

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

OCNUS

Quaderni della Scuola di Specializzazione
in Beni Archeologici

27
2019

ESTRATTO

Ante
Quem

Direttore Responsabile
Elisabetta Govi

Comitato Scientifico
Andrea Augenti (Alma Mater Studiorum - Università di Bologna)
Dominique Briquel (Université Paris-Sorbonne - Paris IV)
Pascal Butterlin (Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne)
Martin Carver (University of York)
Maurizio Cattani (Alma Mater Studiorum - Università di Bologna)
Elisabetta Govi (Alma Mater Studiorum - Università di Bologna)
Anne-Marie Guimier-Sorbets (Université de Paris Ouest-Nanterre)
Nicolò Marchetti (Alma Mater Studiorum - Università di Bologna)
Mark Pearce (University of Nottingham)
Giuseppe Sassatelli (Alma Mater Studiorum - Università di Bologna)

Il logo di Ocnus si ispira a un bronzetto del VI sec. a.C. dalla fonderia lungo la plateia A, Marzabotto (Museo Nazionale Etrusco "P. Aria", disegno di Giacomo Benati).

Editore e abbonamenti
Ante Quem
Via Senzanome 10, 40123 Bologna
tel. e fax + 39 051 4211109
www.antequem.it

Abbonamento
€ 40,00

Sito web
www.ocnus.unibo.it

Richiesta di scambi
Biblioteca del Dipartimento di Storia Culture Civiltà
Piazza San Giovanni in Monte 2, 40124 Bologna
tel. +39 051 2097700; fax +39 051 2097802; antonella.tonelli@unibo.it

Le sigle utilizzate per i titoli dei periodici sono quelle indicate
nella «Archäologische Bibliographie» edita a cura
del Deutsches Archäologisches Institut.

Autorizzazione tribunale di Bologna nr. 6803 del 17.4.1988

Senza adeguata autorizzazione scritta, è vietata la riproduzione
della presente opera e di ogni sua parte, anche parziale, con qualsiasi
mezzo effettuata, compresa la fotocopia, anche ad uso interno o didattico.

ISSN 1122-6315
ISBN 978-88-7849-148-9
© 2019 Ante Quem S.r.l.

Ocnus. Quaderni della Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici adotta un processo di peer review.

INDICE

Elisabetta Govi <i>Editoriale</i>	7
Dennys Frenez <i>Cross-Cultural Trade and Socio-Technical Developments in the Oman Peninsula during the Bronze Age, ca. 3200 to 1600 BC</i>	9
Diana Neri <i>Alari fittili dall'Etruria Padana fra IX e VII secolo a.C.</i>	51
Carlo Rescigno <i>Tra Cuma e Orvieto. Caldaie in bronzo tardo arcaiche del Museo Archeologico Nazionale di Napoli</i>	75
Christopher Smith <i>Polis religion, lived religion, Etruscan religion. Thoughts on recent research</i>	85
Vincenzo Baldoni, Maria Concetta Parello, Michele Scalici <i>New researches on Pottery workshops in Akragas. Excavations in the artisanal area outside Gate 5 (excavation 2019)</i>	107
Elena Manzini <i>Topografia delle sepolture urbane di Bologna nel Medioevo</i>	117
Francesca Cavaliere <i>Dall'archivio analogico al modello digitale tridimensionale integrato: il Palazzo Sud-Ovest di Sennacherib a Ninive come caso di studio per il GIS 3D</i>	125
DOSSIER: PROGETTO SURVEY ISOLE TREMITI: STUDIO TERRITORIALE DELL'ARCIPELAGO TREMITESE	
Giulia Congiu, Valentina Gallerani, Francesca Meli, Luisa Pedico, Maria Petta, Andrea Piaggio, Francesca Rondelli, Martina Secci, Aldo Tare <i>Progetto Survey Isole Tremiti: studio territoriale dell'arcipelago tremitese</i>	135
RECENSIONI	
Laura Pagliantini, <i>Aithale, l'isola d'Elba. Territorio, paesaggi, risorse</i> (Federico Saccoccio)	181

DALL'ARCHIVIO ANALOGICO AL MODELLO DIGITALE TRIDIMENSIONALE INTEGRATO: IL PALAZZO SUD-OVEST DI SENNACHERIB A NINIVE COME CASO DI STUDIO PER IL GIS 3D

Francesca Cavaliere

Alongside the traditional 2D recording practices, new tools allow us to analyze 3D data in archaeology. Complex spatial analysis aims at replicating as much as possible the reality encountered in the excavation through cyclical documentation protocols. This case study consists of a 3D GIS for documenting Sennacherib's South-West palace in Nineveh, which dates from the 7th century BCE. The 3D model of the building was anchored to a firm geographical basis. Moreover, specific external databases were organized to collect all available data, both architectural and visual finds, while the associated geometries were organized in different layers according to their content. This strategy permits to simultaneously visualize the 3D model and the embedded information, which thus becomes an integral part of the GIS, and not just metadata. In this way, it was possible to create a system displaying the whole information belonging to a rich and complex context accumulated through decades of field researches recorded in a variety of ways with different degrees of accuracy.

Introduzione

Il passaggio dalla cultura analogica a quella digitale ha segnato un mutamento radicale, a partire dagli anni Novanta, momento in cui all'interno della documentazione la rappresentazione bidimensionale digitale ha in qualche modo soppiantato quella cartacea (Fiorini 2019: 5-6). In ambito archeologico, la necessità di gestire e immagazzinare una grande quantità di dati relativa a uno specifico sito prevede anche la sua integrazione in un sistema informativo geografico GIS. Contemporaneamente lo sviluppo della tecnologia 3D e il suo sempre maggiore utilizzo all'interno del settore archeologico ha comportato un'unione dei due sistemi in quelli che possiamo definire GIS 3D¹. A questo proposito viene qui esaminato il caso del palazzo Sud-Ovest di Sennacherib a Ninive, in cui sono stati utilizzati gli applicativi della piattaforma *ArcGIS (ESRI)* per la gestione integrata della documentazione storica e cartografica.

Il sito di Ninive sorge tra la sponda sinistra del Tigri e il fiume Khosr, di fronte all'odierna città

di Mossul nell'Iraq settentrionale. La città si caratterizza per la presenza di due monticoli artificiali (*tell*): Quyunjik e Nebi Yunus, sul primo dei quali a partire dal 704 a.C. iniziano i lavori per la costruzione del Palazzo Sud-Ovest a opera di Sennacherib (704-681 a.C.). La pianificazione del nuovo edificio, avvenuta dopo la morte del padre Sargon II nel 705 a.C., vede – rispetto ai canoni dell'architettura palaziale neoassira – una nuova organizzazione spaziale degli ambienti interni. Si ha infatti l'introduzione di un maggior numero di corti centrali che permettono una divisione più marcata delle diverse zone del palazzo, le quali rimangono connesse tra loro per mezzo di corridoi. Aumenta anche il numero delle sale di ricevimento e dei settori costituiti da due sale parallele con triplice ingresso allineato (Kertai 2015: 122).

Le prime indagini estensive dell'edificio, dopo gli scarsi risultati ottenuti da Botta, furono condotte dall'inglese A.H. Layard a partire dal 1847 e portarono all'individuazione di oltre 72 ambienti². I suoi scavi, in galleria, si focalizzarono principalmente sull'aspetto architettonico dell'edificio, dal momento che riscuotevano enorme interesse le

¹ Per una panoramica sull'utilizzo in ambito archeologico della tecnologia 3D e GIS si rimanda a Bartoli 2014; Forte 2000; Remondino 2014; Landeschi *et alii* 2015, 2016; Marchetti *et alii* 2018.

² Per un'analisi approfondita della storia degli scavi si rimanda a Barnett 1998: 3-7; Russell 1991: 34-44.

pareti interne completamente decorate con ortostati a rilievo e gli ingressi fiancheggiati da maestosi tori androcefali colossali, i cosiddetti *lamassatu*. A causa del ritrovamento di una grande quantità di tavolette cuneiformi all'interno dell'edificio, le indagini successive si concentrarono soprattutto al loro recupero, disinteressandosi all'analisi dello sviluppo del palazzo.

Con il Novecento si aprì una nuova stagione di scavi, i più degni di nota sono quelli condotti da King e in più riprese da Thompson, gli ultimi dei quali portarono alla scoperta di un nuovo settore del palazzo localizzato nell'area nord-ovest (Thompson 1929: Pls. 3-4).

A partire dal 1960 furono condotti invece progetti volti al restauro e alla documentazione di ciò che rimaneva dell'edificio. A questo proposito si ricorda lo scavo estensivo condotto dal dipartimento iracheno delle antichità diretto da T. Madhloom che mise nuovamente in luce gli ambienti che costituivano la sala del trono (sale I-V) i quali vennero potenziati e restaurati grazie all'inserimento di una copertura metallica (Barnett 1998: 7). Tra il 1981 e 1990 J. M. Russell svolse un progetto di documentazione fotografica e architettonica sempre relativo al settore della sala del trono, unico ambiente che rimaneva visibile, grazie ai restauri precedentemente svolti (Russell 1991). Infine nel 2002 si ricorda uno degli ultimi progetti italo-iracheni che si propose come obiettivo la restituzione di una documentazione accurata relativa agli ortostati rimasti *in situ* negli ambienti I-V, grazie al quale siamo in grado di osservare lo stato di conservazione delle lastre nel corso del tempo (Lippolis 2011).

Alla base del progetto si pone l'acquisizione di tutta la documentazione edita relativa all'edificio, la quale si sviluppa su due livelli differenti. Il primo riguarda il palazzo nella sua organizzazione interna, elemento che si analizza attraverso le piante che ne sono state redatte fino a oggi. Le prime sono quelle generali, realizzate da Layard durante le sue due campagne di scavo³, utilizzate come base anche per quelle create negli anni successivi. Tra queste ultime si inseriscono la pianta eseguita da J.E. Reade (Reade 1980: 79, Abb. 3) in quanto mostra una diversa pianificazione di alcune sale interne tramite l'inserimento di colonne e

una delle più recenti fornita da D. Kertai (Kertai 2017: 148, fig. 28.1), nella quale viene tenuto conto di tutte le aree scavate dell'edificio e integra le parti mancanti per mezzo di confronti con i palazzi assiri contemporanei. Analogamente va tenuto conto delle piante specifiche di settore tra le quali si inserisce quella realizzata da Thompson relativa al nuovo gruppo di vani da lui indagato nell'area nord-ovest del palazzo e quelle di T. Madhloom e J.M. Russell relative agli ambienti della sala del trono (Russell 1991: Tavv. 1, 4), le quali sono molto accurate a livello metrico (Russell 1998: 31-36) e presentano l'indicazione precisa di tutti gli ortostati che sono contenuti nelle varie sale. Il secondo livello di documentazione riguarda l'aspetto iconografico relativo all'apparato scultoreo che decora le pareti interne delle sale, costituito da sei gruppi di attestazioni. Il primo e principale è costituito dai disegni eseguiti durante le campagne di scavo condotte da Layard che forniscono la documentazione di riferimento per l'analisi e lo studio delle lastre⁴. Tutte le altre testimonianze si riferiscono a fotografie: le prime eseguite da King fanno riferimento alle lastre della sala del trono e al vano 45, e seguono quelle realizzate durante lo scavo diretto da Madhloom, sempre riferibili allo stesso ambiente⁵.

In seguito, la documentazione fotografica appare più precisa, sia nelle indicazioni relative alle misure delle lastre, che nella risoluzione delle immagini, le quali contraddistinguono i tre cataloghi principali: Russell 1998 relativo agli ortostati della sala del trono, Barnett 1998 che raccoglie tutta la documentazione inerente le lastre conservate all'interno del *British Museum* e infine Lippolis 2011 che contiene le fotografie fatte *in situ* nel 2002, riguardanti sempre gli ambienti costitutivi della sala del trono. La particolarità di questo tipo di documentazione iconografica, che si sussegue nel tempo, risulta estremamente importante e indispensabile ai fini di un'analisi completa dell'edificio in quanto siamo in grado di analizzare lo stato di conservazione degli ortostati e vedere quali vengono custoditi nei musei e quali invece si trovano ancora *in situ*, per poter pensare anche a progetti volti al loro restauro e conservazione.

Con lo scopo di unire tutta la documentazione, costituita da dati anche molto diversi tra loro, è stata qui utilizzata la piattaforma *ArcGIS*⁶, in grado

³ Si tratta di due piante, la prima del 1849 (Barnett 1998: tavv. 6-8) dove vengono indicati i settori scavati e gli ortostati recuperati, la seconda del 1853 (Russell 1998: 11, fig. 5) che evidenzia anche i settori indagati nella seconda campagna, con l'aggiunta della planimetria ipotetica dell'edificio.

⁴ Tutti i disegni sono raccolti nel secondo volume del catalogo di Barnett 1998.

⁵ Le fotografie realizzate da King sono contenute nel catalogo pubblicato da Barnett 1998. Per la documentazione relativa a Madhloom si rimanda a Madhloom 1967.

⁶ Si è deciso di utilizzare questo *software* in quanto permet-

di gestire, analizzare e collegare tra loro tutte queste informazioni. In questo modo è possibile avere un modello relativo allo stato attuale dell'edificio, il quale non è fine a se stesso in quanto può essere aggiornato e modificato in base alle informazioni e alle scoperte future.

Elaborazione 3D

Per la creazione del modello tridimensionale viene realizzata, come punto di riferimento, una pianta di base, sulla quale si imposta l'alzato. Attraverso l'elaborazione delle piante storiche e delle informazioni archeologiche è stato possibile redigere per mezzo del *software Autocad* una pianta che svolgesse questa funzione⁷.

Per la modellazione delle geometrie tridimensionali è stato utilizzato il *software SketchUp*, all'interno del quale possono essere importati sia i *file* di *Autocad* che i dati geografici da *ArcGIS*, in modo da rendere il modello georiferito. Al suo interno è possibile anche organizzare la struttura dell'edificio suddividendola nei suoi componenti architettonici principali (muri, ortostati, porte, etc.) e inoltre si è in grado di scomporre il modello in *layers*, elemento che facilita l'analisi della documentazione iconografica.

La ricostruzione dell'alzato di un edificio antico presuppone uno studio delle fonti storiche e archeologiche per cercare di ottenere un modello che corrisponda quanto più possibile a come doveva apparire nella realtà. Per quanto riguarda le strutture murarie, le informazioni in nostro possesso sono molto scarse, essendo infatti realizzate in mattone crudo, elemento duttile che tende a sciogliersi senza mantenere la sua forma originale, e dunque esse non si conservano in tutta la loro altezza. La

poca attenzione riservata a queste informazioni da parte dei primi scavatori, maggiormente concentrati al rinvenimento degli ortostati e delle tavolette cuneiformi, inoltre, non consente di conoscere nel dettaglio la tecnica muraria e quindi sapere se al suo interno poteva essere presente un'intelaiatura lignea o un altro materiale. La presenza di questo elemento infatti cambia notevolmente l'evoluzione dell'alzato dell'edificio rendendolo più leggero e resistente, quindi in grado di svilupparsi maggiormente in altezza. A ogni modo, tramite gli spessori delle murature desunti dalla pianta e le informazioni presenti nelle iscrizioni reali di Sennacherib, è possibile ricostruire gli alzati fino a 22 m d'altezza, in linea con le misure ricavate dal palazzo di Sargon II a Khorsabad (Loud-Altman 1938: 19-20). Tutti gli ambienti prevedevano una copertura piana realizzata in legno, elementi vegetali e argilla, ad eccezione delle corti che erano scoperte per garantire luminosità anche alle sale che si sviluppavano attorno a esse. Alle sale si accedeva tramite degli ingressi che potevano essere realizzati in due modi: a volta e ad architrave, entrambe testimoniati dalle raffigurazioni di edifici sui rilievi. Probabilmente la prima, data la maggior difficoltà di realizzazione, doveva essere destinata agli ingressi di maggior prestigio, come la sala del trono e gli ambienti cerimoniali, fiancheggiati infatti dai *lamassatu* e alcuni impreziositi con l'aggiunta di una soglia riccamente decorata. Il secondo invece doveva essere impiegato in tutti gli altri ambienti. Un elemento su cui si è molto discusso riguarda la presenza e l'organizzazione di un secondo piano (Kertai 2015: 49-73). Archeologicamente non è rimasta traccia che ne testimoni la costruzione, tuttavia la scoperta dei vani scala, qui collocati nella sala 61 e in un ambiente a ovest della sala del trono, ne indicherebbero la presenza. Nel Palazzo Sud-Ovest, inoltre, il ritrovamento di migliaia di frammenti di tavolette cuneiformi, alcuni dei quali appartengono alla stessa tavoletta ma provengono da ambienti non consecutivi fra loro, porta a ipotizzare che, durante la distruzione dell'edificio, il crollo del secondo piano in cui erano collocate abbia provocato tale dispersione.

Dopo aver analizzato le varie possibilità tenendo conto di tutte le informazioni, è possibile procedere con la modellazione tridimensionale fino a ottenere un edificio che rispecchi le ipotesi più accreditate (Fig. 1).

Una volta impostato l'alzato del modello 3D, l'edificio viene caratterizzato attraverso l'inserimento degli ortostati, che rappresentano il principale elemento decorativo. Dal momento che la documentazione relativa a essi è abbastanza vasta,

te di visualizzare un modello tridimensionale costituito da un insieme di geometrie di base, le quali sono collegate a tabelle contenenti le caratteristiche informative di ognuna e organizzate in *database* spaziali; un'unica piattaforma che consente di gestire sia il dato 2D che 3D contemporaneamente.

⁷ Le piante storiche di riferimento per la creazione del modello finale sono state quelle realizzate da Kertai nel 2015, che ricalca a sua volta quella generica di Layard e nella quale è presente anche il settore indagato da Thompson. Il tutto viene integrato con la pianta ottenuta da Russell relativa alla sala del trono, in quanto è metricamente la più corretta, dal momento che le misurazioni sono avvenute *in situ* e inoltre la sovrapposizione alle immagini satellitari in cui è presente la facciata monumentale H mostra la maggiore accuratezza della planimetria rispetto a quella di Layard.

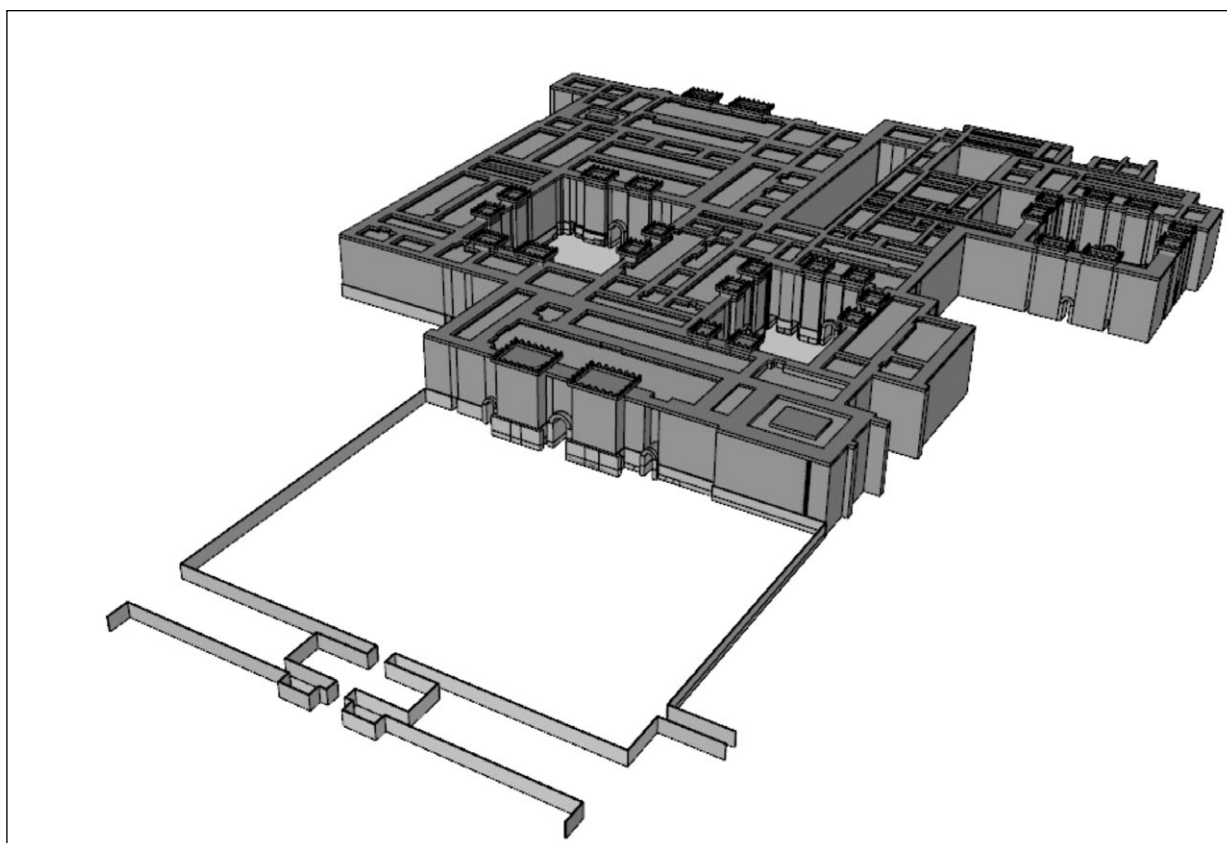


Fig. 1. Ricostruzione del Palazzo Sud-Ovest visto da Nord.

è necessario impostare la ricostruzione per livelli, in cui vengono inseriti quelli maggiormente rap-

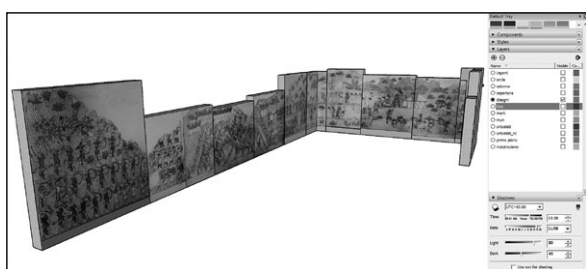


Fig. 2. Elaborazione grafica dei disegni degli ortostati di A. Layard della sala 36.

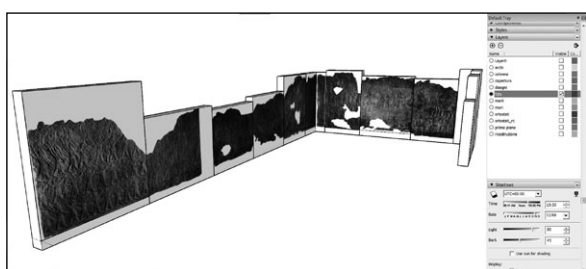


Fig. 3. Elaborazione grafica delle foto delle lastre originali al *British Museum* della sala 36.

presentativi. Per questo motivo sono stati realizzati tre livelli principali: il primo contiene i disegni di Layard⁸, il secondo con le fotografie delle lastre conservate al *British Museum* e l'ultimo in cui vengono raggruppate le più idonee tra le fotografie presenti nei cataloghi di Russell e Lippolis. Il materiale raccolto non era stato realizzato con il fine di creare un modello 3D, per questo le immagini, prima di essere applicate sulle pareti, devono essere modificate. Attraverso un programma di fotoritocco (*Photoshop*) le figure sono state trattate singolarmente, scalate in base alle misure che venivano riportate nella documentazione e se necessario modificate nei valori di luminosità e ombreggiatura, in modo da migliorare la visualizzazione dell'iconografia. Mantenendo i disegni come punto di riferimento, le fotografie relative ai frammenti sono state posizionate correttamente nella lastra corrispondente, in questo modo si ottiene una sovrapposizione che permette di visualizzare ciò che si conserva attualmente⁹. A questo punto occorre

⁸ All'interno del modello sono stati inseriti solamente i disegni per i quali veniva specificata l'esatta ubicazione.

⁹ Attraverso le fotografie è possibile constatare come tra le

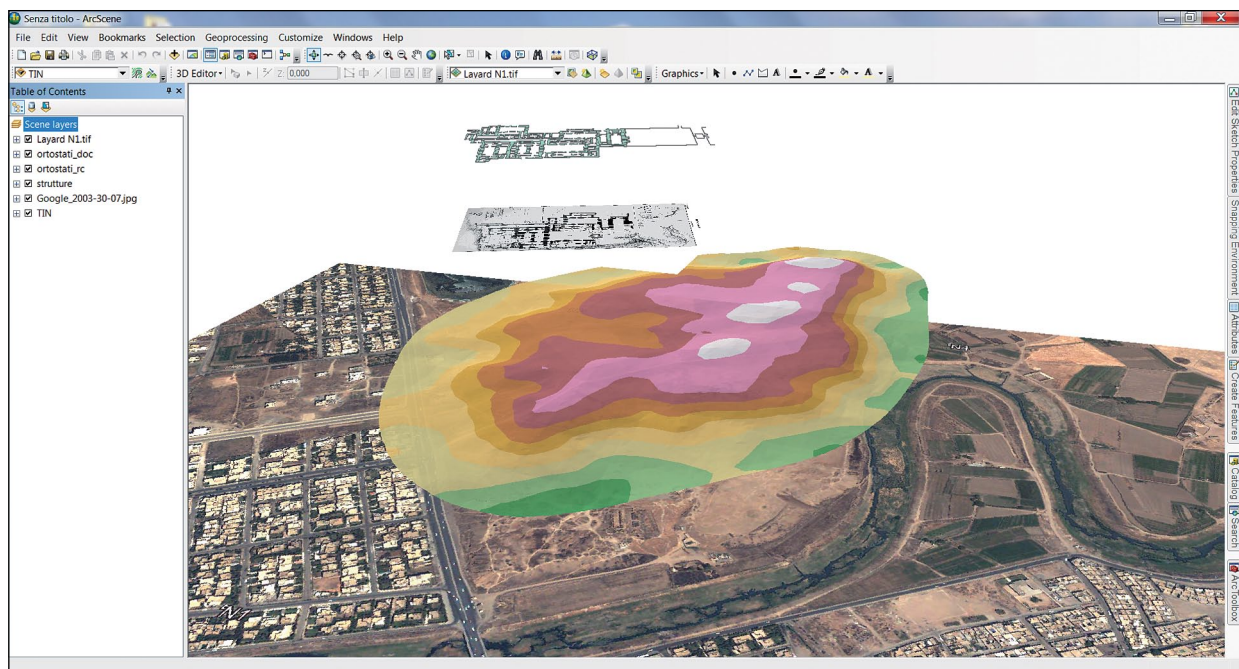


Fig. 4. Visualizzazione in *ArcScene* di piante e immagini georeferenziate e gestibili in un unico progetto.

solamente importare tutte le immagini all'interno del programma facendo in modo che a ogni volume, al quale è associato un numero e quindi un ortostato preciso, venga collegata la *texture* corrispondente, in base al livello selezionato. Avremo quindi una serie di *layers* differenti nella caratterizzazione ma identici nei volumi e nella posizione, cosa che permette di “spegnere” o “accendere” un determinato livello e vedere la documentazione corrispondente (Figg. 2, 3).

Avendo come unico riferimento immagini 2D non è stato possibile dare un senso di profondità ai rilievi; l'utilizzo di tecniche fotogrammetriche sui frammenti conservati costituirebbe un passo in avanti negli studi e nei progetti futuri.

Elaborazione delle informazioni: il GIS 3D

La gestione delle informazioni ottenute viene affidata alla tecnologia GIS attraverso la piattaforma *ArcGIS*, in grado di archiviare e organizzare una grande quantità di dati sia alfanumerici che cartografici. Questa tecnologia permette di man-

tenere le relazioni tra le primitive geometriche e le strutture di dati memorizzati in un *database* esterno, permettendone un aggiornamento costante e un'analisi spaziale complessa. I dati possono quindi essere posti in collegamento tra di loro sulla base semplicemente della loro posizione spaziale.

Per prima cosa viene creata una base cartografica di riferimento elaborata attraverso *ArcMap*, in grado di gestire e manipolare dati di tipo spaziale in 2D. Con riferimento al sito di Ninive è stato prodotto un DEM (*Digital Elevation Model*) a partire da una nuvola di punti quotati, estratta da *Google Earth*, e caratterizzato dalla relazione secondo cui a ogni pixel viene associato un valore altimetrico. Analogamente si procede alla creazione di un TIN (*Triangulated Irregular Network*), una struttura di dati vettoriali che si basa sulla scomposizione della superficie in triangoli irregolari in modo tale da visualizzare l'andamento del terreno in maniera accurata¹⁰. A questa base è possibile sovrapporre la cartografia costituita anche dalle immagini satellitari Corona, acquisite tra gli anni Sessanta e Settanta, in cui l'area non è ancora sottoposta a un eccessivo sviluppo antropico e quindi risulta-

due documentazioni sia presente una discrepanza più o meno marcata legata al fatto che nei disegni non vengono riportati tutti i dettagli raffigurati sugli ortostati; probabilmente lo scopo era quello di documentare l'iconografia generale.

¹⁰ I vertici di ogni triangolo costituiscono i nodi del modello; aumentandone la densità nei punti in cui la superficie del terreno risulta più complessa è possibile ottenere una risoluzione più elevata rispetto al modello *raster* che si ottiene attraverso un DEM.

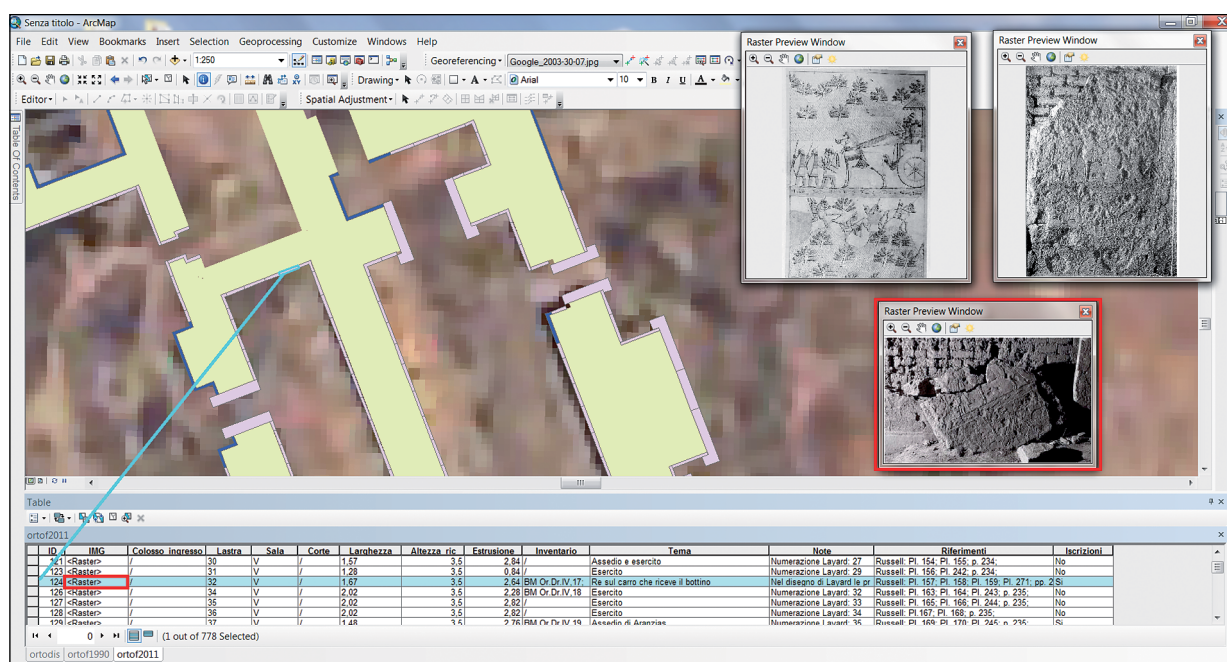


Fig. 5. Visualizzazione in *ArcMap* delle informazioni gestite all'interno dei *geodatabase*.

no più adatte per il confronto con il suolo antico. A esse sono state aggiunte anche le immagini satellitari ottenute da *Google Earth*, tra cui quelle che fanno riferimento al 2003, dove sono ancora visibili in maniera distinta i contrafforti della facciata monumentale H che quindi possono essere tenuti in considerazione come punti di confronto e di aggancio con il resto della documentazione. A tale base è stata infine aggiunta tutta la documentazione storica costituita dalle piante edite del palazzo e anche quella conclusiva realizzata con *Autocad*. Tramite il riconoscimento di almeno due punti omologhi le piante possono essere traslate, ruotate e scalate in modo da ottenere la migliore sovrapposizione possibile. Una volta importato il file .dwg della pianta e aver effettuato la sua conversione in *shapefile*, è possibile specificare il sistema di coordinate geografiche in questo caso UTM_WGS 1984 zone 38N (Fig. 4).

Contemporaneamente, si è proceduto con la creazione di un *database* per contenere tutte le informazioni storiche relative al palazzo, e in particolare agli ortostati, dal momento che, a causa del grande interesse che suscitano, costituiscono la principale fonte di informazione. Il DB è costituito da 778 elementi, a ognuno dei quali viene associato un record all'interno della tabella realizzata con *Access* al quale viene assegnato automaticamente un numero ID univoco. Di ciascun ortostato viene specificata la posizione all'interno dell'edificio, i valori relativi alle dimensioni (l'al-

tezza relativa, ottenuta dalle misurazioni dei disegni di Layard, l'altezza ipotetica, corrispondente alla grandezza che dovevano avere nel momento in cui sono state realizzate), il motivo iconografico rappresentativo della scena con l'indicazione, se presente, dell'iscrizione e infine la loro eventuale catalogazione all'interno dei musei in cui sono conservati; il tutto viene infine correlato dalle informazioni bibliografiche.

Il collegamento di questi dati con la cartografia può essere gestito direttamente in ambiente GIS. All'interno della "tabella attributi" che contraddistingue ogni *layer* viene aggiunto un nuovo campo denominato ID, in cui verranno inseriti manualmente i valori che in seguito dovranno trovare una perfetta corrispondenza con gli ID presenti nel *database*. In questo modo, selezionando una qualsiasi delle geometrie che compongono l'edificio saranno contemporaneamente visibili le informazioni a esso associate inserite nella tabella esterna. Per avere all'interno dello stesso sistema anche la possibilità di visualizzare le immagini associate a ogni ortostato è necessaria la creazione di *geodatabase* (archivi di dati geografici memorizzati su *database* relazionali), in questo modo verranno create delle *feature classes*, insiemi di attributi organizzati e riferibili a entità geometriche, attraverso le quali è possibile attribuire delle immagini a ogni record direttamente dalla "tabella attributi" creando un campo apposito, in questo caso denominato IMG. Dal momento che possiamo avere più immagini

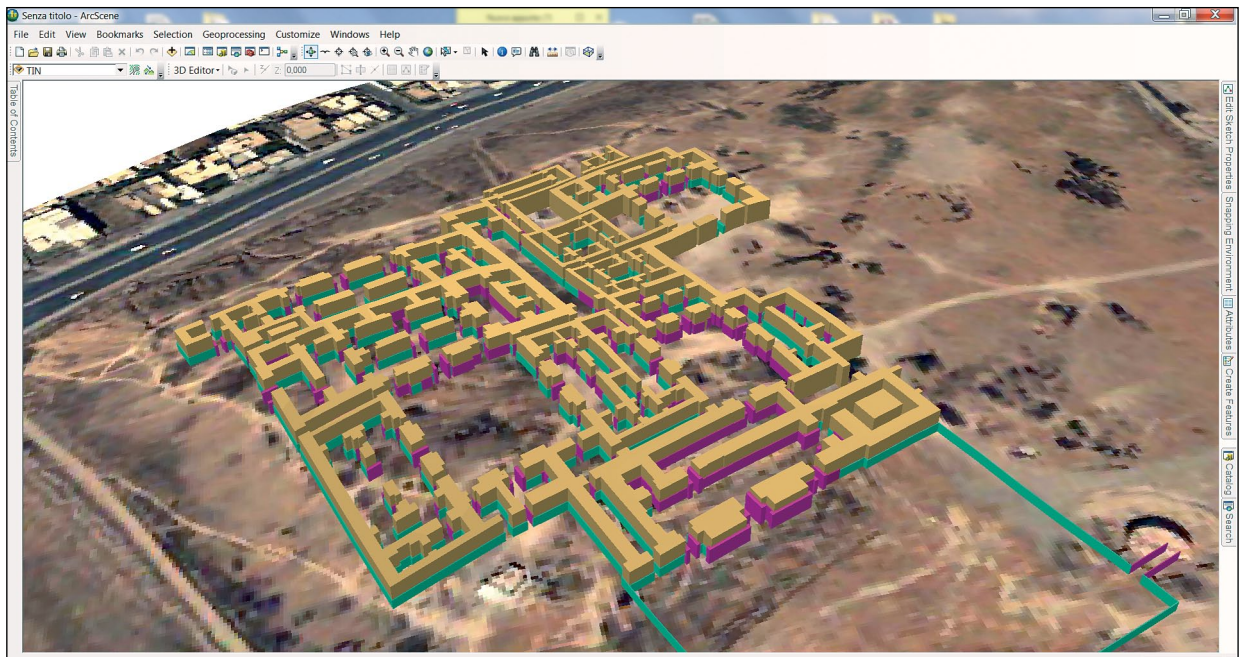


Fig. 6. Visualizzazione in *ArcScene* dell'ipotesi di sviluppo del palazzo tramite l'estrusione dei poligoni.

relative a ogni ortostato (in base alla documentazione, può essere presente sia il disegno che la foto) sono stati realizzati più *file geodatabase*, per non creare delle sovrapposizioni e per rendere più automatica e intuitiva la visualizzazione delle informazioni (Fig. 5).

A questo punto abbiamo a disposizione da un lato un archivio di dati 2D in cui sono presenti sia le informazioni geografiche che storiche e dall'altro un modello tridimensionale in cui viene raffigurata tutta la documentazione iconografica relativa agli ortostati, collocati nella loro posizione originale. La gestione di questi due insiemi di dati per mezzo di un'unica piattaforma rappresenta la fase conclusiva di questo progetto. La capacità di visualizzare il modello 3D e contemporaneamente avere la possibilità di conoscere tutte le informazioni relative a un determinato elemento all'interno dell'edificio costituisce un passo in avanti rispetto a una più semplice rappresentazione bidimensionale. In assenza di tale passaggio il modello tridimensionale sarebbe fine a se stesso, una mera rappresentazione dell'iconografia e della struttura architettonica dell'edificio. Attraverso *ArcScene*, il visualizzatore 3D di *ArcGIS*, è possibile ottenere tale risultato.

Per prima cosa tutti gli *shapefile* elaborati precedentemente e le *feature classes* vengono introdotti all'interno del *software* e sovrapposti al TIN (Fig. 4), utilizzato come *Base Height* per tutti i *file*, in modo tale da avere un'idea di come le strutture dovevano apparire una volta collocate sulla super-

ficie di riferimento. A questo punto si procede con l'estrusione dei poligoni degli *shapefile*; attraverso il comando "*Extrusion*", nella tabella proprietà del *layer*, si definiscono i valori relativi all'altezza di ogni poligono, dato che viene inserito in uno specifico campo del DB.

Analogamente alla visualizzazione dei *layers* in *ArcMap*, anche qui il collegamento con il *database* esterno e con le immagini rende il sistema un punto di riferimento per la catalogazione e lo studio della documentazione relativa all'edificio. In base alle informazioni che vogliamo ottenere è possibile stabilire delle regole in modo da poter interrogare direttamente l'edificio stesso. Come si può vedere nell'immagine (Fig. 6), per esempio, si ha una distinzione fra gli ortostati documentati archeologicamente (rosa) e quelli che invece sono ricostruiti solo su base ipotetica (verde). Lo stesso procedimento si può adottare nel caso in cui si vogliano dividere le lastre secondo le tematiche raffigurate oppure se si è interessati solamente a visualizzare quelle in cui è presente un'iscrizione; dimostrazione del fatto che il modello risulta estremamente versatile. La capacità inoltre di poter modificare o aggiungere informazioni in un qualsiasi momento costituisce un dato fondamentale per rendere il sistema sempre aggiornato.

Il procedimento di estrusione dei poligoni risulta quindi efficace nel momento in cui vengono elaborate delle domande relative all'altezza delle strutture dell'edificio o degli ortostati. È possibile

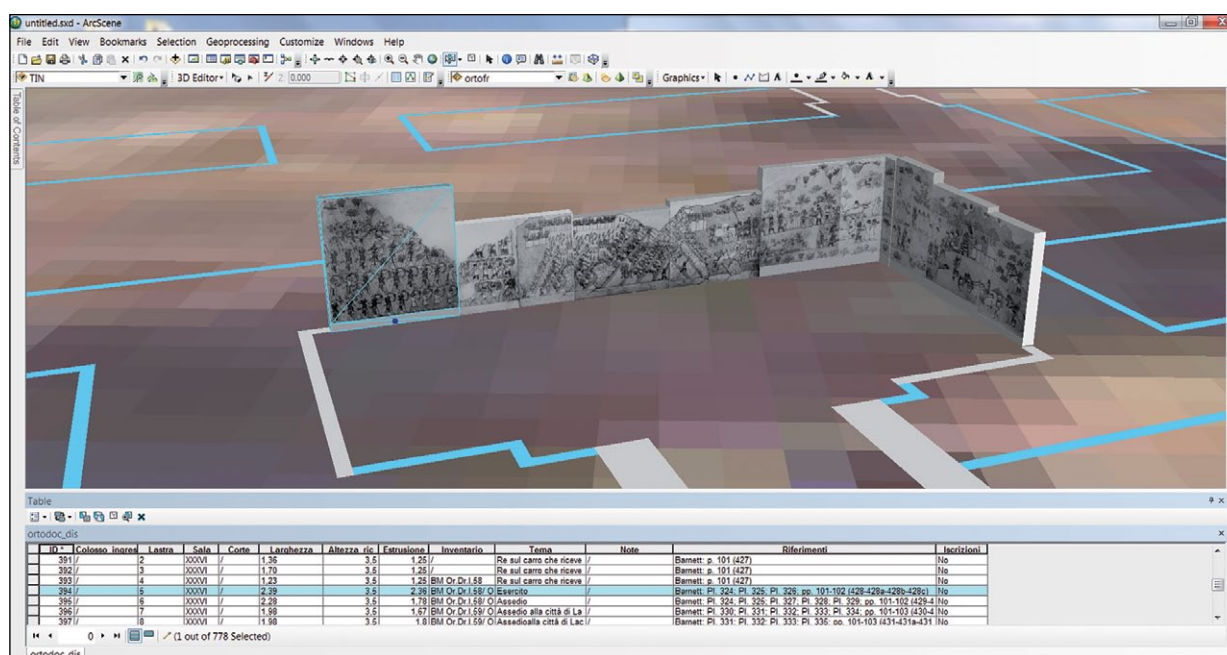


Fig. 7. *Multipatch feature class* relativa agli ortostati della sala 36, la cui *texture* è definita dai disegni di Layard con relativo collegamento al *database* esterno e sovrapposta a un'immagine satellitare.

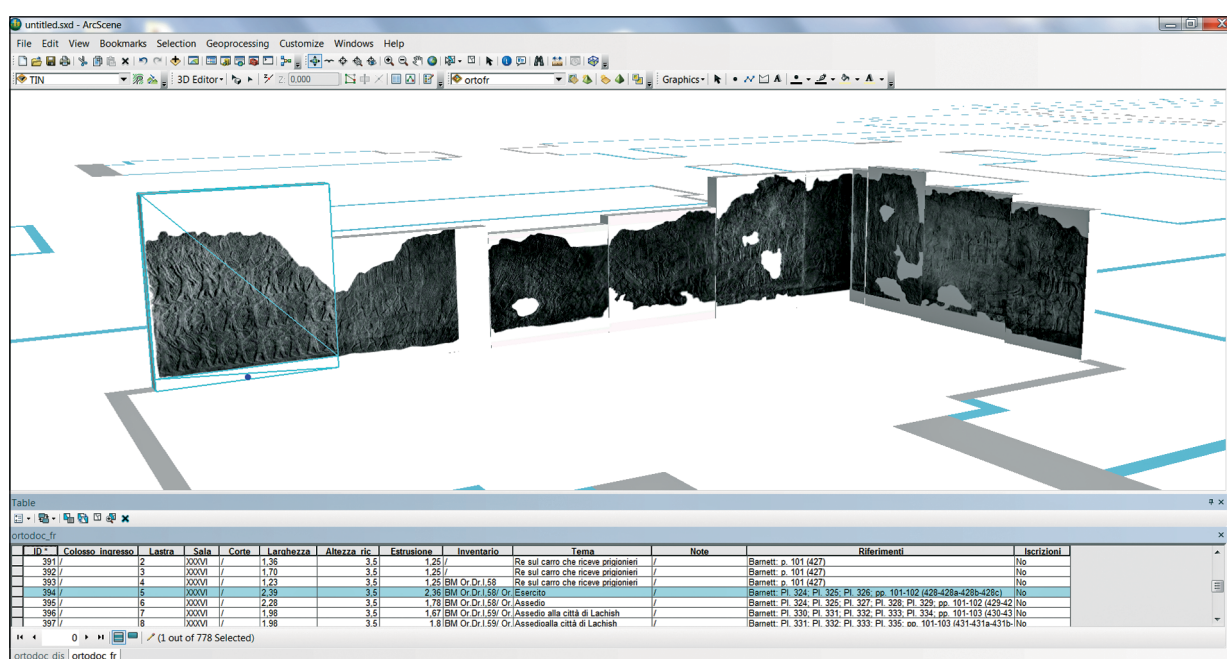


Fig. 8. *Multipatch feature class* relativa alle fotografie delle lastre conservate all'interno del *British Museum*.

visualizzare per esempio la porzione di muratura individuata dagli scavatori confrontandola con l'alzato ipotetico dell'edificio, oppure sapere il grado di conservazione degli ortostati in base alla differenza tra le dimensioni riportate al momento di ritrovamento e quelle che invece hanno tutt'ora.

Il completamento del progetto prevede l'importazione nel *software* del modello tridimensionale

realizzato in *SketchUp* in modo tale da avere all'interno della piattaforma GIS anche la possibilità di "entrare" virtualmente nei vari ambienti dell'edificio osservandone l'intero apparato decorativo.

È importante specificare, innanzitutto, che il modello non è costituito solamente da un insieme di poligoni, ma a essi è stata applicata anche una

texture, quindi il procedimento di importazione risulta più complesso; infatti è necessario che ogni geometria e la sua specifica immagine vengano salvate singolarmente in formato COLLADA, gestibile da entrambe le piattaforme 3D.

Apprendo in *ArcScene* lo strumento “3D editor” e selezionando un determinato poligono è possibile, attraverso il comando “*Replace With Model*”, sostituire il volume indicato con il file COLLADA di riferimento e avremo così importato la *texture* all'interno dell'applicazione. Tale procedimento è possibile solamente avendo come base delle *multipatch feature classes* che a differenza delle normali *feature classes* sono in grado di memorizzare anche i dati relativi a *texture*, colore, trasparenza, etc. Attraverso lo strumento “*Layer 3D To Feature Class*” è possibile crearle avendo sempre come riferimento di input gli *shapefile* di partenza.

Applicando questo procedimento a ogni geometria a cui è associata un'immagine si ottiene la completa rappresentazione degli ortostati distribuiti nei vari livelli informativi. Avremo quindi raggiunto lo scopo finale: visualizzare, gestire e archiviare in un'unica piattaforma un modello tridimensionale in cui è possibile disporre contemporaneamente dell'iconografia, dei dati informativi e geografici (Figg. 7, 8).

A causa della mole di informazioni inserite nel del progetto risulta molto rallentata la visualizzazione: “navigare” all'interno dell'edificio non è semplice, a causa del fatto che le immagini inserite sono molte e rendono il progetto molto pesante, difficile da gestire per i normali pc. L'utilizzo di strumenti tecnologicamente più avanzati o una differente modalità di gestione delle *textures* potrebbero comportare un miglioramento nel controllo della piattaforma.

Conclusioni

I sistemi GIS rappresentano in questo caso di studio un valido strumento per la gestione dell'intero ciclo di trattamento dei dati. L'approccio tridimensionale che è stato utilizzato non si inserisce nell'ambito di una ricostruzione e di un modello virtuale, i quali necessitano di altri appositi strumenti e soprattutto si basano su evidenze ancora visibili. In questo caso, dal momento che non è possibile osservare direttamente l'edificio a causa del pessimo stato di conservazione, l'interesse era volto alla gestione, all'analisi e principalmente all'archiviazione di tutti i dati raccolti, in modo che il modello fosse il più possibile coerente con la realtà antica.

L'intento fondamentale è stato quello di realizzare uno strumento scientifico rigoroso in grado di costituire un punto di riferimento nello studio di questo edificio, grazie alla caratteristica di essere scomponibile e analizzabile anche nel più piccolo dei suoi componenti di base; un vero e proprio archivio contenente tutta la documentazione relativa all'edificio.

La volontà di creare un GIS 3D diversamente da uno 2D è legata al fatto che una parte preponderante della documentazione si focalizza sull'apparato decorativo dell'edificio. La possibilità di visualizzare in ogni vano e in posizione originale non solo i rilievi ancora conservati ma anche le fotografie e i disegni che ne sono stati fatti permette di avere a disposizione una grande quantità di dati, importante per chiunque fosse interessato a uno studio iconografico. Attraverso questa piattaforma è inoltre possibile osservare un'immagine e contemporaneamente disporre di tutte le informazioni a essa associate. Tali caratteristiche consentono di utilizzare il modello come base per stabilire eventuali opere di intervento e di restauro sia sulle strutture che sui rilievi, soprattutto per quelli che sono ancora oggi presenti *in situ*.

Un aspetto che può interessare le prospettive future è legato alle tecnologie volte alla modellazione tridimensionale delle superfici per poter navigare il modello in realtà virtuale ed essere in grado di renderlo fruibile *on-line*, permettendone così la condivisione anche con un pubblico non formato in campo archeologico¹¹.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare Nicolò Marchetti per avere seguito lo sviluppo della mia ricerca e per gli incoraggiamenti e i consigli che mi ha dato. Ad Andrea Fiorini devo molte indicazioni di metodo e spunti sul miglioramento dell'architettura del sistema. Nicolò Dell'Unto mi ha ispirato con i suoi lavori e mi ha spronato nell'applicare questo campo di studi all'archeologia orientale. Tutte le figure sono dell'Autore.

Bibliografia

Agugiaro, G., Remondino, F., Girardi, G., Von Schwerin, J., Richards-Rissetto, H., De

¹¹ Per un'analisi dei progetti più significativi in questo ambito si rimanda a: Agugiaro *et alii* 2011; Forte *et alii* 2012; Dell'Unto *et alii* 2016.

- Amicis, R., 2011. QueryArch3D: Querying and Visualising Three-Dimensional Archaeological Models in a Web-Based Interface, *Geoinformatics FCE CTU* 6: 10-17.
- Barnett, R.D., Turner, G., Bleibtreu, E., 1998. *Sculptures from the Southwest Palace of Sennacherib at Nineveh*, I-II, London: British Museum Press.
- Bartoli, M., 2014. Metodologie e Strumenti di Studio Digitali per l'Archeologia. Nuovi Strumenti per la Documentazione Archeologica, *DigItalia* 1: 67-86.
- Dell'Unto, N., Landeschi, G., Touati, A.M.L., Dellepiane, M., Callieri, M., Ferdani, D., 2016. Experiencing Ancient Buildings from a 3D GIS Perspective: a Case drawn from the Swedish Pompeii Project, *Journal of Archaeological Method and Theory* 23: 73-94.
- Fiorini, A., Curci, A., Spinapolice, E.E., Benazzi, S., 2019. Grotta di Uluzzo C (Nardò-Lecce): risultati preliminari, strumenti e metodi dell'indagine archeologica, *Fasti Online Documents & Research* 2019.
- Forte, M., 2000. Comunicazione Archeologica, in F. Francovich, D. Manacorda (a cura di), *Dizionario di archeologia. Temi, concetti e metodi*, Roma-Bari: Laterza: 75-80.
- Forte, M., Dell'Unto, N., Issavi, J., Onsurez, L., Lercari, N., 2012. 3D Archaeology at Catalhöyük, *International Journal of Heritage in the Digital Era* 1: 351-377.
- Kertai, D., 2014. *The Architecture of Late Assyrian Royal Palaces*, Oxford: Oxford University Press.
- Kertai, D., 2015. Imagining Second Storeys in Late Assyrian Palaces: the Architectural Reconstructions of James Fergusson and Jean-Claude Margueron, in D. Nadali, M.G. Micale (eds.), *How do we want the past to? Digital Technologies and the Ancient World*, Piscataway: Gorgias Press: 49-76.
- Kertai, D., 2017. The Palaces of Nineveh, in L.P. Petit, D. Morandi Bonacossi (a cura di), *Nineveh, the Great City. Symbol of Beauty and Power* (Palma, 13), Leiden: Sidestone Press: 147-154.
- Layard, A.H., 1849. *Nineveh and its Remains: with an Account of a Visit to the Chaldean Christians of Kurdistan, and the Yezid, or Devil-Worshippers; and an Inquiry into the Manners and Arts of the Assyrians*, II, New York: Putnam, G. P.
- Layard, A.H., 1853. *Discoveries among the Ruins of Nineveh and Babylon: with Travels in Armenia, Kurdistan, and the Desert: Being the Result of a Second Expedition undertaken for the Trustees of the British Museum*, London: Murray.
- Landeschi, G., Dell'Unto, N., Ferdani, D., Leander Touati, A.M., Lindgren, S., 2015. Enhanced 3D-GIS: documenting insula V 1 in Pompeii, in F. Giligny; F. Djindjian; L. Costa; P. Moscati; S. Robert (eds.), *CAA2014 21st Century Archaeology: concepts, methods and tools. Proceedings of the 42nd annual conference on computer applications and quantitative methods in archaeology*, Oxford: Archaeopress: 349-360.
- Landeschi, G., Dell'Unto, N., Lundqvist, K., Ferdani, D., Campanaro, D.M., Leander Touati, A.M., 2016. 3D-GIS as platform for visual analysis: Investigating a Pompeian house, *JASc* 65: 103-113.
- Lippolis, C. (ed.), 2011. *The Sennacherib Wall Reliefs at Nineveh* (Monografie di Mesopotamia, XV), Firenze: Le Lettere.
- Loud, G., Altman, C.B., 1938. *Khorsabad, Part II: The Citadel and the Town* (Oriental Institute Publications, 40), Chicago: University of Chicago Press.
- Madhlloom, T.A., 1967. Excavations at Nineveh, 1965-67, *Sumer* 23: 76-93.
- Marchetti, N., Angelini, I., Artioli, G., Benati, G., Bitelli, G., Curci, A., Marfia, G., Roccetti, M., 2018. NEARCHOS. Networked Archaeological Open Science: Advances in Archaeology Through Field Analytics and Scientific Community Sharing, *JASc* 26: 447-469.
- Reade, J.E., 1980. Space, Scale and Significance in Assyrian Art, *BaM* 11: 71-87.
- Remondino, F., Campana, S., 2014. *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage - Theory and Best Practices*, Oxford: Archaeopress BAR Publication Series.
- Russell, J.M., 1991. *Sennacherib's Palace without Rival at Nineveh*, Chicago: University of Chicago Press.
- Russell, J.M., 1998. *The Final Sack of Nineveh: The Discovery, Documentation, and Destruction of King Sennacherib's Throne Room at Nineveh, Iraq*, New Haven: Yale University Press.
- Thompson, R.C., Hutchinson, R.W., 1929. *A Century of Exploration at Nineveh*, London: Luzac.