

TECNOLOGIE INTEGRATE PER LA GESTIONE E VISUALIZZAZIONE DEL PAESAGGIO 3D

IL CASO STUDIO DELLA NECROPOLI DELLA BANDITACCIA

di Emanuele Cinquanta, Francesco Iaia e Lucia Marsicano

Un'esperienza dal Master Open Technè attraverso le tecnologie open source per la documentazione e la valorizzazione dei beni culturali. Le tecnologie utilizzate per la gestione e la visualizzazione del paesaggio 3D hanno permesso di realizzare un modello tridimensionale della Necropoli della Banditaccia a Cerveteri.

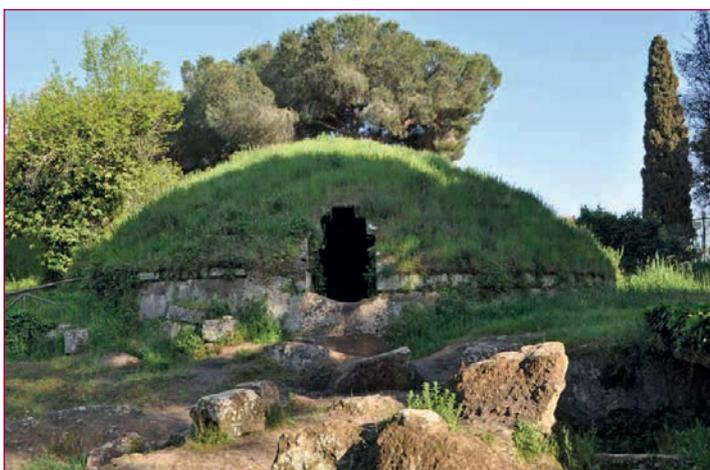


Fig. 1 - Immagine di un tumulo della Necropoli della Banditaccia usata come reference durante la modellazione .

Il presente lavoro nasce dall'esperienza della seconda edizione del Master Open Technè (2014), incentrato sulle emergenti tecnologie open source per la documentazione e valorizzazione dei Beni Culturali. Il Master si conclude normalmente con uno stage presso un istituto o un'azienda. In continuità con l'attività di formazione già svolta con gli autori nel corso Open Technè di modellazione 3D (Blender) ho seguito anche il loro periodo di tirocinio presso il Virtual Heritage Lab del CNR-ITABC a Roma. In occasione della collaborazione esistente fra ITABC e Soprintendenza Archeologia Lazio Etruria Meridionale (F.R. Rita Cosentino) per lo studio e valorizzazione della Necropoli della Banditaccia, si è posta l'opportunità di approcciare quello che è il sito funerario più esteso dell'intero bacino del Mediterraneo con un approccio "sistemico". Il percorso formativo degli autori ha qui trovato un fine preciso nella creazione di un modello 3d territoriale inteso come base metrica per i futuri sviluppi di progetto (Emanuel Demetrescu, supervisore scientifico di progetto presso CNR-ITABC).

La necropoli della Banditaccia, sito Unesco dal 2004, è collocata su un'altura tufacea ad ovest della città di Cerveteri. Scavata per la prima volta da Mengarelli tra 1909 e 1936, fu abbandonata fino agli anni '60 quando venne affidata a Morretti il quale si concentrò soprattutto nella zona del Recinto dove sono presenti i tumuli monumentali.

Le sepolture, in parte scavate nella roccia ed in parte costruite con blocchi in tufo, appartengono ad un arco cronologico che va dal IX secolo a.C. (periodo villanoviano) al III secolo a.C. (Drago, 2006)

Il progetto qui esposto si inserisce in una lunga serie: Cerveteri a partire dalle prospezioni Lerici degli anni sessanta, è stata sempre aperta alle nuove tecnologie (basti pensare alle teche multimediali). Vista la quantità e la qualità dei dati 2D, raccolti tramite strumentazione Gps ed elaborati con software Gis, si è deciso di dedicare lo stage presso il Virtual Heritage Lab del CNR-ITABC alla realizzazione di un modello 3D topologicamente corretto dell'intera area della Necropoli della Banditaccia nel suo aspetto attuale. Per realizzare ciò non ci siamo avvalsi di nessuna apparecchiatura di scansione, né utilizzato programmi di fotogrammetria, ma solamente computer grafica (l'utilizzo di Agisoft PhotoScan, come più avanti spiegato, si è reso necessario solo per prelevare la texture di un tumulo, esterno al progetto, già texturizzato).

Una piattaforma 3D della Necropoli potrebbe costituire non solo un utile strumento didattico e divulgativo, ma anche un contenitore di informazioni scientifiche attraverso il collegamento ad un database.

OBIETTIVI

Il progetto ha come *focus* principale la creazione di un modello dell'area della necropoli della Banditaccia che possa fungere sia da mezzo didattico e divulgativo per il grande pubblico, che da strumento di studio scientifico e contenitore di ulteriori informazioni. La realtà virtuale risulta essere un intuitivo veicolo di comunicazione per tale fine. Il modello, realizzato tramite il *software* open source Blender, è stato progettato tenendo conto di questa sua duplice funzionalità. L'oggetto è, infatti, metricamente e paesaggisticamente corretto in quanto si basa su dati reali, quali CTR, altimetrie e foto aeree (fornite dal CNR). Questo perché potesse avere una validità scientifica oltre a quella di rappresentazione del paesaggio. La sua impostazione tassonomica, inoltre, permetterà di collegare il modello ad una banca dati alfanumerica così che il fruitore possa avere tutte le informazioni sull'oggetto a cui è interessato e al contempo vedere la sua collocazione all'interno di un paesaggio fedelmente ricostruito. In un secondo momento si potranno inserire modelli di tumuli provenienti indistintamente da scansione, fotogrammetria o modellazione, oppure sostituire i tumuli già presenti con modelli più accurati e specifici, ed eventualmente rappresentare anche l'interno di essi. Si tratta, infine, di un punto di partenza per la ricostruzione paesaggistica dell'intera area di Cerveteri all'epoca del suo massimo splendore. L'idea è quella di creare un progetto dinamico, un cantiere aperto ad ulteriori valide modifiche, con alla base delle solide fondamenta.

3D E DATABASE

L'idea di inserire modelli rappresentanti beni archeologici, realizzati tramite tecniche di ricostruzione 3D all'interno di un database strutturato allo scopo, ha significative applicazioni pratiche negli ultimi anni. Interessante è stato il lavoro svolto da un gruppo di ricercatori (Apollonio et alii, 2012) concentratosi sulla rappresentazione dei beni culturali all'interno della piattaforma Google Earth rispettando una accuratezza metrica. Inoltre nello stesso testo viene presentato un sistema per combinate l'utilizzo di una serie di strumenti volti alla modellazione accurata dell'oggetto. Particolarmente interessanti, inoltre, sono le proposte sulla realizzazione di database collegati a modelli 3D di beni archeologici (M. Auer et alii 2014). In questo caso si propone un'infrastruttura altamente flessibile e compatibile da utilizzare per i beni culturali attraverso la realizzazione di un modello suddiviso in sezioni ciascuna collegata al database. In questo modo è possibile visualizzare e interagire con modelli 3D e anche fornire informazioni da banche dati su tutte le parti di un modello semanticamente segmentato. Le strutture modellate e connesse tramite questa infrastruttura superano uno dei principali problemi nella ricostruzione 3D: i beni spesso hanno rivelanti inter-connessioni oppure le campagne di scavo mostrano nuove ed importanti scoperte per cui è necessario rivedere l'intero modello e la sua ipotesi ricostruttiva.

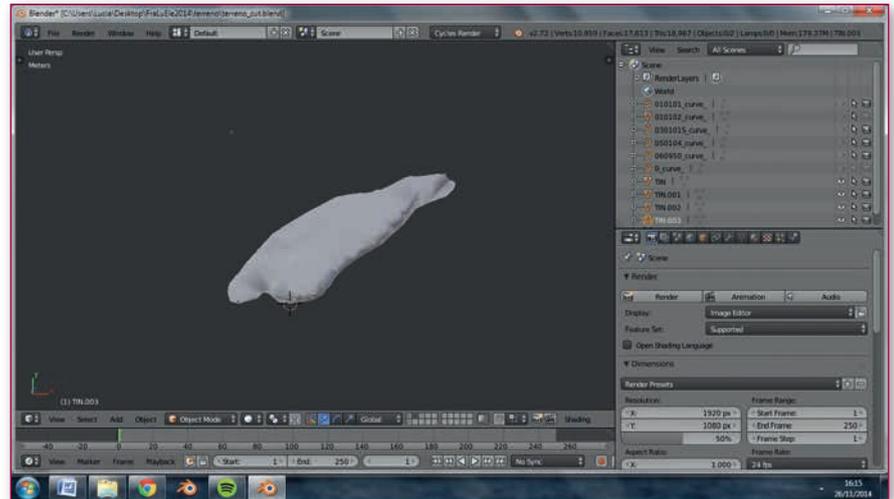


Fig. 2 - Modello dell'area del grande recinto

Partendo da una struttura come questa è più facile intervenire per effettuare modifiche e aggiornamenti sullo stato della struttura presa in considerazione.

METODO E STRUMENTI

Per realizzare il progetto è stato possibile utilizzare dati esistenti quali fotografie (.jpg) da usare come *reference* per la modellazione, dati geo-referenziati (.tif, .shp) le informazioni altimetriche (.dxf) e la carta tecnica regionale che è stata integrata con le immagini satellitari. Il primo *step* di ogni progetto, quello della raccolta di dati/informazioni, è risultato quindi agevole in quanto si basa su dati facilmente reperibili. I *software* utilizzati sono stati QGIS, Agisoft Photoscan, Arbaro, Blender, NanoCAD e Gimp. Si tratta di programmi open source ad eccezione di NanoCad e Arbaro, due *freeware* con licenza chiusa, e di Agisoft Photoscan (*closed software*).

La scelta di lavorare con *software* open è legata soprattutto alla grande versatilità di questo tipo di programmi e nello specifico, la capacità di leggere diversi formati senza operare troppe trasformazioni, si è rivelata essere particolarmente adatta per l'utilizzo e gestione di un significativo quantitativo di dati di formati differenti, da importare/esportare fra i diversi software (J. Bogdani et alii, 2012) con l'ulteriore fattore positivo di un'interfaccia grafica di buon livello.

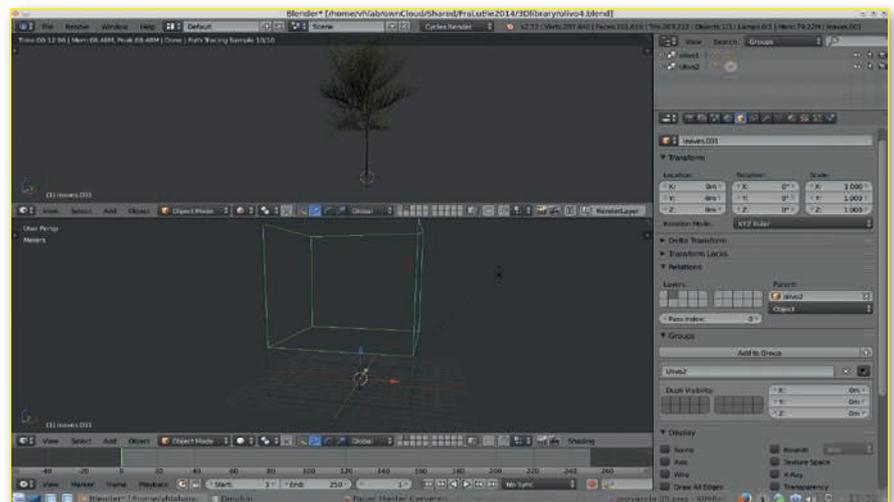


Fig. 3 - Modello di albero pronto per l'instancing

La scelta di lavorare in gruppo infine nasce dall'idea di ottimizzare tempi e lavoro per costruire un progetto che per mole di dati e grandezza dell'area sarebbe risultato altresì estremamente complesso. Come già anticipato manca infatti, per l'area della necropoli, un lavoro di restituzione 3D, da qui l'esigenza di lavorare ad un'unica matematica divisa però in due principali aree: la modellazione e l'ottimizzazione degli alberi e dei tumuli, e la creazione di un modello del terreno. Per ragioni di comodità, risparmio di tempo, confronto dei contenuti e coerenza, il lavoro è stato svolto in condivisione tramite la piattaforma *cloud* Owncloud: le cartelle e i *file* in esse contenuti sono accessibili a tutti i membri del gruppo di lavoro. In questo modo è possibile lavorare contemporaneamente visualizzando, dove necessario, il lavoro degli altri accedendo ad un *file* messo in condivisione e aggiornato una volta raggiunto un risultato definitivo. Durante le fasi di lavorazione sono state create più versioni del file di progetto in modo da conservare sempre una fase precedente. Solo una volta raggiunto un risultato soddisfacente si condivideva il lavoro con gli altri membri del team. Le versioni definitive sono state caricate nei vari spazi di lavoro (tramite *linking* della risorsa).

Essendo il nostro lavoro un contenitore base per futuri sviluppi, si è scelto di affiancare agli oggetti da noi creati una nomenclatura utile ad identificare la specifica tipologia dell'oggetto 3D (albero, tumulo o terreno), con l'aggiunta di una tag “_ver” se posizionato correttamente secondo le coordinate, oppure “_daverificare” se, mancando dati GIS relativi, è il risultato di una nostra approssimazione (Demetrescu, 2012). Per quanto riguarda la rappresentazione delle sepolture, per motivi di praticità in questa fase di creazione, si è scelto di modellare alcuni tumuli “tipo” da inserire nel contenitore seguendo i dati GIS.

In un secondo momento si potrà procedere alla sostituzione dei tumuli “tipo” con modelli realizzati attraverso fotogrammetria o modellazione.

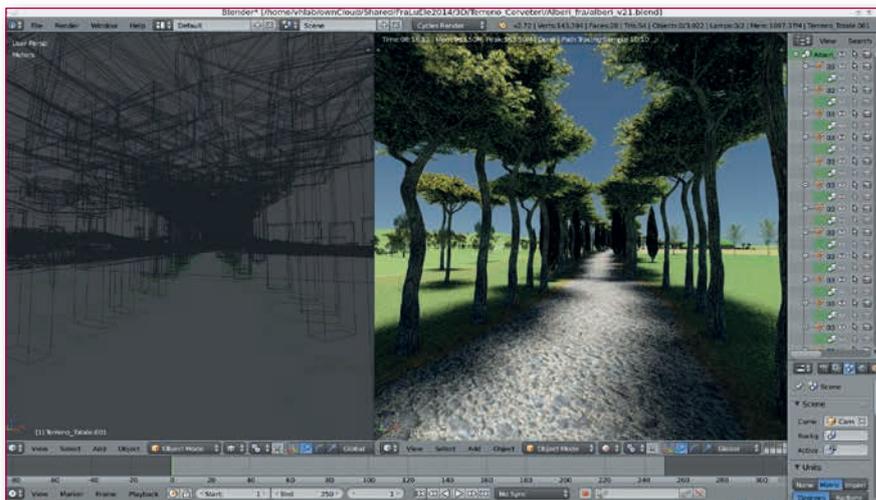


Fig. 4 - Via della Necropoli, scena in fase di costruzione.

WORKFLOW DI LAVORO

Punto di partenza del progetto è stato la creazione di un modello del terreno; per farlo sono stati usati dati altimetrici dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) disponibili in formato “.dwg”. Prima di creare il modello in Blender, i dati sono stati elaborati in NanoCAD. Infatti, per poter importare in modo corretto i dati d'altimetria e di posizionamento derivanti dalla CTR in Blender, si è reso necessario lo spostamento di questi in un sistema di coordinate relativo (0, 0, 0) per ottimizzare le performance del *software*. Per fare questo ci siamo serviti di un riferimento costituito da un quadrato che misura 40x40m, che è stato spostato nel centro degli assi cartesiani. Il file è stato infine esportato in formato .dxf ed importato in Blender grazie all'*add-on import-export dxf*.

Una volta importato è stato necessario convertire le curve in una mesh; a questo punto si è generato il modello del terreno attraverso l'*add-on Delaunay Voronoi* (Delaunay Voronoi & Triangulation diagram, Blender GIS, domlysz, <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>).

Ottenuto il modello sono state individuate le zone di interesse, in particolare il “grande” e “piccolo recinto”, per poterle poi dividere. Sono quindi state sovrapposte le curve di livello e le immagini georeferenziate alla *mesh* per poterla dividere in tre parti: macro-area di Cerveteri, piccolo recinto e grande recinto.

Successivamente è stata realizzata la *texture* del terreno. Si è proceduto inserendo dei piani di riferimento ai quali sono stati associati una UV Map e un'immagine, utilizzando il modificatore UV Project. In questo modo è stato possibile, lavorando con i nodi, usare diversi fattori di scala di una stessa immagine e mescolarle tra loro in modo da spezzare la ripetitività che si viene a creare in caso di *texture* ripetute. Per prima cosa sono state create, su ciascuna porzione di terreno, una UV Map e un'immagine sulla quale apportare le necessarie modifiche col *texture paint*. Per ottenere i colori della terra e dell'erba sono poi stati inseriti due piani di riferimento associati ad altre due UVMap e *texture*; l'effetto dei solchi e delle irregolarità del terreno è stato invece ottenuto con delle *texture* di “sporcatura”.

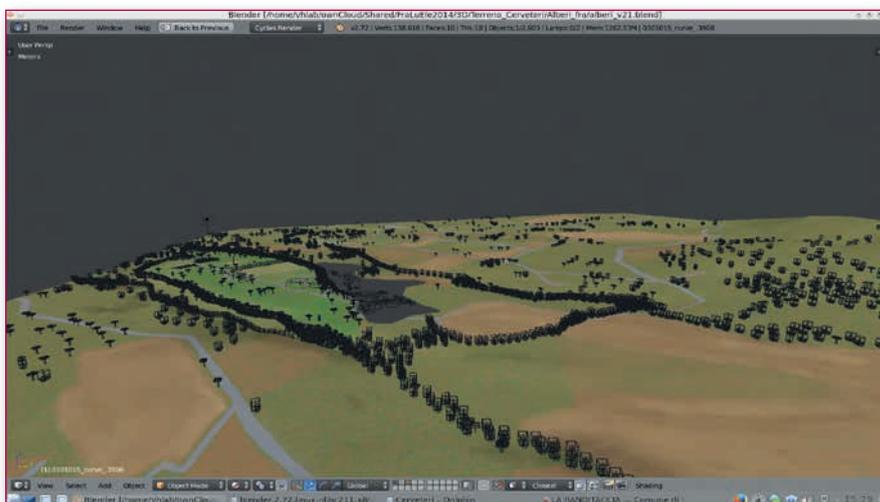


Fig. 5 - Disposizione degli alberi sul modello del terreno.

Per riprodurre l'aspetto del terreno il più fedelmente possibile ci si è basati sul confronto con le immagini satellitari di Google Earth, in questo modo è stato possibile delineare i campi coltivati e le strade, anche qui basandosi su *texture*, usate come maschere (GIMP).

Particolare cura è stata data al posizionamento e alla scelta degli alberi presenti nel modello. Per far questo si è proceduto *in primis* ad individuare le tipologie di alberi presenti all'interno del paesaggio da noi ricostruito, tramite ricognizioni sul campo; per l'area del piccolo e grande recinto si tratta principalmente di alberi appartenenti alle specie *pinus pinea*, *cupressus* e *olea europaea*; mentre all'esterno abbiamo individuato, oltre alle specie sopracitate, anche diverse tipologie di querce quali il *quercus cerris*, *quercus ilex* e *quercus robur*. Alcuni modelli di questi alberi da ottimizzare e texturizzare ci sono stati forniti dal CNR, mentre altri sono stati creati *ex novo* partendo dall'*add-on* di Blender, *add-curve sampling* o dal programma Arbaro. Per ogni specie di albero sono stati realizzati almeno tre modelli tipo in modo da creare una differenziazione volta a rendere più realistico il nostro lavoro. Una volta creata questa libreria di modelli arborei si è proceduto alla preparazione dei modelli per l'*instancing*, una tecnica utilizzata nel 3D per duplicare un oggetto, nel file del territorio. Per far questo i modelli in cycles sono stati impostati come "*maximum draw type*" al valore *bounds*, questo per favorire l'*instancing*, successivo affinché non venga caricato un numero eccessivo di geometrie (nell'ordine di decine di miliardi di poligoni) tale da sovraccaricare e compromettere i tempi di risposta dell'interfaccia grafica di Blender. Si è proceduto quindi al posizionamento degli alberi. Per procedere nel modo più accurato possibile ci si è basati su due fonti di dati: la CTR e le foto aeree. Per prima cosa sono stati ricavati i dati dalla CTR per la collocazione generale degli alberi segnalati da questa. I dati in .dwg sono stati importati nel software NanoCad e spostati su uno 0,0,0 relativo e quindi esportati in .dxf. Grazie all'*add-on import-export dxf* di blender si è proceduto quindi a portarli all'interno del software. Dopo aver collegato tramite link i terreni si è rilevato che non tutti i dati erano collocati esattamente sull'asse della z e quindi sono stati spostati per ottenere la giusta collocazione sul terreno degli alberi. Quindi sono stati istanziati gli alberi dalla nostra libreria di modelli rispettando la posizione delle specie individuate da CTR e foto aeree. Quando è stato necessario apportare delle modifiche ai nostri file degli alberi si è rivelato particolarmente utile l'*add-on edit linked library* che permetteva un aggiornamento rapido degli oggetti istanziati. Terminata la collocazione partendo dai dati della CTR si è proceduto al posizionamento partendo dalle foto aeree. Si è trattato per la maggior parte di aumentare la presenza di alberi seguendo le linee guida tracciate già dalla CTR.

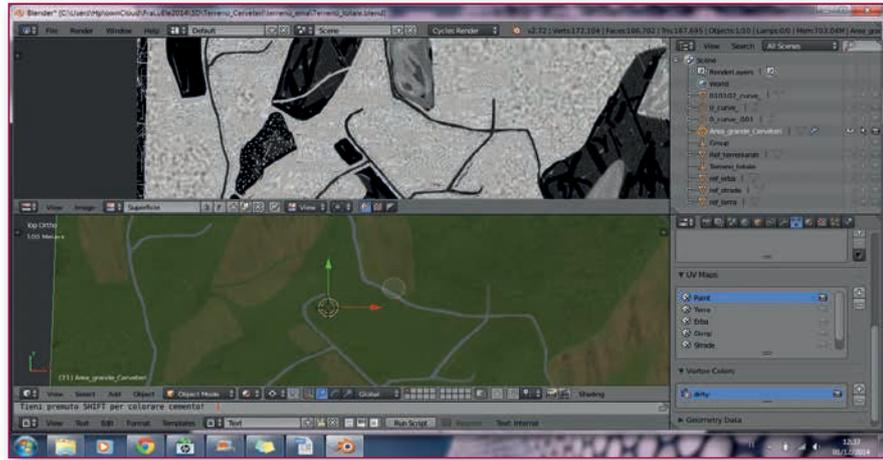


Fig. 6 - Creazione della texture attraverso l'uso del Node Editor.

L'attenzione è stata quindi rivolta ai tumuli in modo da realizzare una serie di tumuli "tipo", che successivamente potranno essere sostituiti con modelli più accurati e specifici, collocati e restituiti con le giuste dimensioni seguendo i dati ricavati dalla CTR. In questo caso, però, non avevamo a disposizione alcun modello di tumuli da cui partire. Sono state individuate, dunque, *references* cercando immagini nel web o partendo da materiale edito. Si è proceduto quindi alla modellazione di tumuli "tipo" divisi per caratteristiche derivanti da grado sociale o epoca. Per la realizzazione *ex-novo* della *texture* si è realizzato un modello parziale di tumulo tramite il software di fotogrammetria Agisoft Photoscan partendo da fotografie realizzate durante una ricognizione dal CNR. Da questo modello parziale texturizzato è stata ricavata un'immagine tramite il processo di *bake texture*. La *texture* ricavata è stata quindi modificata in GIMP 2.8 in modo da essere *seamless* (senza giunzioni). Al termine di questo processo la *texture* è stata nuovamente applicata alla *mesh*. Ogni modello è stato quindi, come per le *mesh* degli alberi, impostato in modalità di visualizzazione *bounds* nel campo "*maximum draw type*" (metodo per ottimizzare la visualizzazione del modello esteso del terreno in cui trovano posto centinaia di alberi).



Fig. 7 - Tumulo "tipo" nel Grande Recinto.



Fig. 8 - Modello della Necropoli della Banditaccia.

Infine si è applicato un sistema particellare di tipo *hair* per simulare i fili d'erba nella parte alta di ciascun tumulo. Si è proceduto, quindi, all'*instancing* dei tumuli nel file del progetto finale.

RISULTATI

Il risultato del lavoro effettuato è un modello che rappresenta, in maniera accurata e metricamente corretta, la necropoli della Banditaccia di Cerveteri e del suo paesaggio. Ora, a fianco dei dati 2D è disponibile un modello 3D dell'estesa area della necropoli. Il tutto realizzato utilizzando principalmente *software* open source e conservando i dati in un formato aperto e dalle specifiche note. Da questo lavoro si è potuto realizzare anche una serie di *rendering* statici che danno un'idea fedele della zona e che possono essere utilizzati a fini didattici e divulgativi. L'oggetto è anche un contenitore di dati impliciti ed espliciti ed è pronto per ospitare successivi modelli di tumuli resi con maggior dettaglio sia all'interno che all'esterno o anche tumuli che verranno scavati ed esplorati in futuro.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti attraverso le tecniche di modellazione 3D in questo contesto archeologico, danno una idea chiara di come l'utilizzo della computer grafica tridimensionale sia ormai parte integrante del settore di studio. Nel caso specifico, Blender si è rivelato un versatile e potente *software* adatto a supportare la realizzazione del progetto in diverse fasi, risultato significativo del progetto è la realizzazione di un contenitore 3D, costruito *ex-novo*, rappresentante in maniera dettagliata l'ambiente. Il risultato è stata la realizzazione di una base che potrà avere ulteriori e importanti sviluppi per divenire un utile strumento con fini didattici e divulgativi.

Per raggiungere quest'ulteriore *step* si dovrà procedere alla realizzazione di un database alfanumerico che consenta un accesso a dati collegati al mondo virtuale da noi ricostruito. A nostro avviso sarebbe interessante poter in futuro seguire un approccio in parte simile a quello tracciato da Apollonio per l'inserimento di questo contenitore 3D e del database ad esso connesso nel web. In questo caso sarà necessario ottimizzare i modelli per la visualizzazione on-line, ma potremmo fornire agli utenti la possibilità di usufruire di una piattaforma 3D, realizzata con sistemi open source, che sia al contempo un database utile per studi di carattere scien-

tifico, ma anche una risorsa interessante per la fruizione dei nostri beni culturali al grande pubblico attraverso le tecnologie di ultima generazione. Per questo fine si dovrà procedere all'inserimento di modelli più dettagliati e specifici di tumuli. Queste aggiunte permetteranno d'incrementare esponenzialmente il valore scientifico del progetto. Oltre ad essere utile per la realizzazione di render statici a fini divulgativi e didattici sarebbe interessante la realizzazione di un game immersivo sviluppato *ad hoc*. Da questa base, infine, si potrà procedere alla ricostruzione della necropoli nel periodo della frequentazione etrusca dell'area.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato realizzato durante lo stage formativo del Master in "Tecnologie Open Source per i Beni Culturali" (Master Open Téchne) organizzato dall'Istituto FICLU in collaborazione con il Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena. Coordinatori del Master il Dott. G. Bigliardi e la Dott. sa S. Cappelli.

BIBLIOGRAFIA

- Apollonio F. ET AL. 2012, 3D reality-based Arcefact Models for the Management of Archaeological Sites Using 3D Gis: A Framework Starting from the Case Study of the Pompeii Archaeological Area., 39, 5, 1271-87
- Drago L. 2006, Cerveteri, Roma.
- Bogdani J., Vecchietti E. 2012, Network solutions for the management and dissemination of the archaeological data. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica Atti del III Workshop (Padova, 8-9 maggio 2008)
- Demetrescu E. 2012, Elementi di metodologia per le applicazioni open source e free software nella restituzione archeologica territoriale ed urbana. Il caso della Marrana di San Giovanni a Roma. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica Atti del III Workshop (Padova, 8-9 maggio 2008)
- Auer M., Agugiaro G., Billen N., Loos L., Zipf M. 2014, Web-based visualization and query of semantically segmented multiresolution 3d models in the field of cultural heritage. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5, 2014 ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 - 25 June 2014, Riva del Garda, Italy.
- S. Baldissini, A. Manferdini, M. E. Masci, An information system, for the integration, management and visualization of 3D reality based archaeological models from different operators.
- F. Apollonio, M. Gaiani, C. Corsi, A Semantic and Parametric Method for 3D Models used in 3D Cognitive-Information System, in 3D ARCH 09 Proceedings - 3D Virtual Reconstruction and Visualization and Visualization of Complex Architectures (Trento, 25-28 febbraio 2009), Trento 2009.

ABSTRACT

Aim of the project is to create a metrically correct model useful both as a didactic and a research tool. The study was carried out on the Necropolis of Banditaccia in which there are tombs dated from the IX century BC to the III century BC. The model is metrically accurate thanks to the use of data of aerial photographs and contour lines provided by the CNR. This feature allows to insert integrations in the model creating a 3D and georeferenced data-base. The work has been achieved using free and open source software, in particular NanoCAD, Gimp and Blender a 3D modelling software.

PAROLE CHIAVE

TECNOLOGIE OPENSOURCE; OPEN TECHNÉ; MODELLAZIONE 3D; NECROPOLI DELLA BANDITACCIA; GIS

AUTORE

EMANUELE CINQUANTA, EMANUELECINQUANTA@LIBERO.IT

FRANCESCO IAIA, FRANCESCOIAIA1987@GMAIL.COM

LUCIA MARSICANO, MARSICANO.LUCIA88@HOTMAIL.IT

CNR-ITABC

SUPERVISIONE SCIENTIFICA

EMANUEL DEMETRESCU, EMANUEL.DEMETRESCU@ITABC.CNR.IT