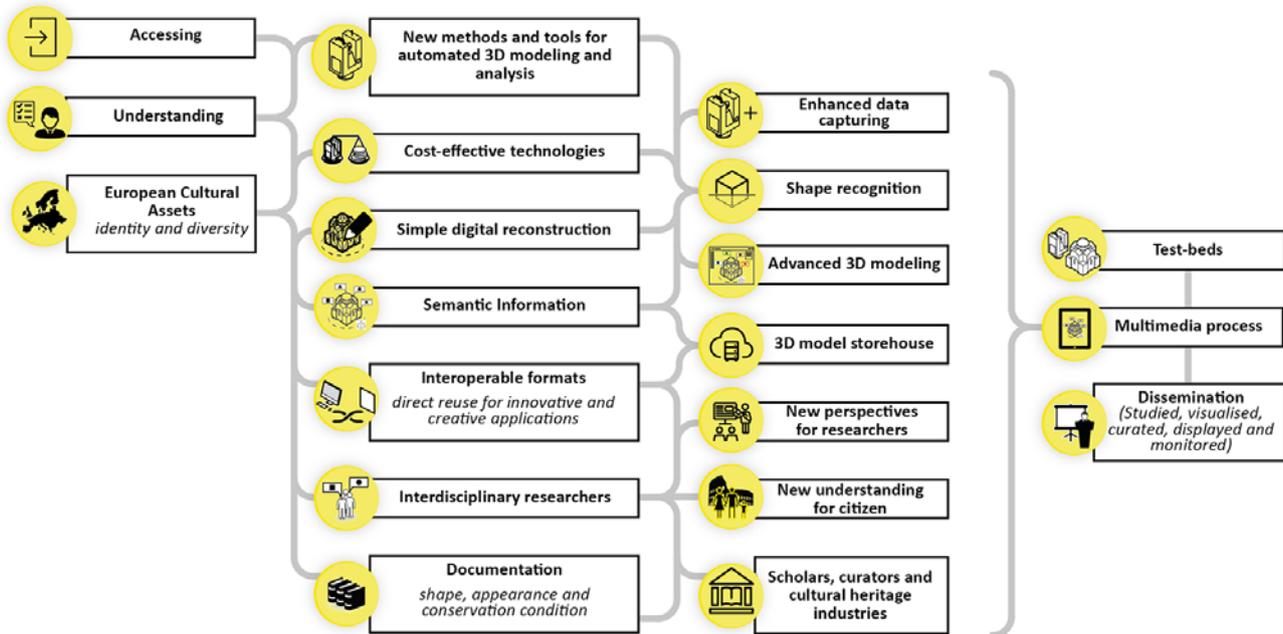
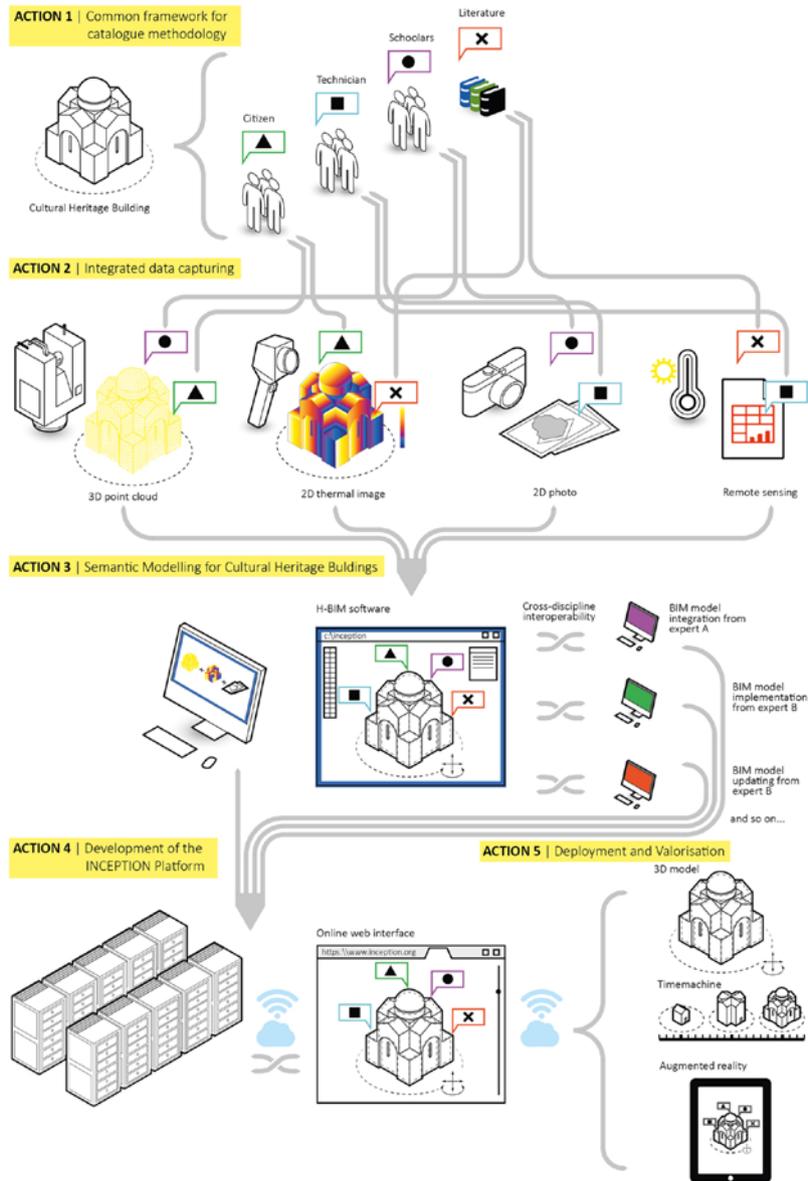


Fig. 3. Concept e metodologia del progetto: gestione della conoscenza, acquisizione integrata dei dati, modellazione semantica per spazi architettonici del patrimonio culturale, sviluppo della piattaforma, implementazione e valorizzazione.



ICT, all'analisi delle informazioni semantiche per un più ampio e approfondito utilizzo dei modelli digitali.

I principali obiettivi del progetto possono essere sintetizzati nelle seguenti azioni:

- stimolare e accrescere l'innovazione nella modellizzazione 3D del patrimonio culturale attraverso un approccio inclusivo per la ricostruzione 3D dinamica dei beni storico-architettonici e dei contesti sociali;
- creare una conoscenza inclusiva dell'identità e della diversità culturale europea promuovendo e facilitando le collaborazioni tra discipline, tecnologie e settori;
- sviluppare procedure economicamente efficienti per il rilievo 3D e la rappresentazione di edifici e siti culturali;
- sviluppare una piattaforma *web* semantica *open-standard* per l'accesso, l'elaborazione e la condivisione di modelli digitali interoperabili derivanti dal rilievo integrato 3D e della documentazione secondo i protocolli elaborati dal progetto. Parallelamente a strategie finalizzate alla definizione di un protocollo in grado di guidare le operazioni di digitalizzazione del patrimonio culturale, il progetto svilupperà nove casi studio, nove progetti pilota che, a partire dal riconoscimento delle specifiche esigenze di ogni singolo edificio o sito culturale, consentiranno di applicare diversi sistemi di acquisizione digitale per poi sviluppare una modellazione tridimensionale dedicata che renderà i modelli digitali utilizzabili da diverse categorie di utenti afferenti a diverse discipline, andando a popolare la piattaforma *INCEPTION*. Questi casi studio costituiranno le prime sperimentazioni per l'applicazione del protocollo di acquisizione 3D.

## Il Protocollo per il rilievo 3D integrato

Il *concept* generale e la metodologia del progetto *INCEPTION* includono la definizione di un approccio condiviso e interdisciplinare sulla documentazione del patrimonio culturale, il rilievo integrato, la modellazione semantica di edifici e siti storici, lo sviluppo della piattaforma e strategie di implementazione e valorizzazione. All'interno dei primi due ambiti di ricerca affrontati, obiettivo centrale è stato lo sviluppo di strategie volte all'ottimizzazione di un protocollo di acquisizione dati 3D [Di Giulio 2017] in grado di guidare i processi di digitalizzazione del patrimonio culturale, come strumento atto a impostare tutti i successivi passi del progetto. Il protocollo ottimizzato e la definizione dei parametri proposti come valore aggiunto al processo di acquisizione e gestione dei dati sono stati sviluppati,

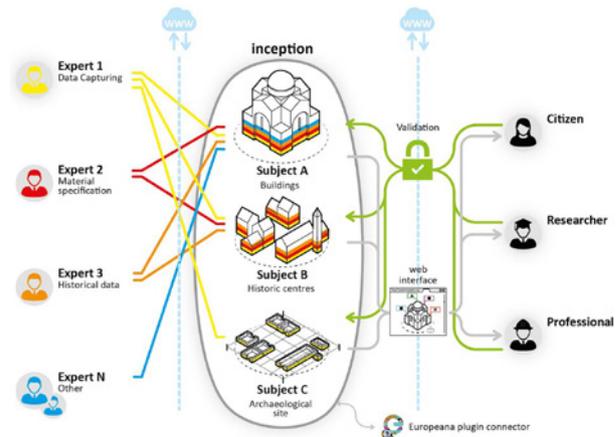


Fig. 4. Obiettivo di *INCEPTION* è l'innovazione nella modellizzazione 3D del patrimonio culturale attraverso un approccio inclusivo. Metodi e strumenti consentiranno di ottenere modelli 3D facilmente accessibili per diversi utenti e per scopi multidisciplinari.

innanzitutto, valutando criticamente lo stato dell'arte sulle metodologie di acquisizione oggi disponibili. L'innovazione proposta dal progetto *INCEPTION* è legata al tema specifico inerente la digitalizzazione dell'ambito spaziale (a scala architettonica e urbana), uno dei più importanti "contenitori" delle espressioni culturali che si identificano nell'evoluzione del concetto di identità culturale europea.

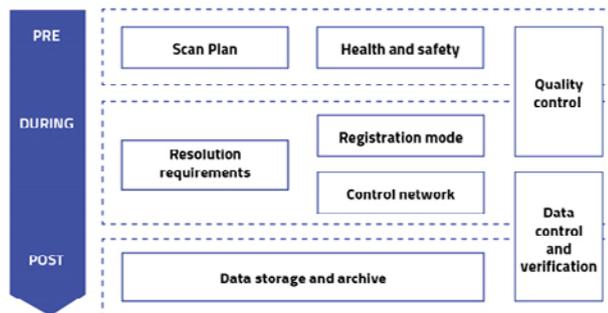
Il progetto sviluppa un approccio integrato capace di indagare sul potenziale degli spazi per creare nuove connessioni e consapevolezza nell'ambito del patrimonio culturale; l'architettura è un esempio eccezionale della dimensione concettuale multilivello del patrimonio europeo.

Il rilievo 3D dello spazio architettonico storico richiede un protocollo comune per l'acquisizione dei dati e il relativo miglioramento delle potenzialità, delle funzionalità e dell'efficienza, anche economica, delle tecnologie e degli strumenti di documentazione. Il protocollo considera l'unicità di ogni sito, attraverso indicatori di qualità quali tempo e costi, accuratezza e affidabilità dei dati, dati integrativi e proprietà semantiche come arricchimento dei modelli metrico-morfologici finalizzato a diverse applicazioni del patrimonio digitalizzato.

La combinazione di metodologie e protocolli innovativi, processi, metodi e strumenti è finalizzata a migliorare la comprensione e l'accessibilità del patrimonio culturale europeo

Fig. 5. Principali sfide nella documentazione 3D per la conservazione del patrimonio culturale in relazione ai principali passaggi del flusso di lavoro.

Fig. 6. Flusso di lavoro e indicatori di attività.



attraverso modelli 3D che diventano portatori di nuove conoscenze, incentivano la collaborazione tra diverse discipline, ottimizzano le procedure nell'uso dei modelli digitali. Tali procedure e applicazioni possono contribuire a incentivare la comunicazione e la collaborazione tra diverse figure di professionisti, esperti e altre tipologie di utenti.

Il *Data Acquisition Protocol* propone un flusso di lavoro per uno sviluppo coerente di procedure di indagine per il patrimonio culturale tangibile e definisce una metodologia comune per l'utilizzo dei modelli acquisiti in ambito di H-BIM su diversi tipi di edifici e per una vasta gamma di utenti tecnici e non [Pauwels et al. 2013]. Inoltre, il protocollo potrà configurarsi come strumento utile a qualsiasi ente o istituzione interessata a utilizzare procedure di rilievo finalizzate alla creazione di modelli semantici 3D H-BIM e alla loro implementazione nella piattaforma *INCEPTION*. Questo protocollo sarà testato e ulteriormente migliorato in base alle procedure specifiche in corso di sviluppo sui casi studio previsti nel progetto.

Il protocollo ha lo scopo di garantire uniformità nel rilievo 3D di tutti gli edifici che faranno parte della piattaforma *INCEPTION*.

Il protocollo considera un'ampia gamma di strumenti di acquisizione di dati 3D [Kadobayashi et al. 2004] in rapporto a utenti e tecniche correlate a discipline ed esigenze specifiche della documentazione digitale. Inoltre gli strumenti e le tecniche di rilievo 3D continuano a evolversi e il protocollo continuerà a essere rivisto e aggiornato per rispondere ai progressi tecnologici, alle metodologie e alle tendenze del settore; in ogni caso, l'applicazione del protocollo garantirà l'omogeneizzazione dei dati tra rilievi e obiettivi [Yen et al. 2011].

Il flusso di lavoro nelle operazioni di rilievo è stato suddiviso in otto fasi principali che definiscono i requisiti specifici e i relativi indicatori di attività:

1. progetto di rilievo;
2. salute e sicurezza;
3. requisiti di risoluzione;
4. modalità di registrazione;
5. rete di controllo;
6. controllo della qualità;
7. controllo e verifica dei dati;
8. salvataggio e archiviazione dati.

Ogni azione del flusso di lavoro deve essere intesa come un insieme di domande a cui il tecnico o l'operatore incaricato di eseguire l'indagine deve rispondere per ottenere i dati utili alle finalità del rilievo. Le domande diventano

un sistema di misura per verificare i requisiti del rilievo; la capacità di trovare la risposta giusta definisce il livello di qualità. Sulla base della procedura, ogni singola domanda diventa un indicatore di attività che contribuisce a creare una classificazione specifica nella valutazione della procedura di rilievo. Non tutti gli indicatori di attività sono sempre obbligatori: se nell'ambito della campagna di rilievo solo il numero minimo di domande trova una risposta, la procedura di acquisizione sarà classificata nel *range* inferiore. Al contrario, se ogni elemento viene preso in considerazione, la classe di riferimento sarà la più alta.

Nel caso di procedure direttamente confrontabili sulla base del protocollo, lo specifico indicatore di attività definisce una gamma di valori. Invece, quando sono disponibili procedure alternative, il protocollo specifica la loro conformità alle categorie di valutazione. A tal fine sono definite quattro categorie incrementalì:

B: si tratta della categoria di valutazione minima affinché il rilievo sia conforme alla piattaforma *INCEPTION*. È utilizzata per edifici molto semplici o per la creazione di un modello BIM con un basso livello di dettaglio per la ricostruzione digitale mirata ad applicazioni di realtà virtuale o realtà aumentata, e per la visualizzazione in generale. In questo caso, il valore metrico del modello è meno importante del valore morfologico;

A: categoria dedicata a scopi documentali in cui i valori metrici e morfologici sono equivalenti in termini di impatto sul rilievo, che deve essere pianificato e progettato preliminarmente. Il processo di registrazione dei dati 3D acquisiti non può essere basato solo sul metodo morfologico, ma

deve essere implementato attraverso una rete di controllo topografico ed, eventualmente, da dati GPS;

A+: è la categoria di valutazione più adatta a rilievi finalizzati alla conservazione, poiché solo i rilievi conformi a questa categoria possono essere uno strumento utile come supporto a progetti di restauro che necessitano di dati metrici estremamente corretti. A partire da un rilievo classificato come A+ è possibile elaborare modelli BIM e disegni CAD 2D fino alla scala 1:20. La fase di progetto del rilievo ha più importanza rispetto alle categorie precedenti, per pianificare e gestire le operazioni scegliendo gli strumenti più adeguati. La gestione dei dati e la correzione degli errori metrici si basano anche su metodologie importate dalla topografia, in particolare per quanto riguarda la registrazione di diverse scansioni. La fase di documentazione prevede di organizzare le informazioni in metadati e paradatai [Apollonio, Giovannini 2015]. Il processo inoltre integra la fase di controllo della qualità;

A++: in aggiunta alle specifiche descritte nelle categorie precedenti, la A++ consente di ricostruire come è stato eseguito il rilievo in ogni singola fase, integrando un rilievo realizzato in tempi diversi. Questa categoria di valutazione è adatta per edifici molto complessi in cui il processo di rilievo deve essere documentato e identificato al fine di ottenere il massimo controllo sui dati o in quelle operazioni di rilievo in cui un eventuale processo di monitoraggio avvenga in un periodo di tempo non continuo. La categoria A++ può essere applicata anche nel caso in cui il rilievo sia realizzato da diverse squadre di tecnici, simultaneamente o in sequenza, con diversi strumenti di acquisizione e diverse accuratèzze.

Fig. 7. Aggregazione degli indicatori per l'individuazione delle categorie di valutazione.

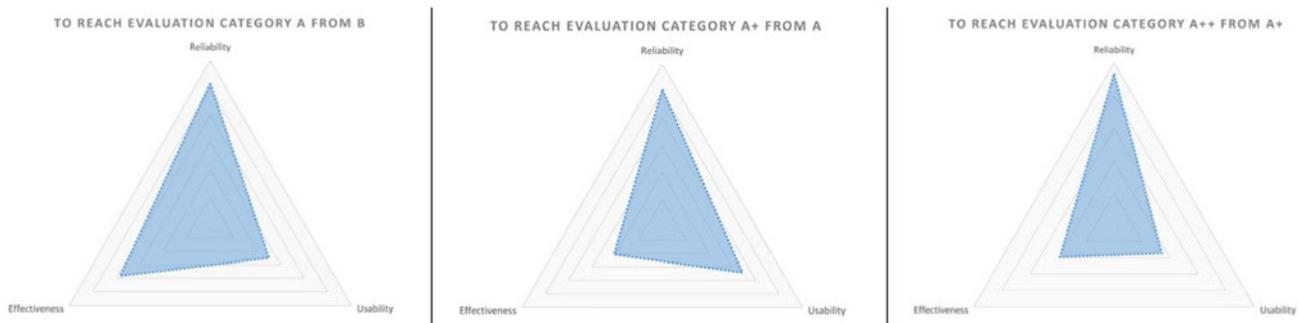
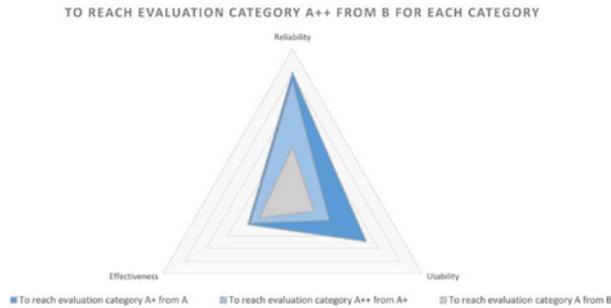


Fig. 8. Aggregazione dei dati per ogni categoria del protocollo.



### Considerazioni preliminari sullo sviluppo del protocollo

Al fine di comprendere l'impatto del protocollo elaborato nell'ambito di *INCEPTION*, è stata organizzata una griglia di valutazione specifica, a partire da tre funzionalità standard: qualità, tempo e costo.

Ogni elemento chiave per la valutazione dei benefici e dei valori aggiunti [Eppich, Chabbi 2007] è specificatamente affrontato esaminando gli obiettivi principali del progetto *INCEPTION*. Poiché il processo di valutazione considera il punto di vista degli utenti finali, che potrebbero essere tecnici o meno, le funzionalità sono state considerate come segue:

- la qualità può essere valutata come livello di affidabilità del rilievo in rapporto alla sua finalità;
- il tempo può essere valutato come il grado di usabilità dei dati acquisiti;
- il costo può essere valutato come la potenzialità di efficacia del rilievo.

La qualità di un rilievo potrebbe essere meglio descritta come la capacità di conformarsi agli standard e garantire un supporto a lungo termine [Bryan, Barber, Mills 2004]. Per questo motivo, le caratteristiche chiave di un'indagine affidabile sono:

- "manutenzione" del rilievo: possibilità di aggiornare costantemente un database di rilievo durante l'utilizzo quotidiano per scopi ordinari, arricchendolo di nuove informazioni o minime variazioni;
- integrazione del rilievo: possibilità di eseguire importanti

aggiornamenti nei dati rilevati, aggiungere una nuova parte di un edificio o di un sito, precedentemente non incluso nel rilievo, o di eseguire un'analisi più accurata delle parti del modello già esistenti;

- obsolescenza tecnologica: poiché l'*hardware* e il *software* per la gestione dei dati si stanno evolvendo con estrema rapidità, l'applicazione di strategie per evitare l'obsolescenza tecnologica diventata una caratteristica fondamentale per garantire l'affidabilità del rilievo nel tempo.

La valutazione dei benefici in termini di dispendio di tempo può essere effettuata tenendo conto dell'usabilità del rilievo e del risparmio di tempo da parte degli utenti finali. Uno degli obiettivi principali della procedura è infatti la capacità di risparmiare tempo nella fase di elaborazione.

Il *Data Acquisition Protocol* e l'adozione di uno standard condiviso tra tecnici esecutori del rilievo e utenti finali possono portare un forte valore aggiunto in termini di facilità di utilizzo. Per questo motivo, le caratteristiche chiave di un rilievo utilizzabile sono:

- procedura codificata: al fine di garantire la piena comprensione dell'*output*;
- strumenti di collaborazione: per l'eventuale creazione di dati da parte di diversi *team* in momenti diversi.

Il costo di un rilievo dipende anche dalla qualità finale e dal tempo necessario per eseguirlo. Per questa ragione, la misura dell'efficacia può essere un parametro più appropriato per valutare il valore aggiunto. Le principali caratteristiche di un'indagine efficace possono pertanto essere:

- flessibilità sul campo: possibilità di utilizzare gli strumenti appropriati per produrre la necessaria quantità di dati qualitativi, evitando strumentazioni troppo costose e quindi spesso sottoutilizzate;
- facilità di implementazione: capacità di utilizzare facilmente gli stessi dati forniti dal rilievo per diversi tipi di implementazione e applicazione diretta a diversi scopi;
- capacità di comprensione: interpretare e comprendere facilmente i dati forniti dal rilievo da parte di un utilizzatore finale non tecnico o privo di una qualifica specifica.

Per misurare i benefici e i valori aggiunti del protocollo, i tipici processi di rilievo e documentazione nel campo dei beni culturali sono stati classificati per accoppiare un numero potenzialmente infinito di casi singoli e specifici.

Sono stati individuati i principali collegamenti tra le categorie di indagine e le categorie di valutazione del protocollo, e il protocollo è stato a sua volta suddiviso in tre ambiti, in base ai requisiti necessari per raggiungere la categoria superiore in rapporto all'affidabilità, all'usabilità e all'efficacia.

## Conclusioni

L'integrazione dei dati digitali e le possibilità di riutilizzo delle risorse digitali è una delle sfide più importanti per la protezione e la conservazione degli edifici e dei contesti storici e per una gestione efficiente a lungo termine della "memoria geometrica". La necessità di un futuro riutilizzo di tali dati quantitativi, qualitativi e descrittivi richiede nuove applicazioni per facilitare l'accesso alle informazioni raccolte in banche dati tridimensionali senza compromettere la qualità e la quantità delle informazioni acquisite in fase di rilievo. Inoltre, la vocazione di *INCEPTION* per lo "spazio" implica:

- comprendere come lo spazio (definito dalle sue caratteristiche geometriche e morfometriche) può essere la connessione con la dimensione temporale; la relazione spazio/tempo può essere una metafora della memoria (collettiva ed europea) comprensibile e quindi inclusiva;
- capire come lo spazio (architettonico, urbano e ambientale) abbia una propria caratteristica dinamica che non solo offre la possibilità di navigare e scoprire il patrimonio culturale, ma identifica anche l'opzione di scegliere cosa memorizzare in un certo tempo e perché;
- capire che solo attraverso lo spazio (e la sua complessità) è possibile raccogliere un alto livello di conoscenze multifunzione fortemente legate al processo di rappresentazione su più scale.

L'identificazione del ruolo multifunzionale e multiscala del modello consente di sfruttare i dati, spesso non semplici e complessi (ottenuti dall'analisi geometrica e non solo del contesto architettonico e urbano) a diversi livelli, nel tempo e da diversi attori.

In questo approccio si identifica il valore dell'accessibilità del processo, fino ad ora mai consentito alla scala spaziale o realizzato attraverso una mera navigazione visiva

spesso non interpretata (un approccio molto lontano dalle necessità della conoscenza, della comprensione e della conservazione). L'integrazione dei dati 3D è coerente con la tendenza degli *open linked data* e *big data* per la visualizzazione e la condivisione del "web semantico". *INCEPTION*, in tal senso, propone diversi livelli di approfondimento coerenti ai progetti di ricerca ICT che identificano tecnologie appropriate al fine di sostenere una sempre più efficiente condivisione *web* dei dati. Il progetto cercherà di dare una risposta all'utilizzo dei dati in relazione a diverse possibili correlazioni nel settore dei beni culturali (sviluppo turistico, accessibilità, ricostruzioni storiche, identificazione in tempo reale dello stato di conservazione ecc.).

Partendo dalle più recenti innovazioni nel rilevamento 3D e nei sistemi di documentazione digitale, il progetto, attraverso il protocollo ottimizzato, si pone l'obiettivo di:

- chiudere il divario tra tecnici specializzati e utenti non tecnici coinvolti nella documentazione del patrimonio culturale;
- fornire una guida agli utenti e agli sviluppatori di tecnologie di rilevamento, condividendo le caratteristiche previste per raggiungere i principali obiettivi della documentazione del patrimonio culturale e del rilievo integrato;
- definire una procedura comune per il recupero dei dati di eventuali precedenti rilievi; operare una efficiente catalogazione e digitalizzazione; ampliare la conoscenza delle caratteristiche geometriche, superficiali e strutturali; supportare l'analisi dello stato di conservazione; disporre di strumenti per la manutenzione di interventi programmati a breve e lungo termine.

Il protocollo ottimizzato e i parametri di affidabilità, usabilità ed efficacia proposti come valore aggiunto alla procedura di rilievo integrato saranno inoltre implementati come *input* per la configurazione delle applicazioni per diversi utenti.

## Note

[1] Il progetto *INCEPTION* è stato candidato nell'ambito del *Work Programme Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies (Call - Reflective Societies: Cultural Heritage and European Identities, Reflective-7-2014, Advanced 3D modelling for accessing and understanding European cultural assets)*. Il progetto è finanziato dal Programma *Horizon 2020* dell'Unione Europea tra i progetti *Research and Innovation, Grant agreement no 665220*.

[2] Coordinatore Scientifico del progetto è il prof. Roberto Di Giulio, Direttore del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara. Il *team* di coordinamento include il Laboratorio *TekneHub* del Tecnopolo di Ferrara, afferente alla Piattaforma Costruzioni della Rete

Alta Tecnologia Emilia-Romagna, coinvolto nel progetto con competenze interdisciplinari assieme al gruppo di coordinamento del Dipartimento di Architettura di Ferrara.

[3] La componente accademica del Consorzio, oltre al Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara, comprende l'Università di Lubiana (Slovenia), la National Technical University of Athens (Grecia), la Cyprus University of Technology (Cipro), l'Università di Zagabria (Croazia), i centri di ricerca Consorzio Futuro in Ricerca (Italia) e Cartif (Spagna). Il gruppo delle piccole e medie imprese vede impegnate: DEMO Consultants BV (Olanda), 3L Architects (Germania), Nemoris (Italia), RDF (Bulgaria), I 3BIS Consulting (Francia), Z+F (Germania) e Vision Business Consultants (Grecia).

## Autori

Marcello Balzani, Centro DIAPReM, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, [bzm@unife.it](mailto:bzm@unife.it)  
 Federica Maietti, Centro DIAPReM, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, [federica.maietti@unife.it](mailto:federica.maietti@unife.it)

## References

- Andrews, D., Bedford, J., Paul, B. (2015). *Metric Survey Specifications for Cultural Heritage*. United Kingdom: Historic England.
- Apollonio, F.I., Giovannini, E.C. (2015). A paradata documentation methodology for the Uncertainty Visualization in digital reconstruction of CH artifacts. In *SCIRES-IT-SCientific RESersch and Information Technology*, vol. 5, Issue 1 (2015), pp. 1-24.
- Ballabeni, A. et al. (2015). Advances in image pre-processing to improve automated 3D reconstruction. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4, pp. 315-323.
- Bianchini, C. (2014). Survey, Modelling, Interpretation as Multidisciplinary Components of a Knowledge System. In *SCIRES-IT-SCientific RESersch and Information Technology*, vol. 4, Issue 1, pp. 15-24.
- Bryan, P.G., Barber, D.M., Mills, J.P. (2004). Towards a standard specification for terrestrial laser scanning in cultural heritage-one year on. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35 (B7), pp. 966-971.
- Centofanti, M., Brusaporci, S. (2013). *Modelli complessi per il patrimonio architettonico-urbano*. Roma: Gangemi editore.
- Di Giulio, R. et al. (2017). Integrated data capturing requirements for 3D semantic modelling of Cultural Heritage: the INCEPTION Protocol. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3, pp. 251-257.
- Docci, M., Chiavoni, E., Paolini, P. (2007). *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi editore.
- Docci, M., Gaiani, M., Migliari, R. (2001). Una nuova cultura per il rilevamento. In *Disegnare. Idee, immagini*, n. 23, pp. 37-46.
- Eppich, R., Chabbi, A. (a cura di). (2007). *Recording, Documentation and Information Management for the Conservation of Heritage Places: Illustrated Examples*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Giandebiaggi, P., Vernizzi, C. (a cura di). (2014). *Italian survey & international experience*. Atti del 36° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Parma, 18-20 settembre 2014. Roma: Gangemi editore.
- Ippoliti, E., Meschini, A. (2010). Dal "modello 3D" alla "scena 3D". Prospettive e opportunità per la valorizzazione del patrimonio culturale architettonico e urbano. In *DisegnareCon*, vol. 3, n. 6 (2010), pp. 77-91.
- Kadobayashi, R. et al. (2004). Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(5), pp. 401-406.
- Letellier, R., Schmid, W., LeBlanc, F. (2007). *Guiding Principles Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Logethis, S., Delinasiou, A., Stylianidis, E. (2015). Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review. In *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, pp. 177-183.
- Manferdini, A.M., Galassi, M. (2013). Assessments for 3D reconstructions of Cultural Heritage using digital technologies. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4, pp. 167-174.
- Pauwels, P. et al. (2013). Integrating building information modelling and semantic web technologies for the management of built heritage information. In *Digital Heritage International Congress (Digital Heritage)*, vol. 2, pp. 481-488. Marseille, 28 ottobre-1 novembre. Danvers, MA: IEEE.
- Stylianidis, E., Patias, P., Santana Quintero, M. (2011). *CIPA heritage documentation: best practices and applications*. Series 1, 2007-2009: XXI International Symposium-CIPA 2007, Athens, XXII International Symposium-CIPA 2009, Kyoto. International archives of photogrammetry and remote sensing, 38-5/C19.
- Yen, Y.N. et al. (2011). *The Standard of Management and Application of Cultural Heritage Documentation Cultural Heritage Documentation*. XXIIIrd Symposium CIPA, pp. 354-363. Praga, 12-16 settembre 2011.
- Zlot, R. et al. (2014). Efficiently capturing large, complex cultural heritage sites with a handheld mobile 3D laser mapping system. In *Journal of Cultural Heritage*, 15, pp. 670-678.