

Sistemi Informativi Architettonici per la gestione, tutela e fruizione dell'edilizia storica

Stefano Brusaporci (*), Mario Centofanti (*), Romolo Continenza (*), Ilaria Trizio (**)

(*) DICEAA, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile-Architettura Ambientale, Università degli Studi di L'Aquila
Via G. Gronchi 18 (complesso ex-Felix), 67100 L'Aquila (AQ), Tel. +39 0862.43.4102, Fax +39 0862.43.4143
stefano.brusaporci@univaq.it, mario.centofanti@univaq.it, romolo.continenza@univaq.it

(**) ITC-CNR, Istituto per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via Carducci 32, 67100 L'Aquila (AQ), Tel. +39 0862.316669, Fax +39 0862.318429, ilaria.trizio@itc.cnr.it

Riassunto¹

Nel tempo si è molto arricchito e articolato il campo di interesse in ordine alle azioni di tutela, conservazione e valorizzazione dei beni architettonici, azioni che presuppongono un'ampia, interdisciplinare e organizzata base conoscitiva dei manufatti. In particolare, il rilevamento architettonico, in conseguenza alla diffusione delle tecnologie digitali quali laser scanner e fotogrammetria digitale, offre, quale esito del processo di conoscenza, modelli digitali atti a favorire la costruzione di sistemi informativi dedicati all'architettura, in cui il requisito fondamentale è il riferimento spaziale tridimensionale dei dati.

Obiettivo della ricerca che ha portato alla definizione di un Sistema Informativo Architettonico, il SIArch-Univaq -condotta dal gruppo di lavoro composto da membri dell' ITC-CNR e del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università di L'Aquila- è studiare le possibilità di integrazione di modelli digitali 3D dell'architettura storica con sistemi GIS.

Le problematiche affrontate pertanto spaziano dalla definizione degli standard cui il modello deve rispondere, all'integrazione di differenti tecnologie, dalla determinazione del livello di dettaglio, alla definizione di procedure di importazione, alla struttura del database. Il SIArch è stato testato su differenti manufatti e consente di supportare le decisioni da assumere in fase di pianificazione, progetto ed esecuzione degli interventi, ma anche di creare un adeguato spazio operativo per l'espletamento di attività di ricerca.

Abstract

As time goes by become increasingly complex the architectural heritage protection and conservation field. Indeed it requires a wide, interdisciplinary and organized knowledge base of the architectural buildings. Because of the widespread of digital technologies (as laser scanner and photogrammetry) the architectural survey offers easily digital models that fits in the architectural information systems having as a basic requirement its spatial reference.

The aim of the research group -composed by member of members of ITC-CNR and Department of Architecture and Urbanism of the University of L'Aquila- that created the SIArch-Univaq (a new Architectural Information System) was to set down the integration of 3D digital models of historical architecture with GIS. The research defined the standards needed in order to integrate the different modeling technologies, the model's detail level, the importing procedures and the whole database structure. The SIArch was tested on different architectural typologies as a tool in supporting the decisions to be taken in planning, design and implementation of interventions, but also to create an adequate working space to carry out research activities.

¹Sebbene il contributo sia stato concepito unitariamente dagli autori, si può attribuire il paragrafo 1 a Mario Centofanti, il paragrafo 2, il rilievo dell'apparecchiatura costruttiva ed il modello 3D del caso di studio a Stefano Brusaporci, il paragrafo 3 e l'elaborazione del Sistema Informativo tridimensionale a Ilaria Trizio; il paragrafo 4 a Romolo Continenza.

1. Il SIArch-Univaq

In occasione della Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale PRIN COFIN 2006 “Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano”, coordinatore scientifico nazionale Mario Centofanti, il gruppo di ricerca composto dagli autori del presente articolo ha sviluppato uno studio sulla “Modellazione infografica del rilievo ed analisi del patrimonio storico-architettonico nelle procedure integrate per la conservazione, tutela e valorizzazione”. Particolare esito è stato la definizione di un sistema informativo per l’architettura denominato SIArch-Univaq, realizzato attraverso l’integrazione di modelli 3D in ambiente GIS della ESRI Company.

Rispetto a finalità quali la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio storico-architettonico, le moderne tecnologie digitali offrono straordinarie possibilità in ordine alla organizzazione della conoscenza, multidisciplinare e pluriscalare, e alla costruzione di strumenti temporalmente dinamici e idonei alla manipolazione delle informazioni e alla strutturazione delle proposte progettuali (siano esse il monitoraggio permanente e/o la manutenzione programmata) che gli interventi di restauro. Il Sistema Informativo per l’Architettura SIArch-Univaq costituisce un database 2D-3D dedicato all’architettura su piattaforma GIS (Geographical Information System) che si propone di conseguire analisi e interrogabilità di una base dati, topologicamente strutturata su visualizzazioni di tipo vettoriale bidimensionali e tridimensionali.

In particolare, è stata sviluppata la sequenza logico-operativa della selezione e immissione dei dati, la definizione della struttura del data-base, la costruzione del modello 3D, la importazione del modello 3D all’interno del GIS, la verifica, attraverso la sperimentazione applicativa su casi di studio, della interoperabilità tra modelli 3D e GIS e della interrogabilità del modello.

Uno dei problemi fondamentali in un data base integrato è quello relativo alla complessità della architettura come realtà tridimensionale caratterizzata da una elevata densità informativa accompagnata da una notevole eterogeneità degli elementi informativi. È necessario pertanto un modello restituivo che svolga, nelle forme e nei modi della innovazione tecnologica, le funzioni di intermediario tra il dato sensibile fenomenico e le categorie intellettive della cognizione e della prefigurazione progettuale, che sia esso stesso documento interpretabile e in grado di riproporre il medesimo rapporto di specularità (del modello bidimensionale tradizionale) tra modello rappresentativo (rilievo interpretativo e documentativo), e modello predittivo progettuale. Un modello globale (integrale, unitario, pluriscalare) capace di contenere tutte le informazioni sulle caratteristiche storiche, geometrico-dimensionali, morfologico-figurative, tecnico-costruttive dell’architettura.

Si è deciso di proseguire la ricerca, testando il sistema su differenti casi di studio, ovvero relativi ad edifici di diverse epoche, tipologie e caratteristiche architettoniche. In particolare nel presente contributo il SIArch viene implementato attraverso l’utilizzo del modello 3D della chiesa di S. Giustino a Paganica (L’Aquila), manufatto caratterizzato da profondi fenomeni di stratificazione, culminati con l’intervento di restauro degli anni Quaranta del secolo scorso, che ne ha definitivamente modificato la *facies* originale.

Il fine del paper è quello di tracciare le somme della ricerca condotta sino ad oggi sui sistemi informativi per l’architettura, evidenziando i risultati raggiunti, le problematiche riscontrate, gli sviluppi ancora prevedibili.

2. CAD vs OOCAD

Le tecnologie digitali di archiviazione, analisi e gestione delle informazioni hanno trovato nel modello tridimensionale il naturale supporto per un sinergico sviluppo delle potenzialità offerte.

Il modello 3D matematico di per sé si pone come entità costituita da “informazioni”, in primo luogo geometriche, topologiche, sui materiali, tutte georeferenziabili. Inoltre il modello, inteso come simulazione, al limite in scala reale, del fenomeno architettonico, ne raccoglie le qualità architettoniche, spaziali, figurative. Qualora il modello 3D sia diacronico, è atto a rappresentare le modificazioni e trasformazioni occorse durante la sua esistenza. Ultimo ma non ultimo il modello

può essere dotato di informazioni relative all'apparecchiatura costruttiva, riproducendo le caratteristiche tecnologiche del manufatto ovvero raffigurando la cultura, la sapienza e la perizia costruttiva degli autori.

Se poi il modello 3D diviene interfaccia e substrato di un archivio costituito dalla grande ed eterogenea massa di informazioni che correlano una architettura, numerose sono le potenzialità che si vengono ad offrire, in ordine allo studio storico-critico, al progetto di restauro, alla manutenzione e gestione del bene, alla sua tutela, salvaguardia e valorizzazione. A tutto questo non sono estranei discorsi di natura economica, gestionale e programmatica.

Pertanto il modello 3D si presta quale supporto per sistemi informativi architettonici e nella sua costitutiva tridimensionalità favorisce l'organizzazione e l'interrogazione delle informazioni. È evidente come l'organizzazione semantica del modello e della banca dati del sistema informativo non rappresentino altro che due facce della stessa medaglia.

Posto che il modello 3D, quale rilievo di un'architettura storica, rappresenti una restituzione critica operata dal/dai rilevatore/i, si pone in primo luogo la questione di quali siano gli strumenti software di modellazione più adatti per raggiungere gli obiettivi stabiliti. Lo sviluppo delle tecniche digitali di rilevamento architettonico – laser scanner e fotogrammetria digitale in primis – ha favorito la realizzazione di modelli 3D, ottenuti quali elaborazioni di superfici derivanti da nuvole di punti o interpolazione di linee e curve nello spazio. Al contempo nella pratica, il rilevamento condotto con metodo integrato resta il più diffuso.

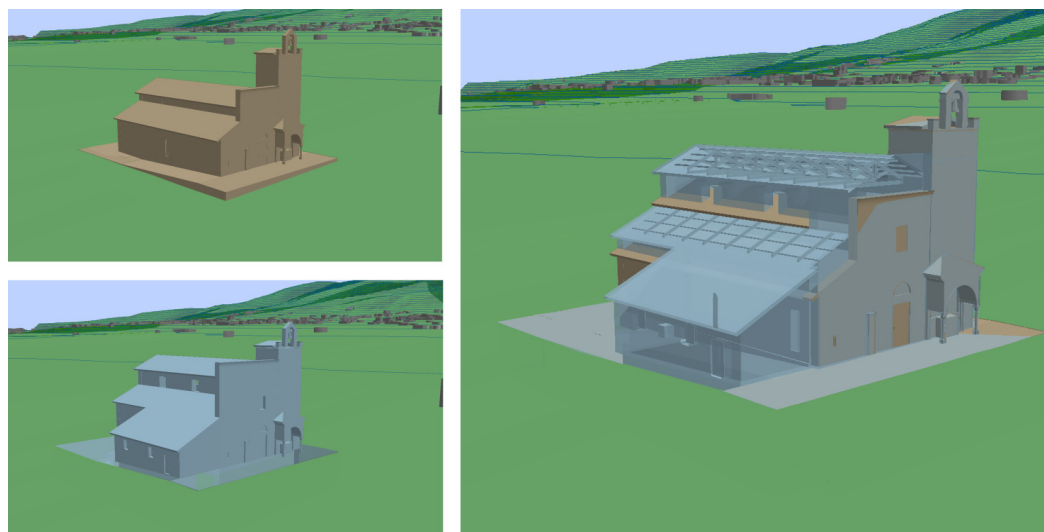


Figura 1. Sistema Informativo Architettonico della chiesa di S. Giustino a Paganica (AQ). Visualizzazione, in ArcScene, rispettivamente: del modello 3D della chiesa nella sua configurazione attuale (in alto a sinistra), in quella precedente al restauro del 1945 (in basso a sinistra) e loro sovrapposizione (a destra).

Il rilievo alla scala dell'apparecchiatura costruttiva evidenzia la necessità di approfondire le specifiche problematiche. Pertanto si ritiene ineludibile ampliare il tema della semantizzazione del modello digitale ad includere il sistema costruttivo. Numerose sono le chiavi di lettura offerte dalle discipline per la scomposizione del costruito storico secondo l'articolazione dell'apparecchiatura costruttiva: murature, chiusure orizzontali intermedie, di copertura, voltate, porte/finestre, etc. e loro componenti costruttivi. Questa scomposizione, oltre a favorire l'analisi del sistema costruttivo dell'architettura storica, facilita la correlazione con il sistema informativo dedicato, attraverso l'interrogabilità delle componenti.

I focus della interpretazione del modello quale ‘modello informativo’ e la sua definizione in ordine all’apparecchiatura costruttiva, di per sé potrebbero suggerire il ricorso a *software* di tipo Object Oriented CAD, che trovano in queste due tematiche ragioni d’essere: infatti i *software* cosiddetti building information modeling oriented (tipo Autodesk Revit, Archicad/Allplan, Bentley Systems, Digital Project) realizzano i modelli 3D non attraverso oggetti base generali – linee, spline, superfici, volumi creati con operazioni booleane, etc. – ma con componenti pre-definiti attraverso librerie, cioè tipizzati.

L’acronimo BIM al contempo rinvia al concetto di modello e a quello di creazione e gestione delle informazioni correlate, secondo le due definizioni – in vero la seconda più diffusa – di Building Information Model e di Building Information Modeling.

I BIM pongono al centro dell’intero processo modelli 3D, basandosi sul concetto di costruzione del modello quale strumento di elaborazione del progetto, interfaccia comune ed interoperabile tra le differenti figure professionali coinvolte, quali architetti, strutturisti, impiantisti. A differenza degli altri tipi di *software*, sviluppati nelle loro applicazioni architettoniche a partire da applicazioni di *reverse engineering* – proprie dell’ingegneria meccanica e del design – i BIM nascono specificatamente per il progetto architettonico.

L’accezione al concetto di informazione è centrale in quanto rinvia a modelli di riferimento composti da oggetti semanticamente definiti come componenti dell’apparecchiatura costruttiva. Pertanto tali elementi digitali sono espressione di per se stessi delle componenti costruttive dell’edificio, tanto in ordine ai caratteri metrici che in relazione ai materiali ed alle loro caratteristiche strutturali, energetiche, etc. Tuttavia non riferendosi ad oggetti base generali – linee, *spline*, superfici, volumi creati con operazioni booleane, etc. – ma a componenti quali chiusure verticali, orizzontali, porte, finestre, etc., richiede che queste siano pre-definite attraverso librerie, cioè che tali componenti siano tipizzati.

Questo aspetto difficilmente si coniuga alle necessità proprie del rilevamento di architetture storiche, ove ogni elemento possiede una propria valenza storica ed architettonica, a meno di non creare tante librerie quanti gli oggetti modellati in fase di rilievo.

Le ragioni stesse della nascita e dello sviluppo dei BIM si fondano sulla ricerca di software adatti allo sviluppo del progetto architettonico e alla gestione delle informazioni relative all’intero ciclo di vita dell’edificio, dalla sua nascita alla realizzazione alla manutenzione, con particolare attenzione agli aspetti economici – computi e tempistiche –. Il fine è di ottimizzare il rapporto costi/tempi/benefici proprio di un procedimento progettuale basato sull’industrializzazione, prefabbricazione e tipizzazione di componenti commerciali.

Tali presupposti sono di per sé in antitesi alle istanze proprie di un processo di attento ascolto e dialogo tra rilevatore/restauratore ed edificio storico, secondo un sistema di conoscenza sempre aperto ed in continua evoluzione – si pensi solo alle specifiche del cantiere di restauro –.

Ciò non toglie che i BIM possano offrire elementi di interesse, permettendo, anche se al momento in maniera limitata, un qualche grado di integrazione con modellazioni 3D complesse. In tale senso la recente possibilità di importare nuvole di punti rappresenta una utile integrazione, al contempo suggerendo l’intenzione di sviluppare il software così da offrire soluzioni di tipo integrato. E si può dire che questo sta avvenendo anche nell’ambito dei GIS, implementati con sistemi di modellazione sempre più raffinati.

3. I Sistemi Informativi Architettonici: analisi critica e prospettive future

All’attualità il Siarch-Univaq si pone come un Sistema Informativo Architettonico aperto, vale a dire progettato per rispondere alle più svariate esigenze di rappresentazione, tutela, gestione e fruizione dell’edilizia storica, da parte di tecnici e non. Il Sistema, per la cui descrizione dettagliata si rimanda alla bibliografia (in particolare: Brusaporci 2010, Centofanti 2011 e Centofanti 2008), ha strettamente legato la sua evoluzione allo sviluppo del *software* utilizzato (la *suite* ArcGIS Desktop della ESRI), passando da una fase embrionale in cui non era possibile una rappresentazione tridimensionale dei modelli architettonici alla base del Sistema – evocata solo attraverso una serie

significativa di sezioni verticali ed orizzontali correlate da una complessa rete di riferimenti interni e collegamenti ipertestuali - ad una fase, conclusiva, seguita al rilascio della *release* 9.2 del *software*, che ha reso possibile la corretta visualizzazione tridimensionale ed interrogazione di modelli 3D complessi, georeferenziati, con un elevato livello di dettaglio.

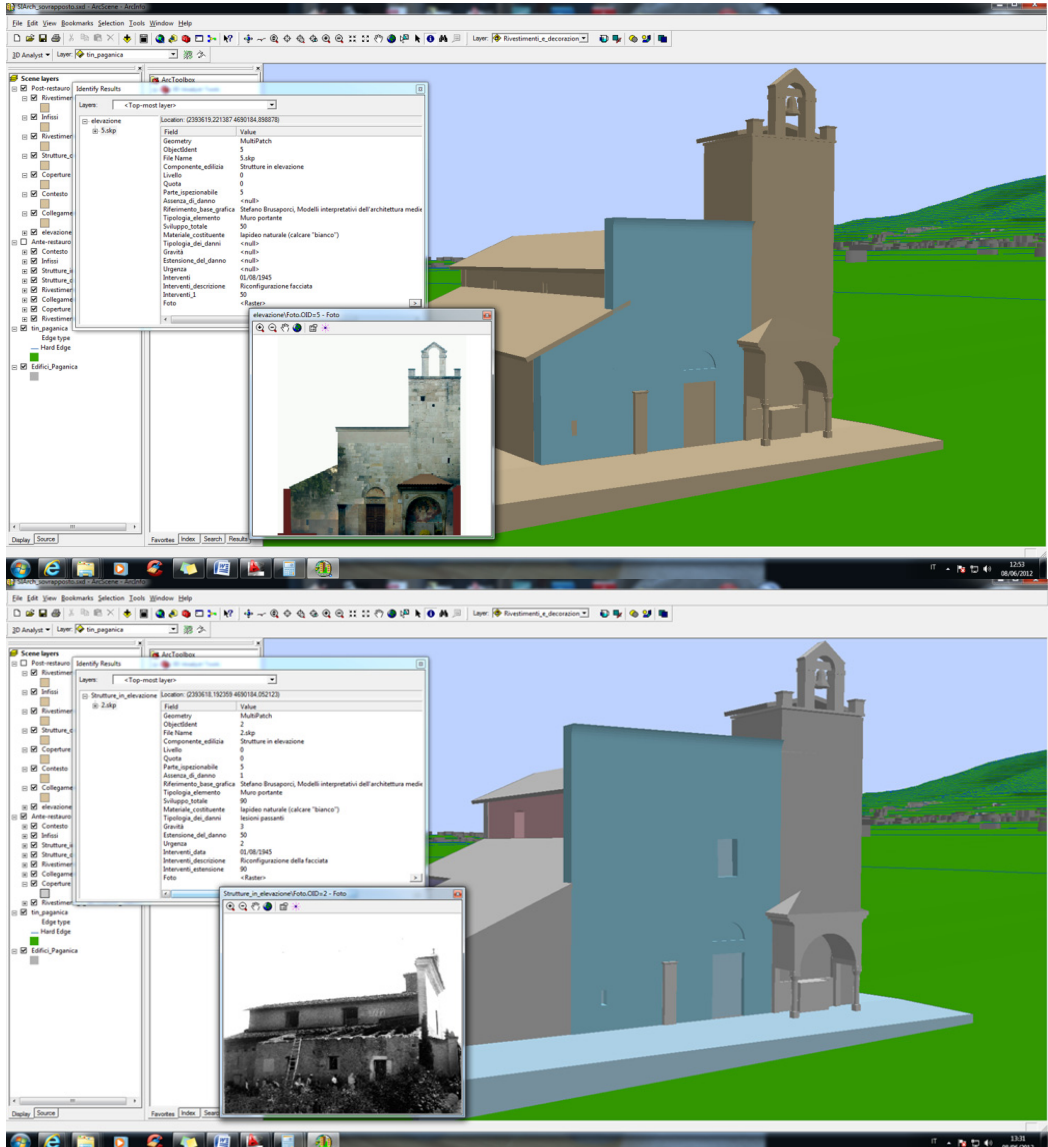


Figura 2. Software ArcScene della ESRI, con l'interrogazione della facciata del modello 3D della chiesa nella sua configurazione attuale ed in quella precedente al cantiere di restauro del 1945.

Le principali problematiche affrontate dalla ricerca sono state: da un lato la definizione degli *standard* dei modelli (ci si riferisce, in particolare, a quelli tridimensionali) da importare all'interno del Sistema Informativo - legate tanto alle esigenze di pluriscalarità quanto agli *output* da ottenere - dall'altro la progettazione del *database*, la cui architettura è stata progettata a partire dalle schede

messe a punto dall'ISCR (Istituto Superiore Centrale per il Restauro) per la costruzione della Carta del Rischio del Patrimonio Culturale. Tali aspetti erano a loro volta legati dalla corretta definizione di procedure di importazione, in ambiente GIS, dei modelli 3D generati in appositi ambienti di modellazione.

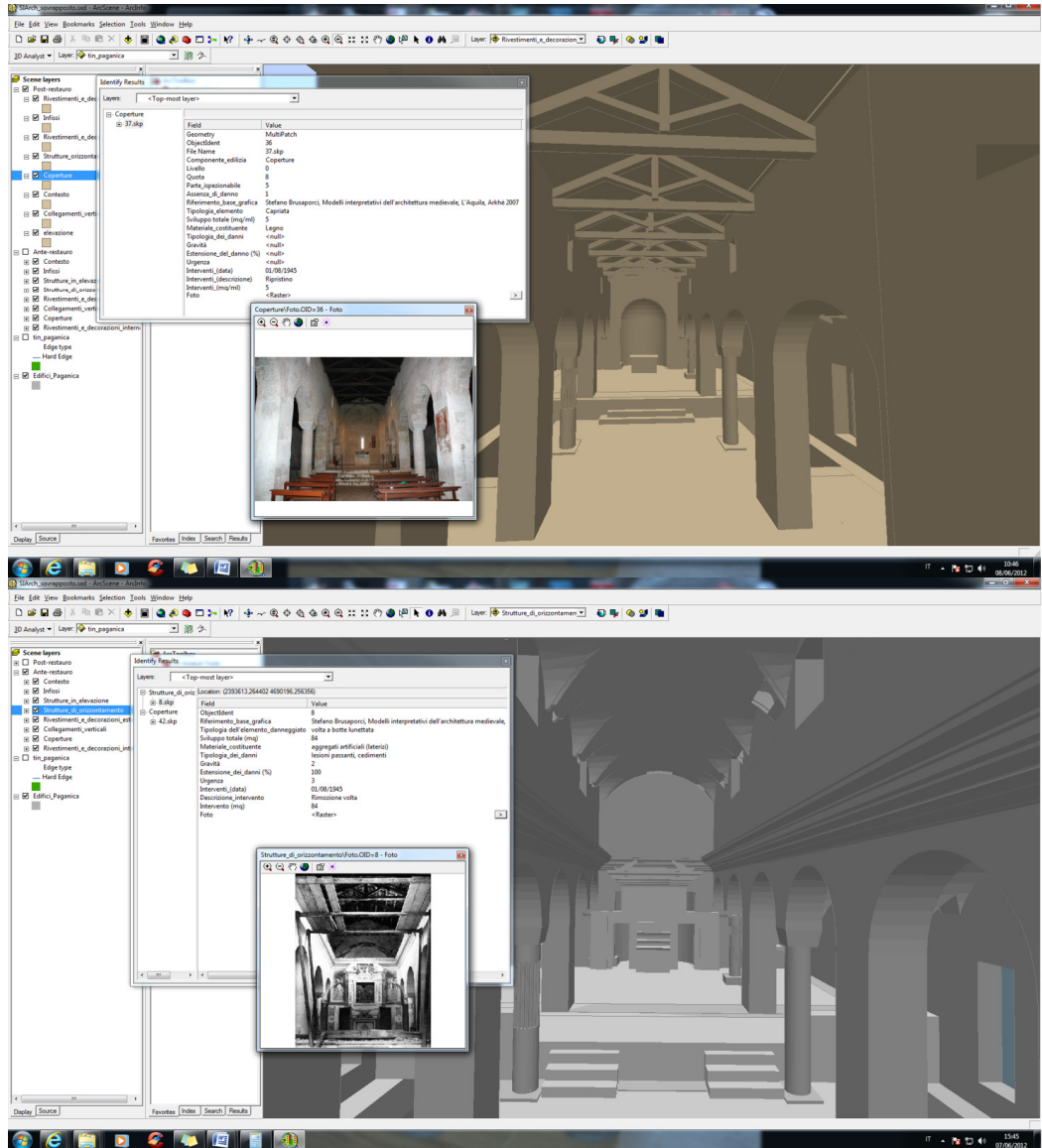


Figura 3. Software ArcScene della ESRI, con le viste interne della chiesa nella sua conformazione attuale ed in quella originaria, con rispettivamente l'interrogazione di una delle capriate in legno (in alto) e delle volte rimossa durante l'intervento del 1945 (in basso).

Le immagini del contributo (figg. 1-3) si riferiscono, a titolo di esempio, ad una particolare applicazione del SIArch, in cui è stata sperimentata la sovrapposizione diacronica dei due modelli 3D della chiesa di S. Giustino a Paganica (AQ) e nella quale i Sistemi Informativi si sdoppiano: il

primo, relativo al modello della chiesa precedente al cantiere di restauro del 1945 con la sola funzione di contenere, correlandole topologicamente agli elementi del modello, le informazioni storiche (immagini d'epoca, documenti d'archivio, etc.); il secondo, visualizzabile anche contemporaneamente al primo, assolve alle funzioni più classiche di un Sistema Informativo Architettonico (informazioni quali-quantitative legate principalmente allo stato di conservazione dei materiali componenti, localizzazione e tipologia degli interventi eseguiti, controllo dello stato complessivo del manufatto, stima del grado di urgenza di eventuali interventi, etc.).

Oggi che la ricerca sul SIArch è ad uno stadio molto avanzato, essendo stato testato su differenti tipologie architettoniche (principalmente palazzi, ville e chiese) ed avendo già fornito risultati apprezzabili attraverso i numerosi test effettuati, orientati al conseguimento di *output* di volta in volta differenti – pensati per rispondere alle esigenze molteplici di un'utenza eterogenea - possiamo tentare di avanzare delle riflessioni generali su questa esperienza specifica come anche sul tema più generale dell'applicazione all'Architettura dei Sistemi Informativi.

In primo luogo bisogna segnalare una certa macchinosità dovuta alla importazione del modello 3D all'interno del Sistema; la complessità del modello è destinata a crescere esponenzialmente in relazione all'aumentare del livello di dettaglio utilizzato per la costruzione dello stesso e, di conseguenza, del *database* ad esso collegato. Con analoga progressione è destinata a crescere la dimensione complessiva dell'intero Sistema Informativo. A fronte di ciò osserviamo che, se da un lato un elevato livello di dettaglio garantisce dei risultati più che soddisfacenti dal punto di vista logico-funzionale (ampia possibilità di informazioni tramite interrogazione diretta o analisi spaziali), dall'altro impone tempi lunghi per la sua costruzione e la necessità che sia approntato e gestito da personale altamente formato.

Infine, nonostante il SIArch-Univaq abbia ormai raggiunto un compiuto livello di configurazione e quindi possa sembrare che il risultato atteso sia stato raggiunto, non è detto che la nostra ricerca sui sistemi informativi per l'Architettura debba considerarsi conclusa. Futuri approfondimenti, quali ad esempio lo snellimento delle procedure di importazione dei modelli attraverso lo studio della integrazione tra BIM e GIS (con l'importazione, in GIS, di modelli derivanti da ambienti BIM) e un miglior livello di integrazione e di immagazzinamento delle informazioni costituiscono ancora un fecondo terreno di ricerca.

4. Conclusioni

E' innegabile l'utilità di un Sistema Informativo per l'Architettura nello sviluppo di ipotesi progettuali di restauro architettonico e nei processi di manutenzione controllata e, di certo, una maggiore semplicità nella costruzione, ma soprattutto nell'uso, ne potrà certamente favorire la diffusione nelle Amministrazioni locali e tra tutti gli organi e operatori preposti al controllo, alla tutela e valorizzazione del nostro patrimonio architettonico.

Il percorso della ricerca, allora, si biforca, da quello della concezione complessiva del sistema secondo due diversi itinerari: quello volto alla predisposizione di uno strumento che sia semplice da concepire e realizzare e quello che mira ad una strutturazione interna volta a soddisfare le esigenze dell'utente finale.

Nel primo caso occorrerà affrontare i temi della costruzione e della evoluzione del/i modello/i all'interno dello stesso sistema, si potrebbero così evitare tutte le difficoltà connesse alla importazione ed integrazione nel sistema di modelli costruiti in ambienti grafici diversi come anche quelle connesse all'incremento delle loro dimensioni, in termini di occupazione di memoria, in funzione del livello di dettaglio richiesto. Analogamente è certamente possibile elaborare metodologie di compattazione e di archiviazione dei dati in grado di snellire, anche sotto questo profilo, le modalità di conservazione e di accesso. Questa linea di ricerca postula una collaborazione intensa fra due mondi non sempre fra loro interagenti: quello della ricerca in e sull'architettura e quello degli sviluppatori delle procedure digitali, non ultima la casa produttrice della piattaforma digitale sulla quale si intende operare, nel caso di specie la ESRI. Diversità nei linguaggi, nella impostazione concettuale dei problemi, difficoltà ad interloquire su argomenti di volta in volta fra

loro assolutamente alieni saranno delle oggettive barriere che, una volta superate, potranno però condurre a profonde rivoluzioni nell'intera architettura di sistema ed alla creazione di uno strumento certamente più agile e funzionale.

L'altro itinerario di ricerca è mirato più specificatamente alla soddisfazione delle istanze esprimibili dalle diverse fasce d'utenza. Diverse, infatti, sono le esigenze di un progettista da quelle di uno storico a quelle di un tecnologo a quelle di un'amministrazione pubblica o di un investitore. Ognuno di questi personaggi desidera approcciare in maniera diversa, ma sempre il più semplice possibile, le informazioni che possono essere fornite dalla base di dati del sistema e, soprattutto, estrarre le informazioni ordinate nel modo più adeguato ai suoi fini particolari, sia essa una relazione, dei disegni, la valutazione di alcune determinate quantità, un report fotografico strutturato. La soluzione che appare più semplice è quella della creazione di interfacce fra il Sistema e l'utente il più possibile "amichevoli" e, soprattutto orientate direttamente ad ogni specifica tipologia d'utente. Alla medesima base di dati ed ai medesimi modelli si può pensare possano attingere moduli di *software* diversi, ognuno dotato di una veste specifica volta al soddisfacimento di una diversa fascia d'utenza. Potrebbero così venire ordinate e strutturate le diverse possibilità di accreditamento dell'utente presso il Sistema, potrebbero essere semplificati i modi di accesso alle informazioni e, più in particolare, le maschere per l'estrazione e la visualizzazione dati come anche le modalità di confezionamento delle informazioni da estrarre nella forma più adeguata alle diverse necessità.

Il percorso della ricerca in quest'ambito tende a spostarsi, come si è visto, dal terreno dell'impostazione generale a quello del raffinamento della strumentazione, sia quella di sistema che quella d'interfaccia con l'utenza; si tratta di un itinerario che soltanto apparentemente sembra puntare ad un affinamento degli strumenti ma che, in realtà, attraverso la conoscenza approfondita delle logiche che legano ogni passaggio strumentale, potrà condurre, come è già accaduto nel caso di molte altre procedure informatizzate, alla attesa rivoluzione e ad una radicale semplificazione di questa importante strumentazione.

Bibliografia

Brusaporci S. (2010), a cura di, *Sistemi informativi integrati per la tutela la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, Gangemi, Roma.

Centofanti M., Brusaporci S. (2012), *Architectural 3D modeling in historical buildings knowledge and restoration processes*, in: *Less More architecture design landscape*, La Scuola di Pitagora, Napoli.

Centofanti M., Continenza R., Brusaporci S., Trizio I. (2011), "The Architectural Information System SIArch3D-Univaq for analysis and preservation of architectural heritage", *The international archives of the photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*, XXXVIII-5/W16

Centofanti M., Continenza R., Ruggieri G., Brusaporci S., Trizio I. (2008), "Il progetto del SIArch - Sistema Informativo per l'Architettura", *Disegnare con*, 2: 1-7

De Luca L., Bussayarat C., Stefani C., Véron P., Florenzano M. (2011), "A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage", *Computers & Graphics*, 35: 227-241

Gaiani M., Benedetti B., Apollonio F. I. (2009), "Acquisition standards and structuralisation of digital models to create three-dimensional IT systems of archaeological areas: the case study of Pompeii", *Disegnare idee immagini*, 39: 60-73

Trizio I. (2007), *GIS-technologies and Cultural Heritage: stocktaking, documentation and management*, In: *Rethinking Cultural Heritage. Experiences from Europe and Asia*, Technische Universität Dresden, Dresden, 75-91

Trizio I. (2009), "Indagini Stratigrafiche e Sistemi Informativi Architettonici: il GIS della chiesa di S. Maria in Valle Porclaneta", *Arqueología de la Arquitectura*, 6: 91-111