

diségno 1.2017

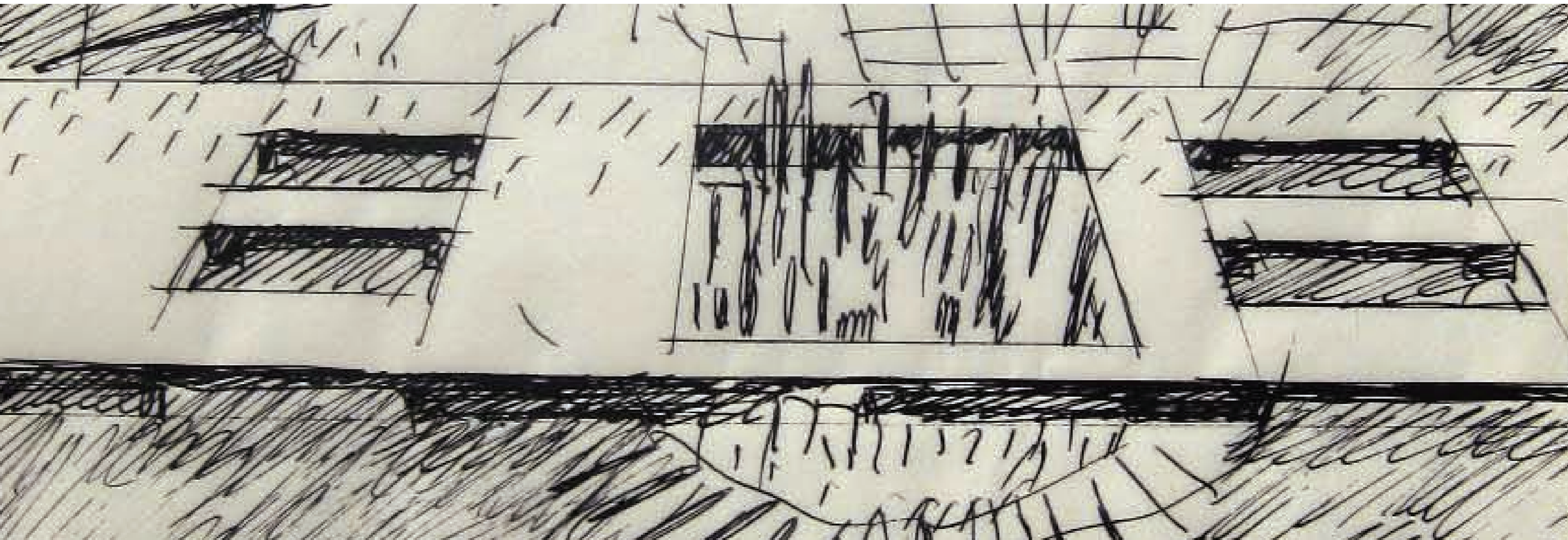


unione italiana disegno

1.2017

# diségno

ISSN 2533-2899



# diségnò

1.2017

LE RAGIONI DEL DISEGNO

# diségno



Rivista semestrale della società scientifica Unione Italiana per il Disegno  
n. 1/2017  
<http://disegno.unioneitalianadisegno.it>

## Direttore responsabile

*Vito Cardone*, Presidente dell'Unione Italiana per il Disegno

## Comitato editoriale - indirizzo scientifico

### Comitato Tecnico Scientifico dell'Unione Italiana per il Disegno (UID)

*Piero Albisinni*, Sapienza Università di Roma - Italia  
*Fabrizio I. Apollonio*, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna - Italia  
*Paolo Belardi*, Università degli Studi di Perugia - Italia  
*Stefano Bertocci*, Università degli Studi di Firenze - Italia  
*Carlo Bianchini*, Sapienza Università di Roma - Italia  
*Vito Cardone*, Università degli Studi di Salerno - Italia  
*Mario Centofanti*, Università degli Studi dell'Aquila - Italia  
*Emanuela Chiavoni*, Sapienza Università di Roma - Italia  
*Michela Gigola*, Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale - Italia  
*Antonio Conte*, Università degli Studi della Basilicata - Italia  
*Antonella di Luggo*, Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Italia  
*Mario Ducci*, Sapienza Università di Roma - Italia  
*Francesca Fatta*, Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria - Italia  
*Paolo Giandebiaggi*, Università degli Studi di Parma - Italia  
*Andrea Giordano*, Università degli Studi di Padova - Italia  
*Elena Ippoliti*, Sapienza Università di Roma - Italia  
*Francesco Maggio*, Università degli Studi di Palermo - Italia  
*Anna Marotta*, Politecnico di Torino - Italia  
*Livio Sacchi*, Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara - Italia  
*Rossella Salerno*, Politecnico di Milano - Italia  
*Alberto Sdegno*, Università degli Studi di Trieste - Italia  
*Ornella Zerlenga*, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" - Italia

### Membri di strutture straniere

*Caroline Astrid Bruzelius*, Duke University - USA  
*Glaucia Augusto Fonseca*, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasile  
*Pilar Chías Navarro*, Universidad de Alcalá - Spagna  
*Frank Ching*, University of Washington - USA  
*Livio De Luca*, UMR CNRS/MCC MAP, Marseille - Francia  
*Roberto Ferraris*, Universidad Nacional de Córdoba - Argentina  
*Ángela García Codoñer*, Universitat Politècnica de València - Spagna  
*Pedro Antonio Janeiro*, Universidade de Lisboa - Portogallo  
*Michael John Kirk Walsh*, Nanyang Technological University - Singapore  
*Jacques Laubscher*, Tshwane University of Technology - Sudafrica  
*Cornelie Leopold*, Technische Universität Kaiserslautern - Germania  
*Carlos Montes Serrano*, Universidad de Valladolid - Spagna  
*César Otero*, Universidad de Cantabria - Spagna  
*Guillermo Peris Fajarnes*, Universitat Politècnica de València - Spagna  
*José Antonio Franco Taboada*, Universidade da Coruña - Spagna

## Comitato editoriale - coordinamento

*Fabrizio I. Apollonio*, *Paolo Belardi*, *Francesca Fatta*, *Andrea Giordano*, *Elena Ippoliti*, *Francesco Maggio*, *Alberto Sdegno*.

## Comitato editoriale - staff

*Laura Carlevaris* (coordinamento), *Enrico Cicalò*, *Giampiero Mele*, *Valeria Menchetelli*, *Cosimo Monteleone*, *Paola Raffa*, *Alberto Sdegno* (delegato del Comitato editoriale - coordinamento).

## Progetto grafico

*Paolo Belardi*, *Enrica Bistagnino*, *Enrico Cicalò*, *Alessandra Cirafici*.

## Segreteria di redazione

piazza Borghese 9, 00186 Roma  
[redazione.rivista@unioneitalianadisegno.it](mailto:redazione.rivista@unioneitalianadisegno.it)

## In copertina

Superstudio, *New York Redevelopment. Extension of Central Park*, 1969, particolare.

Gli articoli pubblicati sono sottoposti a procedura di doppia revisione anonima (double blind peer review) che prevede la selezione da parte di almeno due esperti internazionali negli specifici argomenti.

Per il numero 1, anno 2017, la procedura di valutazione dei contributi è stata affidata ai seguenti referee:

*Piero Albisinni*, *Stefano Bertocci*, *Carlo Bianchini*, *Marco Bini*, *Caroline Astrid Bruzelius*, *Vito Cardone*, *Mario Centofanti*, *Francesco Cervellini*, *Emanuela Chiavoni*, *Pilar Chías*, *Antonio Conte*, *Cesare Cundari*, *Laura De Carlo*, *Roberto de Rubertis*, *Antonella di Luggo*, *Edoardo Dotto*, *Maria Linda Falcidieno*, *José Antonio Franco Taboada*, *Andrea Giordano*, *Massimo Giovannini*, *Francesco Maggio*, *Emma Mandelli*, *Anna Marotta*, *Carlos Montes Serrano*, *Alberto Sdegno*.

Published in December 2017

ISSN 2533-2899



# 1.2017

# diségno

5 *Vito Cardone*

## Editoriale

9 *Adolfo Natalini*

## Copertina

Quattro frammenti sul disegno

16 *Pedro Cano*

## Immagine

Teatro Marittimo di Villa Adriana

17 *Emanuela Chiavoni*

Pedro Cano e il Teatro Marittimo di Villa Adriana

## LE RAGIONI DEL DISEGNO

### Le ragioni del disegno come strumento di studio e approccio alla conoscenza

23 *Marco Bini*

Considerazioni sul disegno come rappresentazione dello spazio e approccio alla conoscenza

35 *Fabrizio I. Apollonio*  
*Marco Gaiani*  
*Federico Fallavollita*  
*Elisabetta C. Giovannini*  
*Riccardo Foschi*

Un viaggio nel quattordicesimo secolo. Una ricostruzione digitale di piazza delle Erbe a Verona

45 *Ornella Zerlenga*

Disegnare le ragioni dello spazio costruito. Le scale aperte del '700 napoletano

### Le ragioni del disegno come espressione della creatività e traccia del pensiero progettuale

59 *Franco Purini*

Osservazioni elementari sul disegno

73 *Massimiliano Ciammaichella*

Animazioni di corpi rappresentati, tra scienza e progetto

83 *Noelia Galván Desvaux*  
*Antonio Álvaro Tordesillas*

Louis Kahn, el comienzo de la arquitectura. Notas sobre el silencio y la luz

### Le ragioni del disegno come documento e protocollo per la rappresentazione

95 *Livio De Luca*

Formalismes, méthodes et outils pour l'analyse morphologique à grande échelle des formes du patrimoine architectural

103 *Giuseppe Amoroso*

Caratteri dello spazio solido barocco nel tabernacolo prospettico di Bitonti e Borromini a Bologna

113 *Marcello Balzani*  
*Federica Maietti*

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

### **Le ragioni del disegno come narrazione**

- 125 *Pilar Chías Navarro* Las razones del dibujo como narración
- 131 *Francesca Fatta*  
*Manuela Bassetta* Disegni, letture e rappresentazioni dello spazio-tempo. Una *time-line* per la descrizione della città classica
- 143 *Elena Ippoliti* Rinnovare lo sguardo. Il disegno e le sue pratiche: rappresentare, comunicare, narrare

### **RUBRICHE**

#### **Letture/Riletture**

- 159 *Andrea Giordano*  
*Francesco Maggio* *La figurazione dello spazio architettonico* di Gaspare de Fiore

#### **Eventi**

- 167 *Antonio Conte* Giornate di studio *Architettura fortificata. Rilievo e restauro*
- 170 *Edoardo Dotto* *Disegno, Memoria, Progetto*
- 174 *Federico Ferrari* L'esperienza di terza missione della UID al *Salone del Restauro-Musei* di Ferrara
- 177 *Paola Puma* *Uniscape En-Route Seminars*
- 180 *Alberto Sdegno* Recenti iniziative italiane sul BIM

- 187 **La biblioteca dell'UID**

# 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

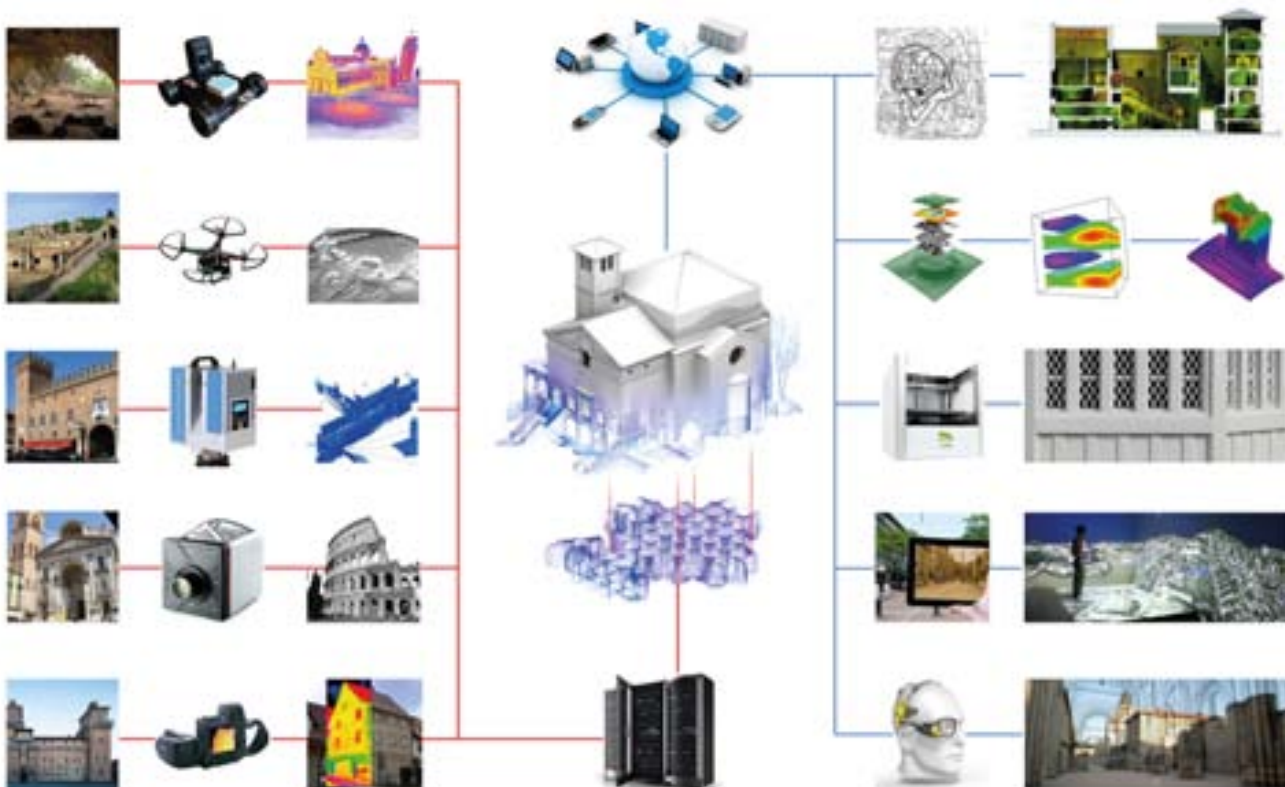
Il crescente sviluppo delle tecnologie laser scanner 3D consente di creare database di informazioni morfometriche tridimensionali; questi "archivi digitali" sono uno strumento di ricerca estremamente prezioso nel settore dei beni culturali: la "memoria geometrica" è essenziale per la conoscenza, la tutela 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.

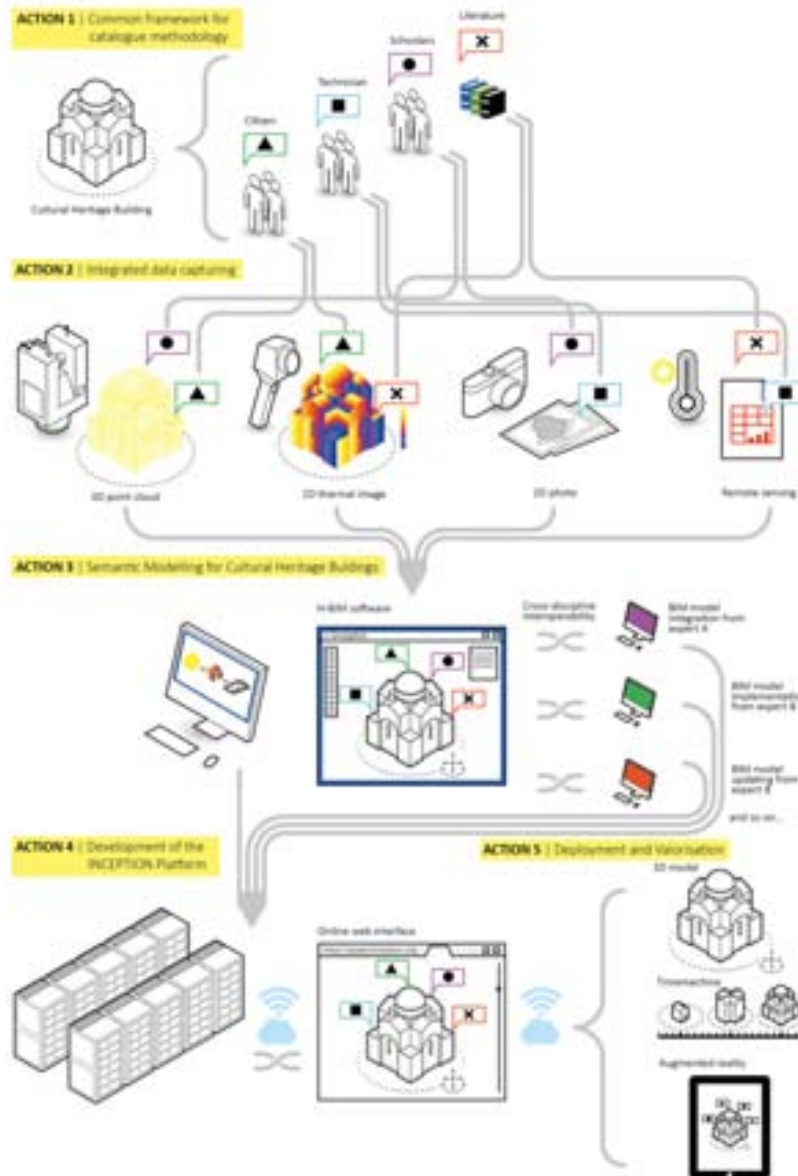
Il consorzio interdisciplinare spazia nei campi specifici di interesse dei beni culturali, dalla documentazione e indagini diagnostiche del patrimonio alle strategie di salvaguardia, gestione e valorizzazione, fino alle tecnologie di acquisizione 3D, allo sviluppo di *hardware*, *software* e di piattaforme 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,

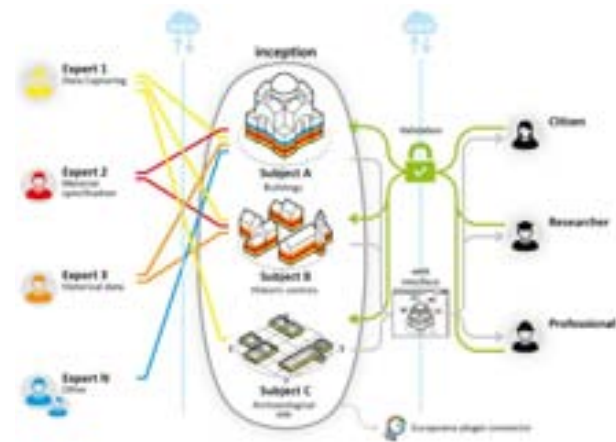


Fig. 4. Obiettivo di *INCEPTION* è l'innovazione nella modellizzazione 3D del patrimonio culturale attraverso un approccio inclusivo. Metodi e strumenti consentiranno di ottenere modelli 3D facilmente accessibili per diversi utenti e per scopi multidisciplinari.

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;

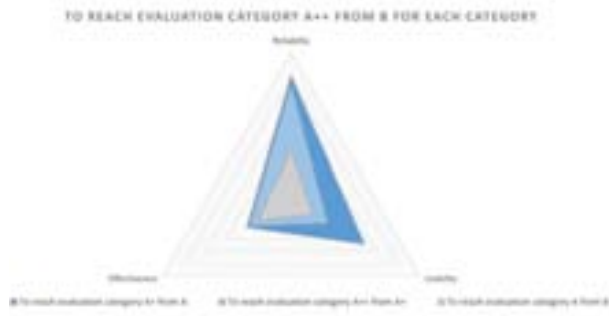
A+: è la categoria di valutazione più adatta a rilievi finalizzati alla conservazione, poiché solo i rilievi conformi a questa categoria possono essere uno strumento utile come supporto a progetti di restauro che necessitano di dati metrici estremamente corretti. A partire da un rilievo classificato 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.

# Architectural Space in a Protocol for an Integrated 3D Survey aimed at the Documentation, Representation and Conservation of Cultural Heritage

Marcello Balzani, Federica Maietti

## Abstract

*Architectural space becomes the connective fabric for the creation of a protocol for optimizing 3D documentation of cultural heritage. The methodology set as a priority the unconventional features/geometries, unique and complex within heritage, avoiding the 'segmentation' of the acquired data and facilitating data access and use through an inclusive approach. The elaboration of the protocol for the advancement of data management processes is part of the INCEPTION project, Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling, coordinated by the Department of Architecture of the University of Ferrara and funded by the European Commission within the Horizon 2020 program. The project is currently ongoing, and approaching the end of the second year of development. Future actions are related to the practical application of the holistic digital documentation procedure and of the optimized 3D data acquisition protocol of nine selected case studies in six European countries. The selected sites are representative of different types of cultural heritage assets, for the implementation of the methodology and necessary tools, based on criteria that cover different historical periods, a wide range of sizes and morphologies, different states of conservation, environmental conditions and various risk factors. Planned test-beds in significant heritage sites will allow validation of the documentation methodology, the necessary tools in terms of access and interaction with the 3D digital model and the different outcomes based on an inclusive access by different users of semantic models.*

*Keywords: protocol, representation, 3D integrated survey, cultural heritage, integrated documentation*

## Introduction

The increasing development of 3D laser scanner technologies allows the creation of high definition databases based on three-dimensional morphometric data. These 'digital archives' are an extremely valuable research tool in the field of cultural heritage: 'geometric memory' is essential for the knowledge, protection and conservation of architectural and historic heritage, although there are still some limits to the exploitation of 3D models obtained by laser scanner survey. The growing number of unexploited and 'uninterpreted' 3D models points out the need for innovative methods that could increment the informative value provided by new systems for surveying and representation as well as digital data management tools.

The development of 3D models characterized by com-

plex geometries or particular conditions, such as occurs in the cultural heritage field, can still be time-consuming and expensive, and generate large amounts of not-easily-accessible data. The European project INCEPTION - Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling, funded by the European Commission within the Horizon 2020 program, proposes the enhancement of efficiency in 3D data capturing procedures and devices, especially as regards their suitability and aptitude for tangible cultural assets: heritage sites, historical architecture, archaeological sites, urban fabrics, characterized by unconventional features and geometries and always different, case by case.

The state of the art and interdisciplinary and international references consulted starting from the first research sta-



ges, together with a wide on-site experience of integrated 3D survey in various contexts, include the most recent contributions in the field of the survey of cultural heritage, representation, modelling and management of digital databases.

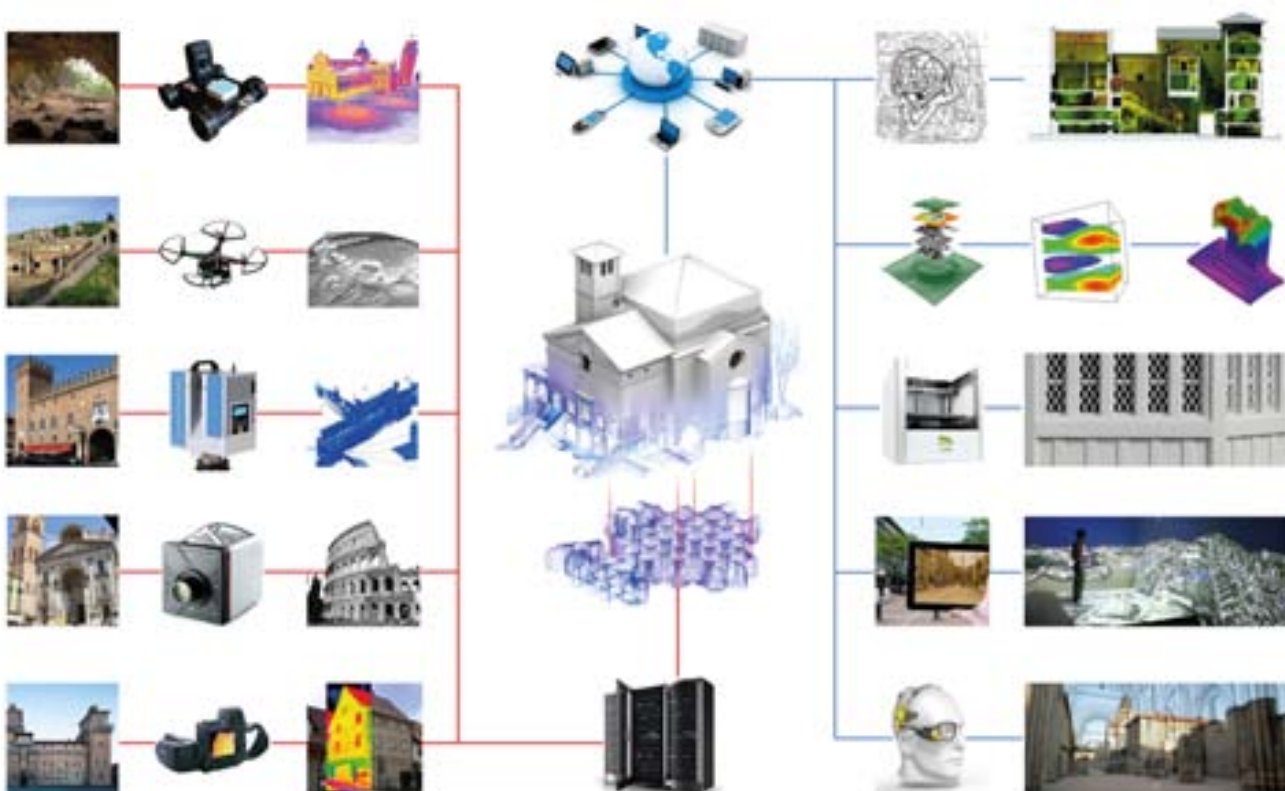
The main methodologies used address the problem of the complexity of current tools for the management of 3D models and the processing of results obtained by employing new technologies for representation beyond the 2D and 3D conventions. These outcomes are very often surprising, in terms of the model's navigational potential, but sometimes impoverished in the expressive 'vocabulary' of the representation of a proper reference model, which

allows the investigation of the tangible material as well as the intangible values.

Architectural space geometry is an essential tool for managing spatial representation, useful for obtaining levels of knowledge and processes of documentation and conservation; survey and representation of heritage architectural spaces are an effective tool for exploring architectural morphologies from the two- to the three-dimensionality and vice versa.

An international comparison and interdisciplinary analysis of several indicators (within documentation, data acquisition and processing) aimed at the knowledge of cultural heritage through 3D modeling and database

Fig. 1. Diagram of the integrated documentation procedure developed within the INCEPTION project. The operational phases range from the acquisition of heritage data to the semantic query of three-dimensional models.



querying for data extraction are phases of the research that have already been completed, while the future steps will develop advanced 3D modeling to enhance the knowledge and understanding of cultural heritage.

### Inclusive cultural heritage in Europe through 3D semantic modeling

The INCEPTION project funded by the European Commission, within the context of the *Work Programme Europe in a changing world – inclusive, innovative and reflective societies*, [1] started in June 2015. The project is developed by a consortium of fourteen partners from ten European countries led by the Department of Architecture of the University of Ferrara [2], coordinator of the project. The research team [3] includes, in a broad manner, the different aspects of identity and diversity of cultural heritage, enhancing the documentation systems able to preserve

its memory and identity, and putting into effect one of the main challenges that the European Commission has launched with the Horizon 2020 program: to contribute to a deeper awareness and understanding of the European cultural fabric as inspiration for addressing contemporary challenges, increasing the knowledge of heritage and its different European identities. To this purpose, new technologies and digitization processes play a key role since they allow new and enhanced interpretations of our common and collective cultural heritage. The interdisciplinary consortium ranges in the different specific fields of interest of cultural heritage, from the documentation and diagnostic analyses of heritage, to the strategies for its protection, management and enhancement, to 3D acquisition technologies, to the development of hardware, software and digital platforms for the representation and dissemination of cultural heritage, through ICT processes, to the analysis of semantic information for a wider and more extensive use of digital models.

Fig. 2. Diagram summarizing the priorities addressed by the project on the basis of the requests of the Work Programme, the main areas and approach of collaborative research, the main goals, the users of the innovations and the means of validation and dissemination.

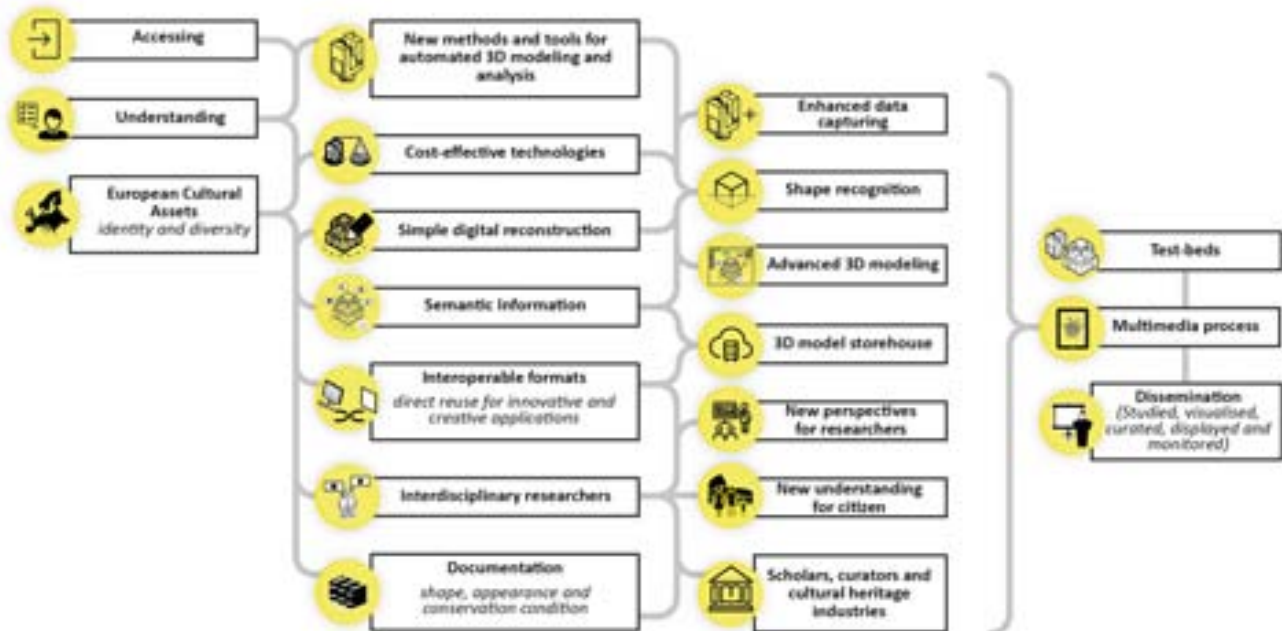
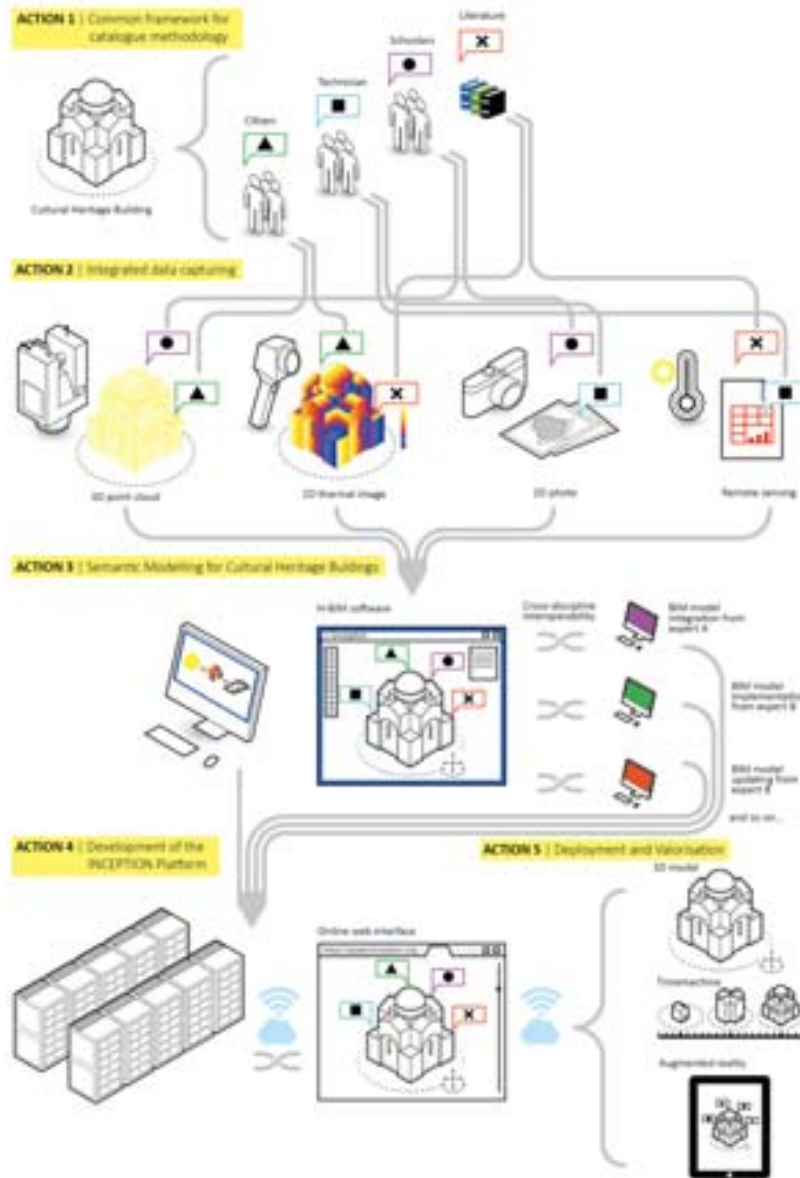


Fig. 3. The overall concept and methodology of the project: knowledge management, integrated data capturing, semantic modeling for cultural heritage architectural spaces, development of the platform, implementation and valorization.



The main objectives of the project can be summarized in the following points:

- to stimulate and augment innovation in 3D modeling of cultural heritage through an inclusive approach for dynamic 3D reconstruction of historical buildings and social environments;
  - to create an inclusive understanding of European cultural identity and diversity by promoting and facilitating collaborations across disciplines, technologies and sectors;
  - to develop cost-effective procedures for the 3D survey and representation of cultural heritage buildings and sites;
  - to develop an open-standard semantic web platform for accessing, processing and sharing interoperable digital models resulting from integrated 3D survey and documentation following the protocols elaborated by the project.
- In parallel to strategies aimed at defining a protocol able to guide the processes of digitization of cultural heritage, the project will develop nine case studies, nine pilot projects which, starting from the recognition of the specific needs and requirements of each building or cultural site, will enable the implementation of different systems of digital acquisition in order to develop three-dimensional modeling that will make the digital models usable by different categories of interdisciplinary users, populating the INCEPTION platform. These case studies will be the first test-beds for the application of the 3D acquisition protocol.

### The protocol for a 3D integrated survey

The overall concept and the methodology of the INCEPTION project include the definition of a shared and interdisciplinary approach to the documentation of cultural heritage, integrated survey, knowledge management, integrated data capturing, semantic modelling of historical buildings and sites, architectural spaces, development of the platform, and deployment and valorization strategies. Within the first two research areas addressed, strategies aiming at the optimization of a 3D data acquisition protocol [Di Giulio 2017] able to guide the processes of digitization of cultural heritage are among the central aims, at the base of all the next project steps. Digitization of cultural heritage requires respecting the needs and specificities of heritage sites, and innovation strategies to the three-dimensional modeling.

The optimized protocol and the definition of proposed 'added value' parameters for data capturing and mana-

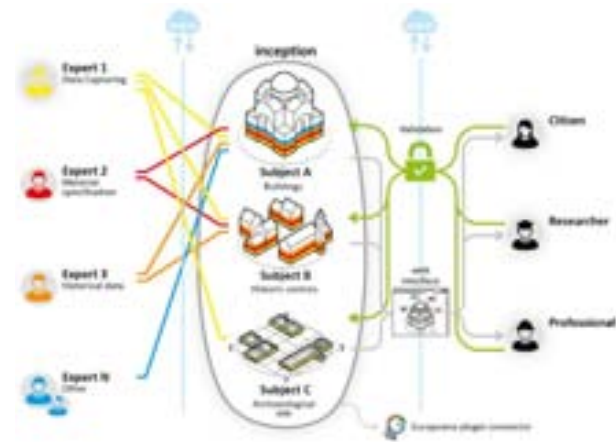


Fig. 4. The main aim of INCEPTION is to realize innovation in 3D modelling of cultural heritage through an inclusive approach. Methods and tools will result in 3D models that are easily accessible for all user groups and for multidisciplinary purposes.

gement processes were developed, first of all, by critically reviewing the state-of-the-art on the data acquisition methodologies available today.

The innovation proposed by the INCEPTION project is related to the focus on the heritage spaces inherent to the digitization of the spatial context (at architectural and urban scale), one of the most important 'containers' of cultural expressions identified in the evolution of the concept of European cultural identity.

The project develops an integrated approach able to investigate the potential of spaces in order to create new cultural connections and awareness; architecture is an outstanding example of the multi-layered conceptual dimension of European heritage.

The 3D survey of historical architectural space requires a common protocol for data capturing and related enhancement of the potentialities, functionalities, and cost effectiveness of technologies and documentation instruments. The protocol considers the uniqueness of each site through quality indicators such as time consumption, cost effectiveness, data accuracy and reliability, additional data and semantic proprieties to be recorded for heritage applications, adaptability to different sites with different historical phases. The combination of innovative methodologies and protocols, processes, methods and devices is aimed

Fig. 5. The major challenges in 3D documentation for the conservation of cultural heritage in relation to the principal workflow steps.

Fig. 6. Workflow and activity indicators.



at enhancing the understanding and the accessibility of European cultural heritage by means of 3D models bringing new knowledge, collaboration across disciplines, time and cost saving in the development and use of 3D digital models. The innovative procedures and applications enable remote communication and collaboration between professionals, experts, architects, etc. and increase the operational fields in cultural heritage.

The Data Acquisition Protocol provides a workflow for a consistent development of survey procedures for tangible cultural heritage and defines a common background for the use of H-BIM models across multiple building types and for a wide range of technical users [Pauwels et al. 2013]. Furthermore, this protocol will be useful for any agency, organization or other institution that may be interested in utilizing survey procedures aimed at the creation of 3D H-BIM semantic models and their implementation for the INCEPTION platform. This protocol will be tested and further improved according to the specific test-bed procedures scheduled in the INCEPTION research project.

The DAP is intended to ensure uniformity in 3D digital survey for all the buildings that will be part of the INCEPTION platform. This protocol considers a wide range of 3D data capturing instruments [Kadobayashi et al. 2004] because of multiple users and different techniques related to specific disciplines. Furthermore, 3D survey instruments and techniques continue to evolve, and this protocol will continue to be reviewed and updated to reflect advances in industry technology, methodology and trends; in every case, application of the protocol will ensure data homogenization between surveys tailored to different requirements [Yen et al. 2011].

The survey workflow was split into eight main steps that define specific requirements and their related activity indicators:

1. scan plan;
2. health and safety;
3. resolution requirements;
4. registration mode;
5. control network;
6. quality control;
7. data control and verification;
8. data storage and archive.

Each step of the workflow must be intended as a set of questions that the technician who is in charge of carrying out the survey should answer in order to pursue a correct data capturing. Those questions become a measuring

system for verifying the requirements of the survey, and the ability of finding the right answer defines the level of quality. On this assumption, every single question becomes an activity indicator that contributes to the creation of a specific evaluation ranking. Not every activity indicator is always compulsory: if in the survey campaign only the minimum number of questions finds an answer, the capturing procedure will be classified in the lower ranking. Conversely, if each element is taken into account, the ranking will be the highest. In the case of directly measurable procedures, the specific activity indicator defines a range of accepted values. Instead, when alternative procedures are available, the protocol specifies their compliance with the evaluation categories. For this purpose, there are four incremental categories defined as following:

**B:** This is the minimum evaluation category for the survey to be compliant with the INCEPTION platform. It is intended to be used for very simple buildings or for the creation of low-detailed BIM models for digital reconstruction aimed at VR, AR and visualization purposes. In this case, the metric value of the model is less important than the morphological value.

**A:** This evaluation category is suitable for documentation purposes where the metric and morphological values are equivalent in terms of impact on the survey that needs to be preliminarily scheduled and designed. The registration process of 3D captured data cannot be based only on the morphological method, but should be improved by a topographic control network or GPS data.

**A+:** This evaluation category is the most suitable for pre-

servation purposes because only the surveys compliant with this category could be a useful tool for restoration projects that need extremely correct metric data. From these surveys, BIM models as well as 2D CAD drawings up to a 1:20 scale are available. The project phase has more importance in respect to previous categories, for scheduling and managing the survey campaign choosing the right technical instruments to perform the data capturing. The management of data and the correction of errors in measurement are based on topographic techniques, in particular for what could concern the registration of different scans. The documentation phase will be developed organizing the information into metadata and paradata [Apollonio, Giovannini 2015]. Elements of quality control are integrated into the process.

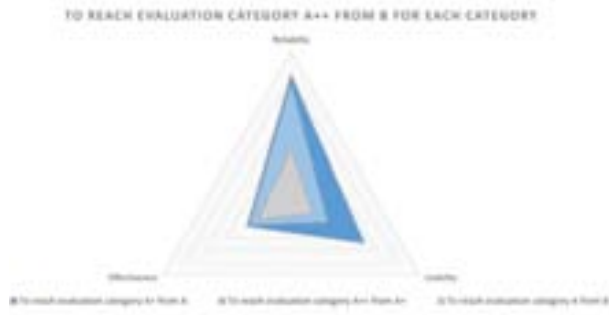
**A++:** In addition to the specifications described in the previous categories, the A++ allows reconstruction of how the survey was done, in every single step, integrating a survey realized at different moments in time. This evaluation category is suitable for very complex buildings where the capturing process needs to be documented and traced in order to get the maximum control on data or when the monitoring process developed in a non-continuous time span takes place.

The A++ category could be useful even if different teams of technicians work together, simultaneously or in sequence, with different capturing instruments and different accuracies. The A++ category allows the analysis of how a survey has been performed in every single phase; moreover, this capability allows integrating a survey realized at different times.

Fig. 7. Indicator aggregation for the identification of evaluation categories.



Fig. 8. Data aggregation for each protocol category.



### Preliminary considerations on the development of the protocol

In order to understand the impact of the INCEPTION DAP, a specific evaluation grid has been arranged, starting from the usual three standard features of quality, time and cost. Each key feature for the evaluation of benefits and added values [Eppich, Chabbi 2007] is specifically addressed by examining the main aims of the INCEPTION project.

Since the evaluation process considers the point of view of the end users, who could be either technicians or not, the features have been developed as below:

- quality can be evaluated as the reliability of the survey;
  - time can be evaluated as the usability of the survey;
  - cost can be evaluated as the effectiveness of the survey.
- Even if accuracy and precision are key factors for technicians performing the survey [Böhler et al., 2003], they are strictly connected with the purpose of the survey and for this reason using them for the evaluation of survey quality becomes impossible, in particular from the point of view of an end user. The quality of a survey could be better described as the capability to be compliant with standards and ensure a long term support [Bryan, Barber, Mills 2004]. For this reason, the key features of a reliable survey are:
- survey maintenance: the possibility to constantly update a survey database during its daily use for ordinary purposes, enriching it with new information or minor changes;
  - survey integration: the possibility to perform major upda-

tes and upgrades of a survey, adding a new part of a building or a site, previously not included, or performing a more accurate survey of already-existing parts of the model;

- technological obsolescence: because data management hardware and software are evolving faster and faster, applying strategies to avoid technological obsolescence has become a key feature for ensuring the reliability of surveys over time.

The measurement of benefits in terms of time consumption could be performed taking into consideration the usability of the survey. The more usable a delivered survey is, the more time could be saved by the end users that will deal with it. One of the main aims of the procedure, indeed, is the ability of saving time in the processing phase. The Data Acquisition Protocol and the adoption of a standard shared by suppliers and end users can bring a strong added value in terms of easy usability.

For this reason, the key features of a usable survey are:

- common procedure: in order to ensure the full understanding of the output;
- collaboration tools: for possible data creation by different teams at different times.

The cost of a survey always depends on the final quality and time spent to perform it. For this reason, the measurement of the effectiveness could be a better parameter to consider for evaluating the added value.

For this reason, the key features of an effective survey are:

- on-field flexibility: the possibility to use different kinds of appropriate instruments in order to produce the right amount of qualitative data, avoiding those that are too expensive and therefore often underutilized;
- easy deployment: the ability to easily use the same delivered survey data for different kinds of deployment and direct application for multiple purposes;
- easy understanding: enabling the low-skilled non-technician end user to easily read and understand data provided by the survey.

In order to measure the benefits and added values of the INCEPTION DAP, typical survey and documentation processes in the field of cultural heritage have been categorized to perform a grouping of an infinite number of different single and specific cases. The main connections between survey categories and DAP evaluation categories have been identified, and the DAP has been split into three areas on the basis of requirements necessary for reaching a higher evolution category according to reliability, usability and effectiveness.

## Conclusion

The integration of digital data and the possibilities for re-use of digital resources is an important challenge for the protection and conservation of historic buildings and contexts as well as for an efficient long-term management of 'geometric memory.' The need for a future reutilization of the quantitative, qualitative, descriptive data demands new applications to facilitate accessing information collected in three-dimensional databases without compromising the quality and the quantity of information captured in the survey. Furthermore, the vocation of INCEPTION for 'space' implies:

- understanding how space (defined by its geometric and morphometric characteristics) can be the connection with the temporal dimension; the space/time relation can be an understandable (and therefore inclusive) metaphor of memory (collective and European);
- understanding how space (architectural, urban and environmental) has its own dynamic characteristic that not only offers the possibility to navigate and to discover cultural heritage, but also identifies the option of choosing what to memorize in a certain time and why;
- understanding that only through space (and its complexity) is it possible to collect a high level of multi-function knowledge strongly linked to the multi-scale representation process.

The identification of the multi-function and multi-scale role of the model allows the exploitation of data, often not simple, but complex (obtained from, among others, the geometric analysis of the architectural and urban context) at different levels, over time and by different actors. Here is the value of the accessibility of the process, that until now has never been allowed to spatial scale nor realized through a mere visual navigation, often uninterpreted (an

## Notes

[1] The INCEPTION project has been applied under the *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*). This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 program for research and innovation under Grant agreement No. 665220.

[2] The scientific coordinator of the project is Prof. Roberto Di Giulio, director of the Department of Architecture of the University of Ferrara. The coordination team includes the TekneHub Laboratory of the Technopole of Ferrara, belonging to the Construction Platform of the Emilia-Romagna

approach very far from the needs of knowledge, understanding and conservation). The integration of 3D data is consistent with the tendency of open linked data and big data for the visualization and sharing of the semantic web. INCEPTION, in this sense, would fit perfectly into the ongoing ICT research projects that identify appropriate technologies to support an ever more efficient web-based data sharing. The project will try to give a response to the use of data in relation to the various possible correlations in the cultural heritage sector (tourist development, accessibility, historical reconstructions, real-time identification of the state of conservation, etc.). Starting from the most recent innovations concerning 3D survey methodologies and digital documentation systems, the project, through its optimized protocol, aims to:

- close the gap between specialized technicians and non-technical users involved in heritage documentation;
- provide a guide to users and developers of survey technologies, sharing the planned characteristics in order to achieve the main goals in cultural heritage documentation and data capturing;
- define a common procedure for the retrieval of historical data from possible previous surveys; carry out an efficient cataloguing and digitization; augment the knowledge of geometric, surface and structural features; support the analysis of the state of conservation; provide the instruments for the maintenance of planned interventions in the short and the long term;
- identification of performance indicators to ensure the effective management of metric survey projects, focusing on the needs and requirements of heritage documentation. The optimized protocol and the proposed 'added value parameters' of reliability, usability and effectiveness will be implemented, furthermore, as input for the configuration of applications for various users.

na High Technology Network, involved in the project with interdisciplinary competencies together with the coordination group of the Department of Architecture of the University of Ferrara.

[3] Academic partners of the Consortium, in addition to the Department of Architecture of the University of Ferrara, include the University of Ljubljana (Slovenia), the National Technical University of Athens (Greece), the Cyprus University of Technology (Cyprus), the University of Zagreb (Croatia), the research centers Consorzio Futuro in Ricerca (Italy) and Cartif (Spain). The clustering of small- and medium-sized enterprises includes: DEMO Consultants BV (The Netherlands), 3L Architects (Germany), Nemoris (Italy), RDF (Bulgaria), I3BIS Consulting (France), Z + F (Germany), Vision and Business Consultants .



## Autiores

Marcello Balzani, Centro DIAPReM, Department of Architecture, University of Ferrara, [bzm@unife.it](mailto:bzm@unife.it)  
 Federica Maietti, Centro DIAPReM, Department of Architecture, University of 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*, No. 23, pp. 37-46.
- Eppich, R., Chabbi, A. (eds.). (2007). *Recording, Documentation and Information Management for the Conservation of Heritage Places: Illustrated Examples*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Giandebiaggi, P., Vernizzi, C. (eds.). (2014). *Italian survey & international experience*. Proceedings of the 36° Convegno internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione. Parma, 2014, September 18-20. 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, No. 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, 2013, 28 Oct-1 Nov. 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. Prague, 2011, September 12-16.
- 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.