Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Patrimonio Culturale

ARCHEOFOSS

Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica

Atti del IV Workshop
(Roma, 27-28 aprile 2009)

a cura di
Paolo Cignoni, Augusto Palombini,
Sofia Pescarin

ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI
Supplemento 2, 2009

All'Insegna del Giglio

Volume edito in collaborazione con il Dipartimento Patrimonio Culturale del CNR

Realizzazione grafica della sovracoperta di Marcello Bellisario
ISSN 1120-6861
ISBN 978-88-7814-443-9
© 2010 – All'Insegna del Giglio s.a.s. – www.edigiglio.it
Stampato a Firenze nel marzo 2010 – Tipografia ABC

Elenco degli Autori

Asta Alessandro: alessandroasta@gmail.com
Bezzi Alessandro: alessandro.bezzi@arc-team.com
Bezzi Luca: luca.bezzi@arc-team.com
Bianconi Luca: lc.bianconi@googlemail.com
Callieri Marco: marco.callieri@isti.cnr.it
Calori Luigi: l.calori@cineca.it
Cantone Francesca: francesca.cantone@unina.it
Cerato Ivana: ivana.cerato@gmail.com
Chianese Angelo: angchian@unina.it
Cignoni Paolo: paolo.cignoni@isti.cnr.it
Corsini Massimiliano: massimiliano.corsini@isti.cnr.it
Costa Stefano: steko@iosa.it
Costantino Andrea: neplasca@gmail.com
De Felice Giuliano: g.defelice@unifg.it
Demarchi Danilo: danilo.demarchi@polito.it
Demetrescu Emanuel: e.demetrescu@mail.parsifalarcheo.it
Deola Simone: deolux@tele2.it
Di Gangi Giorgio: giorgio.digangi@unito.it
Di Giacomo Giacomo: antares@ibam.cnr.it
Di Sciascio Eugenio: disciascio@poliba.it
Di Somma Andrea : isadrestauro@yahoo.it
Fanini Bruno: bruno.fanini@gmail.com
Federici Tommaso: tfederici@unitus.it
Felicori Mauro: mauro.felicori@comune.bologna.it
Ferrari Valentina: isadrestauro@yahoo.it
Fontana Sergio: parsifalcooparcheo@libero.it
Gaiani Marco: marco.gaiani@unibo.it
Gattiglia Gabriele: g.gattiglia@inarcheo.com
Gietl Rupert: ruppi@arc-team.com
Giudici Fabrizio: fabrizio.giudici@tidalwave.it
Grossi Piergiovanna: piergiovanna.grossi@univr.it
Guidazzoli Antonella: a.guidazzoli@cineca.it
Heinsch Sandra: sandra.heinsch@uibk.ac.at
Kuntner Walter: walter.kuntner@uibk.ac.at
Laurenza Sabatino: laurenza.s@tiscali.it
Lebole M.Chiara: chiara.lebole@unito.it
Liguori M.Chiara: m.liguori@cineca.it
Lo Tauro Agata: agatalotauro@istruzione.it
Maino Giuseppe: giuseppe.maino@unibo.it
Mancuso Simona: bacozzola@katamail.com
Mandolesi Luca: pyarchinit@gmail.com
Massari Silvia: silvia.massari@unibo.it
Mazzei Mauro: mauro.mazzei@cnr.it
Meroni Giorgio: gpsbrianza@gmail.com
Milella Marina: marina.milella@mclink.it
Mirizzi Roberto: mirizzi@deemail.poliba.it
Moscato Vincenzo: vmoscato@unina.it
Negri Andrea: a.negri@cineca.it
Palombini Augusto: augusto.palombini@itabc.cnr.it
Pedelì Corrado: c.pedeli@regione.vda.it
Pedron Simone: timshel@email.it
Pesce Giovanni L.A.: gianluca.pesce@gmail.com
Pescarin Sofia: sofia.pescarin@itabc.cnr.it
Pietroni Eva: eva.pietroni@itabc.cnr.it
Pillay Ruven: ruven.pillay@culture.gouv.fr
Piscitelli Giacomo: piscitel@poliba.it
Pitzalis Denis: denis.pitzalis@culture.gouv.fr
Polla Silvia: silvia.polla@fu-berlin.de
Pozzi Andrea: info@andreapozzi.com
Ranzuglia Guido: guido.ranzuglia@isti.cnr.it
Salonia Paolo: paolo.salonia@itabc.cnr.it
Salvatori Antonio: antonio.salvatori@itabc.cnr.it
Scanu Serafino: serafinoscanu@inwind.it
Scardozzi Giuseppe: g.scardozzi@ibam.cnr.it
Sibilano M.Giuseppina: mg.sibilano@unifg.it
Tedeschi Loredana Francesca: tedeschi@uniss.it
Tinelli Eufemia: e.tinelli@poliba.it
Trabucco Mario: mtrabucco@infinito.it
Trizio Michelantonio: trizio@deemail.poliba.it
Vassallo Valentina: v.vassallo@cyi.ac.cy
Vigliarolo Paolo: paolo.vigliarolo@gmail.com
Visconti M.Grazia: grazia.visconti@gmail.com
Volpe Giuliano: g.volpe@unifg.it

INDICE

M. Mautone, *Prefazione* 9

S. Pescarin, *Open Source in archeologia: ArcheoFOSS* 11

S. Costa, G.L.A. Pesce, L. Bianconi, *Il progetto IOSA cinque anni dopo: cambiamenti di prospettiva e indirizzi per il futuro* 15

L.F. Tedeschi, S. Scanu, *Interazioni e integrazione fra pianificazione e tutela dei beni archeologici: costruzione di una base di conoscenza con l'uso di GIS open source* 27

M. Milella, P. Vigliarolo, *Proposte per un'archeologia open in rete* 37

G. Gattiglia, *Open digital archives in archeologia. Good practice* 49

M. Trabucco, *Pubblico ma non pubblico: prospettive normative sulla proprietà intellettuale dei dati archeologici* 65

S. Costa, G.L.A. Pesce, *Condivisione e diffusione dei dati nel settore dei beni culturali. Le potenzialità dell'integrazione tra standard, formati aperti e licenze libere* 71

E. Pietroni, *Un ambiente di realtà virtuale per l'interpretazione archeologica attraverso sistemi multi-utente on-line* 77

W. Kuntner, S. Heinsch, *Aramus. Uno scavo di archeologia orientale FLOSS* 83

E. Demetrescu, S. Fontana, *Archeo-restituzioni territoriali e urbane, valutazione del rischio archeologico e software open source* 95

C. Pedelì, *ArcheoTRAC: una web application open source per favorire la diffusione di un modello di gestione ordinaria di tutti i beni archeologici* 107

S. Pescarin, A. Palombini, L. Calori, A. Negri, *Ambienti collaborativi 3D. Il caso di Virtual Rome* 121

G. Di Giacomo, G. Scardozzi, *Motori cartografici open source per la ricerca archeologica: applicazioni a Hierapolis di Frigia (Turchia)* 131

M. Mazzei, A. Salvatori, A. Di Somma, V. Ferrari, *Web Map Service nei processi di ricerca archeologica* 145

I. Cerato, V. Vassallo, *Progetto Ca' Tron: dalle indagini sul campo alla ricostruzione del paesaggio* 153

G. Meroni, M.G. Visconti, *GIS archeologico del Grand Villaya – nord Perù* 161

D. Demarchi, G. Di Gangi, C.M. Lebole, *Un'applicazione open source per lo studio integrato del territorio: il progetto PICA* 169

M. Callieri, M. Corsini, G. Ranzuglia, P. Cignoni, *Scanner 3D con hardware low cost e strumenti free/open source* 175

A. Bezzi, L. Bezzi, R. Gietl, *Archeologia e Open Source, il prossimo passo: costruire e sviluppare progetti hardware* 183

M. Felicori, M. Gaiani, A. Guidazzoli, M.C. Liguori, *Framework OS per la comunicazione storica e archeologica* 195

L. Mandolesi, *pyArchInit – python, QGIS e PostgreSQL per la gestione dei dati di scavo* 209

S. Laurenza, S. Mancuso, A. Costantino, *Staying still and moving on. Un GIS interattivo per il calcolo e la visualizzazione scientifica di rotte e percorsi nel Mediterraneo antico* 223

D. Pitzalis, R. Pillay, *Il sistema IIPImage: un nuovo concetto di esplorazione di immagini ad alta risoluzione* 239

A. Palombini, F. Giudici, *blueOcean: un framework per la realizzazione di CMS semantici* 245

G. De Felice, G. Sibilano, G. Volpe, E. Di Sciascio, R. Mirizzi, G. Piscitelli, E. Tinelli, M. Trizio, *Un sistema web-based per la gestione, la classificazione ed il recupero efficiente della documentazione di scavo* 251

T. Federici, *OS e tecnologie avanzate per la valorizzazione della conoscenza nel settore archeologico* 259

S. Polla, *Modelli raster di uso del suolo nella lunga durata in ambiente montano con GRASS* 265

G. Maino, S. Massari, *Un software CMS per l'archiviazione e la documentazione di materiale archeologico* 271

B. Fanini, *VIRO: un sistema per la navigazione assistita in ambienti virtuali* 279

P. Grossi, A. Asta, S. Deola, S. Pedron, *Un'esperienza di didattica e lavoro con software libero in ambiente universitario: il caso di Montegrotto Terme (Padova)* 287

A. Pozzi, P. Salonia, *Cloud Manager v1.0: un'applicazione open source per la gestione delle nuvole di punti* 301

F. Cantone, A. Chianese, V. Moscato, *Archeologia virtuale in blended learning. Esperienze, metodologie e strumenti all'Università "Federico II" di Napoli* 309

A. Lo Tauro, *Analisi geospaziali OS per cambiamenti di uso del suolo in indagini archeologiche* 321

A. Palombini, *Conclusioni* 325

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 9-10

PREFAZIONE

Da qualche anno a questa parte gli approcci, sia metodologici sia scientifico-tecnologici, con cui si guarda alle componenti della cultura sono molto mutati grazie alla diffusione anche in questo settore di innovazione tecnologica, multimediale e virtuale. Le moderne tecnologie hanno ampliato enormemente le possibilità di indagine e hanno generato nuove forme di apprendimento e di diffusione della cultura. Come per altri campi anche per il patrimonio culturale l'Innovation and Communication Technology (ICT) costituisce, rispetto agli strumenti tradizionali, sia in termini quantitativi che qualitativi, un decisivo valore aggiunto nella conoscenza, conservazione, valorizzazione e fruizione.

In particolare l'Open Source rappresenta un vitale espediente per il rinnovamento dell'intero sistema culturale e favorisce nuovi termini di comunicazione. Letteralmente tradotto dall'inglese informatico come "sorgente aperta", esso indica un software rilasciato con una specifica licenza grazie alla quale il codice "sorgente" è liberamente disponibile e accessibile nel web e utilizzabile da eventuali sviluppatori. Ciò consente ai programmatori e agli utenti di accedere liberamente a modifiche del programma per migliorarlo e adattarlo alle proprie necessità. La diffusione di una prospettiva open source, quindi, produce un rinnovamento e una ridefinizione della libera circolazione della conoscenza che diventa cruciale nella conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, settore che si connota per la molteplicità interdisciplinare di cui si compone. Favorendo l'interoperabilità tra utenti diversi, il "sistema aperto" è quindi di grande utilità perché consente di trasmettere i risultati e la complessità dei lavori di ricerca in maniera nuova e coinvolgente senza tuttavia venir meno all'assunto irrinunciabile del rigore scientifico. La produzione del sapere, il riconoscimento e l'assegnazione dei significati avviene in modo collettivo attraverso processi di sviluppo condivisi e caratterizzati dalla trasparenza delle fonti e dalla diffusione delle informazioni critiche, favorendo in tal modo un approccio più diretto alla conoscenza e innovativo.

L'impiego delle nuove potenzialità informatiche offerte dal software a codice "sorgente aperto" condivide il principale obiettivo degli operatori del settore dei beni culturali ovvero fornire il più ampio accesso al patrimonio; lo scambio di idee che avviene mediante un sistema così proiettato consente una crescita culturale che coinvolge l'utenza al massimo della sua potenzialità senza che ciò debba essere vincolato ad alcuna disponibilità economica. Inoltre l'impiego di software open source consente non solo di risparmiare sull'acquisto delle licenze e sull'eventuale diffusione del programma ma anche

di avere uno strumento adattivo e sempre aggiornato. Gli aspetti dell'economicità e dell'innovazione sono ormai essenziali nel settore dei beni culturali dove l'utilizzo controllato e consapevole delle risorse economiche può meglio consentire anche la qualità dell'offerta scientifica. L'adozione pertanto di un modello di sviluppo aperto permette più vantaggi, dai costi contenuti delle applicazioni e delle tecnologie alla sostenibilità dei progetti, dalla condivisione delle risorse con altri soggetti o istituzioni alla semplicità nel riutilizzo di dati già processati ed integrati con valide metodologie.

L'Open Source consente, infine, di gestire in modo personalizzato e all'avanguardia i progetti multidisciplinari nel campo del patrimonio culturale dove il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) opera a livelli di eccellenza. Questo volume ne propone alcuni esempi nei "processi archeologici di ricerca" che nascono dall'esperienza di lavoro ormai consolidata e affermata in campo internazionale la cui caratteristica principale risiede nell'interazione dei saperi. Il Dipartimento Patrimonio Culturale (DPC) del CNR, infatti, in linea con le strategie dell'Ente, promuove una gestione interdisciplinare della ricerca caratterizzata dall'integrazione dei saperi imprescindibili e inscindibili della ricerca sul patrimonio culturale: il filone degli studi delle epoche passate e delle indagini archeologiche e l'indirizzo più propriamente tecnologico, applicato alle tematiche della diagnosi, della conservazione e del restauro dei beni culturali. La struttura portante è così caratterizzata dal sodalizio fra cultura scientifica e cultura umanistica in modo che la specificità di ogni singola competenza fornisca valore aggiunto alle altre. Ciò rappresenta una prerogativa inalienabile nella ricerca sui beni culturali e dà la possibilità sia di gestirla in modo efficace ed efficiente sia di renderla particolarmente dinamica e di vasta portata. Proprio in questo ultimo aspetto l'Open Source ben s'inserisce nelle strategie del DPC, avvalorandole e accrescendone il valore.

Maria Mautone
CNR – Dipartimento Patrimonio Culturale – Roma

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 11-14

OPEN SOURCE IN ARCHEOLOGIA: ARCHEOFOSS

Quando nel 2004, sotto la spinta di alcune sperimentazioni che stavo portando avanti nel campo della realtà virtuale, organizzai a Prato all'interno del CAA[1] il workshop "Open Source e Freeware Applications to the Archaeological Research"[2] insieme a Niccolucci, Hermon e Calori, non potevo immaginare il grande successo di quel piccolo evento preparato in gran fretta. La partecipazione andò infatti al di là delle previsioni. Ai relatori invitati dagli organizzatori si aggiunsero altri interventi di grande interesse e si aprì un dibattito acceso ed estremamente positivo che coinvolse anche i molti partecipanti. Il successo inaspettato ci insegnò che il mondo dell'Open Source non solo poteva aprire un nuovo orizzonte nel campo archeologico, ma che il processo di integrazione e di sviluppo di strumenti open nel settore dei Beni Culturali era già iniziato. Un altro aspetto che già si poteva leggere in quel primo incontro fu un certo cambiamento in corso all'interno della metodologia della ricerca archeologica, da parte di quanti avevano iniziato a sperimentare un approccio aperto.

Queste riflessioni mi portarono a scrivere nel 2005 un articolo, "Open Source in Archeologia. Nuove prospettive per la ricerca", apparso nel 2006 nel numero 17 di Archeologia e Calcolatori (Pescarin 2006). Qui tentai di analizzare il fenomeno ponendo l'accento, non tanto sulle possibilità di utilizzare strumenti gratuiti e a codice aperto in archeologia, quanto piuttosto sulla rivoluzione e sul nuovo impulso che avrebbe potuto significare per la ricerca, così come era avvenuto nelle discipline informatiche con lo sviluppo del sistema operativo Linux (Laser 2005): «oggi software e contenuti si integrano in sistemi sempre più evoluti, in cui il livello di creazione dei programmi è sempre più collegato all'informazione e ai contenuti. Sperimentando un approccio open source, gli archeologi hanno di fronte un nuovo scenario di sviluppo per la ricerca, fatto di progetti sostenibili e di scambi interdisciplinari che consentono, attraverso il confronto, di fare emergere nuove idee e nuove metodologie. Collaborazioni e convenzioni tra diversi istituti, università e centri di ricerca operanti in diversi settori, soprattutto informatico e archeologico, dovranno essere attivamente cercate. Il ruolo stesso degli archeologi sta cambiando e deve cambiare di pari passo con il coinvolgimento all'interno di progetti open e con l'adozione di un maggior pragmatismo nei tradizionali processi logici» (Pescarin 2006, 152). Anche il semplice utilizzo di formati aperti, il primo piccolo passo in questa

[1] Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology: http://www.leidenuniv.nl/caa/.

[2] Non essendo ancora stato pubblicato a oggi, settembre 2009, il volume degli atti del convegno CAA2004, si rimanda a: http://www.cineca.it/stdoc/CAA2004_wsp_opensource.pdf.

direzione, doveva essere registrato come un primo segnale positivo in questo senso: «quanto più si farà uso di formati di scambio aperti, tanto più i gruppi di lavoro saranno liberi di utilizzare i programmi, commerciali o open, che più si adattano alle proprie esigenze, e progetti e dati potranno "migrare" più semplicemente da un sistema ad un altro» (Pescarin 2006, 144).

Nello stesso anno a Grosseto venne organizzato il primo workshop italiano dedicato all'"Open Source, Free Software e Open Formats nei processi di ricerca archeologici" grazie al Laboratorio di Analisi Spaziale e Informatica Applicata all'Archeologia del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università degli Studi di Siena e con la collaborazione del Dipartimento di Matematica dell'Università di Parma, del Gruppo Ricerche-Istituto Internazionale di Studi Liguri e di Arc-Team.

Siamo giunti ormai alla quarta edizione di questo workshop che è diventato un appuntamento annuale fondamentale ed unico non solo nel panorama nazionale, ma anche internazionale. L'interesse per il workshop continua progressivamente ad aumentare, con i suoi 50 contributi ricevuti quest'anno e più di 200 pre-iscritti attraverso il sito web[3], e questo anche grazie alle caratteristiche, come la gratuità della partecipazione e la possibilità di seguire, oltre agli interventi, anche sessioni di tutorial, quest'anno anche in streaming sul web[4]. La grande quantità di contributi di qualità ha portato il comitato scientifico ad aumentare il numero di interventi, suddividendoli in "long" e "short paper". La tradizionale divisione in quattro sessioni tematiche (Open Process, Open Data, Open Software e Open Learning) è stata conservata ed è stata mantenuta anche nel presente volume.

Nella prima parte, dedicata all'Open Process, viene frequentemente sottolineata l'importanza della *condivisione* della documentazione archeologica, di strumenti di supporto quali tutorial e manuali sui software disponibili, anche attraverso l'utilizzo di wiki (Costa, Pesce, Bianconi), o attraverso la diffusione di riviste e progetti condivisi, come nel caso di DecArch e ArcheoCommons (Milella Vigliarolo), e Open digital archives (Gattiglia), nonostante le problematiche complesse che ci pone la vigente normativa (Trabucco). Un approccio aperto e trasparente, inoltre, "può contribuire ad una maggiore consapevolezza degli errori insiti in alcuni dati", diventando "strumento politico, poiché costituisce un supporto decisionale di notevole importanza" (Tedeschi, Scanu), oltre che gestionale (Costa, Pesce). Nel prossimo futuro ci troveremo sempre più ad avere a che fare anche con strumenti tridimensionali, interattivi e multi-utente che attraverso la rete consentiranno a diversi studiosi di lavorare a distanza (Pietroni).

L'esperienza che emerge dai contributi della seconda sessione, Open Data, dimostra come l'adozione di strumenti aperti possa essere di grande

[3] http://www.archeo-foss.org.

[4] Tutti gli interventi oggetto del presente volume sono tuttora visibili all'indirizzo: http://media.src.cnr.it/Filmati.php?evento=69&scheda=.

utilità per la didattica (Kunter, Heinsch), per la valutazione del rischio archeologico (Demetrescu, Fontanta), per la gestione dei dati raccolti durante le ricognizioni archeologiche (Di Giacomo, Scardozzi), per l'amministrazione ordinaria del patrimonio archeologico e documentale correlato (Pedelì; Federici), anche attraverso l'utilizzo di servizi come il Web Map service (Mazzei *et al.*). L'adozione di software open si è dimostrata fondamentale anche nel campo del lavoro collaborativo di ricostruzione del paesaggio antico (Pescarin *et al.*; Cerato, Vassallo; Meroni, Visconti; Demarchi, Di Gangi, Lebole).

Nella sessione dedicata all'Open Software alcuni contributi portano all'attenzione tematiche piuttosto innovative come lo sviluppo di software open dedicato allo scanner 3D (Cignoni, Callieri, Corsini) o la nascita di veri e propri progetti hardware "aperti" (Bezzi, Bezzi, Gietl). Altri contributi si concentrano sulla presentazione di nuove applicazioni dedicate a settori quali lo studio delle antiche rotte commerciali (Laurenza, Mancuso, Costantino), la gestione dell'alta risoluzione via web di immagini digitali (Pitzalis, Pillay), i dati di scavo (Mandolesi; De Felice *et al.*; Maino, Massari) e la comunicazione storica e archeologica attraverso il 3D interattivo (Felicori *et al.*; Fanini; Pozzi, Salonia), il GIS e l'analisi spaziale (Polla; Lo Tauro) e i CMS semantici (Giudici, Palombini).

Infine nel campo della didattica due esperienze positive si segnalano all'Università di Padova (Grossi *et al.*) e alla Federico II di Napoli (Cantone *et al.*).

Non esistono eventi simili al workshop dedicato all'Open Source e all'Archeologia nemmeno all'estero, tanto da ipotizzare una più ampia apertura in futuro, che già si può per altro scorgere nel tentativo di adottare un acronimo più opportuno, accanto al titolo del workshop. "ArcheoFOSS" (l'acronimo di Free and Open Source Software) nasce dunque così nelle intenzioni degli enti organizzatori, il CNR ITABC e il CNR ISTI, due istituti impegnati su due fronti diversi ma strettamente connessi, quale quello dei Beni Culturali e dell'Informatica. Nella stessa ottica va letta la felice collocazione di questi atti in Archeologia e Calcolatori, una delle poche riviste italiane che abbracciano a tutti gli effetti la filosofia dell'Open Source nella libera distribuzione del sapere. Se è vero che il nome non è tutto e che sono ancora molte le questioni aperte, come si evince dai contributi di questo volume, è anche vero che gli aspetti sociali del movimento open source rivestono un ruolo di primo piano. «È impossibile classificare senza nello stesso tempo dare un nome, e tuttavia queste sono due attività distinte. Nella nostra società assegnare un nome a qualcosa o a qualcuno ha un significato molto speciale quasi solenne. Nel momento in cui assegniamo un nome a qualcosa, noi la liberiamo da una disturbante anonimità […] per includerla in un complesso di parole specifiche, per collocarla, di fatto, nella matrice d'identità della nostra cultura» (Moscovici, Farr 1984, 56). Con ArcheoFOSS, l'Open Source può forse considerarsi finalmente parte della disciplina archeologica?

Sofia Pescarin
CNR – ITABC – Roma

Ringraziamenti

Direzione del Dipartimento Patrimonio Culturale del CNR, CNR ITABC, CNR ISTI, Servizio Streaming del CNR, Dott.ssa Flaminia Saccà Presidente di Filas, Markus Neteler, il comitato scientifico della quarta edizione del workshop (Luca Bezzi, Marco Callieri, Luigi Calori, Paolo Cignoni, Stefano Costa, Maurizio Forte, Denis Francisci, Giancarlo Macchi, Paola Moscati, Augusto Palombini, Sofia Pescarin, Gianluca Pesce, Roberto Scopigno), il comitato, organizzatore romano (Valentina Vassallo, Ivana Cerato, Marco di Ioia, Bruno Fanini, Lola Vico). Si ringrazia inoltre per il logo dell'evento, risultato vincitore alla competizione "call for logo" Paolo Cignoni.

BIBLIOGRAFIA

LASER 2005, *Il sapere liberato: il movimento dell'open source e la ricerca scientifica*, Milano, Feltrinelli. Versione on-line edita da Laser (www.e-laser.org/htm/news-printv.asp?idNews=489).

Moscovici S., Farr R. 1984, *Rappresentazioni sociali*, tr. it., Bologna, Il Mulino, 1989, 56.

Pescarin S. 2006, *Open Source in Archeologia. Nuove prospettive per la ricerca*, «Archeologia e Calcolatori», 17, 137-155.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 15-25

IL PROGETTO IOSA CINQUE ANNI DOPO: CAMBIAMENTI DI PROSPETTIVA E INDIRIZZI PER IL FUTURO

1. Premessa

Nato nel 2004 come progetto del tutto sperimentale e in larga misura teorico, IOSA (http://www.iosa.it/) aveva come primo obiettivo quello che potremmo definire uno "studio di fattibilità" sull'uso del software libero nella ricerca archeologica (Costa 2005, 2007a, 2007b). Rispetto alla fase iniziale di quel progetto, che è consistita principalmente nella raccolta, all'interno del portale, di informazioni relative all'esistenza e all'uso di applicativi liberi nel mondo dell'archeologia, in questi anni gli scopi del lavoro si sono allargati e le modalità operative si sono adattate alla crescente complessità delle tematiche affrontate.

Grazie all'ampia documentazione raccolta e all'esperienza sviluppata con il passare del tempo, non solo è stato possibile dare una risposta (positiva) all'interrogativo originario, ma è stato anche possibile comprendere che è necessario acquisire una visione più ampia del problema dell'archeologia fatta con mezzi "aperti", che includa – ponendoli sullo stesso piano – anche altri due aspetti della "filosofia Open" che sono di straordinaria importanza per lo sviluppo di una autentica libertà digitale nel settore archeologico: l'utilizzo di formati e standard aperti, e l'adozione di una politica di Open Access per i dati e la letteratura archeologica.

Tale maturazione è stata favorita anche dal notevole impegno profuso dai membri del progetto nella condivisione di esperienze concrete con altri gruppi interessati ad argomenti analoghi, sia in Italia che all'estero; esperienze che sono state sviluppate a partire dal 2006. Il confronto con altre realtà, infatti, ha permesso di estendere gli orizzonti al di là delle sole applicazioni software, con una ridefinizione positiva degli obiettivi iniziali. Da qui, la nuova formula (adottata anche da altri progetti) di "Open Archaeology" che, per l'appunto, include anche i formati liberi e il principio della libera circolazione dei dati e delle informazioni archeologiche.

Ma oltre alla diffusione e all'uso di strumenti "aperti", alla spinta verso una maggiore diffusione di standard e licenze libere, negli ultimi anni IOSA – anche grazie alla combinazione di una serie di fattori favorevoli – ha acquisito un ulteriore obiettivo costituito dallo sviluppo di software appositamente progettato per la soluzione di problemi archeologici, secondo la piena filosofia Open. Attività, questa, che si è resa necessaria dalla presenza di una serie di

"vuoti" nel panorama delle applicazioni per l'archeologia, lasciati aperti dagli altri strumenti liberi attualmente a disposizione.

Le esperienze maturate nella prima fase di vita dal progetto IOSA e i risultati ottenuti al termine di quell'attività (che comunque vengono continuamente aggiornati ancora oggi) sono già state ampiamente descritte nel corso della prima edizione di questo stesso workshop e in altri incontri nazionali e internazionali, oltre che su riviste scientifiche del settore, per cui in questa sede non sembra opportuno procedere oltre con la descrizione dei risultati raggiunti e si rimanda ai contributi elencati in bibliografia per gli eventuali approfondimenti.

Il tema dell'uso dei formati e delle licenze libere per una libera circolazione dei dati archeologici è, invece, affrontato – per la prima volta in modo esteso – in un altro contributo appositamente pensato e preparato per questo stesso workshop, al quale dunque si rimanda per un completamento della presente lettura (Costa, Pesce in questo volume).

In questo contributo cercheremo invece di evidenziare con semplici esempi, derivati dalle attività del progetto, il ruolo rispettivamente della documentazione libera e dello sviluppo di software libero dedicato per l'archeologia, nel mondo della cosiddetta "Open Archaeology". Cercheremo così di fornire un quadro sufficientemente completo delle esperienze sviluppate, nella speranza che possano essere d'aiuto a chi si avvicina per la prima volta a queste tematiche, ma anche (o forse sarebbe meglio dire: "soprattutto") nella speranza che tale presentazione contribuisca a incentivare lo sviluppo di questo modo di fare archeologia.

2. La documentazione libera

Tema, forse, di importanza superiore a quello della – limitata – disponibilità di software libero, è quello della carenza di documentazione libera relativa ai principali applicativi utili nella ricerca archeologica. Come è noto, infatti, sono rari i casi in cui vi è l'effettiva necessità di sviluppare applicazioni *ad hoc* per le esigenze della ricerca e, ancor più, della pratica archeologica: l'informatica archeologica non è rappresentabile come un settore a sé stante della disciplina informatica. È forse anche per questo che nella maggior parte dei casi viene percepita una distanza tra i software (liberi o meno) e le necessità della pratica archeologica; distanza che è incrementata dalla mancanza di un'adeguata documentazione che permetta di adattare gli strumenti informatici disponibili alle esigenze specifiche (e, ancor prima, alle consuetudini diffuse) della nostra disciplina.

Negli ultimi anni, uno sforzo notevole per colmare questo vuoto è stato realizzato in ambito internazionale dal *Digital Archaeological Documentation Project* (Bezzi *et al.* c.s.), a cui l'iniziativa portata avanti da IOSA idealmente si affianca, arricchendo i temi trattati con un argomento molto specifico su cui, per motivi di ricerca, si è concentrata la nostra attenzione. Il wiki sul-

l'archeologia quantitativa (http://wiki.iosa.it/) è infatti dedicato unicamente all'applicazione di metodi statistici e dell'analisi spaziale all'archeologia, con l'obiettivo di costruire un "ponte" per gli archeologi che, alle prime armi con software avanzati, possono, grazie a questo strumento, iniziare a muoversi autonomamente con tali programmi.

In questo senso è intesa la prima iniziativa realizzata, relativa alla "traduzione" di una serie di esercitazioni tratte dal manuale *Digging Numbers* (Fletcher, Lock 1991) che, partendo dalle analoghe esercitazioni fornite dagli autori e basate su programmi ormai obsoleti, sono adattate al noto ambiente statistico libero "R".

Le scelte che sono alla base di questo "aggiornamento" sono molteplici. In primo luogo, non si è voluto procedere alla stesura di un manuale completo, riconoscendo il valore di un'opera esistente rispetto alla quale non sarebbe comunque stato possibile fornire sostanziali novità. Tra le possibilità offerte dal panorama FOSS relativamente all'analisi statistica dei dati, inoltre, si è optato per l'ambiente più completo a disposizione, "nonostante" l'interfaccia a linea di comando, che riteniamo un punto di forza rispetto alle ridotte funzionalità dei fogli di calcolo, che però risultano maggiormente user-friendly. "R" (R Development Core Team 2009) è un progetto internazionale, in continuo sviluppo, dotato di una documentazione completa anche in lingua italiana, che da anni gode oramai di un successo crescente nelle discipline più varie, dalla geografia alla psicologia. La possibilità di utilizzarlo come linguaggio di scripting di alto livello e la possibilità di interfacciarsi con numerosi formati in entrata e in uscita garantiscono inoltre la totale riproducibilità delle procedure in qualsiasi contesto. Procedure che non vanno intese come mere sequenze di operazioni meccaniche (quali, ad es.: "aprire il menu", "selezionare il comando"), ma come un'effettiva catena di passaggi analitici; la diretta interazione con il codice sorgente è quindi tutt'altro che una eccessiva esposizione agli aspetti tecnici dell'applicazione, considerato che il linguaggio "S" (di cui "R" costituisce una implementazione libera) è stato creato appositamente per questo scopo. Si tratta piuttosto di un tentativo di rendere più agevole l'analisi statistica per mezzo dell'informatica, in un periodo in cui la disciplina archeologica sembra oscillare tra gli estremi di un rifiuto pressoché totale dell'approccio analitico e rari casi di utilizzo di tecniche avanzate.

La documentazione prodotta all'interno del wiki è resa disponibile sotto la licenza Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0, che garantisce ampie libertà ai fruitori, tutelando al contempo gli autori. Le possibilità offerte dall'ambiente wiki sono messe a frutto in modo particolare per quanto riguarda la traduzione dei contenuti, la cui lingua primaria è l'inglese. Sono già state parzialmente tradotte alcune parti in italiano e in greco, da parte di autori non appartenenti al nostro gruppo, a dimostrazione dell'interesse che questa documentazione ha già chiaramente stimolato.

3. Lo sviluppo di software dedicato all'archeologia

Il secondo aspetto che caratterizza la nuova strada intrapresa dal progetto IOSA, come detto, è lo sviluppo di software appositamente pensato e realizzato per la risoluzione di specifici problemi archeologici sorti nell'ambito di lavori o di ricerche, che viene reso immediatamente disponibile in rete con licenza libera. Nei paragrafi seguenti si intende illustrare la metodologia di sviluppo adottata, delineando le problematiche all'origine dei singoli sottoprogetti, con l'intenzione di condividere non solo le applicazioni (sotto forma di codice sorgente) ma anche le procedure adottate e le scelte tecniche effettuate in tutte le fasi di sviluppo, dalla progettazione alla messa a punto finale.

I progetti ad oggi in corso di sviluppo nell'ambito di IOSA sono i seguenti:

– Total Open Station, un software che permette di scaricare ed esportare i dati creati dalle stazioni totali;
– GNUCal, dedicato alla calibrazione delle datazioni al radiocarbonio;
– un set di script creati per manipolare e visualizzare informazioni stratigrafiche.

Total Open Station (http://tops.berlios.de/, Bianconi, Costa c.s.) è certamente il prodotto attualmente più maturo tra quelli sopra elencati. L'obiettivo iniziale del suo sviluppo è stato quello di svincolare l'archeologo che opera sul campo dall'utilizzo di un sistema operativo non libero, dato che tutte le operazioni connesse all'elaborazione dei dati dei rilievi (di scavo e non) possono essere svolte in un ambiente completamente libero (Bezzi *et al.* c.s.). Tutti i software presenti sul mercato dedicati alla procedura di scaricamento dei dati sono infatti forniti con licenza proprietaria e sono compatibili unicamente con il sistema operativo MS Windows. Inoltre, la totale anarchia che regna nei formati utilizzati dai diversi produttori di hardware rende estremamente difficoltosa l'interoperabilità tra strumenti diversi, anche all'interno di una unica équipe di lavoro, in particolare nei casi di grandi cantieri in cui siano presenti più stazioni totali, costringendo all'utilizzo di diversi programmi per lo stesso scopo.

Total Open Station è stato pensato per risolvere alla radice queste difficoltà, sviluppando un software in grado di interfacciarsi potenzialmente con la totalità delle stazioni esistenti, e progettato per essere nativamente multi-piattaforma (Fig. 1).

Il programma, di cui è già stata rilasciata alcuni mesi fa la versione 0.1, è probabilmente il migliore esempio della metodologia di sviluppo adottata in seno al progetto IOSA e per questo viene qui utilizzato come esempio, tramite un'esposizione dettagliata delle scelte operate preliminarmente a livello tecnico, e delle scelte realizzate a livello progettuale e di gestione. Si tratta a nostro avviso di un esempio di sviluppo collaborativo di un software per

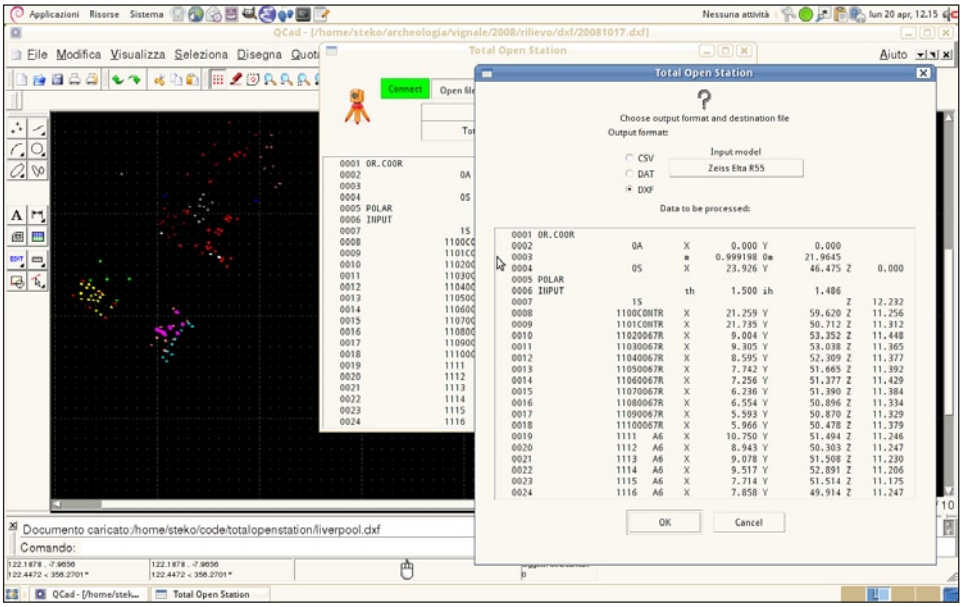


Fig. 1 – Una schermata di Total Open Station. Sullo sfondo i dati esportati in formato DXF visualizzati nel programma QCAD.

l'archeologia, che si può ritenere valido indipendentemente dalla qualità e dalla quantità di codice prodotto.

Gli aspetti principali che, più nel dettaglio, meritano di essere messi in luce sono essenzialmente quattro: il linguaggio e le librerie di programmazione utilizzati, la gestione del codice, lo sviluppo collaborativo (attraverso la rete) e la licenza utilizzata.

3.1 *Il linguaggio e le librerie*

Nonostante esistano moltissimi e potenti linguaggi di programmazione e nonostante il concetto di software libero non sia legato unicamente a specifici linguaggi, si è scelto di sviluppare in Python (http://www.python.org/). La scelta di un linguaggio è, naturalmente, piuttosto delicata poiché richiede di valutare attentamente i vantaggi e i limiti che esso può offrire. La nostra scelta è ricaduta proprio sul Python per via di molteplici ragioni sia esterne sia interne legate, cioè, alle sue peculiarità. Si tratta infatti di un linguaggio di alto livello, che si presta a diversi paradigmi di programmazione, pur incoraggiando decisamente l'object oriented programming; è utilizzabile sia come linguaggio di scripting sia per la creazione di applicazioni complesse; la curva

di apprendimento è graduale (soprattutto nelle prime fasi); sono disponibili implementazioni libere per numerose piattaforme, inclusi gli smartphone di ultima e penultima generazione; la libreria standard include un vasto spettro di funzionalità tali da rendere necessario il ricorso a librerie esterne solo in casi particolari; la gamma delle librerie esterne è comunque molto ampia con, inoltre, la possibilità di utilizzare – se necessario – librerie in C, C++ e Java; si tratta, infine, di un linguaggio molto diffuso, che viene utilizzato con profitto in numerosi campi, dal calcolo scientifico alle applicazioni desktop e web.

Python è apparso pertanto sotto molti aspetti come la scelta ideale per intraprendere lo sviluppo di software in campo archeologico, non solo per quanto concerne i progetti qui presentati ma più in generale in tutti quei casi in cui sia richiesta la creazione in tempi relativamente rapidi di strumenti di lavoro per automatizzare procedure e agevolare operazioni complesse.

Total Open Station è stato scritto in modo da avere una struttura modulare che separa, a livello di architettura dell'applicazione, le due operazioni fondamentali che vengono svolte: lo scaricamento dei dati e la loro esportazione. Il principio di base che regola il funzionamento del programma è il fatto che, nonostante la grande varietà di formati adottati per la codifica dei dati registrati dalla stazione totale, la maggioranza degli strumenti trasmette questi dati tramite la porta seriale come testo in formato standard ASCII, rendendoli di fatto leggibili in chiaro senza particolari accorgimenti. Relativamente a questa operazione Total Open Station svolge semplicemente una funzione di interfaccia alla libreria esterna pySerial (http://pyserial.sourceforge.net/), fornendo all'utente parametri standard di connessione. I dati scaricati vengono trattati come una sequenza di stringhe di testo, su cui avvengono le elaborazioni per l'esportazione in altri formati. Queste elaborazioni possono, però, anche essere eseguite in un secondo momento, grazie alla possibilità di salvare su file i dati scaricati. Si tratta di una funzionalità estremamente semplice, che tuttavia ha grande valore per l'archiviazione, date le dimensioni molto ridotte dei file che possono essere ulteriormente diminuite utilizzando le più note librerie di compressione (gzip, bzip2). A titolo di esempio, tutti i dati risultanti dall'intera campagna di rilievo svolta nello scavo del Quartiere Bizantino del Pythion di Gortina (condotta dall'Università di Siena) possono essere compressi in un file di 5.6 KB. L'esportazione comporta l'esistenza di un modulo del programma in grado di elaborare il formato dei dati scaricati. Attualmente sono già disponibili diversi moduli in grado di processare dati grezzi provenienti da stazioni totali Nikon, Leica e Zeiss. I formati di output sono indipendenti da quelli di ingresso, proprio in virtù della struttura modulare, e includono al momento dxf, csv e altri ancora. Inoltre, sono state introdotte funzionalità aggiuntive nei dati esportati, assenti negli analoghi programmi proprietari che, in più di un caso, hanno sensibilmente migliorato il flusso di lavoro riducendo il numero di operazioni ripetitive richieste.

3.2 *La gestione del codice*

Il secondo aspetto dello sviluppo di Total Open Station, che è caratteristico del modello collaborativo di sviluppo ma che può essere adottato con grandi vantaggi anche nel caso di software sviluppato da un solo autore, è la gestione del codice sorgente tramite un sistema di controllo versione (*version control systems*). La scelta, tra i numerosi tool disponibili, è ricaduta sul sistema Mercurial (http://www.selenic.com/mercurial/), uno strumento decentralizzato che, rispetto a sistemi più datati come CVS o Subversion offre una maggiore flessibilità, agevola lo sviluppo di rami paralleli e permette di operare senza un server centralizzato e in modalità offline, ponendo di fatto tutti gli sviluppatori sullo stesso piano. I sistemi di controllo versione rendono inoltre navigabile la cronologia dello sviluppo tramite una interfaccia web pubblicamente accessibile, mettendo a disposizione di tutti non solo il codice sorgente ma anche la sua storia, con tutte le tappe e, naturalmente, gli errori commessi dagli autori.

3.3 *Sviluppo collaborativo*

Più semplici, dal punto di vista tecnico, ma ugualmente di fondamentale importanza sono gli strumenti tipici delle comunità FOSS quali le mailing list pubbliche, i wiki e tutti gli altri strumenti di comunicazione che mettono in contatto il gruppo degli sviluppatori con gli utenti, permettendo non solo di discutere del lavoro di sviluppo, ma anche di avere rapidi riscontri da parte di chi sta utilizzando il programma, indipendentemente dalla sua collocazione fisica.

3.4 *Licenza*

Infine, la libertà degli autori e degli utenti di leggere, utilizzare, modificare e re-distribuire il programma è assicurata dalla licenza GNU GPL versione 3, che garantisce le quattro libertà fondamentali del software libero. Trattandosi di una applicazione pensata per essere utilizzata direttamente piuttosto che di una libreria di funzioni da inglobare in applicativi più complessi, nel caso specifico è stata scelta una licenza di tipo copyleft invece che una di tipo liberale (BSD, X/MIT), il cui utilizzo è invece plausibile nel caso, ancora non verificatosi, del rilascio di una libreria di funzioni per applicazioni archeologiche.

Questi i quattro punti che si è ritenuto utile evidenziare in merito allo sviluppo di Total Open Station, non tanto per l'esibizione di un tecnicismo, ma piuttosto con l'auspicio che il modello di sviluppo adottato sia adattabile e utilizzabile anche in altre realtà, grazie alle quali possano risultare sempre più numerose le applicazioni libere per l'archeologia.

È evidente, però, la natura meramente "strumentale" di questo programma, che non ha applicazione solo nel campo archeologico ma che si

rivolge a ben più ampi settori, dato che risolve un problema squisitamente tecnico legato a una particolare tipologia di strumenti di ampia diffusione. I due progetti descritti nei paragrafi successivi sono stati riportati per "compensare" questa genericità, essendo legati a due strumenti centrali della pratica archeologica: le datazioni al radiocarbonio e il matrix di Harris. In entrambi i casi il modello di sviluppo, le licenze e gli strumenti utilizzati sono del tutto analoghi a quelli descritti nel caso precedente.

GNUCal (http://gnucal.iosa.it/) è un programma per la calibrazione delle datazioni al radiocarbonio, con funzionalità – ad oggi – limitate ma analoghe a quelle dei più noti software dedicati, quali OxCal e CALIB. Scritto in Python per i medesimi motivi precedentemente esposti, fa un ampio utilizzo delle librerie NumPy/Scipy (http://numpy.scipy.org/) e Matplotlib (http://matplotlib.sf.net/) per il processamento delle curve di calibrazione e per il disegno dei plot riassuntivi. GNUCal nasce dall'esigenza di disporre di uno strumento flessibile per la composizione di quadri cronologici complessi, in cui possano trovare spazio non solo le datazioni assolute di tipo archeometrico, ma anche quelle provenienti da altre fonti (sia dirette che indirette) e le cronologie relative ottenute dalle analisi stratigrafiche. La disponibilità di una implementazione libera dei noti algoritmi di calibrazione basati sui metodi bayesiani (Bronk Ramsey 2008) lascia ampio spazio alla sperimentazione, tramite lo sviluppo di servizi web e l'integrazione con sistemi informativi archeologici esistenti, offrendo nuove possibilità rispetto ai progammi esistenti, gratuiti ma non liberi. Un esempio dei risultati ottenibili con GNUCal è rappresentato in Fig. 2.

Non strutturati sotto forma di vera e propria applicazione, gli script che sono stati sviluppati per l'elaborazione del matrix di Harris a partire da database di scavo o di analisi degli elevati, fanno invece uso della libreria Graphviz (http://www.graphviz.org/) per il disegno del diagramma stratigrafico. La principale funzione di questi script è quindi quella di creare un ponte tra i dati e le funzioni di disegno, estraendo le relazioni di cronologia relativa da un database (in questo caso sviluppato sul motore SQLite, http://www.sqlite.org/, supportato nativamente da Python, a partire dalla versione 2.5) strutturato secondo un modello stratigrafico semplificato, che è stato denominato "ABC" (*after/before/contemporary*). In questo modello sono possibili solo 3 tipi di relazioni tra unità stratigrafiche, gestite in una tabella formata da 3 colonne. Trattandosi di un motore di database che implementa il modello relazionale è naturalmente possibile estendere il modello dei dati con la creazione di ulteriori tabelle contenenti informazioni sulla natura delle US, tabelle dei reperti, diari di scavo. I più recenti esperimenti in questo senso traggono vantaggio proprio da un database strutturato secondo questo schema, e hanno permesso di creare diagrammi stratigrafici "arricchiti" con l'indicazione grafica del tipo

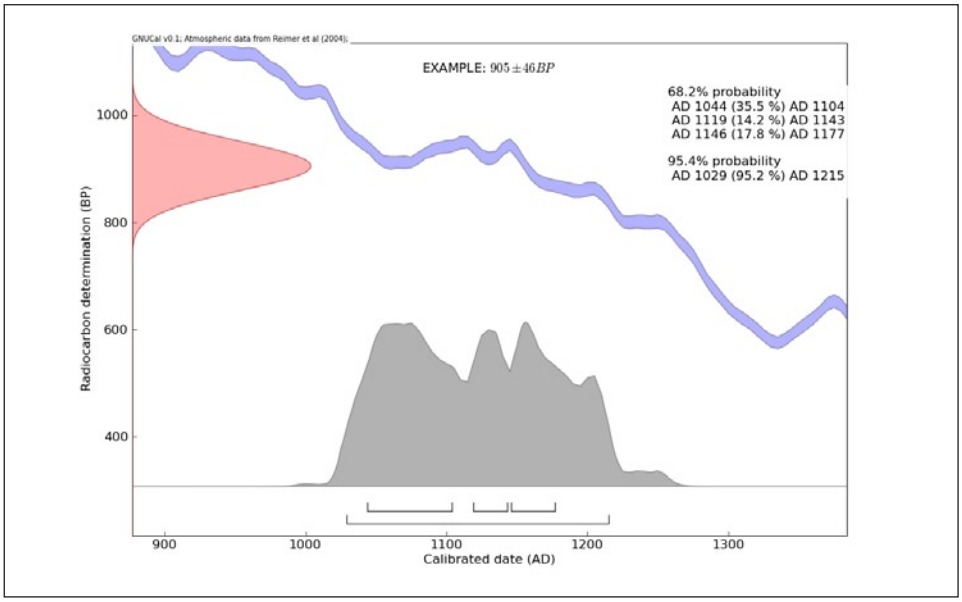


Fig. 2 – Una datazione calibrata ottenuta tramite GNUCal.

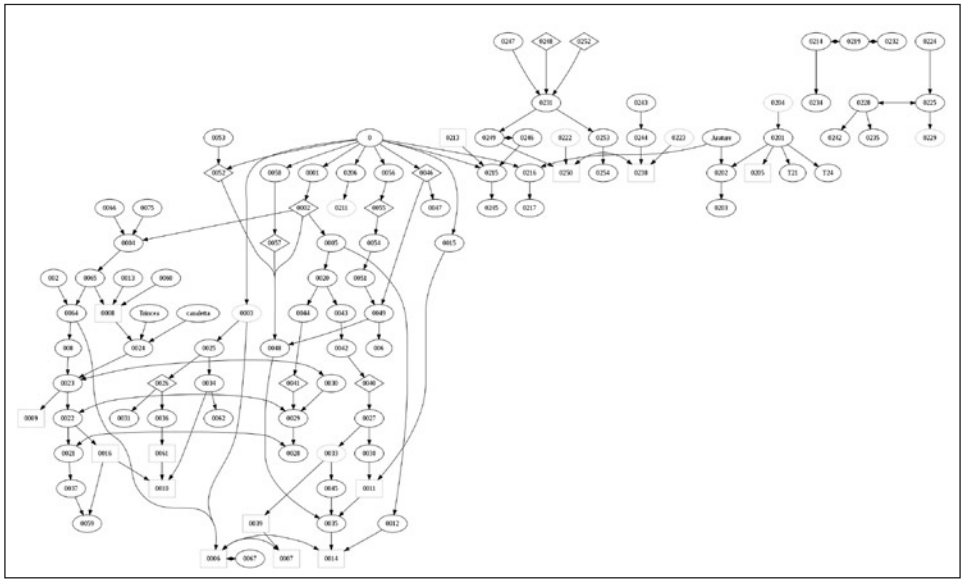


Fig. 3 – Un diagramma stratigrafico ottenuto tramite l'utilizzo della libreria Graphviz.

di contesto (strato, struttura, etc.) o della quantità di reperti di un determinato tipo rinvenuti in uno strato. Non si tratta naturalmente di una innovazione particolarmente significativa rispetto alle proposte di aggiornamento dello strumento sviluppato da Harris (come quelle di Carver 1990), né tanto meno di un'applicazione direttamente utilizzabile per disegnare "a mano" il matrix come i noti ArchEd e Stratify (Herzog 1993). In questo senso, la direzione di sviluppo di questi script è orientata verso la creazione di una libreria di funzioni integrabili all'interno di sistemi informativi archeologici già esistenti (Fig. 3).

4. Conclusioni

Come discusso nella premessa, lo scopo di questo contributo è quello di evidenziare come la condivisione precoce di conoscenze e strumenti sia un modo straordinariamente efficace di migliorare la qualità della ricerca archeologica. Il progetto IOSA ha fatto di questo modo di operare il suo principio ispiratore, con benefici a breve e lungo termine.

Proprio nel contesto di questo workshop dedicato al software libero vogliamo quindi rimarcare con forza come non si possa in alcun caso considerare una "rivoluzione" l'utilizzo di free software, se questo si limita alla sostituzione di un programma proprietario con l'analogo strumento libero. Questo evidentemente rappresenta solo il primo passo di un lungo cammino e un modo sostanzialmente diverso di intendere il rapporto tra la ricerca archeologica e gli strumenti informatici.

La scarsa esperienza non può e non deve costituire una giustificazione per chi si limita a utilizzare il software libero senza contribuire al mantenimento dell'ambiente che lo rende possibile. L'ampia disponibilità di strumenti come wiki e blog rende infatti agevole per chiunque la condivisione della propria esperienza, mentre sembra che troppo spesso venga fatto ricorso alla rete solo per ottenere aiuto. L'invito rivolto a tutti gli archeologi utenti di software libero è pertanto quello di mettere a disposizione della comunità la propria esperienza, spesso ingiustamente ritenuta banale o di scarso interesse, secondo gli stessi principi adottati dagli autori dei programmi e dei sistemi operativi di cui si usufruisce.

Al numero più ristretto di archeologi che producono applicazioni FLOSS (o basate su software libero) per ricerca o attività professionale si richiede – analogamente – di pubblicare il codice sorgente con licenze libere. È con grande rammarico, infatti, che notiamo come la maggior parte delle applicazioni presentate negli scorsi anni in questi workshop non siano state rese disponibili, in una evidente contraddizione che limita la portata dell'utilità degli incontri stessi e la loro capacità di incidere sulla diffusione effettiva del software libero in archeologia. Gli strumenti e le modalità per la distribuzio-

ne in rete di applicazioni sotto licenze come la GNU GPL sono ampiamente noti. Il progetto IOSA si prefigge di agevolare questa buona pratica, tramite la pubblicazione del codice sorgente ma anche della documentazione relativa alle procedure di gestione e sviluppo del software, con l'auspicio di contribuire al riutilizzo virtuoso della conoscenza nella consapevolezza di trovarci "sulle spalle dei giganti" sia nell'ambito degli strumenti informatici sia, più in generale, nei processi di ricerca archeologica.

Stefano Costa, Giovanni Luca A. Pesce, Luca Bianconi
Grupporicerche – Sezione di Genova
Istituto Internazionale di Studi Liguri

BIBLIOGRAFIA

Bezzi L., Bezzi A., Gietl R., Allinger-Csollich W., Heinsch S., Kuntner W. c.s., *ArcheOS e-learning project*, in S. Costa, G. Pesce (eds.), *Open Source, Free Software e Open Formats nei processi di ricerca archeologici, II Workshop (Genova, 11 maggio 2007)*, Genova, Istituto di Studi Liguri, in corso di stampa.

Bianconi L., Costa S. c.s., *Collaboration and sharing of knowledge: a perspective from archaeology*, in A.V. Malafeev, V.I. Ionesov (eds.), S*ocial Innovations in Cultural Process: Education and Global Development: linking the world through knowledge*, Samara, Samara Institute of Higher school of Privatization and Enterprise, in corso di stampa.

Bronk Ramsey C. 2008, *Radiocarbon dating: revolutions in understanding*, «Archaeometry», 50 (2), 249-275.

Carver M.O.H. 1990, *Digging for data: archaeological approaches to data definition, acquisition and analysis,* in R. Francovich, D. Manacorda (eds.), *Lo Scavo Archeologico: dalla Diagnosi all'Edizione*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 45-120.

Costa S. 2005, *L'informatica come supporto alla ricerca archeologica: due casi di studio*, «Ligures», 3, 21-43.

Costa S. 2007a, *IOSA.it: un punto di incontro online tra archeologia e software libero*, in R. Bagnara, G. Macchi Jánica (eds.), *Open Source, Free Software e Open Formats nei processi di ricerca archeologici*, *Workshop (Grosseto, 8 maggio 2006)*, Firenze, 87-94.

Costa S. 2007b, *IOSA.IT: an online resource for archaeology and free software,* in *Archäologie und Computer 2006. Workshop 11*, Wien (CD-ROM).

Fletcher M., Lock G. 1991, *Digging Numbers: Elementary Statistics for Archaeologists*, Oxford, University School of Archeology, 33.

Herzog I. 1993, *Computer aided Harris Matrix generation,* in E.C. Harris, M.R. Brown, G.J. Brown (eds.), *Practices of Archaeological Stratigraphy*, London, Academic Press, 201-217.

R Development Core Team 2009, *R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing*, Vienna (http://www.R-project.org).

ABSTRACT

Our paper describes the IOSA project experiment with the development of free software and documentation. The aim is to show that a "share early" policy for both knowledge and tools is an effective way to enhance the overall quality of archaeological research.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 27-36

INTERAZIONI E INTEGRAZIONE FRA PIANIFICAZIONE E TUTELA DEI BENI ARCHEOLOGICI: COSTRUZIONE DI UNA BASE DI CONOSCENZA CON L'USO DI GIS OPEN SOURCE

1. Introduzione

Le basi della conoscenza territoriale, oggi costruite sui moderni prodotti della cartografia numerica, rappresentano lo strumento insostituibile nella gestione territoriale dalla scala di area vasta alla scala di dettaglio. La richiesta dell'uso di strumenti di analisi e gestione particolarmente sofisticati è provocata sia dalle fasi preliminari del rilievo e della progettazione che dalle fasi finali, in cui le esigenze della tutela di un bene archeologico, architettonico o paesaggistico richiedono la diffusione dei dati e la rigorosa applicazione dei vincoli vigenti.

Nel corso degli anni, e spesso ancora oggi, si è assistito ad una gestione del dato cartografico, e dei limiti su di questo apposti, eseguita con capacità operative minime e con una scarsa conoscenza delle tolleranze presenti nelle collocazioni georeferenziate. Fra le innumerevoli situazioni riproposte vi sono sicuramente le Pianificazioni Paesaggistiche che, in ottemperanza a quanto delegato alle Regioni, contengono innumerevoli localizzazioni dotate di vincoli e indirizzi di tutela; fra queste le stratificazioni storico-culturali comprendenti i Beni Archeologici e Architettonici.

Alcune Regioni, fra cui per esperienza diretta citiamo la Regione Autonoma della Sardegna e la Regione Puglia, hanno opportunamente distribuito dati geografici nei più diffusi formati di interscambio GIS. L'iniziativa, assai lodevole per la rapidità ottenuta nella diffusione della Pianificazione operativa, pone alcune considerazioni: fra le prime l'incapacità dell'utilizzatore di capire e valutare, oltre la semplice visualizzazione, quale sia il valore geometrico e qualitativo delle perimetrazioni fornite.

Da questo è nata una grande domanda di conoscenza, e capacità di uso, degli strumenti GIS più diffusi e, in seguito a pressioni commerciali troppo coercitive esercitate da alcuni distributori, l'interesse nel mondo del software opensource.

La grande potenzialità delle analisi spaziali nella ricerca e analisi archeologica, basate sull'uso avanzato dei Sistemi Informativi a base Geografica, ha comportato una larga diffusione di questa tecnologia anche fra i ricercatori attivi nell'archeologia operativa. In seguito a questo largo e disomogeneo uso si sono moltiplicate rapidamente le produzioni di banche dati a riferimento geografico finalizzate all'individuazione ed archiviazione dei Beni

Archeologici. Bisogna al contrario sottolineare che in molte regioni italiane l'uso di questo versatile strumento stenta ancora a trovare applicazioni corrette che superino la semplice logica dello strumento di archiviazione geografica.

In particolare, in Puglia e Basilicata, l'uso del GIS in archeologia è circoscritto a poche applicazioni legate alla lettura delle rappresentazioni cartografiche e alla realizzazione di carte tematiche specifiche finalizzate alla schedatura geograficamente determinata e/o all'elaborazione di carte "del rischio".

Anche le Soprintendenze ai Beni Archeologici, strutturate quasi sempre con competenze di estensione regionale, hanno iniziato in questi anni ad interessarsi a questo tipo di tecnologia come strumento primario per la gestione del patrimonio culturale e per lo studio delle stratificazioni storiche. Le iniziative, come spesso accade nella Pubblica Amministrazione, sono però slegate fra di loro, fanno spesso capo a strutture di dati e a procedure informatiche non omogenee e prive di possibilità concreta di interscambio. Appare apprezzabile, in questo settore applicativo, l'iniziativa a livello ministeriale o di Istituti ad esso connessi (per esempio l'ICCD), che però fa poca breccia nell'opera quotidiana e amministrativa dei funzionari periferici essendo di complessa articolazione.

Nonostante questo ritardo in campo archeologico, in un periodo in cui è già evidente l'interesse delle pubbliche amministrazioni nei confronti dei Sistemi Informativi Territoriali, l'implementazione degli stessi per la gestione dei Beni Culturali o CRM (Cultural Resource Management)[1], può essere di importanza fondamentale soprattutto nel settore della tutela. Il GIS, infatti, non è solo uno strumento di analisi e ricerca, ma è soprattutto uno strumento "politico", poiché costituisce un supporto decisionale di notevole importanza (Mehrer 2001).

Bisogna anche riconoscere, come appare evidente dalla letteratura esistente, la difficoltà degli autori delle banche dati nella collocazione spaziale ("cartografica") degli elementi rilevati che non ha mai conosciuto una sistematicità ed omogeneità nella raccolta e diffusione dei dati. Allo stato attuale ci troviamo, quindi, in un grave difetto di conoscenza sulla distribuzione di queste collocazioni sul territorio che dovrebbe generare, nella pianificazione di area vasta e ad iniziativa pubblica come i Piani Paesaggistici Regionali, vincoli ed aree di rispetto necessarie alla loro tutela.

Una rilevazione puntuale, con caratteristiche geometriche adatte ad una gestione territoriale alla scala di dettaglio (quale quella dei Piani Urbanistici Comunali), viene demandata ad iniziative locali (comunali o provinciali) con la conseguenza di ottenere dati assai disomogenei oltre che dal punto di vista posizionale anche da quello storico-interpretativo.

[1] Forte 2002, 184: «Cultural Resource Management = Gestione delle risorse culturali rispetto alla valorizzazione culturale ed economica di un territorio».

2. Beni archeologici e pianificazione di area vasta

La cosiddetta Pianificazione di area vasta, comprendente una categoria assai diversificata di azioni programmatiche sul territorio operate da Enti sovraordinati come Regioni e Province, implica forti interazioni con la catalogazione e la collocazione geografica dei Beni Archeologici, Storici ed Architettonici. Non sempre una struttura regionale è in grado di recepire o costruire basi di dati specifiche, a riferimento geografico, che siano complete ed omogenee nei criteri di rilevazione per tutto un territorio così vasto. Le modalità di acquisizione sono molto spesso basate su:

– Integrazione nei Piani regionali di rilevazioni eseguite, in modo scollegato, disomogeneo e temporalmente distribuito, dalle Province per l'elaborazione dei PTCP (Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali).
– Acquisizione di rilevazioni eseguite da strutture e gruppi di ricerca universitari.
– Interazione con le Soprintendenze che abbiano costruito una base di dati uniformemente distribuita sul territorio.

Nella maggioranza dei casi si nota una pedissequa collocazione spaziale effettuata sulla base delle "sempreverdi" cartografie dell'IGM a piccola scala (1:25.000 e 1:50.000) la cui costruzione però appartiene, per molte regioni d'Italia, a diversi decenni fa (con esclusione della Sardegna che possiede una moderna copertura appartenente agli anni '90). In questi casi, come per esempio è avvenuto in Puglia con l'elaborazione del Piano Paesaggistico a cavallo del 1990, le individuazioni puntuali hanno i tipici errori geometrici ed interpretativi di questa cartografia nata per altri scopi. Anche nella Regione Autonoma della Sardegna, pur basandosi su cartografia IGM più recente, le individuazioni possiedono gran parte degli errori e delle omissioni del rilievo dal quale hanno origine.

Le norme di attuazione della Pianificazione paesaggistica regionale spesso riconoscono la possibilità di errori interpretativi, ma anche di collocazione spaziale errata, e permettono a vari gradi, e con varia tempistica, correzioni ed integrazioni. Queste vengono spesso definite "adeguamenti", "armonizzazioni" o "analitiche determinazioni" e in sintesi permettono agli Enti territoriali sottordinati di ricontrollare, ed eventualmente correggere, sia la collocazione georeferenziata sia l'acquisizione di dati storico-culturali sui Beni Archeologici ed Architettonici[2].

In alcune Norme Tecniche di attuazione, nelle more di queste "correzioni" analitiche e qualitative si impone ai Comuni di perimetrare il bene, inteso fortunatamente come "area" da individuare e quindi non più puntiforme,

[2] R.A.Sardegna – Piano Paesaggistico Regionale – Norme di attuazione.

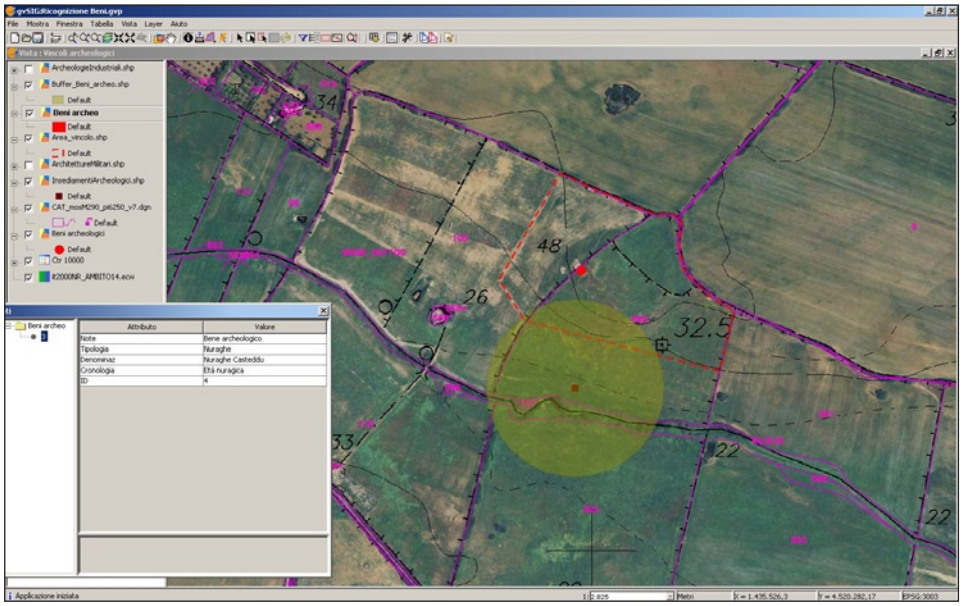


Fig. 1 – P.P.R. della R.A.S., Nuraghe Casteddu nella sua reale posizione (a Nord, compresa nell'area di tutela) e nella posizione proposta dal Piano regionale con la costruzione di un'area buffer pari a 100 m, in viola la sovrapposizione della mappa catastale (gvSIG).

con fasce inedificabili di 100 m di larghezza. Questa area buffer non sempre (Fig. 1) "comprende" gli errori di collocazione del bene puntuale e quindi salvaguarda la corretta individuazione di questo.

3. Il posizionamento georeferenziato

Le esigenze e le potenzialità di una base di dati a riferimento geografico, quali quelle che trattiamo in ambiente GIS, richiedono una definizione geometrica, nel posizionare entità puntuali, lineari e areali che generano gradi di tutela e di vincolo, maggiore di quella fornita nella Pianificazione Territoriale di area vasta. Al termine del processo politico-amministrativo di approvazione di un Piano sono gli Uffici tecnici a livello comunale che, nella quasi totalità dei casi, devono fornire ai privati una lettura della Pianificazione vigente che sia priva di "interpretazione"; appare chiaro come le approssimate perimetrazioni ed individuazioni puntuali inficiano la volontà di tutela del legislatore aprendo le possibilità alle false, o elastiche, interpretazioni, alle contestazioni in campo civile e penale. Considerando che tutto questo ha origine da un poco efficiente, o nullo, uso delle moderne tecniche

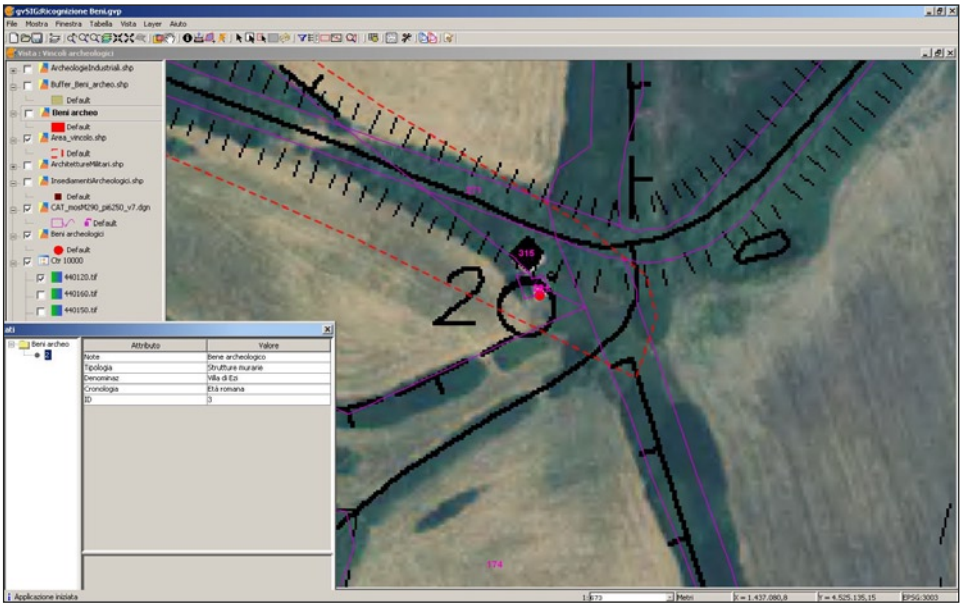


Fig. 2 – P.P.R della R.A.S., Villa di Ezi, individuazione dell'area di tutela con overlay su ortofoto CGR 2006, CTR 10k e mappa catastale (gvSIG).

topo-cartografiche, conviene soffermarsi anche sulla validità geometrica dei dati da gestire in un GIS, oltre che delle migliori prestazioni di questa o quella procedura.

I metodi che, alla luce delle tecniche attuali, permettono un più facile riferimento assoluto di quanto individuato sul territorio sono senza dubbio quelli del posizionamento satellitare GNSS (Global Navigation Satellite System nelle sue variazioni GPS, GLONASS e futuro GALILEO). I metodi basati sul ricevimento dei segnali GNSS hanno caratteristiche che possono, dal punto di vista geometrico, essere esuberanti per le finalità delle individuazioni dei Beni Culturali ed Archeologici (tolleranze anche sub-centimetriche) ma che con un uso improprio possono offrire risultati solamente approssimativi.

Un corretto uso di questi sistemi, per esempio un palmare mono-frequenza operante con i segnali GPS, richiede alcune conoscenze di base sulla scelta del timing corretto, del riferimento assoluto (coordinate geografiche e relativo datum), dei problemi di multipath e di ombre nella ricezione, etc.

Alcune delle problematiche accennate appaiono molto tecniche e contrastano con la relativa, e molto pubblicizzata, facilità di acquisizione con questi strumenti.

I temi da affrontare, in sintesi, sono almeno i seguenti:

– utilità dell'uso, da parte di esperti, di metodologie di posizionamento satellitare differenziale raffinate (RTK, correzione off-line etc.);
– interpretazione "cartografica" del sito;
– conoscenza e trasformazione di coordinate.

Per quanto riguarda il raggiungimento delle massime prestazioni, con sistemi GPS-GLONASS, bisogna considerare che i ricevitori geodetici (doppia frequenza, RTK, tempi di acquisizione rapidi in *fast-dynamic*) consentono la collocazione di punti, in coordinate assolute perché riferite a Stazioni Master di posizionamento noto, con una indecisione planimetrica anche inferiore al centimetro. Si comprende bene come prestazioni simili siano esuberanti per le finalità di cui ci occupiamo ma utili solo per rilievi di dettaglio.

Il problema della individuazione "cartografica" del sito riguarda più strettamente lo storico e l'archeologo; spetta infatti a costoro l'interpretazione dell'oggetto da tutelare e delle eventuali aree interessate da rinvenimenti attuali e/o futuri. Questi, gli unici in grado di interpretare correttamente quanto esistente *sub-divo* o, eventualmente, occultato dal terreno, devono avere dal topo-cartografo la guida operativa per trasformare una situazione riscontrabile sul territorio con una rappresentazione cartografica (problemi sulla densità dei punti acquisiti, sul vincolo che si genera e sulle aree di tutela periferiche).

Apparentemente di più facile risoluzione è la corretta trasformazione di coordinate. In questo caso l'esperienza, e le numerose sperimentazioni eseguite, consigliano estrema prudenza nell'uso di software e procedure non sufficientemente testate e prive di controlli (presenza di punti doppi noti almeno in due sistemi di coordinate assolute cartografiche). In queste trasformazioni, fortemente critiche in quanto non eseguibili con un singolo algoritmo più o meno complesso, le soluzioni sono molto varie ed oggi genericamente basate sull'uso di grigliati distribuiti sul territorio e di cui si forniscono, in modo diretto o interpolato, i parametri delle trasformazioni.

4. Basi di dati esistenti e ambiente GIS

Fra le difficoltà operative sopra elencate, in particolare riferimento alla corretta georeferenziazione, non si può tralasciare la definizione di alcune considerazioni sulla cartografia catastale (oggi spesso fornita in formato numerico vettoriale). La scelta che spesso si pone è se sia meglio pianificare sulla base di una cartografia tecnica (espressa quasi sempre nella proiezione cilindrica inversa UTM con il Sistema Gauss-Boaga con il datum Roma 40 o ETRF 89 con il datum WGS 84) o su un supporto cartografico catastale (in Italia per quasi tutte le regioni Sistema Cassini-Soldner con numerosissime origini dei sistemi di coordinate piane). Genericamente le cartografie su cui si

impostano le rappresentazioni della pianificazione sono costruite con proiezioni UTM; al contrario molti vincoli e indirizzi di tutela vengono descritti su base catastale (Comune, Foglio, Particella, Sub).

Alcuni esempi attuali sono la gestione dei vincoli apposti dalle Soprintendenze, le perimetrazioni imposte dai decreti "galassini" o i perimetri da rispettare per le concessioni demaniali. In questi, ed in numerosi altri casi, la tentata sovrapposizione fra i due sistemi cartografici (analiticamente non sovrapponibili) produce indecisioni, impossibilità di una risposta certa e, sempre più spesso, errori involontari o "perseguiti".

Le considerazioni da fare, per incoraggiare l'uso degli strumenti GIS, riguardano i costi del software, i tempi per l'addestramento, l'interoperatività dei dati in input e output, la necessità di continui aggiornamenti.

Le grandi case produttrici di software GIS (di tipo commerciale) dedicano alla ricerca ed allo sviluppo ingenti risorse ed i loro prodotti raggiungono, quasi sempre, una elevata stabilità operativa oltre che valori prestazionali importanti. Il rovescio della medaglia è rappresentato dai costi di acquisto delle licenze, dalla breve durata fra il rilascio di versioni aggiornate, dalla necessità di legarsi con un contratto di manutenzione per evitare il rinnovo totale degli impegni economici.

5. Software opensource

Questa diffusa situazione ha portato, in particolar modo fra gli Enti pubblici, una forte richiesta nell'utilizzo di software open source che, distaccandosi da ogni logica commerciale, consente un numero di installazioni più libere e meglio programmabili anche se a costo di qualche difficoltà operativa. Bisogna ricordare come alcune procedure GIS non-commerciali, per esempio GRASS, QGIS e gvSIG, godono dell'assistenza di una larga comunità di utenti e risultano in continuo sviluppo e supporto.

In questo contesto, ci si è trovati nell'esigenza sia di creare ed aggiornare costantemente delle banche dati territoriali informatizzate, sia di renderle fruibili da parte di tutti ed in questo la diffusione dei software GIS open source offre diversi vantaggi rispetto ai software commerciali.

In primo luogo si deve ricordare che hanno un codice sorgente pubblico e rielaborabile, con la possibilità di creare funzionalità nuove e specifiche per il settore di riferimento (per esempio archeologico) utilissime a pochi e che quindi difficilmente sarebbero implementate dai comuni software commerciali. Quasi tutti gli open inoltre utilizzano nativamente o comunque danno la possibilità di scrivere e leggere i dati in formati non proprietari che quindi non vincolano un utente o addirittura una struttura ad un software specifico. Questo vincolo, infatti, oltre ad ostacolare una valutazione oggettiva del software a disposizione, limita di fatto la libera circolazione dei dati o la rende

difficoltosa obbligando a conversioni di dati e coordinate che sono causa sovente di una duplicazione ridondante dei database. Infine il basso (o nullo) costo di acquisto consente di avere a disposizione strumenti di alto livello con bassi investimenti; questi possono essere limitati ai costi di formazione presso una delle numerose comunità di utenti che spontaneamente si aggregano.

A fronte di questi indubbi vantaggi dei software open source, comunque difficilmente raggiungibili da software commerciali a causa della loro stessa natura, le differenze si assottigliano per quanto riguarda alcune caratteristiche più specialistiche.

Tra le caratteristiche negative, presenti negli open source, alcune sono di tipo funzionale altre di tipo strutturale. Tra le caratteristiche funzionali, si nota in genere una più ripida curva di apprendimento per l'utente poco smaliziato a causa della minore rifinitura dell'interfaccia utente e della documentazione spesso scarsa e lacunosa.

Altra caratteristica da ricordare è la mancanza di un efficace layout di stampa che rende difficile la predisposizione di elaborati di stampa a struttura complessa. Bisogna comunque considerare che per la preparazione di stampe elaborate sarebbe più corretto utilizzare delle applicazioni dedicate all'impaginazione lasciando ai software GIS "solo" la costruzione, l'analisi dei dati e la generazione delle map window.

Le deficienze strutturali sono dovute essenzialmente alla breve durata di vita di alcune di queste procedure. Vi sono autorevoli eccezioni (GRASS, QGIS, MapServer) ma è ancora elevato il numero di progetti GIS open source fortemente simili che nascono e vengono abbandonati rapidamente. Questa situazione disorienta gli utenti e disperde risorse importanti che potrebbero essere utilizzate per lo studio e lo sviluppo di applicazioni specialistiche; alcuni campi come quello archeologico sono fra questi.

Per la risoluzione di queste limitazioni, fondamentale sarà il ruolo delle amministrazioni pubbliche e delle università che hanno la possibilità, le prime, di agevolarne la diffusione e, le seconde, di svilupparne l'uso per scopi didattici e per la ricerca.

Nel nostro lavoro la scelta di utilizzare gvSIG è stata di fatto obbligata per testare una procedura sufficientemente diffusa in Sardegna per opera del Settore Urbanistico regionale che, oltre a dati strutturati in "shapefile", ha fornito anche progetti e vestizione dei dati in questo ambiente. Il confronto operativo con software tradizionali e sufficientemente diffusi (Intergraph GeoMedia Pro ed Esri ArcGis) ha dato molti riscontri positivi; in particolar modo è stata la velocità operativa, ma anche la facilità di apprendimento, a lasciare un'ottima impressione. Bisogna sottolineare che è stata ricostruita solo una visualizzazione completa di tutti i dati della Pianificazione regionale con l'applicazione di alcune semplici query su attributi e con la costruzione di aree buffer.

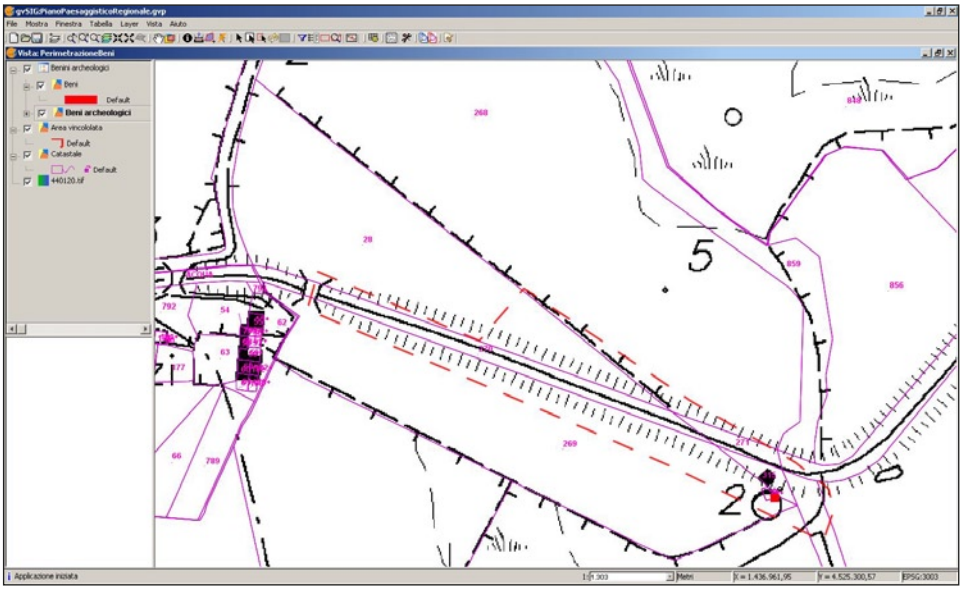


Fig. 3 – Provincia di Sassari, individuazione dell'area di tutela di un sito archeologico su CTR 10k e mappa catastale (gvSIG).

6. Interscambio dei dati

Il problema dell'interscambio dei dati viene affrontato quotidianamente da tutta la comunità che opera nel settore dell'informazione territoriale. Anche in strutture di progettazione avanzata, come alcuni affermati studi di pianificatori, risulta ancora evidente un attaccamento all'elaborazione di temi progettuali in ambiente CAD integrato con cartografia numerica vettoriale e raster.

Uno degli ostacoli più evidenti è rappresentato dallo scambio dei dati. Gli addetti ai lavori sanno bene che l'utilizzo di un file vettoriale elaborato, e vestito graficamente, in un CAD offre varie difficoltà al suo utilizzo in ambiente GIS. Anche il passaggio contrario, come la generazione di un file vettoriale da una struttura dei dati impostata in ambiente GIS, risulta riduttiva per la totale perdita degli attributi la cui potenzialità, assai spesso, non viene giustamente compresa.

Una prova evidente di quanto esposto è continuamente visibile: l'importazione, o la semplice lettura, di una cartografia numerica vettoriale (per esempio con struttura *.dgn o *.dwg) non consente, in un ambiente GIS, nulla di più delle sue caratteristiche di rappresentazione CAD (lettura dei livelli ed eventualmente di colore e spessore linea). Ben diverso sarebbe l'uso di

cartografia strutturata e finalizzata per le interrogazioni GIS la cui produzione dovrebbe, in Italia, essere più largamente presente a partire dall'elaborazione delle specifiche "Intesa GIS"[3].

Il formato di interscambio, in ambiente GIS, oggi risulta ancora, e a torto, l'obsoleta struttura degli shapefile. La famiglia dei file shape è di complessa manovrabilità, notevole ingombro e, per i database geografici di notevoli dimensioni, di lenta lettura. Molto più moderno, ed agile, l'uso dei geodatabase che però, essendo non pienamente compatibili fra i sistemi, non godono della diffusione che meritano. Nell'utilizzo dei geodatabase bisogna riconoscere che l'utilizzo di software open source offre maggiori possibilità rispetto ai software commerciali che tendono a "proteggere" la struttura proprietaria dei dati.

Nell'ambito della gestione del Piano Paesaggistico Regionale della Regione Autonoma della Sardegna, i cui dati vengono distribuiti sotto forma di centinaia di shapefile, abbiamo apprezzato una lettura di alcune classi di feature con una velocità maggiore di un 50% se depositate in un geodatabase (anche se di tipo *.mdb) rispetto a quanto ottenibile negli ambienti nativi per la lettura degli shapefile.

Loredana Francesca Tedeschi, Serafino Scanu
Laboratorio GIS – Facoltà di Architettura
Università degli Studi di Sassari

BIBLIOGRAFIA

Forte M. 2002, *I Sistemi Informativi Geografici in archeologia*, Roma, MondoGIS.
Mehrer M.W. 2001, *A GIS-based archeological decision-support model for Cultural Resource Management*, «Archeologia e Calcolatori», 13, 125-133.

ABSTRACT

Without accurate and high quality land mapping it is very difficult for the Public Administration to manage archaeological property in the way it should be. In this paper we describe some experiments conducted in the Sardinia Region where an increased use of open source software is strongly recommended in the rules which refer to the integration of land planning into town planning, in which an interaction with archaeological features is required.

[3] Intesa Stato, Regioni, Enti locali sui Sistemi Informativi Geografici per la realizzazione di database topografici di interesse generale.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 37-48

PROPOSTE PER UN'ARCHEOLOGIA OPEN IN RETE

1. Open content ed open access: alcune considerazioni[1]

Da alcuni anni il concetto di *open content* è entrato all'interno del mondo della ricerca scientifica anche in Italia. Il suo sviluppo è in costante crescita, basti pensare alle sue esemplificazioni più divulgative, come il successo di Wikipedia in Italia, ed a progetti relativi alla creazione di biblioteche digitali, come Europeana.

Ma il passaggio dalla teoria del contenuto libero e modificabile da chiunque, alla pratica, attraverso la rete, pone non pochi ostacoli: in genere un ricercatore lavora presso enti pubblici o nelle università di afferenza, che detengono la proprietà dei diritti o quantomeno vi concorrono; nel caso in cui ciò non succeda, il ricercatore che intenda far pubblicare un suo articolo deve ricorrere, spesso a sue spese, ad un editore, con il quale patteggia le questioni riguardanti la licenza d'uso del proprio lavoro.

Dal 2002 è disponibile un'altra "strada", quella dell'open access publishing, che dà la possibilità agli studiosi di inserire le proprie ricerche all'interno di riviste elettroniche nativamente open (questa possibilità è chiamata "gold road") oppure permette di auto-archiviare le ricerche (in archivi istituzionali o tematici), o di pubblicarle secondo le autorizzazioni concordate con l'editore, come per esempio l'uscita on-line di un preprint, e non di una copia definitiva (la cosiddetta "green road"). In questo modo, una pubblicazione può essere letta, utilizzata e stampata da chiunque. Il fenomeno dell'open access è infatti nato come risposta della comunità scientifica per far fronte al predominio dei grandi editori commerciali, soprattutto per quanto riguarda le discipline STM (scientifiche, tecnologiche e mediche).

Nella rete esistono più di 4000 riviste scientifiche nativamente open, raccolte dalla Directory of Open Access Journals (DOAJ). A partire dal 2002 le riviste OA in Italia hanno avuto una forte crescita (Fig. 1), anche se è possibile notare un lieve calo nell'incremento annuo dopo il 2005 (Fig. 2).

Per quanto riguarda l'archeologia, su 21 riviste trovate a livello mondiale all'interno di DOAJ, solo una è italiana (Web Journal on Cultural Patrimony, pubblicata dall'Osservatorio per la Protezione dei Beni Culturali in Area di Crisi dell'I.S.Fo.R.M.), e solo altre due contengono anche articoli in italiano (Frankfurter elektronische Rundschau zur Altertumskunde e Liber Annuus).

[1] Sebbene questo intervento sia il risultato di studi congiunti, i paragrafi 1, 3 e 6 sono a firma di Paolo Vigliarolo, mentre i paragrafi 2, 4 e 5 sono di Marina Milella.

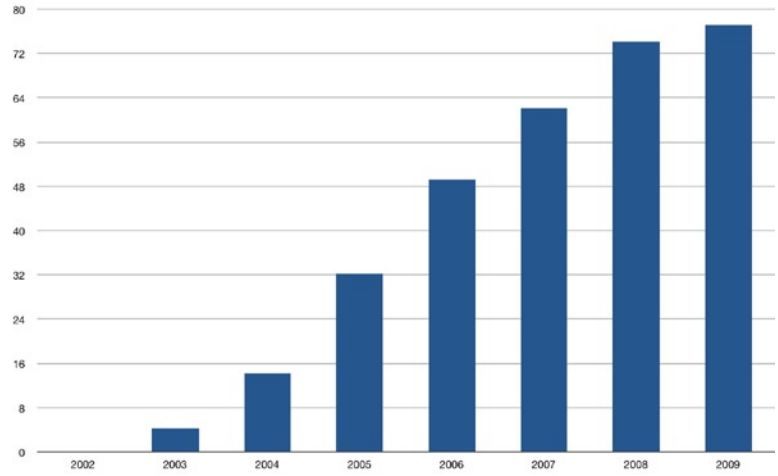


Fig. 1 – Numero totale di nuove riviste scientifiche italiane all'interno di DOAJ.

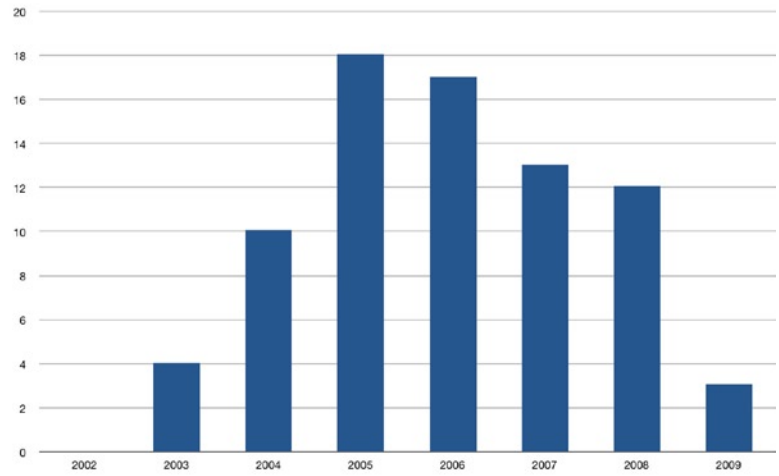


Fig. 2 – Incremento annuo delle riviste scientifiche italiane all'interno di DOAJ.

Il sito openDOAR (Directory of Open Access Repositories) invece raccoglie i repository on-line che seguono il principio della green road. In Italia esistono 54 repository (Fig. 3) che rappresentano il 4% del totale mondiale. In base alla ricerca per disciplina è stato possibile appurare che esistono solo due repository "italiani": il Journal of Intercultural and Interdisciplinary Ar-

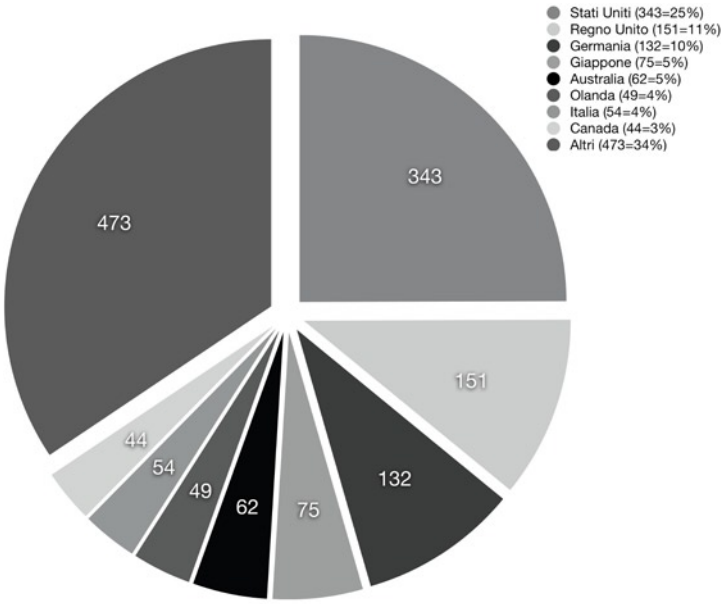


Fig. 3 – Repository all'interno di openDoar suddivisi in percentuale in base alle nazioni.

chaeology (JIIA) e l'European University Institute (EUI), che accoglie tuttavia articoli riguardanti le discipline storiche.

A questi due siti "dedicati" vanno aggiunti anche i venti archivi all'interno delle università italiane, che ricadono all'interno della sezione "Multidisciplinary" dell'openDoar (Fig. 4), ma che non contengono necessariamente articoli archeologici.

In campo umanistico quindi l'open access stenta ancora ad avviarsi. Le ragioni sono molteplici e sono state argutamente riassunte da Peter Suber, guida del movimento OA[2]; innanzitutto esistono motivazioni economiche: i costi editoriali delle riviste riguardanti le scienze umane sono inferiori di circa un decimo rispetto alle loro "cugine" STM. Inoltre i ricercatori STM tendono a pubblicare con maggiore frequenza in genere i preprint o anticipazioni dei testi veri e propri, per favorire discussioni e magari avviare collaborazioni scientifiche, o per ufficializzare il primato di una scoperta scientifica. Ciò naturalmente accade anche nelle scienze umane, ma senza l'"urgenza" avvertita

[2] Peter Suber aggiorna costantemente i propri dati in una newsletter: http://www.earlham.edu/~peters/fos/newsletter/01-02-09.htm.

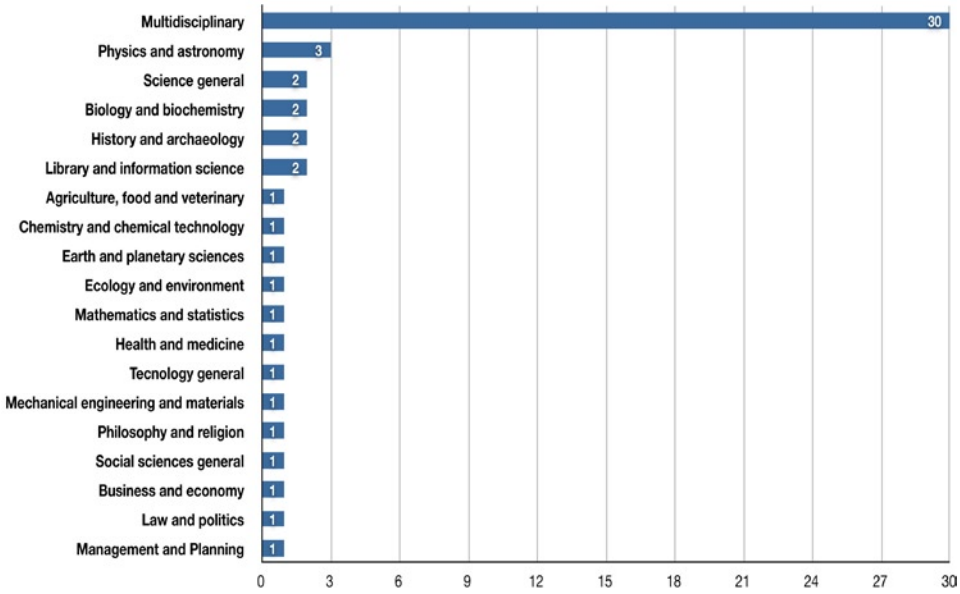


Fig. 4 – Repository italiani in openDOAR suddivisi in base agli argomenti.

nelle discipline STM; ogni autore tende a finalizzare al massimo le proprie opere, e per questo la velocità è considerevolmente ridotta. Un altro freno è dovuto a questioni di pubblicazione: gli articoli STM hanno una "scadenza" a breve termine, dovuta al ritmo elevato del progresso della ricerca. Gli articoli degli umanisti hanno invece una longevità maggiore, determinando pertanto guadagni continuati nel tempo per l'editore, che di conseguenza ha meno interesse nei confronti dell'open access. Altro limite a riguardo è l'uso più consistente, in archeologia o nella storia dell'arte, di illustrazioni di altri autori: in mancanza di repertori di immagini libere da diritti, ciò comporta la necessità di ottenere l'autorizzazione dal detentore del copyright, il quale non sempre è disposto a concederla.

Malgrado queste caratteristiche "naturali" delle scienze umane, tuttavia in Italia il problema è anche legato a due limiti, propri degli umanisti: da una parte la convinzione radicata che la rivista cartacea sia più affidabile e prestigiosa rispetto alla sua controparte digitale, dall'altra la mancanza di una conoscenza approfondita del copyleft, ovvero il modello alternativo al copyright, secondo il quale è l'autore stesso a decidere i modi in cui la sua opera debba essere utilizzata, condivisa o modificata.

2. Perché pubblicare on-line le proprie ricerche

Lo sviluppo della rete ha comportato, per la maggior parte delle persone, uno "spostamento" negli usi relativi alla ricerca di informazioni. In ambito umanistico ciò richiede senza dubbio un cambiamento di mentalità in chi fa ricerca e in chi ne usufruisce, per alcuni fondamentali motivi: innanzitutto l'attenzione si sposta dall'autore al contenuto, nel senso che l'autorevolezza va conquistata ogni volta con la qualità dei testi e non può essere data per scontata. In secondo luogo, la pubblicazione on-line richiede al suo lettore un approccio critico, visto che chiunque può scrivere qualsiasi cosa, ed è quindi indispensabile saper distinguere: il lettore deve avere dunque una partecipazione attiva, molto più produttiva per una vera crescita culturale, e non solo un'assimilazione passiva; l'ipertestualità e la multimedialità, caratteri fondamentali della differenza tra digitale e testo stampato, sono inoltre strumenti che consentono una comunicazione più efficace, ma comportano un diverso modo di esprimere i concetti che ci interessa trasmettere.

La pubblicazione on-line ha in sé anche numerosi vantaggi. Primo tra tutti la velocità con cui ogni articolo può essere letto e condiviso, dando vita ad una rete di collegamenti e ramificazioni in tutto il web, favorendo così il diffondersi della conoscenza, e quindi, il progredire della ricerca stessa. Per il singolo autore questo si traduce in un impatto ed una visibilità maggiore rispetto alla pubblicazione tradizionale, che ha un numero limitato di copie, non sempre facili da reperire.

Si può anche pensare alla pubblicazione on-line come un continuo work in progress (è questo il meccanismo alla base dei sistemi wiki), e non come un'opera congelata, eventualmente da confutare in un secondo tempo, in un altro articolo; la cooperazione dei ricercatori ha in genere uno scopo comune, che ben si adatta a questo approccio. Inoltre gli articoli su carta sono sottoposti ad un limite massimo di testo e di immagini, il più delle volte in bianco e nero, e le cui dimensioni sono vincolate al formato di pubblicazione. Negli articoli on-line questo non succede: l'autore può anche pensare di dare un valore aggiunto rispetto alla pubblicazione cartacea, permettendo ai suoi lettori di vedere le immagini a colori e delle giuste dimensioni, virtualmente senza limiti di quantità. Naturalmente questo comporta anche la necessità di organizzare, in modo da renderlo fruibile, il materiale che si intende mettere a disposizione; l'ipertesto consente di rispondere a questa esigenza.

La disseminazione favorisce in seconda istanza la conservazione della conoscenza. Facciamo un esempio: un amanuense copia da tutta la vita importanti testi della tradizione classica. È geloso del suo lavoro e non vuole permettere ad altri di produrre copie dei suoi testi, che sono "conservati" all'interno degli scaffali chiusi a chiave del suo archivio, per timore che vengano rubati. Ma purtroppo a seguito di un incendio il monastero viene completamente distrut-

to, con ogni cosa al suo interno. Il risultato di questo approccio alla cultura è esattamente il contrario della conservazione: se l'amanuense avesse "aperto" gli scaffali, e permesso ad altri di copiare i suoi testi, qualcosa si sarebbe salvato, anche se forse con qualche errore, che si sarebbe potuto correggere.

3. Perché usare il copyleft nella ricerca

Dopo aver superato la prima "barriera mentale" della pubblicazione on-line, è necessario fare un ulteriore passo avanti, e scegliere la strada del copyleft. In questo modo l'utente ha accesso gratuito, oltre che illimitato, alle pubblicazioni scientifiche. Ogni autore stabilisce, senza alcun mediatore, le regole riguardanti la diffusione delle sue opere: non è necessario affidarsi a terze persone per la distribuzione e la commercializzazione. Questo fattore sposta gli equilibri dei diritti delle opere a favore dell'autore e genera maggiore libertà e scelta per il lettore; l'accento si sposta inoltre sulla paternità dell'opera all'autore, piuttosto che sui diritti economici dell'editore. Si viene comunque a creare un modello economico sostenibile, come testimonia il successo dell'open source anche in questo settore, sia per quanto riguarda il software sia per la produzione intellettuale.

Per attuare questa prassi il copyleft fa uso di vari tipi di licenze, che l'autore può scegliere liberamente, per ogni suo singolo lavoro. Le licenze più usate nella rete sono la GFDL e le Creative Commons.

La GNU Free Documentation License (GFDL), nata inizialmente per favorire la diffusione della documentazione del software e di materiale didattico, si è in seguito estesa anche ad altre realtà, come ad esempio Wikipedia[3], e consente all'utente di copiare, distribuire e modificare l'opera, mantenendo però la stessa licenza. È importante sottolineare che la GFDL non esclude la possibilità di lucro per consentire a chi diffonde le opere di ripagare le spese sostenute.

Le licenze Creative Commons, elaborate a partire dal 2002 ed in continua evoluzione[4], tutelano a vari livelli il diritto d'autore e sono basate sul principio di mantenere alcuni diritti riservati, a seconda delle proprie necessità e desideri. Esistono quattro clausole principali, esplicitate in maniera molto semplice grazie all'uso di una simbologia chiara e diretta. La prima clausola, sempre presente in ogni licenza CC[3], è l'attribuzione, secondo la quale ogni autore «permette che altri copino, distribuiscano, mostrino ed eseguano copie dell'opera e dei lavori derivati da questa a patto che vengano mantenute le

[3] È in corso l'aggiornamento della licenza alla CC-by-sa 3.0: http://meta.wikimedia.org/wiki/Licensing_update/it.

[4] A marzo 2009 è stata rilasciata la prima versione per la licenza Creative Commons 0. Con questa licenza, l'autore rinuncia a qualunque diritto sull'opera, che può essere utilizzata da tutti, in qualunque modo, per sempre e senza condizioni. Scompare anche l'obbligo di citare l'autore. In sostanza si tratta di un'applicazione del concetto di "pubblico dominio".

indicazioni di chi è l'autore dell'opera»; le altre tre condizioni riguardano i modi della condivisione, ed in particolare l'obbligo o meno di condividere l'opera allo stesso modo (riprendendo così la GFDL), la possibilità o meno di crearne delle opere derivate, ed il divieto o meno di trarne profitto. L'unione di questi quattro principi genera in totale sei licenze[5], che ogni ricercatore può scegliere liberamente per ogni singolo testo, anche già pubblicato, previo accordi con l'editore nel caso in qui questo ne detenga i diritti.

La modularità delle licenze Creative Commons ne ha segnato il successo, nell'uso generalizzato (il 21 marzo di quest'anno cento milioni di immagini sono state condivise sul sito flickr.com con una licenza Creative Commons) ed anche in ambito scientifico: negli archivi istituzionali delle università molte delle tesi di laurea e di dottorato sono rilasciate secondo tali licenze[6].

4. Le proposte open: DecArch e ArcheoCommons

Prima di analizzare i dettagli dei due siti per un'archeologia open nati da un anno a questa parte, è necessaria una premessa. La loro nascita si deve solo alla volontà ed al lavoro di singole persone, e non di enti o istituzioni. Benché ad un primo esame questo elemento possa sembrare un punto debole, far partire "dal basso" tali iniziative può avere numerosi risvolti positivi. Se è vero da un lato che la continuità di vita di un sito gestito da un singolo è affidata alla volontà ed anche alla disponibilità economica dello stesso, l'architettura dei CMS (Content Management System) utilizzati per esempio per DecArch e ArcheoCommons prevede, per determinati utenti, l'assegnazione di vari livelli di amministrazione, che possono così andare con il tempo a sopperire la mancanza di chi ha intrapreso il progetto iniziale, a volte anche in termini economici (non dimentichiamo i mezzi per ottenere risorse attraverso le donazioni di utenti) oltre che gestionali. La macchina istituzionale, come tutti sanno, rende necessari molti passi burocratici prima dell'avvio di un progetto, e se da una parte può garantire le risorse, almeno iniziali (server e personale tecnico), molto spesso per il suo mantenimento si affida a volontari o studenti di corsi specifici, con un ricambio molto frequente nel tempo, rendendo così la gestione più difficoltosa. Inoltre il progetto portato avanti dal singolo, anche se può prevedere una fase iniziale di progettazione e di realizzazione più lenta, ha la garanzia della qualità del risultato, centrato sui contenuti, in funzione del fatto che il creatore del progetto è in definitiva uno dei suoi possibili utilizzatori, e ne condivide la mentalità e le esigenze.

[5] Per leggere il common deed ed il legal code delle licenze Creative Commons in italiano: http://www.creativecommons.it/Licenze/; il testo originale in lingua inglese: http://creativecommons.org/about/licenses/.

[6] Per esempio l'Università "La Sapienza" di Roma ha concentrato le tesi di dottorato, a partire dall'anno accademico 2005/2006, e le riviste open dei dipartimenti, all'interno del PADIS (Pubblicazioni Aperte Digitali Interateneo Sapienza): http://padis.uniroma1.it/.

Ultimo elemento da non sottovalutare è la libertà decisionale (dalle questioni più scientifiche fino alla scelta del layout grafico), che non è condizionata da scelte estranee alla ricerca ed all'obiettivo della sua diffusione.

5. DecArch

Il sito di DecArch sulla decorazione architettonica romana nasce originariamente in forma cartacea, come una sorta di piccola dispensa, realizzata negli anni '80. Il testo distribuito per fotocopia era realizzato con le tecniche allora possibili: un dattiloscritto con l'aggiunta di schizzi e schemi grafici, eseguiti a mano, e di fotocopie di fotografie tratte da libri, a volte rielaborate con scritte a penna. La rarità di pubblicazioni specifiche dedicate al tema implicava per lo studioso del settore la necessità di acquisire la conoscenza dei materiali soprattutto attraverso la visione diretta: le numerose fotografie e le osservazioni raccolte, spesso troppo disperse e casuali per divenire l'oggetto di una pubblicazione, rappresentavano un ricco materiale che poteva essere messo a disposizione anche di altri studiosi, poiché le idee acquistano senso dal confronto con altri, se possono essere utili per altre ricerche, osservazioni e intuizioni, non rimangono fini a se stesse.

Un anno fa il sito DecArch ha trasferito il suo contenuto all'interno del CMS MediaWiki, lo stesso utilizzato per Wikipedia. Questo per completare il progetto iniziale: creare un vero e proprio manuale on-line, facilmente accessibile, e mettere progressivamente a disposizione tutto il materiale raccolto. Si è considerato inoltre che le possibilità offerte da un sito wiki favoriscono una partecipazione più ampia, con altri punti di vista, che si auspica permetta di arricchire il materiale a disposizione di tutti, rendendo più concreto il confronto e lo scambio. Si tratta di promuovere un nuovo e diverso modo di operare in questo settore di studi, e proprio per questo motivo il contenuto di DecArch è rilasciato secondo la licenza GFDL[7].

L'indice di DecArch contiene tutte le informazioni essenziali: la sua duplice natura di manuale e sito wiki è ben delineata sin dalla sua prima sezione, relativa alla "guida alla schedatura". Essa contiene il manuale sulla decorazione architettonica romana, che intende fornire a studiosi e studenti il metodo attraverso il quale schedare e definire gli elementi architettonici[8].

[7] La scelta della licenza GFDL è stata determinata dalla scarsa diffusione che ancora avevano le licenze CC all'epoca della prima versione del sito nel 2004; ma ciò che si considera importante sono i concetti e non la licenza in sé.

[8] La nomenclatura segue una ricerca durata diversi anni e pubblicata in: Boldrighini F., De Nuccio M., Frandina M.L., Fusco R., Milella M., Pascucci P., Pergola S., Trevisan S., Ungaro L., Bartoloni V. 2008, *Guida alla catalogazione degli elementi architettonici e di rivestimento. Voce "Definizione dell'oggetto" (ARCATA – Archeologia e Catalogazione, 1)*, Roma (testo scaricabile sul sito della Regione Lazio – http://www.culturalazio.it/culturaweb_2/schedeInfo/?id=149&pag=true&boxCorr=true – e sul sito di Andromeda – http://www.andromeda.roma.it/content/view/79/1/).

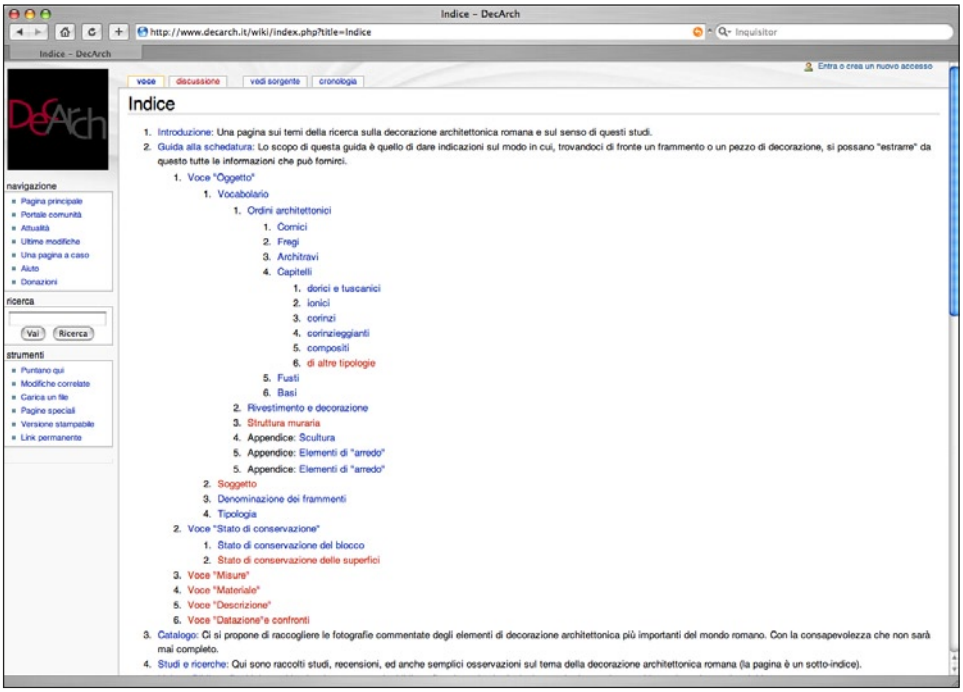


Fig. 5 – Screenshot della sezione relativa alla "Guida ai Contenuti" di DecArch.

Segue il catalogo, il cui scopo è quello di raccogliere le fotografie commentate degli elementi di decorazione architettonica più importanti del mondo romano. Le schede più complete, o comunque le immagini, sono ricercabili attraverso le rispettive categorie per tipologia, località, epoca, motivi decorativi e infine per specifici argomenti (riguardanti particolarità della decorazione, della tipologia, dell'articolazione del blocco, della lavorazione, del materiale, del reimpiego). La quantità e la suddivisione logica delle categorie e dei collegamenti reciproci sono state studiate per permettere agli utenti di raggiungere la stessa pagina attraverso più percorsi logici. L'articolazione complessa della suddivisione delle pagine in categorie complica l'immissione dei dati ma consente una maggiore facilità di navigazione per il lettore, rendendo più efficace la diffusione. Per esempio l'immagine di un fregio ionico con decorazione vegetale pertinente al basamento del *Miliarum aureum*, inserito all'interno della sezione "Guida/Voce 'Oggetto'/Vocabolario/Ordini architettonici/Fregi", è rintracciabile anche attraverso le categorie "Fregi ionici di epoca giulio-claudia" (tipologia ed epoca), "Elementi a pianta curvilinea" (particolarità nell'articolazione del blocco), "Roma Foro Romano" (luogo).

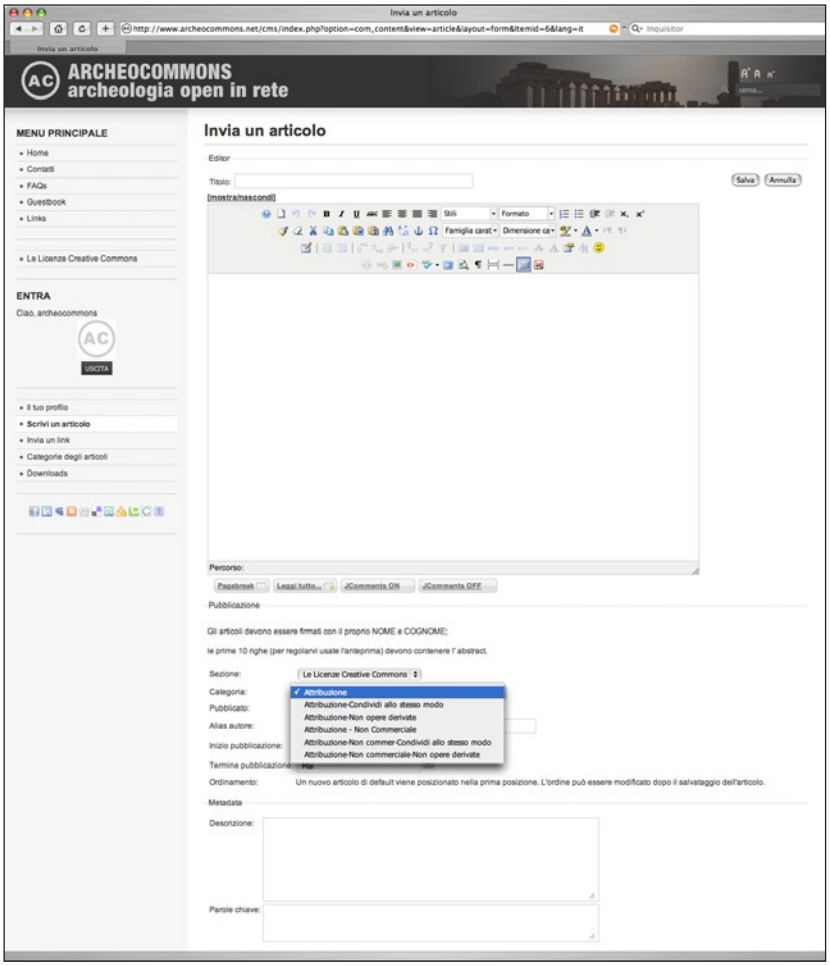


Fig. 6 – Screenshot dell'editor di testo di ArcheoCommons con il menu a tendina relativo alla scelta delle licenze CC.

Un'altra sezione del sito è quella relativa agli studi e ricerche, che si propone di raccogliere sia commenti e sintesi di pubblicazioni importanti, sia osservazioni o veri e propri articoli sull'argomento. Per queste pagine in particolare si auspica che la forma wiki consenta più facilmente la partecipazione di altri studiosi. La ricca sezione relativa ai link e alla bibliografia raccoglie siti di carattere generale o specialistico, ma anche immagini e notizie presenti in rete, oltre alle pubblicazioni elencate per autore o per anno di pubblicazione, o ancora per tematiche, luoghi, epoche; dalle citazioni bibliografiche è

possibile raggiungere recensioni, abstract e riassunti di alcuni testi, e scaricare o leggere on-line quelli presenti in rete.

6. ArcheoCommons

Il portale ArcheoCommons, on-line nella sua versione completa solo dagli inizi di aprile 2009, recepisce i principi fondamentali di DecArch, con l'obiettivo di ampliare il campo di ricerca a tutte le discipline dell'archeologia. Come suggerisce il suo stesso nome, inoltre, il portale offre agli utenti la possibilità di pubblicare le proprie ricerche e rilasciarle secondo una delle licenze Creative Commons scelte in maniera autonoma. Per far questo basta associare il testo pubblicato alla specifica categoria preposta.

La piattaforma scelta per la creazione del sito è Joomla, CMS open source che prevede l'assegnazione di vari livelli di amministrazione e gestione dei contenuti, secondo dei principi simili al funzionamento di Wikipedia. Joomla è dotato di un maggior numero di estensioni, sempre open; alcune di quelle scelte per ArcheoCommons danno la possibilità agli utenti di mettersi in contatto tra loro, e di commentare i testi sia con una votazione "a punteggio", sia con un form per i commenti posto alla fine di ogni articolo. Nella fase attuale, data la novità del progetto, questa è l'unica forma di "peer review" disponibile e quindi chiunque può iscriversi, pubblicare e commentare; non si esclude però la possibilità della nascita di un gruppo di moderatori e validatori dei testi, nel momento in cui la crescita della comunità del portale lo possa permettere.

Dato il carattere esteso del progetto ArcheoCommons, gli argomenti sono categorizzati per mezzo di tag legati ai contenuti, assegnati dagli utenti stessi e poi uniformati in automatico, così da permettere una facile indicizzazione. Gli argomenti più cliccati rientrano all'interno di una tag-cloud visibile nell'homepage, in cui è predisposto anche uno spazio dedicato alle ultime notizie legate al mondo dell'archeologia, grazie ad un aggregatore di feed.

Attraverso il menu specifico, ogni utente può contribuire alla sezione relativa ai link e collaborare per la creazione di una bibliografia comune, o spostare gli argomenti all'interno dei vari forum.

Il sito si configura quindi come uno spazio personale di visibilità e divulgazione dei contenuti, ma ha lo scopo di dare vita ad un'attiva comunità scientifica, in grado di dialogare e crescere continuamente.

ArcheoCommons e DecArch costituiscono dunque due declinazioni dello stesso concetto: il primo più legato alla condivisione ed alla collaborazione, il secondo maggiormente incentrato sulla trasmissione e diffusione della conoscenza: aspetti comunque indissolubilmente legati.

Marina Milella

Paolo Vigliarolo

ABSTRACT

Open content in archaeology requires careful consideration in our field of studies: knowledge conservation is linked to its spread, and for this purpose the web is one of the most useful and important tools. In this paper two open projects are suggested: DecArch, a wiki site dedicated to Roman architectural decoration, and ArcheoCommons, in which archaeologists can publish their research and mark it with one of the Creative Commons licenses.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 49-63

OPEN DIGITAL ARCHIVES IN ARCHEOLOGIA. GOOD PRACTICE

1. Introduzione

Questo articolo nasce dalle riflessioni scaturite durante il mio lavoro di dottorato, indirizzato allo studio archeologico di Pisa medievale da realizzare attraverso la creazione di un GIS urbano, ed in particolare dalle difficoltà incontrate nella raccolta di tutti i dati archeologici presenti e soprattutto nella ricerca di dati non interpretati sulla base dei quali poter fare nuove analisi.

Alla base del fenomeno open source risiede il principio che vede nella collaborazione di più sviluppatori la possibilità di ottenere un prodotto finale di maggiore complessità rispetto a quanto potrebbe ottenere un singolo gruppo di programmazione, secondo la formula:

proprietà collettiva + collaborazione = un aumento delle conoscenze

Se in campo strettamente informatico questo vuol dire libera fruibilità dei file sorgente dei programmi, in campo archeologico dobbiamo puntare all'accesso libero (open data) del dato primario, cioè alla libera condivisione dei dati grezzi (raw data), quelli che definiamo dati archeografici (in pratica la documentazione di scavo e del survey), che dovrebbero essere pubblicati su archivi on-line attraverso documenti ben riconoscibili. La costruzione di sistemi aperti che consentano lo scambio di dati e di informazioni e la condivisione di idee può innescare un circolo virtuoso, favorendo così il "lavorare insieme" a svantaggio del "lavorare separatamente", con un notevole beneficio globale per l'archeologia (Pescarin 2006, 141).

2. Open access and open data

Negli ultimi anni anche l'archeologia si sta incamminando verso la sua versione 2.0 ed iniziano a manifestarsi i primi fenomeni di o*pen access* e di open data. Se da un lato l'open access si accontenta di proporre l'accesso gratuito all'informazione scientifica almeno nella sua versione elettronica (Laser 2005, 77-78), la filosofia open data aspira ad una libera fruibilità dei dati grezzi, soprattutto non testuali, e al loro riutilizzo, seppur controllato da apposite licenze. Esistono fondamentalmente due sistemi differenti di consentire l'accesso gratuito ad una pubblicazione: il primo, diretto, è effettuato dalle riviste stesse, che rendono immediatamente accessibili le pubblicazioni; il secondo, indiretto, è realizzato dagli autori che realizzano copie delle loro pubblicazioni e le rendono accessibili o su una homepage personale o su un

deposito istituzionale. Consultando il sito Directory Open Access Journal[1] si trovano elencate 21 riviste peer-review a carattere archeologico nel mondo[2], 4 tedesche e statunitensi, 3 croate, una italiana, il Web Journal on Cultural Patrimony, una sola francese, il Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines pubblicato in Perù con licenza *Creative Commons*[3], contro le 121 riviste di storia. All'elenco mancano ad esempio i Fasti FOLD&R[4] che pubblicano relazioni di scavo, al fine di metterle a disposizione di tutti, Gradus, rivista dedicata all'archeologia dell'acqua e alle scienze applicate all'archeologia e al restauro[5] e la stessa Archeologia e Calcolatori[6]. Tra i depositi istituzionali, invece, citiamo il progetto BibAr[7] Biblioteca archeologica on-line di archeologia medievale ospitata all'interno del Portale di Archeologia Medievale del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena, che oltre ad articoli mette a disposizione intere pubblicazioni di scavo, e i volumi di *Medieval Archaeology* sul portale dell'*Archeology Data Service*[8]. Non è difficile prevedere, come recentemente ha fatto Nisha Doshi su PloS[9] un incremento, in tempi brevi, delle pubblicazioni archeologiche su riviste open access. Due fattori, infatti, possono spingere ad un maggior utilizzo del web come mezzo di pubblicazione anche di intere edizioni di scavo[10]: l'ampiezza della "distribuzione" e l'abbattimento dei costi di stampa[11].

L'open access, quindi, offre la possibilità di mettere a disposizione i risultati finali delle ricerche proposti in forma di sintesi. Si tratta certamente di una conquista importante, ma non sufficiente; solo la libera fruibilità dei dati grezzi secondo il paradigma dell'open data consentirebbe di far fare

[1] http://www.doaj.org/.

[2] http://www.doaj.org/doaj?func=subject&cpid=11 (accesso 4 aprile 2009).

[3] http://creativecommons.org/about/licenses/meet-the-licenses (accesso 4 aprile 2009).

[4] http://www.fastionline.org/folder.php?view=home I Fasti FOLD&R, basati sul sistema del *peer-review*, sono pubblicati a partire dal 2004 dall'Associazione Internazionale di Archeologia Classica in collaborazione con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

[5] http://www.cantierenavipisa.it/Pubblicazioni_Gradus.html, pubblicata a partire dal 2007, dal Cantiere delle Navi Antiche di Pisa.

[6] http://soi.cnr.it/~archcalc/index.htm, che aderisce all'Open Archives Initiative (http://www.openarchives.org/).

[7] http://www.bibar.unisi.it/.

[8] http://ads.ahds.ac.uk/catalogue/library/med_arch/index.cfm?CFID=615449&CFTOKEN=57428789 (accesso 4 aprile 2009).

[9] http://www.plos.org/cms/node/455 (accesso 4 aprile 2009).

[10] Un buon esempio è la pubblicazione degli scavi di Cosa curata da Elizabeth Fentress e Adam Rabinowitz – http://www.press.umich.edu/webhome/cosa/home.html (accesso 4 aprile 2009) – che offre anche parte dei dati grezzi scaricabili (lista delle unità stratigrafiche, con datazione, interpretazione; lista dei materiali; catalogo delle sepolture), mentre sono escluse sia le piante, sia le immagini.

[11] Chiaramente il passaggio a pubblicazioni completamente on-line, non avverrà in maniera gratuita, ma si può condividere la soluzione proposta (Gruppo Laser 2005, 94) di far pagare chi scrive, partendo dal concetto che la pubblicazione serve anche per far conoscere il proprio lavoro e ottenere impatto e credito scientifico nella comunità, e che in genere i costi di stampa sono compresi in un buon budget di ricerca.

un ulteriore passo in avanti verso un'archeologia veramente 2.0. Il futuro della ricerca archeologica è, infatti, interconnesso alla conservazione dei dati ed al loro libero riutilizzo per ulteriori indagini ed analisi. Analizziamone i motivi:

– Eseguire uno scavo o un survey archeologico vuol dire essenzialmente documentare in maniera analitica ogni evidenza individuata, tradurre in documenti scritti, grafici e fotografici quanto emerge nelle operazioni di scavo o di ricognizione. Questo processo archeografico (Moberg 1981; Guidi 1994) permette sia di realizzare il processo archeologico, interpretativo, da parte di coloro che hanno direttamente eseguito l'indagine, sia di riutilizzare la documentazione raccolta nel corso delle indagini sul campo per formulare ulteriori ipotesi e ricostruzioni storiche da parte di altri studiosi (D'Andrea 2006, 130). Se, infatti, non si possono fare buoni ragionamenti critici, senza una buona descrizione oggettiva dei dati di partenza, non si può fare archeologia senza archeografia (Mannoni 2000, 217).
– Lo scavo archeologico, ed in parte anche il survey, sono pratiche non ripetibili. L'unico elemento di riproducibilità e di rianalisi è costituito dalla continua possibilità di utilizzare i dati grezzi, archeografici. La loro condivisione non solo permette da parte della comunità scientifica la comprensione e l'eventuale rilettura del processo interpretativo, ma anche il riutilizzo dei dati su scala differente e in relazione a nuove indagini. I dati grezzi sono il vero ed unico codice sorgente dell'archeologia.
– La stragrande maggioranza[12] degli interventi archeologici in Italia non è legata in senso stretto alla ricerca, bensì alle varie coniugazioni delle pratiche di emergenza (interventi di emergenza veri e propri, preventivi e/o programmati) soprattutto per quanto riguarda i contesti urbani, che come ben sappiamo sono la palestra dell'archeologia professionale.
– La stragrande maggioranza degli interventi archeologici rimangono inediti (Brogiolo 2000, 354)[13] e questo risulta ancor più valido per tutti gli interventi che possiamo definire d'emergenza.
– È ormai pratica consueta da parte degli archeologi creare degli archivi digitali, spesso non sicuri, ai fini della preservazione dei dati, così come acquisire parte delle informazioni direttamente in formato digitale.

[12] Sebbene non esistano dati complessivi su tutto il territorio nazionale, cosa di cui peraltro ci sarebbe bisogno, i dati su Pisa, dove sono stati censiti (Anichini, Paribeni 2005) tutti i singoli interventi a carattere archeologico conosciuti (554 differenti interventi archeologici di varia natura a partire dal 1520), mostrano come negli ultimi 20 anni l'83% degli interventi sia di scavo, sia di ricognizione siano stati eseguiti da archeologi professionali e comunque non collegati ai Dipartimenti universitari.

[13] Anche in questo caso non esistono statistiche ufficiali, ma i dati raccolti per Pisa mostrano come solo il 20% degli interventi degli ultimi 20 anni sia edito e come solo poco più dell'1% sia stato pubblicato come edizione completa di scavo.

– La creazione di archivi digitali on-line consente di preservare i dati.
– Avere a disposizioni archivi on-line contenenti dati grezzi facilita la ricerca, le politiche di pianificazione territoriale[14], e l'allargamento della comunità scientifica superando le barriere locali e regionali.

3. La pratica archeografica in Italia

Manca una ricerca completa sulla pratica della documentazione archeologica[15] in Italia: i dibattiti metodologici-procedurali sono stati considerati fondamentalmente chiusi con i primi anni '90, mentre i progressi tecnico-informatici e la crescita dell'archeologia professionale li rendono quantomai attuali. La presenza in Italia di una comunità archeologica che si va facendo sempre più variegata, diversificata tra organi ministeriali, organi di ricerca e archeologi professionali rende sempre più urgente un'analisi di questo tipo. Basti ricordare come la ricerca[16] che diede il via al progetto dell'*Archaeological Data Service* (ADS)[17], curata dall'Università di York, prevedesse, seppure in un quadro differente sia da un punto di vista normativo, sia professionale, il coinvolgimento delle varie e sfaccettate realtà archeologiche presenti. È, infatti, questa pluralità di soggetti che produce il dato archeografico e che deve attivamente partecipare alla creazione delle linee guida operative (good practice) e degli standard per la raccolta del dato archeologico, che, in pratica, rappresentano un consenso professionale su pratiche comuni e servono per controllare la coerenza di un processo lavorativo e/o organizzativo all'interno di una comunità professionale, almeno su scala nazionale. È dagli standard che dipende la possibilità di condivisione dei dati[18].

La ricognizione sulla documentazione di scavo consegnata presso la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (SBAT), Ufficio distaccato di Pisa, a partire dall'anno 2000, senza pretesa di essere paradigmatica, ma solo esemplificativa di situazioni comuni anche in altre aree della penisola, mostra un quadro composito che va dall'assenza di documentazione, a relazioni di scavo più o meno articolate, alla consegna completa di tutta la documentazio-

[14] In particolare si fa riferimento alla Legge 25 Giugno 2005, n. 109 articoli 2 ter Verifica preventiva dell'interesse archeologico e 2 quater Procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico.

[15] In questa sede ci si occuperà solamente della documentazione di scavo, per la quale nel corso degli anni '80 vennero fatti dei passi verso la standardizzazione (http://www.iccd.beniculturali.it/Catalogazione/standard-catalografici/normative/nomative, accesso 4 aprile 2009), tralasciando il discorso del survey, che non ha mai raggiunto livelli di standardizzazione equivalenti e condivisi dopo i timidi passi intrapresi tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90 (per una disamina sulla confrontabilità e la standardizzazione dei dati da survey si veda Terrenato 2006; Gattiglia, Stagno 2005 e più in generale Bernardi 1992 e Cambi, Terrenato 1994).

[16] http://ads.ahds.ac.uk/project/strategies/ (accesso 4 aprile 2009) *Strategies for Digital Data. Findings and recommendations from Digital Data in Archaeology: A Survey of UserNeeds*.

[17] http://ads.ahds.ac.uk/; per una completa analisi del programma che ha dato il via progetto cfr. D'Andrea 2006, 85 ss.

[18] Ed anche, fattore non trascurabile, il costo di un intervento archeologico.

ne prodotta sia stampata, sia su supporto digitale comprendente schede US, piante di strato, fotografie di US, quantificazione dei reperti mobili, fotografie di tutti i reperti, relazione di scavo e matrix, e mostra un generale incremento nella qualità del prodotto archeografico, rispetto ai decenni precedenti.

Aspettando, quindi, un'analisi complessiva sullo stato dell'archeografia oggi in Italia, credo che si possano già evidenziare alcuni principi fondamentali:

– l'attività archeografica deve avere un atteggiamento il più possibile neutrale per consentire ad altri archeologi di riutilizzare in futuro la documentazione raccolta nel corso delle indagini per ulteriori approfondimenti e magari per la formulazione di nuove ipotesi (D'Andrea 2006, 78);
– dati grezzi, analisi preliminari dei rinvenimenti, informazioni contestuali sui siti, dati da survey, cataloghi ed indici costituiscono fonti vitali di informazione per la ricerca e dovrebbero essere accessibili sia su supporto digitale, sia cartaceo[19];
– la pratica archeografica, sia essa legata ad operatori professionali, sia alle strutture dedicate alla ricerca, è sempre e comunque un'attività di ricerca, dal momento che produce dei dati unici e irripetibili.

Da ciò discende che ogni intervento di scavo deve produrre e rendere fruibile almeno la seguente documentazione archeografica:

– elenchi di US;
– schede di US;
– piante di US;
– matrix;
– relazione preliminare;
– immagini;

alle quali non sarebbe male aggiungere:

– schede di quantificazione preliminari;
– immagini di reperti;
– eventuali diari di scavo (Zanini, Costa 2006).

4. Open archives: preservare per condividere

È ormai consuetudine della pratica archeologica creare degli archivi digitali, più o meno complessi, nei quali inserire i dati archeografici siano essi di tipo testuale (report, schede, diari di scavo), grafico (immagini, piante, sezioni) o digitale (database, CAD, GIS, etc.). Agli standard atti a normare l'attività di registrazione delle indagini sul campo bisogna, quindi, affiancare

[19] http://ads.ahds.ac.uk/project/strategies/ (accesso 4 aprile 2009) "Strategies for Digital Data. Findings and recommendations from Digital Data in Archaeology: A Survey of UserNeeds".

una serie di standard[20], di *good practice*, relativi alle procedure informatiche da adottare per salvaguardare la progettazione, implementazione e conservazione degli archivi digitali. Gli standard assumono quindi un ruolo centrale nell'agenda dell'archeologia computazionale e dell'archeologia in generale, ed assieme all'accessibilità degli archivi sono le parole chiave su cui deve fondarsi il futuro dell'archeologia (D'Andrea 2006, 78). In primo piano nell'affrontare queste problematiche si pongono le esperienze dell'English Heritage Centre for Archaeology (CfA) e dell'Archaeology Data Service (ADS) descritte rispettivamente nel *Digital Archiving Strategy 2.0*[21] e nel *Digital Archives from Excavation and Fieldwork. Guide to Good Practice, Second Edition*[22]. In estrema sintesi i due manuali si propongono di fornire uno strumento utile per chiunque, a livello pubblico e privato, avesse la necessità di creare archivi digitali, e affrontano i temi legati all'obsolescenza delle risorse prescelte, alle modalità di manutenzione e salvaguardia a lungo termine degli archivi e, infine, alla loro accessibilità. Appare evidente come le finalità principali di una strategia di archiviazione digitale risiedano nella preservazione dei record originali per qualsiasi uso futuro, partendo da una definizione chiara della natura del dato registrato, delle sue caratteristiche essenziali e della sua autenticità, e nel loro trasferimento all'interno di facilities dove possano essere resi disponibili tramite Internet[23]. Il modello proposto prevede che la creazione di archivi digitali aperti sia realizzata in accordo ad appropriati standard nazionali ed internazionali, dettagliatamente documentati in modo da determinare un accreditamento utile alla certificazione di qualità degli archivi, e che la divulgazione dei dati sia supportata da istituzioni nazionali, determinando una piena integrazione e collaborazione tra agenzie nazionali e comunità scientifica internazionale. Come si può facilmente capire il mantenimento degli archivi digitali presuppone un vasto impiego di risorse umane necessarie a garantire un servizio di assistenza[24], un'ampia

[20] Gli standard assicurano il rispetto di vincoli relativi alle forme e ai contenuti imposti per la codifica e la normalizzazione di categorie di oggetti e attributi; le strategie digitali consentono la valorizzazione del processo di documentazione, inventariazione e classificazione rendendolo semplice e di facile utilizzo per assicurare il futuro accesso agli archivi e la conservazione a lungo termine dei record archeologici (http://www.english-heritage.org.uk/upload/pdf/dap_manual_archiving.pdf?1239806706, accesso 4 aprile 2009). La creazione di standard, inoltre, facilita lo scambio di informazioni, provocando lo sviluppo di una intensa collaborazione anche con istituzioni sopranazionali impegnate nello sviluppo di programmi finalizzati alla diffusione di standard e linee guida.

[21] http://www.english-heritage.org.uk/upload/pdf/dap_manual_archiving.pdf?1239806706 (accesso 4 aprile 2009).

[22] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/ (accesso 4 aprile 2009) creato dall'*Archaeology Data Service* (ADS).

[23] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/sect81.html (accesso 4 aprile 2009).

[24] Il portale dell'ADS fornisce PATOIS: una serie di *tutorials* per apprendere come utilizzare i dati digitali presenti on-line http://ads.ahds.ac.uk/project/patois/module2/index.html (accesso 4 aprile 2009).

varietà di formati[25] per ogni *dataset*, atta a consentirne l'utilizzo da parte di una vasta platea di utenti, e la manutenzione dei dati[26]. Per quanto concerne la preservazione del contenuto vanno considerate sia le caratteristiche fisiche dell'archiviazione digitale, sia quelle strutturali. I documenti dovrebbero essere salvati in caratteri ASCII, mentre le strutture dovrebbero contenere ogni informazione sul processo di codifica adottato. Non dovrebbero, inoltre, mancare dati sulla provenienza, sul contesto e sugli inventari. Una distinzione fondamentale viene fatta tra dati creati direttamente in formato digitale e quelli acquisiti attraverso scansioni[27]. Tutti i dati digitali acquisiti da fonti esterne devono contenere una documentazione esplicativa sul formato adoperato e sulla compatibilità dei dati con standard, data-model e thesauri esistenti. A tutti i dati sono associati dei metadata, il cui obiettivo è descrivere ogni informazione relativa al tracciato del record memorizzato. Le strategie di preservazione dei dati si occupano dei requisiti necessari per il formato di memorizzazione e per i supporti (longevità, capacità, durata, obsolescenza, costo, predisposizione al danneggiamento), mentre le strategie di accessibilità individuano i criteri necessari per una gestione di lungo termine (valutazione, inserimento, migrazione[28], riposo).

5. Utopia?

Se la necessità di creare archivi digitali aperti secondo un'ottica veramente open data rappresenta il futuro dell'archeologia, quando riusciremo ad avere in Italia un archivio come quello dello scavo di Eynsham Abbey[29], che contiene tutti i documenti archeografici comprese le singole piante di

[25] I progetti di analisi degli archivi digitali nacquero anche sulla scia dei problemi legati alla proliferazione di soluzioni software "proprietarie", per loro stessa natura incapaci di garantire l'interoperabilità dei dati. L'indicazione che spesso viene fornita è, infatti, proprio quella di adottare il più possibili soluzioni open source nella creazione degli archivi digitali, infatti «quanto più si farà uso di formati di scambio aperti, tanto più i gruppi di lavoro saranno liberi di utilizzare i programmi, commerciali o open, che più si adattano alle proprie esigenze, e progetti e dati potranno "migrare" più semplicemente da un sistema ad un altro, elemento questo da non sottovalutare vista la continua evoluzione dell'informatica» (Pescarin 2006, 144).

[26] Il modello prevede, ancora una volta, la partecipazione di tutta la comunità archeologica, che alla fine ne è la beneficiaria, per sviluppare strategie finalizzate al finanziamento di infrastrutture per l'informatica.

[27] «Documentary archives held safely in paper form need not be digitised unless there is a need to provide digital access to the information contained therein or unless there is specific need for secure copying in digital form» http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/sect11.html (accesso 4 aprile 2009). Nell'acquisizione degli originali cartacei devono essere rispettate delle linee guida relative alle procedure da seguire per la scansione e la digitalizzazione di contenuti testuali e/o grafici.

[28] Il *Technology Watch* stabilisce quando i formati originariamente adottati sono divenuti obsoleti oppure se sono disponibili formati più appropriati. http://www.english-heritage.org.uk/upload/pdf/dap_manual_archiving.pdf?1239806706 (4 aprile 2009).

[29] http://ads.ahds.ac.uk/catalogue/projArch/eynsham_OAU/downloads.cfm (4 aprile 2009).

strato? Forse facendo nascere un movimento dal basso, che coinvolgendo l'intera comunità archeologica, come accaduto per i movimenti *Open,* costringa a modificare abitudini e ad imporre gli standard necessari, piuttosto che aspettando un'operazione istituzionale tra gli enti proposti alla salvaguardia e tutela del patrimonio archeologico che porti alla definizione di comuni standard e linee-guida che incoraggino i ricercatori verso il loro uso (D'Andrea 2006, 78). Questo anche in virtù di un clima di generale immaturità nei confronti di queste istanze. Se la ricerca svolta dall'ADS[30] un decennio fa aveva messo in evidenza come gli enti preposti a mantenere gli archivi non avessero la tecnologia necessaria per immagazzinare, preservare e mantenere archivi digitali, temo che la situazione italiana sia ancora più complessa[31]. Se il traguardo finale è quello di costituire degli archivi digitali come quelli prodotti e gestiti dall'ADS, la proposta che si vuol fare è quella di iniziare a far circolare una grande quantità di dati grezzi[32], attraverso vari archivi che siano rintracciabili tramite un portale esterno ad essi dedicato[33]. Iniziare a condividere i dati significa anche iniziare a ragionare sulle procedure di standardizzazione, così come risulta importante condividerli in tempi brevi rispetto alla loro produzione; i dati invecchiano ed è meglio metterli a disposizione subito, senza cercare la perfezione, quando la comunità scientifica è maggiormente in sintonia metodologica con chi li ha prodotti. Il problema maggiore consiste nel far accettare un mezzo così rivoluzionario alla comunità accademica archeologica, spesso tesa a proteggere i propri dati per future, eventuali pubblicazioni. Sebbene i dati siano pubblici sappiamo come spesso restino chiusi nei cassetti delle Direzioni Scientifiche. Se si parte

[30] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/ (4 aprile 2009).

[31] A titolo esemplificativo cito la difficoltà che ha tuttora la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana a gestire i propri archivi cartacei e che ha un ricercatore nell'individuare i dati necessari, sempre che questi siano presenti (sappiamo quanta resistenza spesso esista da parte degli archeologi nel consegnare la propria documentazione di scavo per paura che venga utilizzata da altri). La gestione dell'archivio risponde ad una pratica che porta alla divisione della documentazione di scavo in tre differenti sottoarchivi: documentazione scritta; archivio fotografico; archivio grafico. Con forte rischio di depauperamento delle fonti conservate; basti pensare che la documentazione grafica conservata nell'archivio storico (interventi anteriori al 2000) di Pisa consiste in una unica pianta della metà degli anni '50.

[32] I dati grezzi, infatti, non sono sottoposti a tutte le limitazioni della letteratura scientifica. È facile immaginare che gli archeologi abbiano decine di database in attesa di una qualsiasi URL presso la quale rendere disponibili i propri dati ad altri archeologi, altri ricercatori, e perché no al pubblico in generale; non possiamo dimenticare che si tratta di dati pubblici, spesso creati con i soldi dei contribuenti.

[33] «The Swain report looked into the usage of archaeological archives and concluded that they were a grossly under-utilised resource. Reasons for this under-use may include difficulty in locating information about the contents of archives and the dispersal of finds and documentary material to different archival repositories. The development of appropriate resource discovery tools is fundamentally important in helping potential users not only to find the material they require, enabling re-use of digital resources, but also to point them towards archive repositories containing the material of interest»: http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/sect13.html (accesso 4 aprile 2009).

dalla considerazione che la pratica archeografica, sia essa legata ad operatori professionali, sia alle strutture dedicate alla ricerca, è sempre e comunque un'attività di ricerca, dal momento che produce dati unici e irripetibili, e che non vi è ricerca fino a quando non vi è pubblicazione del dato, appare evidente che la condivisione dei dati grezzi deve essere considerata come una vera e propria pubblicazione scientifica, salvaguardando sia la conoscenza, sia il lavoro di chi tale dato ha raccolto, e che il web rappresenti il supporto ideale sul quale pubblicare questi dati; infatti, grazie alle attuali tecnologie, distribuire conoscenza costa meno che produrla (Laser 2005, 39). La pubblicazione di questi dati (archeografica) deve, quindi, essere garantita come la pubblicazione dei dati interpretati (archeologica) e dovrebbe essere citata come curatela divisa tra la Direzione Scientifica e chi ha raccolto e prodotto il dato archeografico, mantenendo un diritto di prelazione per un periodo limitato di tempo per la pubblicazione interpretativa (archeologica) (3 anni dal termine dell'indagine e/o della concessione di scavo[34]), ma lasciando liberi i dati per altre analisi attraverso l'uso di licenze come ad esempio *Creative Commons Share Alike*[35].

6. Raw data now!

Il progetto di creare un archivio digitale archeologico con i dati inerenti Pisa (Medieval Pisa Open Archaeology Project)[36] nasce dalla raccolta di una cospicua quantità di dati[37] sia archeografici, sia archeologici, per le analisi su base GIS necessarie a sviluppare la ricerca di dottorato, ma si propone anche di garantire una continua implementazione con l'acquisizione dei dati di nuove ricerche. Il principio fondamentale che regola l'immissione dei dati è quello

[34] Se in generale il principale metro di valutazione della competitività nelle istituzioni scientifiche e accademiche è proprio la quantità di conoscenza che un qualsiasi ricercatore riesce a rendere pubblica attraverso articoli e libri nel minor tempo possibile (Gruppo Laser 2005, 39), il mondo archeologico non sembra utilizzare lo stesso metro e al posto del copyright utilizza la non accessibilità dei dati.

[35] http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.it (accesso 4 aprile 2009). L'uso di offrire i dati con questa licenza è stato scelto da alcuni archivi digitali come Open Context.

[36] Il sito è attualmente in creazione, pertanto verranno descritti i dati archeografici presenti e i formati.

[37] In estrema sintesi il lavoro preparatorio è consistito nell'acquisizione di tutti i dati archeologici disponibili su Pisa, partendo da un censimento complessivo di tutti gli interventi archeologici, di qualsiasi tipo ed epoca (Anichini, Paribeni 2005), che sono stati georeferenziati e vettorializzati. Il passo successivo è stato l'acquisizione dei dati di scavo pubblicati, successivamente georeferenziati e vettorializzati. Sono stati acquisiti, georeferenziati e vettorializzati anche tutti i dati interpretati presenti, come le ricostruzione proposte del tessuto urbano e i dati ambientali. Sono attualmente stati inseriti tutti i dati archeografici (piante di strato, immagini, relazioni, schede US, matrix, quantificazioni reperti) relativi agli interventi eseguiti direttamente dallo scrivente o per i quali si è avuta l'adesione al progetto (Scavo di Piazza S. Omobono; Via Consoli del Mare, Via Uffizi, Via Gereschi, Anichini, Gattiglia 2008, Palazzo Scotto, Gattiglia, Milanese 2006).

che tutti gli interventi archeologici eseguiti in città, di qualsiasi tipologia o dimensione, siano importanti, così come tutti i dati "ricostruttivi"[38]. L'archivio digitale sarà diviso in due sezioni: la prima contenente tutti i dati archeografici; la seconda i dati interpretati (come ad esempio le ipotesi ricostruttive)[39].

Ad ogni intervento di scavo saranno associati (in una specie di meta-database generale), in formato testuale, tutti i dati inerenti lo scavo stesso, la produzione archeografica, la struttura e il formato dei dati digitali, secondo lo schema riportato di seguito che rappresenta una semplificazione ed un riadattamento dello schema proposto dall'ADS[40]:

Storia dell'indagine:

– scopo dell'indagine;
– tematiche dell'indagine;
– metodologia di indagine;
– tipologia della documentazione archeografica;
– localizzazione geografica;
– arco cronologico;
– Direzione Scientifica/équipe di scavo;
– altro…

Fonti utilizzate per la creazione dei dati:

– archivi interrogati;
– cartografia utilizzata per la georeferenziazione;
– precedenti indagini archeologiche nell'area indagata.

Metodo e struttura dei dati:

– creazione del dataset;
– georeferenziazione dei dati;
– cartografia utilizzata per la georeferenziazione;
– lista dei file presenti e loro contenuto;
– lista degli identificativi assegnati;
– lista dei codici e loro significato;
– thesauri;
– indicazione dei sistemi utilizzati nell'acquisizione dati;
– descrizione di eventuali conversioni ad altri formati;
– staff;
– altro…

[38] Tali dati risultano uno strumento di lavoro imprescindibile per chi si trovi ad operare su un GIS urbano, dal momento che ai fini della ricostruzione topografica rappresentare correttamente un edificio ipotetico o un percorso ipotetico di un tratto del circuito murario non è meno importante che riportarne su carta uno effettivamente esistente (Nardini 2004, 366).

[39] In questo contributo analizziamo solo la parte inerente i dati di scavo.

[40] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/excavation/.

Relazioni:

– bibliografia;
– luogo di conservazione della documentazione archeografica;
– luogo di conservazione dei reperti.

6.1 *I formati*

I dati digitali sono stati realizzati per la maggior parte con software proprietari. Sebbene questa scelta possa essere discutibile, è anche vero che da un lato l'Open Source rappresenta la possibilità di adottare alternative possibili, piuttosto che una completa "riconversione" (Pescarin 2006, 138), dall'altro i software proprietari rappresentano la maggioranza dei software impiegati, e che con questi bisognerà fare i conti nella creazione di archivi digitali. Il concetto base dell'*open data*, infatti, in maniera pragmatica, non è tanto, o non solo, come i dati siano stati realizzati, quanto piuttosto che siano condivisi e messi a disposizione della comunità archeologica. Pertanto la scelta dei formati tramite i quali effettuare questo scambio di conoscenza è stata fatta partendo dall'idea di raggiungere l'utenza più ampia possibile[41].

6.1.1 Database

I database creati, in MSAccess 2003, saranno resi disponibili in formato .xml[42]. Ideato come meta-linguaggio adatto a rappresentare contenuti web e informazioni provenienti da basi di dati, esso permette la descrizione in forma gerarchica di contenuti testuali. La scelta di usare XML è dovuta al fatto che questo ben si adatta all'obiettivo di archiviare in modo trasparente e flessibile i dati archeologici (D'Andrea 2006, 51) e che la sua trasparenza[43] rappresenta un vantaggio rispetto ai formati proprietari di archiviazione dei database e ai problemi connessi alle continue evoluzioni del software.

6.1.2 CAD

I file CAD sono stati creati nel formato proprietario di AutoDesk. Non esistono formati standard per scambiare dati CAD tra differenti software. Un buon suggerimento può essere quello di usare il formato più comune, dal mo-

[41] Non è stata prevista, per un'eventuale futura implementazione dei dati, alcuna differenza tra il formato di consegna e quello di distribuzione cosa, invece, prevista da progetti più complessi e completi come quello dell'ADS, e che, probabilmente permette un maggiore più facile reperimento dei dati stessi. Lo stesso vale per la scelta di distribuire in un unico formato, ben consci delle avvertenze dell'ADS secondo cui «the more formats a dataset is copied into, the greater the chance of it surviving».

[42] XML (eXtensible Markup Language), definito anche "ASCII del 2000" (Signore, Missikoff, Moscati 2005, 299), ha una sintassi semplice, la sua elaborazione automatica è poco complessa e un documento XML resta comprensibile alla lettura diretta.

[43] *"documents should be human-legible and reasonably clear"* http://www.w3.org/.

mento che più file esistono in un dato formato maggiori saranno i convertitori scritti per quel formato; attualmente il software CAD più usato è AutoCAD di AutoDesk con i suoi formati .dwg e .dxf[44]. Pertanto si è scelto di distribuire i file CAD proprio con questi due formati sebbene presentino problemi di compatibilità non solo con altri software, ma con differenti versioni del prodotto originario e debbano costantemente essere migrati alla versione più recente; questo vale anche per il formato .dxf (drawing exchange format), pur essendo un formato di output per trasferire file ad altri programmi. La OpenDWG Alliance[45] si batte per rendere il formato .dwg uno standard pubblico e non è detto che non riesca a vincere la sua battaglia.

6.1.3 GIS

I file GIS sono stati realizzati con ArcGIS ESRI. Si è scelto di distribuire i file GIS con il formato .shp. Sebbene si tratti di un formato proprietario di ESRI, rappresenta il formato vettoriale GIS più diffuso, condivisibile e rielaborabile da tutti i principali software open source (GRASS, OpenJump, Qgis, gvSIG). Tale scelta è condivisa dall'ADS[46], che però distribuisce anche nei formati .dwg e .dxf. Non viene utilizzato il formato di interscambio E00, perché oltre ad essere un formato proprietario, presenta problemi nella conversione e non è utilizzabile dalla maggior parte dei software open source.

6.1.4 Immagini

Per le immagini si è scelto di distribuire in formato JPEG[47], che non solo è open source, ma è anche lo standard di compressione delle immagini fotografiche più utilizzato.

6.1.5 Testi

I file di testo saranno distribuiti in formato PDF e in Open Document Format (ODF), formato standard per il salvataggio e lo scambio dei documenti da ufficio, grazie all'approvazione da parte dell'ISO avvenuta nel 2006. Attualmente è supportato, tra gli altri, dai programmi OpenOffice.org, Google Docs e Spreadsheets, IBM Workplace, Lotus Symphony e Sun's StarOffice. Microsoft ancora non supporta questo formato, ma si è impegnata a supportarlo nel prossimo service pack di Microsoft Office 2007, previsto per il 2009; nel frattempo è scaricabile il plugin ODF per Microsoft Office, non compatibile però con Microsoft Office 2007, messo a disposizione da Sun Microsystems.

[44] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/cad/sect45.html, accesso a aprile 2009 (ADS CAD Guide to good practice).

[45] http://www.opendesign.com/.

[46] http://ads.ahds.ac.uk/project/goodguides/gis/ (accesso 4 aprile 2009).

[47] http://www.jpeg.org/.

Tipologia	Formato nativo	Distribuzione
Databases	MDB	XML
CAD	DXF, DWG	DXF, DWG
GIS	SHP	SHP
Immagini	JPEG, TIFF	JPEG
Foglio elettronico	XLS	XLS
Testi	ODF	ODF, PDF
Metadata	ODF	ODF, XML

Tab. 1 – Formativi nativi e formati di distribuzione scelti.

6.1.6 Fogli elettronici

Utili per la redazione dei matrix, saranno distribuiti in formato .xls, che pur essendo proprietario viene letto da OpenOffice.org Calc, Gnumeric, KSpread e NeoOffice

6.2 *Metadati*

Per i metadata si è scelto di adottare lo schema Dublin Core (DC)[48], nato in ambito bibliotecario e gestito dalla *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI). È un sistema semplice che si basa su un set di quindici elementi in grado di descrivere adeguatamente, anche in virtù della loro ripetibilità, risorse documentarie di ogni genere:

– title: il nome attribuito al file;
– creator: l'autore del file, con il contatto mail;
– subject: l'argomento trattato dal file espresso come keywords;
– description: scopo, obiettivi e breve descrizione del file;
– publisher: chi rende accessibile il file;
– contributor: indica chi ha contribuito in qualche modo alla realizzazione della risorsa;
– date: data di creazione e di pubblicazione;
– type: tipo di file;
– format: formato digitale del file;
– identifier: URL che identifica la fonte digitale;
– source: l'eventuale/i fonti da cui il file deriva;
– language: il contesto linguistico in cui si inserisce il file;
– relation: eventuali risorse collegate, compresi eventuali ulteriori archivi;
– coverage: area geografica di riferimento; sistema di coordinate di riferimento;
– rights: i diritti sull'utilizzo della risorsa.

[48] http://dublincore.org/.

7. Conclusioni

Parafrasando: la ricostruzione del paesaggio archeologico è un processo dinamico che deve sottoporre ad analisi diversi tipi di dati e che dunque richiede il coinvolgimento di diverse professionalità. Un approccio open data, per i motivi sopra esposti, contribuirebbe a costruire una rete di ricerca attraverso la quale gruppi di lavoro a distanza potrebbero collaborare, mediante Internet, alla ricostruzione di un territorio (Pescarin 2006, 145). Pubblicare i dati grezzi, oltre a consentire un aumento, probabilmente esponenziale, delle nostre conoscenze, consentirebbe di fare il punto sullo stato della ricerca archeologica in Italia sia da un punto di vista storico, sia da un punto di vista metodologico, e permetterebbe di valutare con maggior dettaglio tutte quelle operazioni di ricerca che potrebbero essere meglio finalizzate, con risparmio di tempo e di costi. Avere a disposizione dati grezzi non è un aiuto solo per la ricerca, ma anche per chi svolge il lavoro dell'archeologo da un punto di vista professionale (sono e saranno sempre la maggioranza) permettendo una migliore conoscenza del territorio in cui si troveranno ad operare, migliorando la qualità del proprio operato e di quelle operazioni di valutazione del potenziale archeologico che sempre più sono loro richieste e che sempre più saranno utili per la gestione del territorio e per il suo sviluppo consapevole. Infine, rendere accessibili i dati grezzi ha un aspetto sociale importante legato alla possibilità di trasmettere quelle informazioni che formano la memoria e consentono un corretto sviluppo culturale.

Gabriele Gattiglia
Università di Pisa

BIBLIOGRAFIA

Anichini F., Gattiglia G. 2008 (con contributi di M. Febbraro, M. Giorgio), *Nuovi dati sulla topografia di Pisa medievale tra X e XVI secolo. Le indagini archeologiche di Piazza Santomobono, Via Uffizi, Via Consoli del Mare e Via Gereschi*, «Archeologia Medievale», 35, 113-142.

Anichini F., Paribeni E. 2005, *Il Gis archeologico della città di Pisa. Primi risultati per la tutela e la gestione del patrimonio archeologico pisano*, «Notiziario della Soprintendenza Archeologica per la Toscana», 1, 205-210.

Bernardi M. (ed.) 1992, *Archeologia del paesaggio*, Firenze, All'Insegna del Giglio.

Brogiolo G.P. 2000, *Urbana, Archeologia*, in R. Francovich, D. Manacorda (eds.), *Dizionario di archeologia*, Roma-Bari, Laterza, 350-355.

Cambi F., Terrenato N. 1994, *Introduzione all'archeologia dei paesaggi*, Roma, NIS.

D'Andrea A. 2006, *Documentazione archeologica, standard e trattamento informatico*, Budapest, Epoch, Archeolingua.

Gattiglia G., Milanese M. (eds.) 2006, *Palazzo Scotto Corsini. Archeologia e storia delle trasformazioni di un'area urbana a Pisa tra XI e XX secolo*, Pisa, Felici Editore.

Gattiglia G., Stagno A.M. 2005, *La documentazione scritta nella ricognizione archeologica sul territorio: un "vecchio" sistema di schedatura,* «Archeologia Medievale», 32, 453-459.

Guidi A. 1994, *I metodi della ricerca archeologica*, Roma-Bari, Laterza.

Laser 2005, *Il sapere liberato: il movimento dell'open source e la ricerca scientifica*, Milano, Feltrinelli.

Mannoni T. 2000, *Alcune considerazioni metodologiche*, in G.P. Brogiolo, G. Olcese (eds.), *Produzione ceramica in area padana tra il II secolo a.C. e il VII secolo d.C.: nuovi dati e prospettive di ricerca*, Convegno internazionale (Desenzano del Garda, 8-10 aprile 1999), Mantova, SAP, 217-219.

Moberg C.A. 1981, *Introduzione all'archeologia*, Milano, Mazzotta.

Nardini A. 2004, L'*applicazione della tecnologia GIS nella gestione dei contesti urbani*, in *Relazione del progetto archeologia dei paesaggi medievali (anno 2000-2004)*, 365-374 (http://www.paesaggimedievali.it/).

Pescarin S. 2006, *Open source in archeologia. Nuove prospettive per la ricerca*, «Archeologia e Calcolatori», 17, 137-155.

Signore O., Missikoff O., Moscati P. 2005, *La gestione della conoscenza in archeologia: modelli, linguaggi e strumenti di modellazione concettuale dall'xml al Semantic Web,* «Archeologia e Calcolatori», 16, 291-319.

Terrenato N. 2006, *Le misure (del campione) contano! Il paradosso dei fenomeni globali e delle ricognizioni locali*, in N. Mancassola, F. Saggioro (eds.) *Medioevo, paesaggi e metodi*, Mantova, SAP, 9-24.

Zanini E., Costa S. 2006, *Organizzare il processo conoscitivo nell'indagine archeologica: riflessioni metodologiche ed esperimenti digitali,* «Archeologia e Calcolatori», 17, 241-264.

ABSTRACT

Raw data, the archaeological source code, that is, all the excavation and fieldwork recorded, should be published on digital on-line archives stored in recognizable format documents. This paper contributes to the discussion with the description of a project dedicated to the creation of an urban GIS about medieval Pisa.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 65-70

PUBBLICO MA NON PUBBLICO: PROSPETTIVE NORMATIVE SULLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE DEI DATI ARCHEOLOGICI

1. Tutela e valorizzazione

Nella legislazione sui Beni Culturali la prima funzione a emergere è stata storicamente quella della tutela, ed a questa funzione si è spesso limitata la legislazione fino alla l. 1089/1939. In quest'ottica il fine è quello di garantire alla comunità «la conservazione, l'integrità e la sicurezza» delle «cose d'interesse artistico e storico», e la titolarità degli interventi per conseguire queste finalità è di norma assegnata allo Stato in quanto proprietario dei beni.

Nella seconda metà del Novecento, a partire dalla legge istitutiva della Commissione Franceschini del 1964, si è invece affiancato al concetto di tutela quello di valorizzazione, ovvero un approccio volto ad andare oltre la semplice conservazione e a promuovere invece il pubblico godimento del bene e, tramite questo, lo sviluppo della cultura, al fine di dare compiuta attuazione al dettato dell'articolo 9 della Costituzione (Vaccaro Giancotti 1998; Barbati, Cammelli, Sciullo 2007, 37).

Notiamo quindi che nel *Codice dei beni culturali e del paesaggio* la valorizzazione, così come la tutela, è un dovere dello Stato, una attività che è da esso «assicurata» (art. 112, c. 1) e che «il soggetto pubblico è tenuto a garantire» per i beni di cui ha comunque la disponibilità (*ibidem,* c. 6).

La valorizzazione pertanto si realizza «nell'esercizio delle funzioni e nella disciplina delle attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso» (art. 6, c. 1 Cod.). Meno in generale «le attività di valorizzazione dei beni culturali consistono nella costituzione ed organizzazione stabile di risorse, strutture o reti, ovvero nella messa a disposizione di competenze tecniche o risorse finanziarie o strumentali finalizzate all'esercizio delle funzioni ed al perseguimento delle finalità indicate all'art. 6» (art. 111, c. 1 Cod.).

L'attività di studio e pubblicazione delle scoperte deve considerarsi parte integrante dell'opera di valorizzazione dei beni culturali, essendo finalizzata a migliorare le condizioni di accessibilità e fruibilità del bene e più generalmente a promuovere lo sviluppo della cultura e della conoscenza scientifica. Pubblica fruizione e studio scientifico sono inoltre le specifiche finalità anche della sistemazione dei singoli beni mobili in raccolte organizzate, le quali per il loro valore didattico, e non tanto per ragioni di semplice conservazione, divengono nel loro complesso beni demaniali ai sensi dell'art. 822 c.c. (Alibrandi, Ferri 1985, 424).

Purtroppo se è in genere pronta l'opera di tutela, anche preventiva, svolta dalle Soprintendenze su tutto il territorio nazionale, decisamente meno tempestiva, omogenea e generalizzata appare l'attività degli organi competenti per divulgare, in forma di rapporto preliminare o di pubblicazione definitiva, i risultati scientifici conseguiti. Come sottolineava G.P. Brogiolo ormai dodici anni fa, questa situazione provoca la mancata o inadeguata pubblicazione di più del 90% degli scavi di emergenza (Brogiolo 1997, 19). Almeno parte di questo fenomeno va imputato al sussistere di una consuetudine, non di una norma di legge, che assegna ai funzionari dello Stato un'esclusiva nel diritto allo sfruttamento scientifico dei risultati dell'azione di tutela.

Quello che intendo sostenere è che il concetto stesso di esclusiva o di riserva di pubblicazione, sia essa temporanea o indefinita, è esattamente l'opposto della valorizzazione e della fruizione collettiva, essendo fondato su una concezione restrittiva – oltre che ormai antiquata – del bene culturale inteso solo come "cosa d'arte". In questo quadro appare ovvio che si tenda a non diffondere troppo la conoscenza del fatto che ci sono interi magazzini pieni di "cose d'arte" per non metterne in pericolo la tutela e la conservazione. Al passaggio, compiuto dal legislatore, dalla conservazione verso la valorizzazione non corrisponde ancora un autentico riconoscimento del valore di questi oggetti come strumenti molto più che come "tesori".

Questa concezione del patrimonio culturale deriva anche dalla errata interpretazione del concetto di proprietà statale dei beni culturali, inteso erroneamente nel senso verghiano di «proprietà dominicale privata caratterizzata dallo *ius excludendi omnes alios*» (Mazzoleni, Baldo c.s.), piuttosto che come bene collettivo tutelato al solo scopo di garantirne la più ampia fruizione e al fine di permettere all'oggetto di contribuire al progresso culturale della società.

Il fraintendimento nasce dal fatto che, essendo individuabile il valore culturale in una pluralità di tipi di beni, il legislatore si è concentrato su una serie di beni che presentino almeno i caratteri della materialità e dell'essere considerabili come testimonianze aventi valore di civiltà (art. 2, c. 2 Cod.). Nella legge, in effetti, essi sono sempre indicati come «cose immobili e mobili», come ribadito nell'art. 10 commi 1 e 3, lettera *a,* ovvero entità fisiche *quae tangi possunt* (Barbati, Cammelli, Sciullo 2007, 3).

Da questa duplice caratterizzazione del bene come oggetto che ha un valore patrimoniale in quanto supporto e un valore culturale per ciò che rappresenta deriva il fatto che allo statuto proprietario dell'oggetto, che rimane invariato, si sovrappone una disciplina pubblicistica che impone delle limitazioni amministrative al godimento esclusivo del bene da parte del proprietario in forza della sua caratterizzazione come bene di interesse pubblico in quanto portatore di un valore culturale (Barbati, Cammelli, Sciullo 2007, 19).

Queste limitazioni, segnatamente nella gestione e nella circolazione del bene, dipendono dal fatto che il bene culturale è bene pubblico non tanto per quanto attiene al regime di proprietà, che può ben essere anche privato, bensì in quanto bene di fruizione, ovvero un bene di cui è necessario assicurare il pubblico godimento perché esso possa adeguatamente manifestare il suo carattere culturale ed esplicare la funzione di promozione della cultura che gli è assegnata dall'articolo 9 della Costituzione (Giannini 1976, 31; Rolla 1987, 61; Barbati, Cammelli, Sciullo 2007, 21).

Proprio per le finalità di cui sopra i beni culturali mobili di appartenenza pubblica fanno parte del patrimonio indisponibile dello Stato e a norma dell'art. 828, comma 1 c.c. «non possono essere sottratti alla loro destinazione, se non nei modi stabiliti dalle leggi che li riguardano», e nel caso specifico essi sono «destinati alla fruizione della collettività» (art. 2, c. 4 Cod.), ove non ostino ragioni di tutela.

2. Pubblico e privato

La normativa opera una netta differenziazione nell'individuare i titolari degli interventi tra la tutela, di competenza esclusiva dello Stato, e la valorizzazione, per la quale non è prevista nessuna riserva. Il Ministero provvede infatti alla valorizzazione nell'ambito delle proprie risorse umane, strumentali e finanziarie, senza ulteriori oneri per la finanza pubblica (art. 115, c. 9 Cod.).

Ma «la Repubblica favorisce e sostiene la partecipazione di soggetti privati, singoli o associati, alla valorizzazione del patrimonio culturale» (art. 6 comma 3 Cod., con implicito riferimento all'art. 9 della Costituzione). Con questa formulazione il legislatore rende chiaro che la valorizzazione è aperta ad una ampia pluralità di soggetti, indipendentemente dall'assetto dominicale del bene culturale e nel quadro della sussidiarietà orizzontale stabilita dall'art. 118 comma 4 della Costituzione, il quale afferma che «Stato, Regioni, Città metropolitane, Province e Comuni favoriscono l'autonoma iniziativa dei cittadini, singoli e associati, per lo svolgimento di attività di interesse generale».

È proprio per questo dunque che all'intervento di valorizzazione di beni di appartenenza pubblica da parte di privati è riconosciuta finalità di solidarietà sociale (art. 111, c. 4 Cod.), fornendo inoltre notevoli facilitazioni ai soggetti *no profit*, cui «le attività e i servizi resi a titolo gratuito possono essere affidati dall'amministrazione direttamente» (art. 4, c. 7 del d.m. 139/1997).

Va sottolineato come il ricorso a forme di gestione indiretta sia orientato ad assicurare un miglior livello di valorizzazione dei beni culturali, sulla base di valutazioni comparative in termini di sostenibilità economico-finanziaria e di efficacia (art. 115, c. 4). Considerando le attuali condizioni di crisi in

termini di organico e di dotazioni finanziarie degli organismi di tutela, più volte e da più parti lamentate, appare chiaro come sia da preferire da parte dell'amministrazione un ricorso più ampio alle forme di gestione indiretta delle attività di valorizzazione con un atteggiamento di maggiore apertura alla volontà di singole persone o di enti di ricerca e associazioni *no profit* di concorrere alle attività di valorizzazione del patrimonio culturale di appartenenza pubblica.

Nella vigente normativa insomma l'iniziativa privata di contribuire alla valorizzazione di singoli beni tramite lo studio e la pubblicazione non solo è benvenuta, ma non può essere rigettata se non dimostrando che l'amministrazione è in grado di adempiere prima e in modo migliore al compito. Una dimostrazione davvero difficile nel caso di giovani ricercatori che desiderino studiare gruppi di materiali per una tesi mettendo a disposizione le proprie competenze tecniche e strumentali, e si offrano per di più di farlo a titolo gratuito.

3. Archivi, accesso ai dati e diritto d'autore

Tutto questo per quanto riguarda gli oggetti. Ma sappiamo bene come per un archeologo un oggetto senza i dati relativi al suo contesto di rinvenimento sia privato di gran parte delle sue capacità informative. I dati di cui parliamo sono spesso contenuti in quei documenti che l'effettivo esecutore delle opere di scavo (concessionario, funzionario o archeologo *free-lance* a contratto) è tenuto a consegnare alla Soprintendenza, e che questa custodisce come documentazione della propria attività amministrativa di tutela.

Per quel che riguarda le pratiche esaurite da più di quarant'anni non ci dovrebbero essere problemi, considerando che le amministrazioni pubbliche sono tenute a versare le carte relative nell'Archivio di Stato territorialmente competente (art. 41, c. 1 Cod.), dove i documenti sono liberamente consultabili da chiunque e senza alcun bisogno di giustificare la richiesta (art. 122 Cod.).

Il problema si pone in maniera diversa per quel che riguarda i documenti amministrativi prodotti entro i quarant'anni precedenti. La disciplina che regola la consultabilità di questi documenti, con particolare riferimento a finalità di indagine storica, è quella richiamata dall'art. 124 Cod. a proposito degli archivi correnti e di deposito delle amministrazioni statali e degli enti pubblici, che prescrive che gli enti dettino particolari norme relative ai propri archivi fatto salvo quanto disposto dalla l. 241/1990 sul diritto d'accesso ai documenti amministrativi.

In generale è stato rilevato come il principio tendenziale sia quello del libero accesso agli archivi da parte di chiunque e senza necessità di giustificazione della richiesta di consultazione (salvo particolari casi specificati dalla

legge), e come si possa rilevare nelle norme del codice, coordinate con quelle della l. 241/1990 e 196/2003, un *favor* del legislatore nei confronti dell'accesso ai documenti amministrativi per fini scientifici, storici e statistici, considerando queste finalità interesse qualificato, in nome della loro utilità sociale, ai sensi della l. 241/1990 (Barbati, Cammelli, Sciullo 2007, 83-85).

Una volta ottenuta assicurazione sul diritto di accedere ai documenti amministrativi per scopi di studio si pone un ultimo problema: il diritto d'autore. È notorio come l'articolo 5 della l. 633/1941 sul diritto d'autore escluda dalla protezione offerta alle opere dell'ingegno i testi degli atti ufficiali dello Stato e delle amministrazioni pubbliche, comprendendo questi qualsiasi atto in forma scritta o pubblica, creato dai funzionari pubblici nell'esercizio delle loro funzioni (Ferretti 2008, 58).

Ma dunque l'effettivo esecutore dello scavo, l'autore della documentazione, non ha nessun diritto? Tutt'altro. L'interpretazione più autorevole è che egli possa pretendere che l'Amministrazione individui esattamente il proprio contributo nel caso essa voglia pubblicare gli atti o i lavori preparatori. E inoltre potrà liberamente «sviluppare le idee e le opinioni espresse in sede di formazione degli atti ufficiali in distinte opere di carattere privato protette dal diritto d'autore» (Ferretti 2008, 58). Starà dunque al singolo funzionario agire tempestivamente nel proprio interesse e a chiunque altro, senza riserve o favoritismi, supplire alle carenze della pubblica amministrazione nell'interesse di tutti.

In conclusione possiamo dire che la normativa non solo non assegna ai funzionari del Ministero alcuna priorità rispetto ad altri enti, associazioni e privati ricercatori (né dovrebbe farlo, a mio parere), ma che anzi, fornendo un quadro di norme altamente favorevole all'intervento di questi ultimi, li invita a farsi carico di una attività che non è più pensabile sia lasciata in carico solamente alle pubbliche amministrazioni.

Fin qui la norma; riuscirà la prassi a mettersi al pari instaurando un regime veramente virtuoso?

Mario Trabucco
Università degli Studi di Messina

BIBLIOGRAFIA

Alibrandi T., Ferri P. 1985, *I beni culturali e ambientali*, Milano, Giuffré.

Barbati C., Cammelli M., Sciullo G. 2007, *Il diritto dei beni culturali*, Bologna, Il Mulino.

Brogiolo G.P. 1997, *Archeologia o istituzioni: statalismo o policentrismo?*, «Archeologia Medievale», 24, 7-30.

Ferretti A. 2008, *Diritto d'Autore,* 2a ed., Napoli, Edizioni Giuridiche Simone.

Giannini M.S. 1976, *I beni culturali*, «Rivista trimestrale di diritto pubblico», 3-38.

Mazzoleni M., Baldo Z. c.s., *Libertà di accesso e ricerca e riserva di pubblicazione nelle scoperte archeologiche*, in L. Bezzi, D. Francisci, P. Grossi, D. Lotto (eds.), *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, III Workshop (Padova, 8-9 maggio 2008)*, in corso di stampa.

Rolla G. 1987, *Beni culturali e funzione sociale*, «Le Regioni», 53-58.

Vaccaro Giancotti W. 1998 (ed.), *Beni e attività culturali nell'evoluzione del sistema giuridico*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

ABSTRACT

This paper is a reappraisal of the general principles of the laws on cultural heritage, with the possibilities offered by the laws on transparency and copyright, and it debates the idea of a State-exclusive on the publication of archaeological data and the granting new opportunities for freedom of research and scientific information in the interest of everyone.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 71-75

CONDIVISIONE E DIFFUSIONE DEI DATI NEL SETTORE DEI BENI CULTURALI. LE POTENZIALITÀ DELL'INTEGRAZIONE TRA STANDARD, FORMATI APERTI E LICENZE LIBERE

1. Premessa

Le riflessioni riportate in questo breve contributo sono state sviluppate sulla base di un'esperienza lavorativa condotta dagli scriventi nel corso degli scorsi anni, per conto della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Liguria. Si tratta di un lavoro per il quale è stato necessario implementare alcuni database informatizzati utili alla gestione di un'ampia varietà di dati, derivanti dalla schedatura di diversi tipi di bene (architettonico, archeologico e storico-naturalistico) presenti su tutto il territorio della Liguria orientale e, in parte, anche di quella centrale.

Elemento peculiare di tale lavoro erano le schede di censimento, sostanzialmente costituite da due parti: una parte conforme ai modelli messi a punto dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD; http://www.iccd.beniculturali.it/) per i diversi tipi di bene presi in considerazione (si trattava, più precisamente, dei modelli di "pre-catalogo" delle schede "SI – Sito Archeologico", "A – Architettura" "PG – Parchi e Giardini") e una parte appositamente progettata per registrare un serie di dati supplementari utili a soddisfare completamente le esigenze del progetto, che le informazioni contenute nelle sole schede ministeriali non riuscivano ad assolvere.

Conseguenza di tale strutturazione della scheda è stata l'impossibilità di utilizzare i programmi informatici messi a disposizione dall'ICCD per la compilazione e la stampa delle schede e, dunque, la necessità di sviluppare un'apposita applicazione in grado di gestire nel modo più semplice e funzionale possibile l'intero pacchetto di dati.

Questa attività di programmazione ha comportato un'approfondita lettura delle specifiche delle schede ICCD e dei relativi standard informatici, tra cui quello – fondamentale – per la strutturazione e il trasferimento delle informazioni. Un lavoro che ha dato il via a un importante momento di riflessione sulle potenzialità dell'integrazione tra formati di dati "standard" appositamente pensati per il settore dei beni culturali, linguaggi di programmazione aperti e licenze libere.

2. La sperimentazione

Al termine di quell'esperienza lavorativa, infatti, alcuni membri del gruppo di programmazione, già coinvolti nel progetto IOSA (http://www.iosa.it/)

e dunque già sensibilizzati al problema della condivisione e della diffusione spazio-temporale dei dati archeologici, hanno deciso di verificare concretamente le potenzialità di tale integrazione.

Sulla base dell'esperienza condotta negli anni precedenti è stato così avviato il progetto di sviluppo di un gruppo di script pensati per essere parte di una più ampia applicazione "aperta", utile alla gestione di una serie di dati conformi ai modelli ICCD, che per molte tipologie di bene sono gli unici veri "standard" attualmente esistenti a livello nazionale, nel settore dei beni culturali.

L'esempio maggiormente significativo di tale azione di sviluppo è costituito da un file di codice SQL e, dunque, da un file di testo scritto in un linguaggio che è stato assunto come standard internazionale dalla ISO (http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=34132), che permette la creazione di una struttura di database utile alla gestione dei dati delle schede di tipo "inventariale" dei medesimi tipi di bene già schedati durante il lavoro per la Direzione Regionale della Liguria. Il codice, rilasciato sotto licenza libera (GPL), è stato immediatamente reso pubblico sul sito del progetto IOSA (http://iccd.iosa.it/) assieme ad alcuni file di documentazione, anch'essi rilasciati con licenza libera.

Successivamente, è stato sviluppato un secondo programma in Python (un noto linguaggio di programmazione di alto livello, distribuito con una licenza open source approvata dalla OSI: http://www.python.org/psf/license/), che, interagendo con una versione del suddetto database ottimizzata per il motore SQLite (una libreria scritta in C che implementa un motore di database SQL il cui codice sorgente è di pubblico dominio: http://www.sqlite.org/), permette di ottenere la stampa delle schede, secondo il formato definito dallo stesso ICCD.

3. Brevi considerazioni sulle potenzialità di un'integrazione

Tale operazione di sviluppo, come detto, ha costituito un importante momento di approfondimento delle riflessioni già avviate sul tema della condivisione e della conservazione dei dati sul nostro patrimonio culturale. Il lavoro di scrittura del codice ha imposto, infatti, una verifica più dettagliata di tutte le implicazioni e le conseguenze pratiche che l'integrazione sopra detta può avere; valutazioni che, durante il precedente lavoro, dato il profilo del committente, non erano state affrontate. Questioni quali la proprietà intellettuale dei dati, i diritti legati alla diffusione dei dati stessi, le licenze utilizzabili (che devono essere sempre compatibili con la normativa nazionale e adatte alle problematiche che lo sviluppo tecnologico pone in continuazione) sono infatti solo alcuni degli aspetti che nel lavoro per la Direzione Regionale della Liguria non sono stati affrontati ma che, come è emerso in modo pre-

potente nella sperimentazione attuata, devono essere necessariamente presi in considerazione.

Sintetizzando i risultati raggiunti al termine del lavoro di programmazione che è stato svolto, è possibile affermare come l'associazione tra "standard", linguaggi di programmazione aperti e licenze libere dia luogo – attualmente – a una delle migliori forme possibili di condivisione e conservazione dei dati nel tempo.

Il codice scritto per memorizzare i dati può essere, infatti, continuamente migliorato e aggiornato con i cambiamenti apportati sia ai linguaggi di programmazione che ai modelli di scheda utilizzati senza che, per questo, le informazioni raccolte possano essere anche solo parzialmente perse o rese inutilizzabili come, invece, capita con alcuni formati di file proprietari. Il modello di sviluppo e/o mantenimento che è possibile pensare per programmi e schede, è quello ben noto su cui si basa tutto il mondo dell'open source e che risulta chiaramente descritto in alcuni testi fondamentali del "movimento". Un modello di conservazione distribuito che è oramai consolidato e apprezzato anche da alcuni dei suoi maggiori detrattori, e che svincolerebbe dalla presenza di enti gestori sia pubblici che privati (le cui sorti segnano generalmente anche le sorti dei dati) sia il codice che i dati. Un modello di conoscenza (http://it.wikipedia.org/wiki/Open_content) e responsabilità condivisa che, dal punto di vista della conservazione dei dati nel tempo, potrebbe dare maggiori garanzie di un qualunque altro modello basato su più tradizionali schemi centralizzati.

La disponibilità delle specifiche di strutturazione delle schede e dei relativi programmi di gestione sui quali, grazie alle licenze libere, sarebbe possibile operare, renderebbe inoltre facile lo sviluppo di eventuali programmi di conversione, qualora si dovesse verificare la necessità di procedere alla "trasformazione" dei programmi o dei dati, senza che per questo vi possa essere alcun pericolo di perdita delle informazioni.

Dal punto di vista pratico, l'utilizzo di formati comuni e, soprattutto, di licenze libere, consentirebbe una riduzione dei tempi e dei costi di sviluppo delle applicazioni. Se, come nel caso del programma sviluppato per la Direzione Regionale della Liguria, le applicazioni realizzate per i più diversi scopi fossero basate su una parte di dati comuni (quali quelli delle schede ICCD) e su una parte di dati specifici dei singoli progetti, sarebbe possibile riutilizzare una parte del codice (quella che implementa gli standard) e scrivere solo la parte di programma maggiormente legata alle specificità del progetto, con notevoli risparmi di tempi e di costi senza che, con questo, possano essere sacrificate le peculiarità dei progetti stessi.

Un maggiore utilizzo di standard nei lavori condotti sul patrimonio culturale nazionale e il contemporaneo uso di licenze libere consentirebbe, inoltre, la facile e rapida costituzione di banche dati di varie dimensioni adattabili

alle più diverse esigenze: dalle più piccole a scala comunale o provinciale alle più grandi a scala sovra regionale o nazionale con un miglioramento nella qualità dei risultati ottenibili e una riduzione di quegli sprechi dovuti ad una ripetizione dei lavori di schedatura che talvolta è necessario compiere. Se, inoltre, i modelli "standard" utilizzati fossero quelli dell'ICCD, qualunque lavoro sviluppato utilizzando tali specifiche contribuirebbe al raggiungimento di uno degli scopi per cui è stato costituto l'Istituto Centrale per il Catalogo e del Documentazione e cioè la catalogazione del patrimonio nazionale (http://www.iccd.beniculturali.it/Catalogazione/index), riducendo i tempi di sviluppo del lavoro. Svincolare le schedature dall'uso dei programmi informatici a sorgente chiuso e non rilasciati sotto licenza libera quali sono, ad esempio, quelli messi a disposizione dal Ministero (che, come detto, male si adattano alle esigenze dei diversi lavori) e promuovere al contrario la diffusione di software sviluppato secondo le caratteristiche sopra dette, permetterebbe infatti una maggiore diffusione dei modelli ministeriali e, di conseguenza, aumenterebbe il numero di schede acquisibili dall'ICCD.

Ma l'Istituto per il Catalogo potrebbe andare anche oltre a tali acquisizioni "passive" e svolgere un ruolo attivo, "certificando" quella parte di codice che si occupa di gestire la memorizzazione e la stampa dei dati raccolti sulla base dei modelli standard. L'uso di programmi con tale certificazione nei diversi progetti di studio del nostro patrimonio culturale avrebbe il vantaggio di eliminare qualunque problema di trasferimento dei dati dai database dei singoli progetti agli archivi ministeriali, dato che in tale modo non sarebbe necessaria alcuna ulteriore verifica del materiale raccolto. L'Istituto, in questo modo, sarebbe anche sgravato dal compito di mantenere i programmi di informatizzazione delle schede che, come già detto, potrebbero essere gestiti dalla comunità scientifica che potrebbe formarsi attorno a tali progetti, esattamente come capita nel normale processo di sviluppo dei software open source.

Non va sottovalutato, inoltre, il fatto che lo sviluppo di differenti applicazioni create per rispondere a diversi problemi, ma parzialmente basate sui medesimi modelli, permetterebbe anche un miglioramento degli standard stessi poiché, se dall'analisi dei programmi che fanno uso del codice sopra detto dovesse emergere che, oltre ai dati "obbligatori", sono regolarmente acquisiti anche altri dati, sarebbe possibile suggerire l'adozione di tali informazioni aggiuntive negli stessi standard. Un risultato, questo, che significherebbe la messa a frutto di un'esperienza molto ampia, altrimenti difficilmente raggiungibile.

Quelle sopra riportate sono solo alcune delle riflessioni che è possibile svolgere su un tema alquanto complesso e, purtroppo, non sufficientemente dibattuto, ma che presenta evidenti e numerose potenzialità. L'argomento, nel quale sono coinvolte le competenze di diverse figure professionali quali gli operatori che lavorano nel settore dei beni culturali (architetti, archeologi,

storici dell'arte, etc.), i funzionari del Ministero, giuristi e programmatori, si presterebbe a un dibattito multidisciplinare che avrebbe bisogno di maggiore spazio e maggiore risalto rispetto a quanto attualmente non avvenga. Il tempo che vi è dedicato nei workshop sull'"Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica" costituisce comunque un importante momento di riflessione che, si spera, possa aumentare nei prossimi anni e portare ad un cambiamento nel sistema di gestione dei dati del nostro patrimonio culturale.

Stefano Costa, Giovanni Luca A. Pesce
Grupporicerche – Sezione di Genova
Istituto Internazionale di Studi Liguri

ABSTRACT

In this paper, we discuss the potentialities of the integration of open data formats (the so called "standards"), open source software and free licenses in the field of cultural heritage.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 77-82

UN AMBIENTE DI REALTÀ VIRTUALE PER L'INTERPRETAZIONE ARCHEOLOGICA ATTRAVERSO SISTEMI MULTI-UTENTE ON-LINE

1. Problematiche della ricerca e della comunicazione archeologica: eterogeneità dei dati, trasparenza dei processi, condivisione

La ricerca archeologica produce, sia nelle fasi di acquisizione che di post-elaborazione e di comunicazione, una quantità di dati spaziali molto rilevanti, disseminati in archivi differenti per tipologia e connotazione. Ne deriva che il processo di interpretazione e comunicazione risulta in parte compromesso, se non ostacolato, dalla multidisciplinarietà, dalla frammentazione e dalla frequente inaccessibilità di tutti i dati prodotti. La realtà virtuale rappresenta una straordinaria opportunità di interpretazione, simulazione e fruizione integrata di ontologie diverse di dati (sistemi multilayer con più informazioni campionate, relazionabili, misurabili, sovrapponibili, comparabili nello stesso spazio, GIS 2D e 3D, foto aeree e satellitari, dati telerilevati, modelli tridimensionali agganciati al paesaggio reale, immagini ad altissima risoluzione, librerie grafiche multidimensionali) (Benko, Ishak, Feiner 2004).

Nella maggior parte dei sistemi di realtà virtuale applicati ai beni culturali lo scenario tridimensionale, esplorabile in tempo reale, è chiuso e definitivo o modificabile in misura molto contenuta. A livello di ricerca archeologica ben poche applicazioni di realtà virtuale sono state fino ad oggi orientate all'uso della comunità scientifica e finalizzate ad esempio allo scambio dinamico o alla costruzione condivisa delle risorse e della conoscenza (Forte, Pietroni 2006).

A questo si lega il problema della "trasparenza" delle metodologie e dei processi. Fino ad oggi, la maggior parte delle applicazioni diffuse sia a livello di grande pubblico che in ambito scientifico propone ricostruzioni 3D in modo quasi del tutto "blindato" e non trasparente. Chi fruisce non ha alcuna possibilità di capire come quelle rappresentazioni siano state ottenute, attraverso quale processo interpretativo, quanto siano affidabili. È evidente che chi osserva i modelli risultanti può analizzarli criticamente ed esprimere una propria valutazione solo se conosce il processo, la metodologie e le fonti impiegate per elaborarli. Rendere trasparente un modello vuol dire quindi comunicare, condividere il modo con cui è avvenuto tale processo. Questo favorisce ovviamente sia il dibattito e il progresso nell'ambito scientifico che la valenza educativa e la ricaduta culturale del progetto (Forte 2007).

La realtà virtuale quindi come strumento di analisi ed interpretazione scientifica è usato episodicamente proprio dalla comunità stessa che dispone

delle risorse e dei dati e che spesso supporta la realizzazione degli applicativi. Questa condizione distingue il settore umanistico-culturale da altri ambiti scientifici dove, al contrario, la realtà virtuale è base fondante della sperimentazione e della progettualità (si pensi ad esempio alla medicina, all'aeronautica, alla prototipazione industriale, al design).

La traduzione di un bene in bene informativo virtuale ricapitalizza il bene come puro oggetto fisico, lo dissemina, ne diffonde il messaggio e il contenuto. ll virtuale è in grado di "ricomporre" ciò che è scarsamente leggibile, di ricontestualizzare ciò che è frammentario, disperso, isolato o nascosto, di ripristinare i nessi tematici di un bene culturale, di moltiplicare e riassemblare nuove "geometrie" cognitive (Antinucci 2004). Al mondo ci sono tuttora pochissimi spazi o ambienti dedicati a un apprendimento e ad una fruizione-interazione avanzata rispetto agli strumenti didattici cosiddetti lineari (libri, audioguide, cataloghi, pannelli, etc.).

2. Il progetto "Tecnologie integrate di robotica e realtà virtuale in archeologia"

Partendo da queste premesse, abbiamo intrapreso, nell'ambito del progetto FIRB Tecnologie Integrate di robotica e realtà virtuale in archeologia, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica, una strada metodologica nuova, creando un sistema di realtà virtuale desktop (fruibile da PC) on line e in modalità multiutente che consenta ad una comunità scientifica (archeologi, architetti, topografi, storici dell'arte, restauratori, etc.) di dialogare, integrare e condividere dati archeologici multidimensionali, testare ipotesi interpretative e costruire esperienze didattiche.

Il progetto, realizzato in collaborazione con la Scuola S. Anna di Pisa e con il Dipartimento di Scienze Antiche dell'Università di Pisa, è focalizzato su tre siti archeologici: 1) la tomba tebana n. 14 nella necropoli di Dra Abu el-Naga a Gurna-Luxor (Egitto); 2) il tempio A del Medio Regno nell'antica città di Medinet Madi, nel Fayum (Egitto); 3) il paesaggio archeologico e l'antico insediamento di Khor Rori, in Oman. Questi tre siti presentano caratteristiche e problematiche di documentazione ed interpretazione molto diverse. La tomba tebana è un micro-intrasito, caratterizzato da una stratigrafia estremamente complessa; il tempio A di Medinet Madi è un contesto architettonico-monumentale abbastanza ben conservato. Entrambi si prestano quindi ad una visione monografica che permetta l'approfondimento micro-sistemico delle strutture-componenti. Di Khor Rori si è deciso di privilegiare gli studi ambientali e la connettività spaziale di tutto il sistema, piuttosto che la rappresentazione di dettaglio di specifiche strutture. Questa varietà di condizioni ha richiesto l'impiego di diverse tecnologie digitali nelle varie fasi di acquisizione ed elaborazione in grado di operare in maniera integrata

Fig. 1 – Ricostruzione 3D dei siti e fruizione all'interno dell'applicazione.

ma a scale differenti: lo scanner laser è stato usato per il rilievo della TT14; la fotogrammetria (computer vision e fotomodellazione), il GIS, i panorami 3D sono stati impiegati per la rappresentazione 3D di Khor Rori; il remote sensing e le tecniche di computer grafica sono servite per la restituzione 3D del tempio di Medinet Madi e per la sua ipotesi ricostruttiva. Comune a tutti i siti è stata inoltre la tradizionale attività di rilievo topografico con DGPS e stazione totale (Fig. 1).

La post-elaborazione dei modelli è stata finalizzata alla fruizione all'interno di un sistema VR collaborativo appositamente progettato per il Web dal CNR ITABC, con opportuni metodi di decimazione ed impiego di normal maps.

Ciò che qui interessa non è tanto esaminare nel dettaglio il lavoro di documentazione ed elaborazione 3D dei dati, quanto piuttosto descrivere un modello innovativo ed alternativo di integrazione, interpretazione e fruizione dell'informazione archeologica.

3. La comunità virtuale on line. Strumenti e interazioni

La parte più innovativa del progetto, per parte CNR ITABC, è rappresentata dal sistema di network VR. La multiutenza consiste nella possibilità da parte di più utenti contemporaneamente di interagire nello stesso spazio virtuale: ciascun utente ha un corpo tridimensionale grazie al quale risulta visibile agli altri utenti che condividono l'esperienza (Schroeder 1997). È dunque possibile osservarsi, emulare comportamenti, dialogare tramite *chat,* cooperare alla costruzione o alla modifica dello scenario, testare ipotesi interpretative, costruire collettivamente la conoscenza. L'"embodiment", o incorporamento nello spazio 3D, rappresenta una nuova frontiera nell'evoluzione delle comunità virtuali, nei sistemi cognitivi e comunicativi: le comunità tridimensionali compiono un'esperienza di tipo immersivo, utilizzano il

Fig. 2 – Esempi di strumenti ed operazioni di editing nella scena 3D.

principio dell'*enazione* per percepire e costruire informazione e conoscenza (Varela, Thompson, Rosch 1991; Mellet-d'Huart 2006).

L'ambiente VR non è dunque un ouput finale, che segue un lungo processo di studio e analisi che resta inaccessibile; è invece modificabile e personalizzabile e qualunque utente ha la possibilità di creare e modificare, salvare modelli e scene, metadati (Fig. 2). Se l'utente gode di pieni diritti è autorizzato ad accedere al repository dei dati sul server, per caricare la propria personale versione della scena 3D e condividerla con la comunità scientifica grazie allo spazio virtuale multiutente. Pertanto lo spazio 3D relativo a ciascun sito è aperto ad un processo di confronto e di studio continuamente in crescita e in divenire.

Le principali funzioni del software sono:

– Set project path;
– Load objects (formato .nmo);
– Load scene (formato .txt);
– Load texture;
– Save scene;
– Export object (formato .obj);
– Objects list; Textures list; Scenes list;
– Delete objects; Delete scene;
– Reset;
– Switch to other views/cameras;
– Select object-Hide/show object-Change texture of the object-Move object;
– Create and Move ligths;
– Measure (line, perimeter);
– Create a link to a metadata (pagine html, filmati, audio commenti, testi, immagini…);
– Show all the objects with a link;
– Move avatar in the 3D space;
– Chat.

Fig. 3 – "Virtuoteca", spazio immaginario personalizzabile per sessioni didattiche in multiutenza.

Per la parte di programmazione web è stato realizzato Virtools DEV 4.0 e il Multiuser Server Pack; da parte dell'utenza è sufficiente il Virtools 3D Life Player, scaricabile gratuitamente dal web.

4. Conclusioni: potenzialità e possibili impieghi

Pur se attualmente focalizzata sui tre siti del progetto FIRB, l'applicazione di realtà virtuale in multiutenza è aperta e consente di caricare e gestire qualunque modello 3D e qualunque metadato purché salvati e organizzati secondo le specifiche necessarie. Le risorse possono risiedere su qualunque server (è sufficiente impostare il path del progetto cioè la URL del server cui collegarsi) e possono essere state realizzate da qualunque autore. Questo strumento è dunque aperto a infiniti progetti. Si tratta di un progetto pilota ed alcuni aspetti potrebbero essere senz'altro migliorati, come ad esempio l'interfaccia di accesso ai contenuti.

Prevediamo fondamentalmente tre tipologie di utilizzo avanzato dell'ambiente condiviso:

1. Uso didattico;
2. Interpretazione e comunicazione scientifica fra esperti;
3. Strumento di progettazione, design, testing e pubblicazione di mappe concettuali e musei virtuali (Fig. 3).

Eva Pietroni
ITABC - CNR – Roma

Bibliografia

http://www.vhlab.itabc.cnr.it/FIRB/Release/Home.html.
Antinucci F. 2004, *Comunicare nel museo,* Roma-Bari, Laterza.
Bateson G. 1979, *Mind and Nature, a Necessary Unity*, New York, Bantam Books.

Benko H., Ishak E.W., Feiner S. 2004, *Collaborative Mixed Reality Visualization of an Archaeological Excavation*, in *The International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISMAR* (Arlington, November 2004), Washington DC, IEEE Computer Society, 132-140.

Forte M. (ed.) 2007, *La Villa di Livia, un percorso di ricerca di archeologia virtuale*, Roma, L'Erma di Bretschneider.

Forte M., Pietroni E. 2006, *The Museum's mind: a cybermap for cultural exhibition*, *Proceedings VAST 2006*, in M. Ioannides, D. Arnold, F. Nicolucci, K. Mania (eds.), *The Evolution of Information Communication Technology in Cultural Heritage*, Aire-La-Ville, Eurographics, 70-73.

Maturana H., Varela. F. 1980, *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, Boston Studies in the Philosophy of Science, 42, Dordecht (Holland), D. Reidel Publishing Co.

Mellet-d'Huart D. 2006, *A model of (en)action to approach embodiment: a cornerstone for the design of virtual environments for Learning*, in W. Win, N. Hedley (eds.), «Journal of Virtual Reality, special issue on education», 10, 3-4, 253-269.

Schroeder R. 1997, *Networked Worlds: Social Aspects of Multi-User Virtual Reality Technology*, Sociological Research Online, 2, 4.

Varela F., Thompson E., Rosch E. 1991, *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*, Cambridge, MIT Press.

ABSTRACT

The FIRB project, "Integrated Technologies of robotics and virtual environment in archaeology", gives us the opportunity to experiment and create a multi-user domain on the web aimed at a multidisciplinary scientific community. The state of the art in this field is still in a pioneering stage because there are very few multi-user domains for sharing and exchanging cultural and scientific contents in the field of virtual heritage. The multiuser virtual environment is conceived as an open laboratory: a place where it is possible to compare the construction and validation of interpretative processes, to investigate new relations among data in space and time.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 83-93

ARAMUS. UNO SCAVO DI ARCHEOLOGIA ORIENTALE FLOSS

1. Premessa

Il progetto Aramus Excavations and Fieldschool è stato ideato nel 2003 come risposta alle esigenze del Corso di Laurea in Archeologia Orientale presso l'Università di Innsbruck/Austria, che fin dalla sua introduzione alla fine degli anni '70 ha dato largo spazio all'insegnamento pratico di scavo, premessa importantissima sia per una ricerca scientifica di base che per lo studio dell'archeologia. Vanno qui ricordati gli scavi effettuati a partire dal 1977 in Iraq, a Tell Ababra (Pöll 2003), Tell Anza (Kuntner 2004) e soprattutto a Borsippa/Birs Nimrud (Allinger-Csollich 1991, 383-499; 1998, 95-330), proseguiti senza interruzioni fino al 2003 nonostante le situazioni politiche spesso precarie vigenti nella regione del Vicino Oriente. L'ulteriore deterioramento della situazione politica che portò infine allo scoppio della Terza Guerra del Golfo impedì un proseguimento degli scavi anche minimo.

Per trovare rimedio a questa situazione di stallo e per garantire il proseguimento di un insegnamento universitario di archeologia orientale pratico, vale a dire basato su uno scavo attivo, fu quindi deciso, finché la situazione non fosse migliorata in modo da poter riprendere i lavori in Iraq, di iniziare una nuova campagna di ricerca archeologica. Tra Turchia, Siria, Iran o Armenia vi era ovviamente soltanto l'imbarazzo della scelta: tutti paesi ricchi di storia e beni culturali pronti ad essere studiati. Anche l'unico criterio di scelta che ci eravamo proposti, ovvero il proseguimento della ricerca sulla cultura del Vicino Oriente nel primo millennio a.C., non era di grande aiuto di fronte all'importanza di questa regione che in quei secoli diede vita ai primi imperi della storia universale: dall'impero assiro a quello babilonese, fino all'impero achemenide e a quello di Alessandro Magno, seguito infine dall'impero seleucide e da quello partico.

Nonostante il dispiacere di interrompere uno scavo in atto e di dover abbandonare non solo le strutture costruite in lunghi e duri anni di lavoro (come la casa e i laboratori), ma anche, e soprattutto, le persone care e gli amici (in balia di un destino insicuro che stava incombendo sull'Iraq), abbiamo dovuto optare per un "nuovo inizio" che avrebbe certamente portato con sé anche nuove prospettive e possibilità di sviluppo per l'archeologia orientale ad Innsbruck. Nacque così il proposito di fondare una scuola di archeologia orientale, la Aramus Excavations and Fieldschool. L'idea alla base del progetto non si limitò però alla sola fondazione di una scuola di archeologia orientale, ma volle dar vita ad una piattaforma aperta a più discipline possibili, sia come punto di contatto sinergico, sia come punto di partenza per nuove coopera-

zioni e progetti, offrendo appoggio finanziario e/o organizzativo. Negli ultimi cinque anni è stato così possibile sostenere i seguenti progetti:

– Sviluppo e perfezionamento della documentazione digitale basato su software libero da parte della società Arc-Team snc.
– Ideazione del progetto e-Learning Digital Archaeological Documentation in cooperazione con la società Arc-Team snc.
– Cooperazione con la Freie Universität Berlin e la società SatIng di Klaus Kerkow per la misurazione e documentazione tridimensionale delle chiese antiche e medioevali di Aramus con finanziamento di complessivamente quattro tesi di laurea.
– Supporto all'ideazione di ricerche sul mesolitico e neolitico sul monte Hatis sotto la direzione di Dieter Schäfer, Boris Gasparyan e Burkhard Weishäupl.
– Supporto all'ideazione di ricerche sul periodo tardo antico in Armenia sotto la direzione di Annegret Plontke-Lüning dell'Università di Vienna e Jena.

In seguito ad un survey condotto nel 2003, che interessò gran parte del territorio armeno, fu trovato nel sito di Aramus il posto ideale per la realizzazione del progetto prefissatoci. Si potevano qui soddisfare da un lato le tematiche scientifiche, ovvero lo studio del primo millennio, e più specificatamente il lasso di tempo che va dal declino dell'impero urarteo all'incorporazione politica dell'Armenia nell'impero achemenide[1], e dall'altro le esigenze logistiche, data la vicinanza di una città come Yerevan, in grado di offrire infrastrutture adeguate al progetto (che prevedeva la partecipazione di gruppi da 30 a 50 persone).

2. La roccaforte di Aramus

La roccaforte di Aramus è stata eretta su una stretta cresta basaltica, la cui larghezza alla sommità non supera i 35 m, e che raggiunge un'altezza di 50 m (Fig. 1). Il rilievo si estende per circa un chilometro in direzione est-ovest, formando la parte terminale di un'estesa catena di alture spesso scoscese che vanno a delimitare il bordo meridionale del bacino dell'altopiano di Kotaykh situato a 1.450 m slm e a 15 km a nord-est della capitale armena Yerevan. Il bacino fu formato da un lago che partendo dalla collina di Aramus bagnava le pendici del monte Hatis, come hanno rilevato indagini effettuate da Schäfer, Gasparian e Weishäupl. Le stesse indagini hanno portato anche alla scoperta di diversi centri di produzione di artefatti litici che si formarono a partire dal mesolitico grazie alle numerose miniere di ossidiana che emergono dal suolo

[1] Aspettativa che, a giudicare dai frammenti ceramici rinvenuti all'interno della roccaforte di Aramus, sembrava promettente.

Fig. 1 – Collina di Aramus con vista sul forte occidentale.

formando pareti alte decine di metri e *abri* spaziosi (Schäfer, Weishäupl 2007). Nonostante il prosciugamento del lago, la riserva d'acqua nel sottosuolo del bacino è ancora notevole e permette l'alimentazione di canali artificiali allestiti per la coltivazione, base economica del vicino paese di Aramus, da cui prende nome la nostra roccaforte e che conta circa 2000 abitanti. La cinta muraria dell'insediamento della roccaforte di Aramus si estende inoltre anche lungo le pendici meridionali e settentrionali della cresta basaltica (caratterizzate da numerosi terrazzamenti in pietra) racchiudendo entro le mura una superficie complessiva di circa 10 ettari. Questa situazione permette di ipotizzare per l'età del ferro un'economia di sussistenza paragonabile ad oggi.

La piantina della roccaforte di Aramus (Fig. 2) permette la distinzione di cinque forti. Il già citato forte settentrionale e meridionale lungo i declivi, e il forte occidentale, centrale ed orientale costruiti lungo la cresta basaltica. I primi rilevamenti scientifici nella roccaforte di Aramus furono effettuati alla fine degli anni '70 da parte di Khanzadian che effettuò diversi sondaggi in più punti, ma con una netta concentrazione nell'area del forte centrale. A partire dagli anni '80 fino alla caduta dell'Unione Sovietica gli scavi furono continuati sotto la direzione di Avetisyan che portò alla luce, al limite ovest del forte centrale, diverse stanze allineate lungo la cinta settentrionale e una porta monumentale che collegava il forte centrale a quello occidentale (Avetisyan 2001, 37-50, 162-163). I cocci di ceramica raccolti durante gli scavi armeni, per la maggior parte ceramiche d'impasto nero e rosso lustrato, sono attribui-

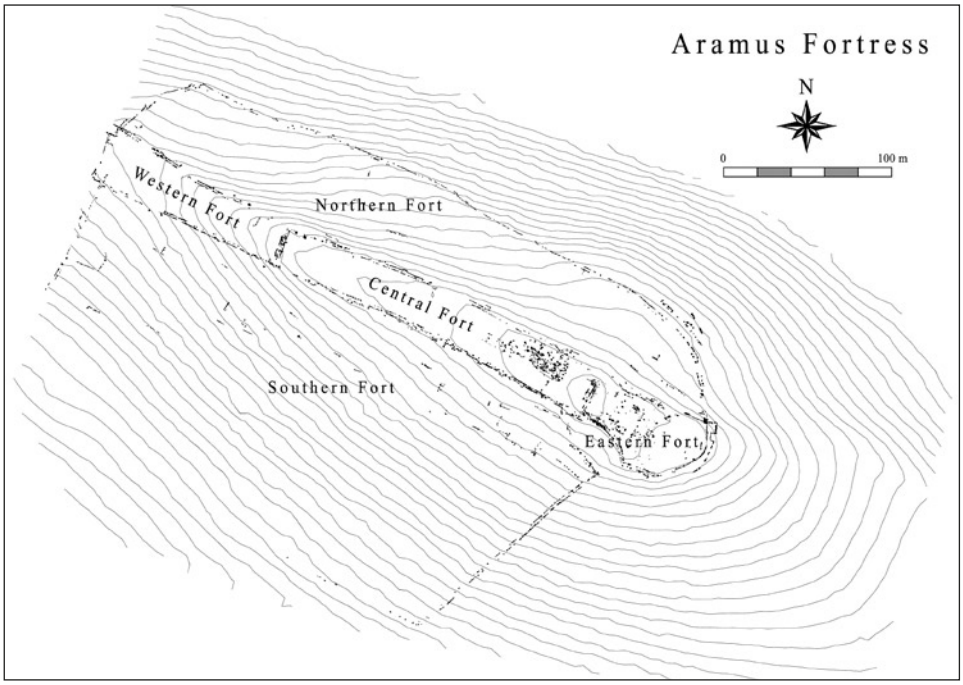


Fig. 2 – Piantina della roccaforte di Aramus.

bili all'età del ferro medio, corrispondente al periodo dell'impero urarteo, e vanno in tal senso a confermare i primi tentativi di datazione della roccaforte di Aramus che fu ascritta già da prima dell'inizio della ricerca archeologica al re urarteo Argišti I in base all'iscrizione rupestre trovata nella periferia di Abovian, a due chilometri ad ovest di Aramus. In tale iscrizione il sovrano fece commemorare la conquista delle terre della città di Darani (König 1955/57, 16, 107, §85). Mentre la città di Darani viene localizzata dalla Khanzadian (1979, 162-163) e successivamente anche dall'Avetisyan nei pressi di Abovian, la roccaforte di Aramus viene interpretata come avamposto militare a difesa della residenza reale di Erebuni nella periferia orientale di Yerevan e come punto strategico di partenza per un'ulteriore espansione militare nella regione del lago di Sevan.

La prima piantina della roccaforte di Aramus fu però documentata e pubblicata solo più tardi da Kafadarian e Smith in base a foto satellitari e a semplici misurazioni di controllo prese sul campo (Kafadarian, Smith 1996, 35-36). Il lavoro, decisamente di carattere preliminare, permise una prima analisi funzionale dei singoli forti. Nonostante le ricerche effettuate sul po-

sto, in particolare sulle strutture difensive che a tratti si sono conservate per un'altezza di quasi un metro e che spesso lasciano riconoscere nettamente un sovrapporsi di strutture attribuibili a diverse fasi di costruzione, la datazione puntuale nel solo regno di Argišti I non fu mai tematizzata. Nemmeno l'anomalia della cinta muraria del forte orientale fu mai notata o descritta. Questa struttura, a differenza delle altre mura difensive, non fu edificata ad angoli retti (una delle morfologie più tipiche dell'architettura urartea: Kleiss 2005, 208-209), ma segue la curvatura del pendio.

3. I risultati degli scavi condotti dalle Università di Yerevan e Innsbruck (2004-2008)

A partire dal 2004 fino al 2008 sono state effettuate cinque campagne di scavo alle quali hanno partecipato, oltre ai dirigenti e agli studenti delle Università di Yerevan e Innsbruck (fondatrici del progetto), anche studenti e volontari interessati all'archeologia provenienti da diversi paesi, raggiungendo nel 2008 un numero complessivo di partecipanti di oltre 150 persone. Ai fini di una valutazione del procedimento di ricerca riteniamo importante sottolineare che la durata di una campagna di scavo equivale in media a 17 giorni lavorativi durante i quali vengono impegnati dai 10 ai 16 studenti e volontari per l'attività di scavo. Nonostante le campagne siano state eseguite sempre durante il mese di settembre, la temperatura di rado scende sotto i 30 °C e raggiunge spesso punte superiori anche ai 40 °C. Vorremmo cogliere perciò la possibilità di questo intervento per ringraziare gli studenti e i volontari che hanno partecipato al progetto, senza il lavoro dei quali non si sarebbero raggiunti i risultati ottenuti. Un sentito ringraziamento è tanto più doveroso se si considera che la campagna di scavo si basa per la maggior parte sull'impegno di queste persone che, pur lavorando a titolo gratuito, non hanno mai perso lo stimolo né l'interesse allo scavo.

La ricerca archeologica nella roccaforte di Aramus si è concentrata soprattutto sul tentativo di chiarire la storia dell'insediamento del forte orientale, le cui strutture visibili in superficie mostravano, come già anticipato, singolarità morfologiche che lasciavano sperare in una sequenza stratigrafica (da intendersi anche come stratigrafia muraria). Le dimensioni relativamente ridotte e la posizione direttamente adiacente al forte settentrionale agevolavano inoltre le indagini sulla relazione con quest'ultimo. Data la relazione strutturale del forte settentrionale con il forte centrale, la cui datazione fu chiarita durante gli scavi degli anni '70 e '80, e con il forte occidentale, era inoltre possibile avanzare anche ipotesi sulla datazione dell'intera roccaforte di Aramus.

In totale è stata scavata un'area di circa 1.200 m², raggiungendo quasi ovunque la roccia basaltica. È stato così possibile chiarire la stratigrafia com-

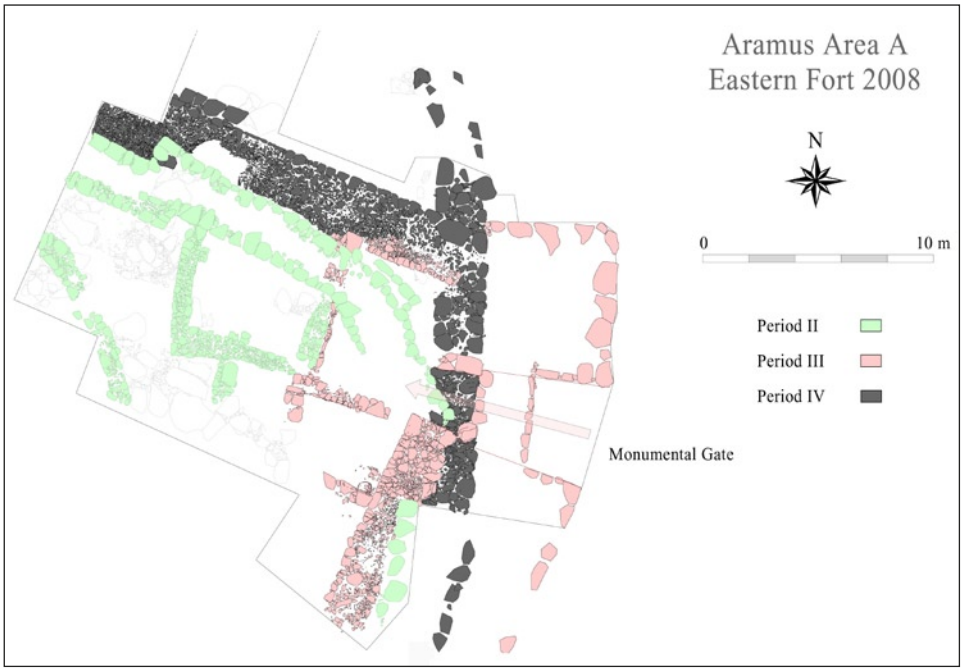


Fig. 3 – Mappa palinsestica dei periodi IV-II del forte orientale (semplificata).

pleta dell'insediamento del forte orientale raccogliendo da unità stratigrafiche ben definite oltre 15.000 frammenti ceramici, attualmente il corpus ceramico più grande e meglio stratificato per lo studio dello sviluppo della ceramica dell'età del ferro in Armenia.

I risultati stratigrafici permettono la distinzione di quattro periodi (I-IV) d'insediamento nel forte orientale (Fig. 3). Il periodo IV vide la fondazione del forte orientale e settentrionale, che grazie alla ceramica rinvenuta negli strati associati può essere datato all'età del ferro medio. Va comunque sottolineata la netta presenza di cocci attribuibili anche al periodo precedente, confermando così l'attribuzione della fondazione dell'intera pianta della roccaforte di Aramus ad Argišti I, la cui conquista della piana dell'Ararat nella prima metà del secolo VIII a.C. rappresenta l'evento storico[2] che tradizionalmente va a segnare l'inizio del ferro medio. Il periodo III è invece caratterizzato da un'ampia ristrutturazione del forte orientale tramite la fondazione di enormi

[2] Tale evento culminò nella fondazione delle città di Erebuni e Argištihinili, rispettivamente nel quarto e decimo anno di regno.

bastioni che fiancheggiano la porta monumentale costruita anch'essa all'inizio di questo periodo, al limite est del forte stesso. La ceramica, nuovamente unica fonte di datazione, mostra oltre ai tipi d'impasto nero e rosso, caratteristici del periodo IV, un netto incremento di vasellame d'impasto rosso-grigiastro e forme tipiche del periodo finale dell'impero di Urartu, attribuibili dunque alla fine del VII e inizio del VI secolo a.C. Di grande rilievo storico-culturale è il ritrovamento di diversi frammenti di anse dall'impasto grigiastro guarnite con intagliature ortogonali negli strati finali del periodo III, tradizionalmente attribuite al VI secolo a.C., ovvero al periodo di transizione dal ferro medio al ferro tardo (Heinsch, Kuntner 2007, 3)[3].

L'importanza di questo ritrovamento aumenta se lo si rapporta alla situazione stratigrafica rilevata, ovvero una sequenza che, contrariamente all'interpretazione storica basata soprattutto sulle Storie di Erodoto[4], non indica un orizzonte di distruzione o di abbandono, ma mostra invece nettamente una transizione senza soluzione di continuità dal periodo III al periodo II. Quest'ultima fase vede infatti inizialmente la continuazione dell'uso della porta monumentale e della cinta muraria orientale, mentre a nord le strutture difensive vengono più volte riedificate, finché via via per motivi di staticità vengono adattate con il risultato finale della chiusura della porta monumentale, spostata altrove. La ceramica del periodo II è caratterizzata soprattutto da un impasto grigio che per la regione del territorio armeno viene attribuito al periodo achemenide. Alcuni esemplari di frammenti ceramici trovano però anche confronti con forme ed impasti attribuibili all'epoca ellenistica indicando per il periodo II una durata che si estende su tutta l'età del ferro tardo. La stratigrafia del forte orientale presenta quindi per i periodi IV, III e II una sequenza ininterrotta che va dalla metà del secolo VIII fino alla fine del IV secolo a.C. L'ultimo periodo I è caratterizzato invece da un ampio spianamento dell'area all'interno del forte e dal parziale riutilizzo della cinta muraria. La ceramica d'impasto giallastro è attribuibile solo in linea generale al periodo tardo classico e medioevale. Grazie però al ritrovamento di una croce armena, nell'ultimo strato di distruzione direttamente sotto allo strato di humus, questo periodo può essere datato dal V al VI secolo d.C.

4. Aramus e FLOSS

La documentazione degli scavi nella roccaforte di Aramus si è basata sin dall'inizio su metodi informatizzati (georeferenziazione di fotomosaici e

[3] In termini storico-culturali equivale al lasso di tempo fra la caduta dell'impero urarteo e l'inizio della presenza achemenide in Armenia.

[4] In base alle Storie di Erodoto viene teorizzata una distruzione violenta dell'impero urarteo ad opera dei Cimmeri ed una successiva conquista dell'Armenia da parte dei Medi (Rollinger 2009).

misure dirette tramite stazione totale). Mentre per le campagne di scavo 2004 e 2005 sono stati impiegati software proprietari, a partire dal 2006 è stato possibile introdurre, grazie alla cooperazione con la società Arc-Team snc, responsabile della documentazione, una metodologia basata esclusivamente su software libero, facendo di Aramus il primo scavo scientifico internazionale FLOSS. A questo proposito è stato messo a punto e testato da Arc-Team un sistema che combina GRASS, e-foto e GIMP con risultati eccezionali e in parte superiori a quelli ottenuti gli anni precedenti con software proprietario (Allinger-Csollich *et al.* c.s.). Uno dei motivi che hanno determinato la scelta a favore del software libero è stata l'intenzione di sfruttare i vantaggi di una licenza libera anche per l'insegnamento, in modo da integrare i corsi universitari già esistenti, crearne di nuovi e soprattutto stimolare lo studio personale, favorendo la distribuzione di materiale utile ad una formazione da autodidatta. Ma è soprattutto la possibilità di redistribuire liberamente agli studenti i software da loro utilizzati sullo scavo che agevola e stimola in maniera considerevole il processo di istruzione-apprendimento, con gli enormi vantaggi che è facile intuire, sia sul piano economico, sia su quello etico. È ovvio che l'Università, in quanto istituzione statale, non può permettere in nessun modo una distribuzione illegale di software protetto da copyright. D'altro canto anche la semplice formazione di studenti su software proprietario può avere effetti negativi, costringendo indirettamente gli studenti a procurarsi software proprietario per approfondire i propri studi a casa, con costi che molto spesso eccedono le loro facoltà economiche.

Una delle risposte da parte delle Università a questo problema è, come sappiamo, l'allestimento di appositi laboratori informatici, ad accesso libero per gli studenti, spesso dotati di computer con software proprietari preinstallati. È auspicabile che tali servizi vengano sempre mantenuti e costantemente migliorati ed ampliati, magari tramite l'integrazione con software libero (cosa che in parte sta già avvenendo). Nonostante gli indiscutibili vantaggi che questo servizio offre agli studenti, persistono problematiche legate alla logistica. Gli utenti sono infatti vincolati nel loro raggio d'azione, perché costretti ad accedere sempre alle strutture universitarie, che purtroppo non sempre riescono a garantire un uso efficiente, vale a dire senza tempo d'attesa. Viene inoltre disconosciuta l'importanza dello studio autonomo fra le proprie quattro mura di casa. Siamo naturalmente consci che l'uso di software libero non rappresenta la soluzione definitiva per tutti i problemi infrastrutturali ed economici, ma crediamo che il suo utilizzo in ambito universitario possa potenziare sensibilmente il processo di insegnamento-apprendimento, se non altro per il solo fatto di permettere un ampliamento della base delle proprie conoscenza ed esperienze (con un conseguente incremento della curva di apprendimento).

Partendo da questa premessa, ovvero garantire maggiore libertà agli studenti sia nella scelta degli strumenti da utilizzare, sia nella maggior libertà

di mobilità[5], il passo successivo non poteva che essere quello di condividere liberamente anche i dati di scavo, essenziali per una fase di apprendimento pratico. A questo scopo fu ideato dall'Università di Innsbruck in cooperazione con Arc-Team il progetto e-Learning "Digital Archaeological Documentation". Tale progetto prevede la creazione di una serie di tutorial riguardanti l'utilizzo di software libero in archeologia. Ogni tutorial si basa sull'esperienza concreta dello scavo scuola di Aramus e fa uso dei dati originali dello scavo rilasciati dalla Aramus Excavations and Fieldschool presso l'Università di Innsbruck. Per il momento i tutorial esistenti si limitano ai software raccolti in ArcheOS (un sistema operativo basato su GNU/Linux e corredato da software libero selezionato espressamente per la ricerca archeologica) distribuita da Arc-Team, ma si spera in un futuro di riuscire a motivare la community a partecipare a questo progetto con nuovi tutorial.

In un intervento tenuto da Arc-Team assieme agli scriventi presso il workshop Open Source di Genova nel 2006 è stato tematizzato il problema della mancanza di un'adeguata licenza per i dati archeologici messi a disposizione dall'Università di Innsbruck (Allinger-Csollich *et al.* c.s.). È importante ricordare e soprattutto precisare a questo riguardo che la licenza scelta dovrà tutelare l'autenticità del dato, in quanto documento, o meglio ancora, fonte scientifica, cosicché possa essere esclusa una qualsiasi alterazione del contenuto[6]. Il libero accesso dovrà quindi essere inteso solamente come accesso ad un uso strettamente scientifico, per esempio per una rivalutazione dei dati anche a scopo di una nuova interpretazione complessiva dello scavo, o per uso personale per chi voglia approfondire le proprie conoscenze nell'utilizzo del software libero mediante un esercizio pratico con dati reali. In ogni caso la fonte del dato usato deve essere citata, in quanto la sponsorizzazione di progetti open da parte di istituzioni, come ad esempio un'università, è spesso vincolata al ritorno di immagine che il progetto è in grado di garantire.

Il libero accesso ai dati dovrebbe comunque rappresentare un elemento acquisito anche al di fuori del discorso legato all'Open Source, in quanto rappresenta una delle prerogative più importanti per una disciplina scientifica che voglia essere oggettiva. È solo grazie ad un libero accesso ai dati, infatti, che è possibile garantire la trasparenza necessaria e la possibilità di controllo e riesame di interpretazioni pubblicate. L'accesso libero ai dati archeologici è peraltro fondamentale per una rivitalizzazione della ricerca scientifica oggettiva, soprattutto pensando ad un futuro nel quale grazie a risultati e conoscenze

[5] In base ad un modello di "lavoro diffuso" sempre più affermato, basti pensare all'e-learning o al telelavoro.

[6] Questa problematica nasce dal fatto che il dato archeologico è (o dovrebbe essere) sostanzialmente diverso dalla produzione artistica (per la quale non va esclusa, ma anzi sollecitata, la possibilità di opere derivate) e dovrebbe avvicinarsi il più possibile al dato scientifico, un'alterazione del quale non avrebbe senso ai fini della ricerca stessa.

nuove sarà possibile trarre conclusioni che al momento non sono ipotizzabili. In conclusione il libero acceso ai dati dovrebbe essere inteso come un dovere anche in prospettiva del fatto che ogni scavo comporta la distruzione irreversibile del deposito archeologico. Quello che può sembrare utopia è invece già un dato di fatto nella ricerca delle scienze naturali.

Le esperienze fatte finora ci hanno incoraggiati a continuare sulla strada intrapresa. Oltre al libero accesso ai dati di scavo, il progetto Aramus Excavations and Fieldschool ha deciso di dare libero accesso anche ai dati riguardanti la documentazione dei singoli reperti. È perciò in preparazione un database libero contenente tutti i reperti, comprese le informazioni di descrizione e valutazione scientifica. Anche a questo riguardo il progetto Aramus Excavations and Fieldschool vede come un dovere il preservare le informazioni raccolte, anche garantendone il libero e rapido accesso tramite Internet. Infatti strumenti moderni come i Web-GIS e i database offrono grandi potenzialità nel campo dell'archeologia del Vicino Oriente, dato che spesso la quantità dei reperti rinvenuti è tale che una sua pubblicazione esaustiva su supporto cartaceo è spesso impossibile. È un dato di fatto che ogni scavo orientale debba per motivi pratici di spazio e costi fare una selezione dei frammenti ceramici da presentare, scelta la cui oggettività è difficile da stabilire.

Walter Kuntner, Sandra Heinsch
Università di Innsbruck

Ringraziamenti

Cogliamo l'occasione per ringraziare cordialmente il nostro amico Luca Bezzi per la revisione finale del testo.

BIBLIOGRAFIA

Allinger-Csollich W. 1991, *Birs Nimrud I: Die Baukörper der Ziqqurrat von Borsippa. Ein Vorbericht*, «Baghdader Mitteilungen», 22, 383-499.

Allinger-Csollich W. 1998, *Birs Nimrud II: "Tieftempel" – "Hochtempel". Vergleichende Studien Babylon – Borsippa*, «Baghdader Mitteilungen», 29, 95-330.

Allinger-Csollich W., Bezzi A., Bezzi L., Gietl R., Heinsch S., Kuntner W. c.s., *ArcheOS e-learning project*, in *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, II Workshop (Genova, Italy, 11 May 2007)*, in corso di stampa.

Avetisyan H. 2001, *Aragats (Excavations of the Urartian Fortress)*, Yerevan, Yerevan State University Publication.

Heinsch S., Kuntner W. 2007, *Zwischenbericht der 3. Ausgrabungskampagne in Aramus, Armenien 2006* [http://classicorient.at/aramus/sites/archive/Aramus2006-ZWREPORT.pdf (accessed 14 April 2009)].

Kafadarian K., Smith A. 1996, *New Plans of Early Iron Age and Urartian Fortresses in Armenia: A Preliminary Report of the Ancient Landscape Project*, «Iran», 34, 23-37.

Khanzadian E. 1979, *Elar-Darani*, Yerevan, Academy of Sciences of the Armenian SSR.

Kleiss W. 2005, *Urartäische Architektur in der Entwicklungsgeschichte der Architektur Irans*, «Iranica Antiqua», 40, 207-215.

König F.W. 1955/57, *Handbuch der chaldischen Inschriften*, in E. Weidner (ed.), «Archiv für Orientforschung», Beiheft 8, Graz, Im Selbstverlage des Herausgebers.

Kuntner W. 2004, *Tell Anza. Ein spätbronzezeitliches Gehöft im Eski-Mosul-Gebiet,* MA Innsbruck, Leopold-Franzens Universität Innsbruck,

Pöll B. 2003, *Tell Ababra. Die Grabungen 1978-1979 in einer Siedlung mit Befestigungsanlage des frühen 2. Jahrtausends v. Chr. im Hamringebiet, Irak,* MA Innsbruck, Leopold-Franzens Universität Innsbruck.

Rollinger R. 2009, *The Median "Empire", the End of Urartu and Cyrus' the Great Campaign in 547 BC (Nabonidus Chronicle II 16)*, «Ancient West & East», 7, 49-63.

Schäfer D., Weishäupl B. 2007, *Geoarchäologische Surveys im Gebiet des Mt. Hatis, Kotayk Plateau, Republik Armenien, 2005 und 2006 (Vorbericht)* [http://www.hochgebirgsarchaeologie.info/02%20Arb_Ber_DS/Schaefer_et_al_2007-ARAMUS-Volume-Online_ver_sec.pdf (accessed 14 April 2009)].

ABSTRACT

The Aramus Project provides a synergetic and free platform for the research and teaching of Near Eastern Archaeology. Integral part of the project is the data sharing of the original documentation as basis for the creation of tutorials on the application of FLOSS in archaeology.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 95-106

ARCHEO-RESTITUZIONI TERRITORIALI E URBANE, VALUTAZIONE DEL RISCHIO ARCHEOLOGICO E SOFTWARE OPEN SOURCE

1. Introduzione

In questo contributo vedremo come l'utilizzo dei software open source possa costituire un ausilio importante per la restituzione dei paesaggi antichi scomparsi nella loro morfologia e orografia, e di come si possano produrre dei risultati direttamente utilizzabili nella valutazione del rischio archeologico.

Il caso di studio è quello di restituzioni funzionali alla progettazione e realizzazione della linea C della Metropolitana di Roma.

A partire dal 2006 la cooperativa Parsifal si è occupata in modo particolare di una zona immediatamente esterna alle Mura Aureliane, una fascia di circa 2,5 km compresa tra Porta Maggiore e Porta Metronia (Fig. 1).

La principale finalità delle ricerche è stata quella di valutare la potenza della stratigrafia antropica evidenziando, e ove possibile quantificando, gli spessori della stratificazione di età antica.

Le indagini preliminari alla realizzazione della Metropolitana hanno individuato punti dove la stratigrafia antropica raggiunge spessori enormi, giungendo a profondità prossime ai 20 m. L'indagine di livelli così profondi presenta difficoltà, a volte insormontabili per lo scavo archeologico, e pone nuove problematiche alla conoscenza della forma stratigrafica della città di Roma (Figg. 2-3). L'archeologia urbana diviene difficilmente comprensibile se non opportunamente contestualizzata nello spazio tridimensionale compreso tra le paleosuperfici di origine geologica e la città moderna.

Il punto di arrivo del nostro lavoro è stato la restituzione piano-altimetrica dei paesaggi antichi e delle loro superfici che hanno attraversato, colmato, tagliato, modificato la tormentata orografia naturale del sito di Roma.

Partendo dalla città attuale si è lavorato alla restituzione delle superfici del tardo XIX secolo, inizi XX secolo, cioè lo stato dei luoghi precedente alle notevoli alterazioni del paesaggio urbano intervenute dopo l'Unità d'Italia e sino agli anni Trenta del Novecento. Si è quindi atteso a restituire quello che potremmo chiamare paesaggio tardo-antico, cioè l'interfaccia superiore delle stratificazioni di età romana. È stato quindi ricostruito l'andamento delle superfici non antropiche, cioè di quell'interfaccia dove non si riscontra più la presenza di manufatti e tracce umane.

Le fonti di dati utilizzate per tali ricostruzioni possono essere raggruppate in tre categorie principali:

– cartografia storica;

Fig. 1 – Il territorio tra Porta Maggiore e Porta Metronia, restituzione 3D dello stato attuale.

– scavi e ritrovamenti noti dalla letteratura archeologica e da documenti d'archivio;
– letture archeologiche dei sondaggi a carotaggio continuo.

La cartografia storica è stata la fonte primaria per la restituzione delle superfici del XIX e del XX secolo. Imprescindibili per la restituzione sono stati i dati altimetrici espressi attraverso quote e curve di livello.

La rappresentazione della città di Roma diviene planimetricamente affidabile a partire dalla pianta di Giovanni Battista Nolli del 1748, ma soltanto nel 1875-76, l'allora Istituto Topografico Militare redasse una pianta quotata che comprendeva l'area urbana (Fig. 4). Una completa collazione dei rilievi precedenti ed un'accurata restituzione delle altimetrie, con equidistanza a 1 m, verrà effettuata dall'IGM nel 1906 (Fig. 5). Questo documento costituirà la base topografica del piano regolatore della città di Roma del 1908 (Sanjust di Teulada 1908).

L'analisi di tale cartografia è stata sufficiente per restituire in 3D la forma del paesaggio moderno precedente alle trasformazioni urbanistiche di età contemporanea (Fig. 8).

La cartografia storica anteriore, anche se priva di riferimenti altimetrici, fornisce infatti importanti informazioni riguardo a resti di età antica e ad edifici più recenti oggi scomparsi, ma che erano ancora visibili nel paesaggio della città moderna.

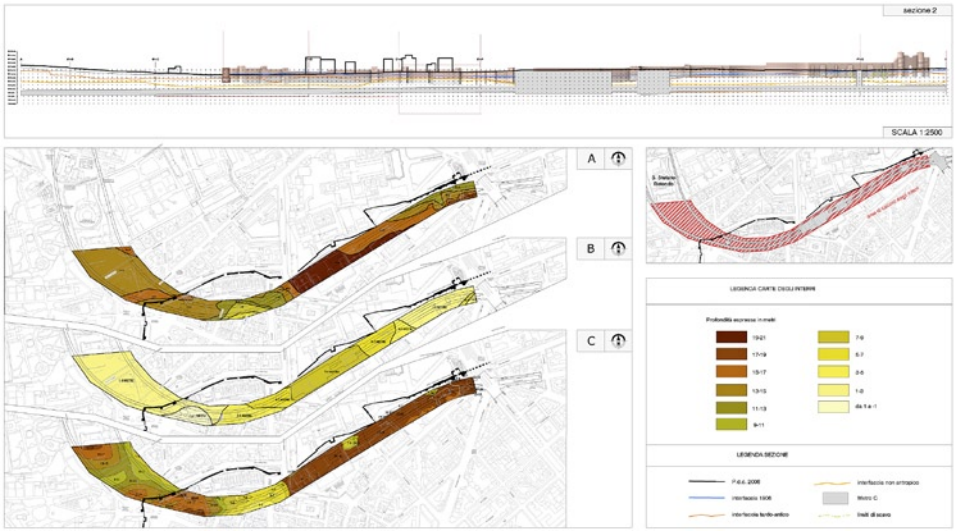


Fig. 2 – Mappatura degli interri tra Porta Asinaria e Porta Metronia.

L'analisi delle piante di Roma fornisce anche elementi indiziari per la conoscenza dell'orografia scomparsa; particolarmente utili a questo proposito sono le vedute prospettiche della città del tardo XVI e del XVII secolo.

La restituzione dell'interfaccia tardo-antica e di quella paleoantropica si basa principalmente su informazioni puntuali provenienti da scavi e carotaggi.

Gli scavi archeologici danno ovviamente informazioni fondamentali, ma spesso, anche per rinvenimenti recenti, possono sussistere incertezze riguardo al posizionamento soprattutto in assenza di quote sul livello del mare che sono uno strumento essenziale per restituire la realtà antica e per preservare l'informazione archeologica rispetto ai mutamenti della città contemporanea.

Come è stato scritto le quote slm sono un «vero e proprio anello di congiunzione tra le valenze scientifiche e quelle della tutela in quanto permettono di stabilire una quotatura del rischio archeologico» (Azzena 1994, 276).

Un'altra fonte di grande importanza sono le letture geoarcheologiche dei carotaggi. L'*iter* progettuale e realizzativo della metropolitana ha richiesto, e ancora richiede, numerosissimi sondaggi a recupero di nucleo. Nel tratto tra Porta Maggiore e Porta Metronia abbiamo potuto utilizzare dati provenienti da circa 700 sondaggi realizzati a partire dagli anni Novanta. L'utilizzo dei carotaggi come strumento di conoscenza archeologica (Cremaschi, Baroni 2000) presenta notevoli difficoltà date dalla puntualità del campione, da possibili errori di lettura e da frequenti inconvenienti tecnici che possono

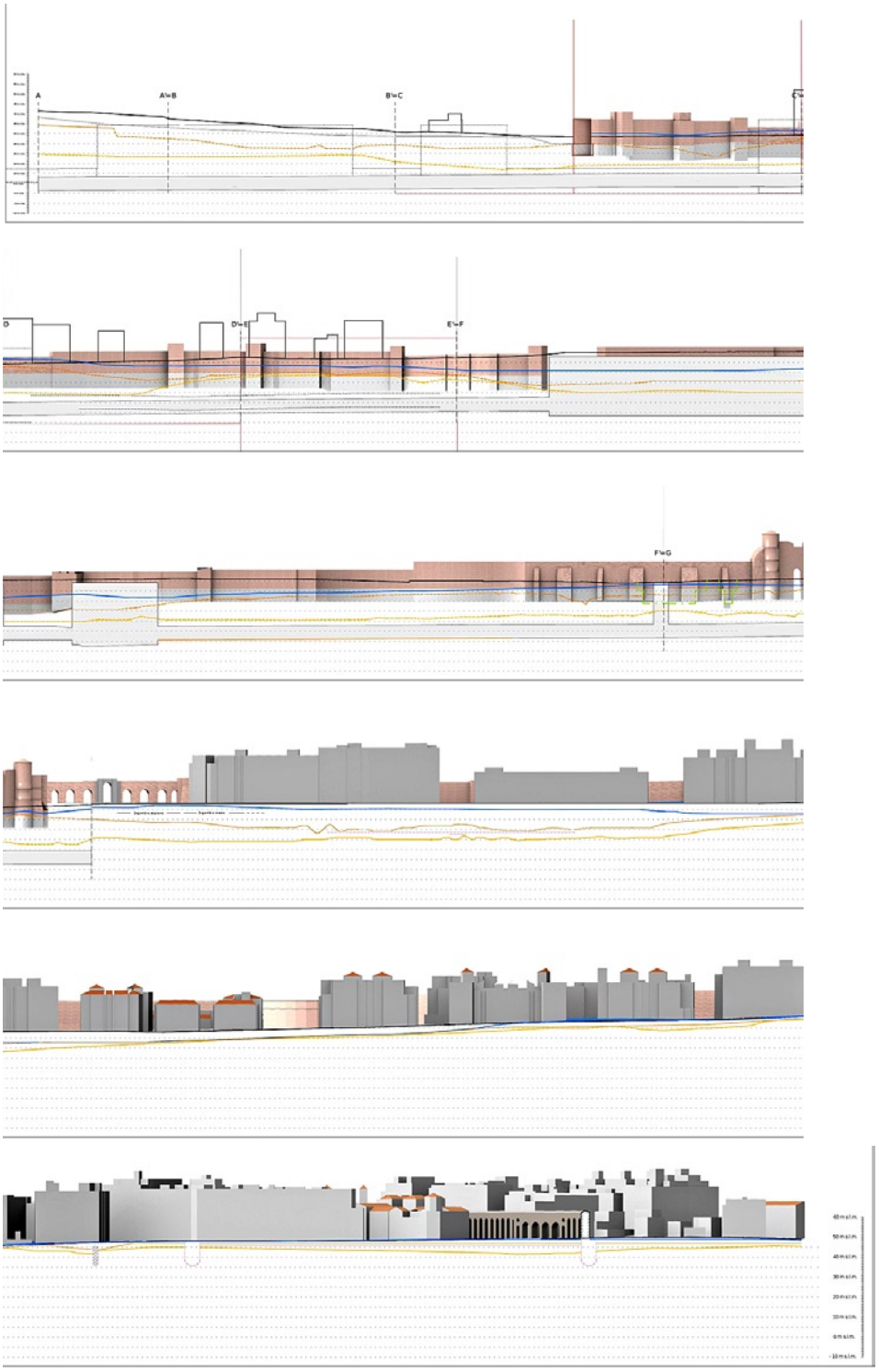


Fig. 3 – Sezione stratigrafica.

Fig. 4 – Particolare del rilievo 1:25.000 dell'Istituto Topografico Militare 1875-1876 (da Frutaz 1962).

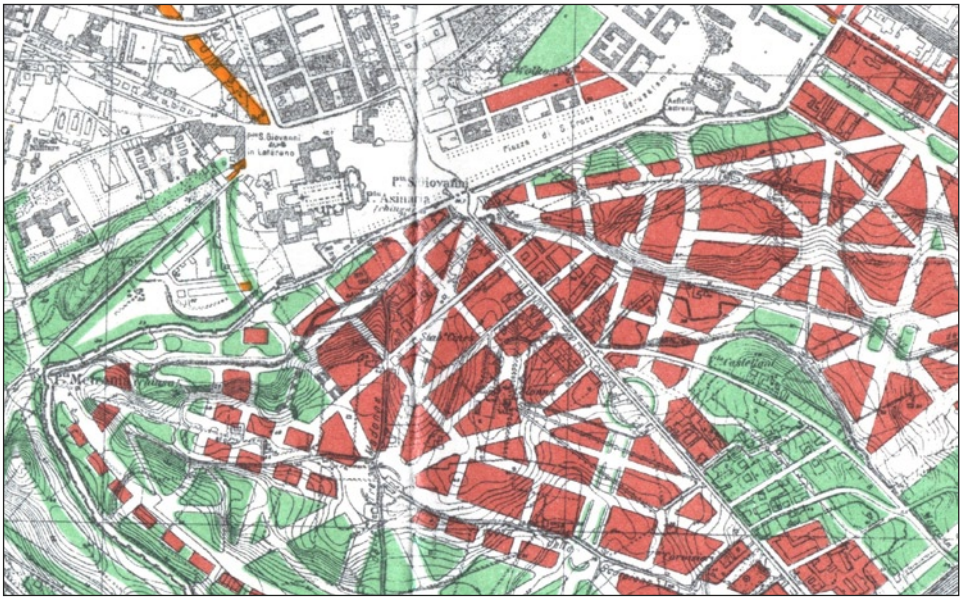


Fig. 5 – Particolare del piano regolatore della città di Roma del 1908 su base IGM 1906 (Sanjust di Teulada 1908).

Data			Scheda di...	Parsifal Cooperativa di Archeologia
Campagna				
Sondaggio		Inclinazione	Archeologo	
Quota s.l.m.		Diametro		
Localizzazione			Metri totali	

N°		Descrizione	Componenti	
Q. Max			Matrice	Scheletro
Q. Min			suoli	Reperti particolari / misure / prof.
Spessore			X / XX / XXX	
Definizione			argilla	
Substrato geol.			limo	
Paleosuolo			sabbia	Inclusi / Frequenza (scarsa, media, alta) / Dimensioni (mm, cm, dm)
Alluvionale antico			ghiaia	Ceramica
Alluvionale antropico			pozzolana	laterizi
Strato di frequentazione			altro	Intonaci
Riporto				Grumi di malta
Cavità				Colore
Perdita di campione				
Altro:				
Struttura			Legante	Inerti
Struttura?			malta sabbiosa	
Paramento/Rivest.			malta pozzolanica	
Nucleo			Altro:	
Fondazione				
Piano pavimentale		Materiali coesi		
altro:		sciolti		
			Colore Leg.:	Cronologia presunta

N°		Descrizione	Componenti	
Q. Max			Matrice	Scheletro
Q. Min			suoli	Reperti particolari / misure / prof.
Spessore			X / XX / XXX	
Definizione			argilla	
Substrato geol.			limo	
Paleosuolo			sabbia	Inclusi / Frequenza (scarsa, media, alta) / Dimensioni (mm, cm, dm)
Alluvionale antico			ghiaia	Ceramica
Alluvionale antropico			pozzolana	laterizi
Strato di frequentazione			altro	Intonaci
Riporto				Grumi di malta
Cavità				Colore
Perdita di campione				
Altro:				
Struttura			Legante	Inerti
Struttura?			malta sabbiosa	
Paramento/Rivest.			malta pozzolanica	
Nucleo			Altro:	
Fondazione				
Piano pavimentale		Materiali coesi		
altro:		sciolti		
			Colore Leg.:	Cronologia presunta

Fig. 6 – Lettura archeologica dei carotaggi, scheda tipo e restituzione grafica.

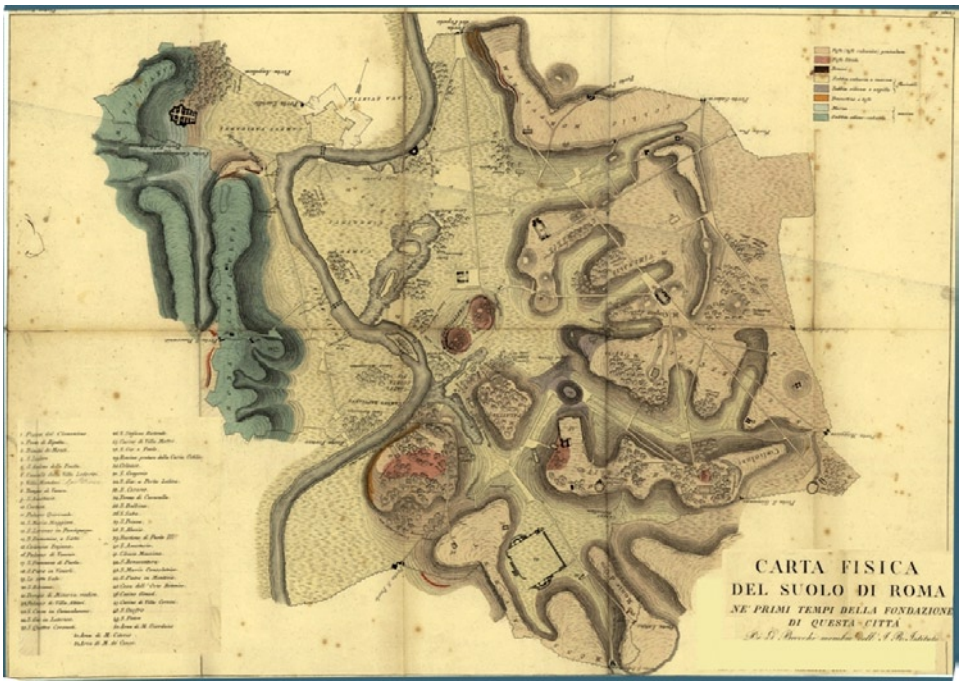


Fig. 7 – "Carta fisica del suolo di Roma nei primi tempi della fondazione di questa città" redatta nel 1820 dal naturalista Giovanni Battista Brocchi (Brocchi 1820).

verificarsi nell'estrazione della carota (quali perdite di campione, scivolamento dei materiali, alterazione della granulometria del deposito per effetto del dilavamento idraulico).

Le indicazioni provenienti dai carotaggi possono essere ben utilizzate laddove si vadano a ricercare, in gruppi numericamente consistenti di sondaggi, pochi dati essenziali riguardo alla stratigrafia. Nel nostro caso, oltre ad eventuali resti strutturali intercettati dai carotaggi, abbiamo considerato altimetricamente tre elementi:

– la quota del boccaforo slm, quindi la quota di partenza del sondaggio nella città contemporanea;
– la quota di sommità della stratigrafia antica (laddove rilevabile);
– la quota a cui cessa qualsiasi traccia di antropizzazione.

Nell'impossibilità di una revisione autoptica di tutti i 700 sondaggi realizzati, l'analisi si è potuta avvalere dei resoconti di geologi e di archeologi. Particolarmente importante è stato il lavoro di M. Martines che ha curato la lettura archeologica diretta di molti carotaggi.

A partire dal 2008 la lettura archeologica di alcune campagne di sondaggi è stata affidata alla cooperativa Parsifal ed è stata realizzata una scheda specifica per la disamina dei carotaggi al fine di arrivare a una dettagliata descrizione analitica e ad una corretta caratterizzazione grafica (Fig. 6).

Le informazioni degli scavi e quelle dei carotaggi risultano essere essenziali per definire le quote superiori della stratificazione antica restituendo quello che può essere definito come orizzonte o interfaccia della tarda antichità.

L'individuazione di questa interfaccia è spesso possibile nei carotaggi per la comparsa di stratigrafie con alta densità di frammenti ceramici di età romana. È opportuno ricordare che l'individuazione delle quote superiori della stratigrafia antica risulta facilitata in ambito periurbano, dove la stratigrafia di età medievale è rappresentata essenzialmente da accumuli di origine naturale che separano i riporti moderni e contemporanei da quelli antichi.

L'altro dato essenziale fornito dai carotaggi è dato dalla comparsa del "terreno naturale", ciò che convenzionalmente possiamo definire come interfaccia non antropica, rilevabile alla quota a cui il campione prelevato non restituisce più alcuna traccia di manufatti umani.

Modellare il terreno naturale, seguirne gli andamenti e le asperità, registrare la paleoidrografia del territorio di Roma, prima dell'urbanizzazione della città antica, appare come un elemento imprescindibile per la comprensione del bacino stratigrafico soprastante.

L'archeologia e la geologia del XX secolo si sono quasi totalmente disinteressate della forma originaria del territorio alla base della stratigrafia antropica e soltanto recentemente i terreni di riporto sono stati oggetto di mappature tematiche che ne indicano la potenza (Funiciello 1995). Ancora oggi un valido tentativo di rappresentazione complessiva della forma originaria della città è la "Carta fisica del suolo di Roma nei primi tempi della fondazione di questa città" redatta nel 1820 dal naturalista Giovanni Battista Brocchi (Fig. 7).

2. Metodologia delle restituzioni e software

Occuparsi della morfologia scomparsa della città di Roma da un punto di vista archeologico si è dimostrata subito una questione complessa a causa della varietà e disomogeneità delle informazioni disponibili. Ci si è subito resi conto che qualunque metodologia avessimo seguito questa doveva essere abbastanza flessibile da permettere di aggiungere delle informazioni e modificare i risultati. In altre parole si è optato per un sistema "aperto" in cui abbiamo normato i passaggi che portano dai dati raccolti alla restituzione archeologica e paesaggistica delle varie epoche storiche individuate.

La struttura della banca dati è tripartita in dati oggettivi raccolti sul campo e in archivio, dati derivati da successiva rielaborazione (interpolazione pia-

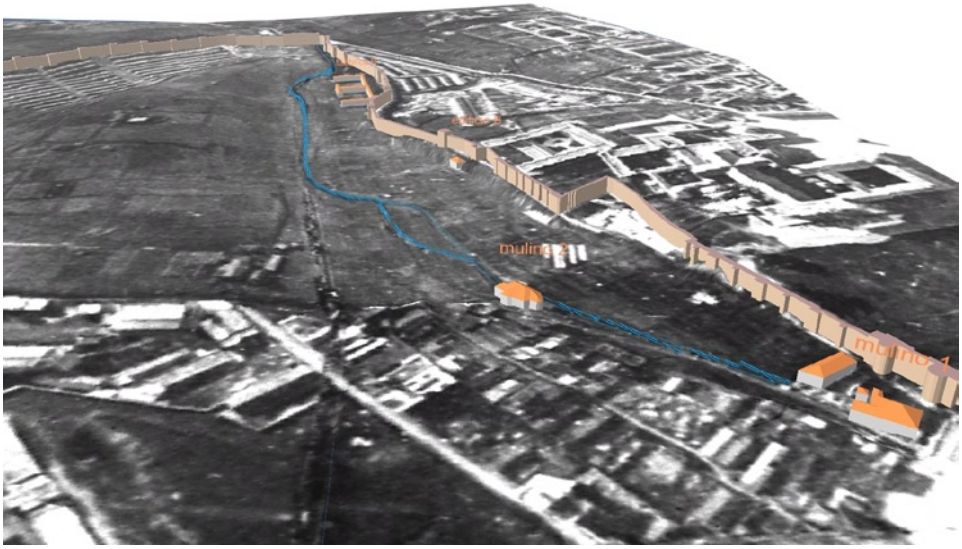


Fig. 8 – Il territorio tra Porta Maggiore e Porta Metronia, restituzione 3D dello stato dei luoghi agli inizi del XX secolo (altimetria da IGM 1906 su foto aerea Alberto Nistri 1919).

no-altimetrica, reintegrazione architettonica, etc.), e restituzione archeologica cartacea o digitale (planimetrie, sezioni, viste 3D, Web-GIS, modelli esplorabili in real-time). Abbiamo la speranza che la divisione netta tra dati di prima mano e ipotesi ricostruttive, così come l'esplicitazione delle procedure di rielaborazione dei dati, diano a questo "sistema aperto" la credibilità di uno strumento valido per restituire la morfologia nascosta di Roma.

Prediligendo dei formati durevoli nel tempo, la scelta si è orientata verso software free ed open source e in particolare su due programmi già da tempo impiegati dai professionisti di settore: GRASS per la piattaforma GIS e Blender per la modellazione e restituzione 2D e 3D. Il sistema di database interno a questi software permette l'elaborazione collaborativa dei modelli, offre degli strumenti di lavoro di alto livello e conserva i dati in formati aperti.

Uno degli obbiettivi è quello di restituire visivamente il paesaggio archeologico. Per questo motivo i dati raccolti, dopo essere stati introdotti in apposite schede (cfr. *supra*), sono stati ulteriormente discretizzati in una planimetria di punti quota in cui convergono informazioni provenienti da fonti diverse (carotaggi, scavi, fonti scritte, rappresentazioni storiche della città, etc.). Questa planimetria dei punti quota rappresenta nello spazio dove, e a che altezza sul livello del mare, si viveva in una determinata epoca.

Gli algoritmi di interpolazione dei punti quota vengono utilizzati negli studi geologici ormai da diversi anni per ricostruire la stratigrafia geo-

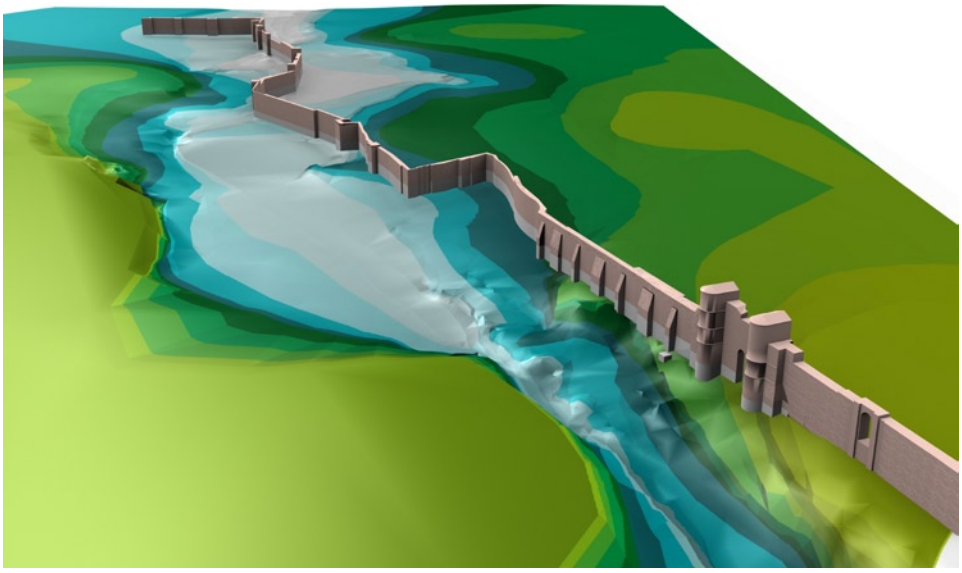


Fig. 9 – Il territorio tra Porta Maggiore e Porta Metronia, restituzione 3D dell'interfaccia non antropica.

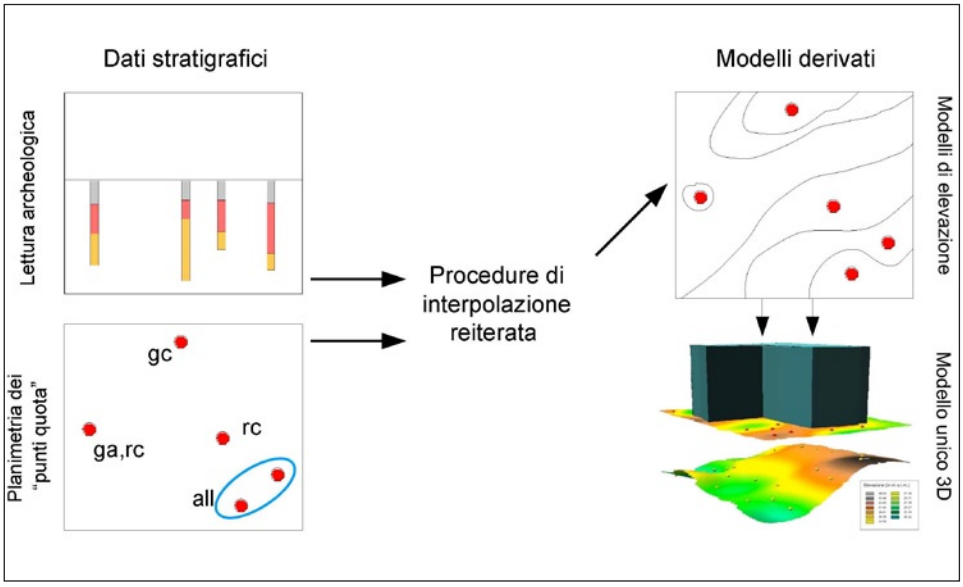


Fig. 10 – Schema di interpolazione da punti quota.

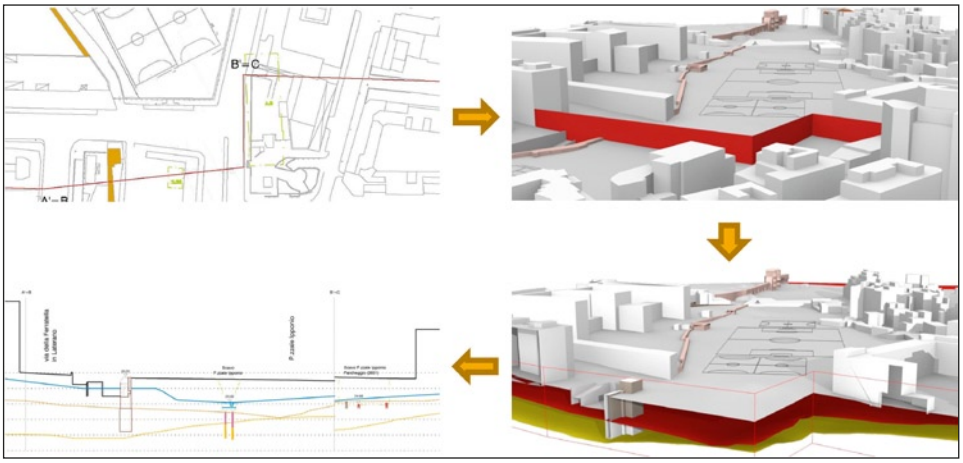


Fig. 11 – Generazione di sezioni bidimensionali dal modello 3D.

logica sepolta ma sono ancora scarsamente applicati in ambito archeologico (Fig. 10). In effetti l'utilizzo di tali tecniche necessita di particolari accorgimenti metodologici in quanto l'azione antropica è una anomalia nel tessuto paesaggistico e, quindi, difficile da ricostruire con tali strumenti. Per ovviare a questo si è proceduto a raggruppare i dati in base alle loro caratteristiche. I punti quota non sono tutti uguali, alcuni indicano l'elevazione effettiva di una determinata epoca, altri sono stati chiaramente ribassati da successive azioni di taglio, altri addirittura rappresentano solo dei riferimenti relativi (l'interfaccia di una determinata epoca può essere maggiore o minore di un dato valore). Nel caso di un paesaggio caratterizzato da importanti salti di quota artificiali, come terrazzamenti o livellamenti, i modelli di elevazione sono stati generati separatamente a partire dalle rispettive porzioni della planimetria dei punti quota evitando quindi errori nei risultati delle interpolazioni. Nel nostro caso di studio il problema si è posto anche per la valutazione dell'incidenza sul paesaggio di grandi complessi architettonici come le Mura Aureliane o i resti del Circo Variano.

Un altro accorgimento è stato quello di restringere il più possibile le modellazioni all'area effettivamente documentata perché al di fuori del poligono ideale che circonda i dati l'interpolazione perderebbe qualunque consistenza documentaria generando grandi problematiche soprattutto nella produzione delle carte degli interri.

Una volta ottenuti i modelli di elevazione del suolo di ogni singola epoca si è abbandonata la piattaforma GIS GRASS e ci si è spostati nel software di modellazione 3D Blender per far interagire la stratigrafia sepolta con le

strutture archeologiche, la città attuale e la progettazione della Metro C. Il GIS per sua natura non permette di curare l'editing e la rappresentazione tridimensionale al livello che risulta necessario. Nell'ambito dei software 3D invece diventa disponibile una serie straordinaria di tool orientati proprio alla restituzione. Blender in particolare è una piattaforma di lavoro a tutto tondo con un sistema di database che permette l'editing collaborativo in tempo reale di più persone all'interno dello stesso ambiente 3D e prevede qualsiasi output digitale: dalle sezioni stratigrafiche urbane alla produzione filmica fino al prodotto multimediale di realtà virtuale realtime.

Le principali interfacce restituite, non antropica (Fig. 9), tardoantica e XIX-XX secolo (Fig. 8), sono state sovrapposte nello spazio tridimensionale fino alla restituzione della città attuale ricreando un modello completo del bacino stratigrafico ipotizzato. A partire da tale restituzione diviene possibile aggiungere l'ingombro volumetrico delle opere in progetto e valutarne l'impatto sulla stratigrafia sepolta. È altresì possibile ricavare delle sezioni bidimensionali per visualizzare in maniera tecnica e schematica la stratigrafia lungo qualsiasi asse prescelto (Fig. 11).

Emanuel Demetrescu, Sergio Fontana
Parsifal Cooperativa di Archeologia

BIBLIOGRAFIA

Azzena G. 1994, *Topografia di Roma antica: ipotesi per una sistematizzazione dei dati a valenza topografica*, «Archeologia e Calcolatori», 5, 268-292.

Brocchi G.B. 1820, *Dello stato fisico del suolo di Roma, memoria per servire d'illustrazione alla Carta Geognostica di questa città*, Roma, Stamperie De Romanis.

Cremaschi M., Baroni C. 2000, *Manuale di Geoarcheologia*, Bari-Roma, Laterza.

Frutaz A. 1962, *Le piante di Roma,* vol. III, Roma, Istituto di Studi Romani.

Funiciello R. (ed.) 1995, *La geologia di Roma, il centro storico*, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 50, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Sanjust di Teulada E. 1908, *Piano Regolatore della città di Roma 1908, Relazione presentata al Consiglio Comunale di Roma*, Roma, Danesi.

ABSTRACT

This paper is based on the experiment related to archaeological risk that the Parsifal Cooperativa di Archeologia conducted in the preliminary studies of the Roman Metro line C. The goal was the restitution of ancient landscapes and their surfaces that have crossed, filled, cut or otherwise altered the pre-existing, contorted natural orography of the city of Rome. Knowledge of urban stratification was acquired through multiple categories of information. In these studies, the representation of the terrain-models was obtained through open source software that made it possible to create a concrete display of 2D and 3D elements of the surfaces belonging to various periods (ancient, modern and contemporary landscapes).

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 107-119

ARCHEOTRAC: UNA WEB APPLICATION OPEN SOURCE PER FAVORIRE LA DIFFUSIONE DI UN MODELLO DI GESTIONE ORDINARIA DI TUTTI I BENI ARCHEOLOGICI

1. Introduzione

Nell'ambito del progetto comunitario Interreg III B MEDOCC – "Recouvrement du Potentiel Informatif des Sites Archéologiques en Dépôt"[1] – giSAD (2002-2007), la Soprintendenza per i Beni e le Attività Culturali della Regione Autonoma Valle d'Aosta, in qualità di capofila-attuatore di un partenariato composto da 7 soggetti europei[2], ha realizzato e coordinato le attività di progettazione ed implementazione di un particolare sistema informativo dedicato alla gestione ordinaria del patrimonio archeologico e documentale correlato. ArcheoTRAC è il frutto di un lungo e laborioso percorso di studio intrapreso a partire dal 1991 che, in verità, non si vuole ritenere concluso. L'obiettivo principale è sempre stato quello di ricercare una soluzione gestionale semplice, a basso costo, condivisibile e sostenibile a lungo termine. Sono state analizzate, direttamente ed indirettamente, le procedure e, laddove presenti, anche i processi di informatizzazione già in atto, all'interno di diversi contesti italiani (Roma, Napoli, Pompei, Trento, Cagliari e Oristano, Reggio-Emilia, Etruria Meridionale, Valle d'Aosta) ed internazionali (parte dell'Europa e alcuni contesti asiatici). È stata dedicata una particolare attenzione all'analisi dei diversi modus operandi, delle costanti e delle criticità che caratterizzano i diversi scenari operativi nonché delle interrelazioni fra questi.

Sono molti i fattori che hanno determinato l'interesse verso la problematica gestionale dei beni archeologici:

– la costante difformità nelle procedure tecniche, logistiche ed amministrative all'interno dei vari dipartimenti (soprintendenze archeologiche italiane e servizi archeologici in Europa);
– l'assenza di veri e propri protocolli condivisi, di processi modellati *ad hoc* e conseguentemente, l'assenza di gestionali informatici dedicati alla registrazione ordinaria dei beni archeologici nel loro insieme;

[1] C. Pedelì, J. Mathiou, *Recouvrement du Potentiel informatif des Sites Archéologiques Démonté*. Code Identification: 2002-02-4.1-I-087. Fiche projet presentata all'Autorità di Gestione Interreg III B MEDOCC il 18 novembre 2002.

[2] I partner che hanno partecipato alla fase iniziale del progetto erano: la Comunidad Autònoma de la Regiòn de Murcia (Spagna); la Câmara Municipal de Reguengos de Monsaraz (Portogallo); l'Atelier du Patrimoine de la Ville de Marseille (Francia); la Soprintendenza Archeologica di Roma; la Soprintendenza Archeologica per l'Emilila-Romagna; la Soprintendenza Archeologica di Cagliari e Oristano.

– lo storico approccio catalografico che, inevitabilmente, ha condizionato i criteri e il processo di gestione all'interno dello specifico settore indagato, inibendo la creazione e la diffusione di pratiche alternative;
– la limitata diffusione delle schede di catalogo dell'ICCD e la non trascurabile difficoltà di comprensione e di accettazione;
– più in generale, i vincoli derivanti dal software proprietario, quello più tradizionale diffuso fino a ieri, che richiede il pagamento per ogni licenza d'uso e vincola l'utilizzatore ad un provider. Quest'ultimo è stato certamente un altro fattore che ha inibito la realizzazione e l'adozione di applicativi dedicati all'attività gestionale, sicuramente meno nobile di quella catalografica, per la quale erano state spese già molte risorse economiche;
– la scarsa abitudine, da parte degli stessi operatori, a condividere l'informazione, ritenendola troppo spesso solo una proprietà intellettuale, un'informazione troppo specialistica o, peggio ancora, un "segreto di bottega";
– la scarsa abitudine all'uso del computer da parte di una buona parte di operatori;
– il numero ridotto di computer destinati a determinate categorie reputate erroneamente non elette al suo utilizzo (magazzinieri, restauratori, operatori di scavo sul campo, disegnatori, gli stessi archeologi e ancora una parte consistente di archivisti).

Dal 1994 in poi sono stati elaborati diversi prototipi informatici che hanno sempre e solo avuto come fine quello di supportare e riorganizzare l'attività di gestione dei beni archeologici e di quelli documentali correlati. Il primo vero risultato è stato ottenuto nel 2000, quando si è giunti alla sperimentazione nazionale di un vero e proprio sistema informativo denominato ArkeoKeeper[3], da cui sono stati presi gli spunti logici per giungere alla realizzazione del nuovo sistema informativo ArcheoTRAC[4].

2. Profilo del sistema ArcheoTRAC

Il sistema informativo ArcheoTRAC è un gestionale plurivalente e trasversale rispetto alle attività di ricerca, di catalogazione, di conservazione, di tutela e di valorizzazione, che si svolgono all'interno del settore archeologico. Il sistema non costituisce l'ennesima rielaborazione degli standard catalografici ICCD[5] né

[3] Il sistema è stato realizzato, a partire dal 1995, in collaborazione con la società S.I.CO.RE (Pedelì, Pesciarelli 1997; Pedelì 2005).

[4] C. Pedelì, *Prefigurazione logica del nuovo sistema informativo giSAD* (documento di archivio redatto nell'ambito dell'attività del Comitato di Pilotaggio, prima fase del progetto 2002-2004).

[5] Cfr. ad esempio, il Sistema Informativo Generale del Catalogo (SIGEC), realizzato dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documetazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, in collaborazione con l'ENEA; www.iccd.beniculturali.it.

di altri modelli di schedatura specialistica, comunemente adottati sul territorio nazionale ed internazionale. Esso non rappresenta nemmeno una soluzione alternativa rispetto ad altri standard informatici, come ad esempio, la Carta del Rischio, i Sistemi Informativi Territoriali o i Piani Territoriali Paesaggistici, verso i quali, invece, diventa uno strumento complementare ed integrativo.

In sintesi ArcheoTRAC è un sistema di tracciamento del ciclo di vita del patrimonio archeologico e documentale correlato. Le sue funzioni sono concepite principalmente per identificare e gestire entità molto diverse tra loro, sfuggenti per loro stessa natura al controllo giornaliero e "mutanti", quali appunto risultano essere i reperti archeologici, soprattutto quando recuperati allo stato di frammenti, di masse sporche o di oggetti compositi, tutte entità caratterizzate dall'intreccio di infinite relazioni, fisiche e logiche, con altre entità, con eventi, con luoghi e persone, relazioni di cui si perde facilmente memoria nel corso del tempo. In altre parole, ArcheoTRAC è uno strumento di monitoraggio del processo lavorativo, dal sito al museo, delle variazioni di stato delle entità coinvolte. Una timeline restituisce una rappresentazione grafica delle variazioni sui beni, in relazione al tempo.

Infine, ArcheoTRAC, in quanto sistema europeo, si propone come applicativo multi-contestuale. In tal senso, esso è necessariamente uno strumento multilingua che, inoltre, offre la possibilità di aggiungere e personalizzare una parte di campi, di personalizzare tutte le etichette dei campi e, naturalmente, di implementare i thesauri, sia quelli tecnici, amministrativi e logistici, sia quelli umanistici e scientifici, in base alle specifiche esigenze di ogni dipartimento.

ArcheoTRAC contiene innovative funzioni logiche e tecnologiche e, soprattutto, propone un nuovo approccio metodologico alla gestione integrata del patrimonio archeologico e documentale, favorito da un'originale combinazione di moderne soluzioni tecnologiche, come l'Open Source, il Wi-Fi, la Radio Frequency Identification[6] e il più comune bar-code.

3. La modularità

Il sistema informativo ArcheoTRAC è composto di moduli specializzati, indipendenti ma fisicamente e logicamente interconnessi. In questo modo il flusso informativo diventa univoco, trasferibile e comprensibile da tutti i fruitori; esso si arricchisce progressivamente, creando una banca dati comune e aggiornata in tempo reale. Il sistema può gestire contemporaneamente e sinergicamente i diversi soggetti informativi: siti, reperti e documenti (foto, disegni, testi, elaborati digitali, sonori, video, appunti, notizie, altre fonti, etc.), luoghi di conservazione (depositi e archivi), contenitori, ed infine, cantieri e

[6] Per un'introduzione alla tecnologia RFId cfr. http://it.wikipedia.org/wiki/Radio_Frequency_IDentification.

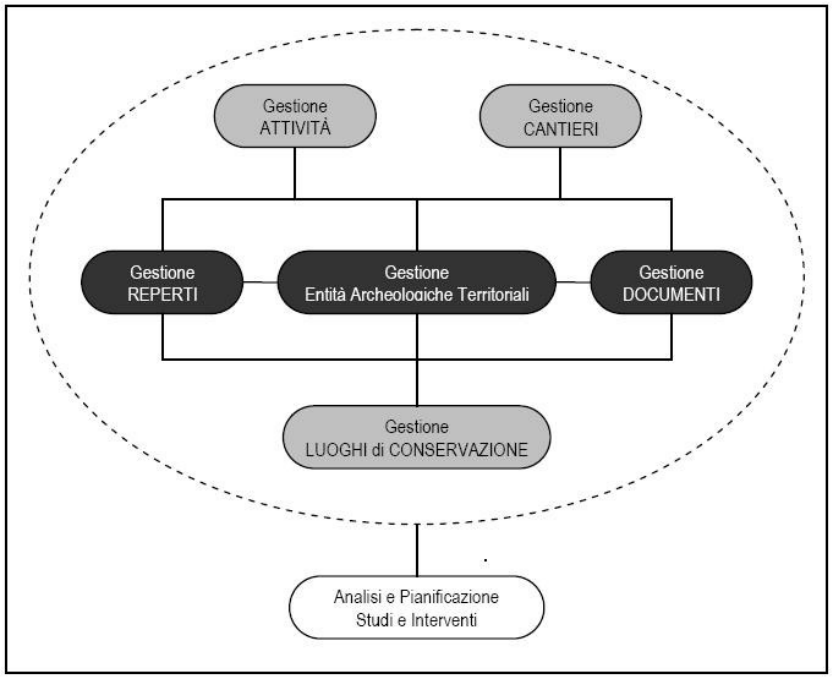


Fig. 1 – Schema logico del sistema informativo ArcheoTRAC. Vista piana.

attività (saggi esplorativi, indagini archeologiche, pratiche amministrative, interventi conservativi, movimentazioni, progetti di intervento, azioni di valorizzazione, apertura di cantieri, sopralluoghi, etc.) (Fig. 1).

Tra i moduli non esiste né gerarchia né interdipendenza. Ciò consente di accedere al sistema a partire dal soggetto informativo di preferenza, sulla base delle proprie competenze: ad esempio, un magazziniere può registrare una presa in carico di un lotto di reperti "sporchi" di cui non è in grado di riconoscere a prima vista il tipo di materiale né tantomeno la tipologia. Egli può quindi registrare immediatamente la nuova presenza fisica e la specifica posizione in cui essa è appena stata collocata. In tempo reale, da una sede diversa, un archeologo o un conservatore visualizzeranno, via web, i beni appena registrati e potranno, a loro volta, inserire informazioni più specialistiche.

La struttura modulare, inoltre, non costringe a processare i dati secondo una logica o una sequenza predefinita. Nella realtà, infatti, quest'ultima può variare in base al contesto o all'evento specifico, oppure non essere affatto prevista. All'interno di ogni modulo è possibile riprodurre micro-sequenze modellate su segmenti di attività reali o di singole azioni che vengono via via

collegate tra loro, creando flussi informativi di tipo ramificato. Ciò corrisponde esattamente al mutante ed intrinseco sistema d'informazioni e di relazioni che caratterizza l'ambito di ricerca e di tutela dei settori archeologici.

La soluzione è stata trovata dopo aver rinunciato ad un sistema basato su workflow pre-ordinati, certamente coerenti con l'approccio informatico, ma totalmente privi di corrispondenza con le diverse realtà operative, estremamente diversificate da un paese all'altro, da regione a regione, da una Soprintendenza all'altra e, talvolta, persino da un dipartimento all'altro.

Infine, la modularità è concepita nell'ottica dei probabili ampliamenti, sia dei moduli esistenti, sia dell'applicativo nel suo insieme, attraverso la creazione di nuovi moduli non ancora ipotizzati in questa prima idea progettuale.

4. Il modello gestionale operativo

Il sistema ArcheoTRAC è basato su un modello operativo che sottintende una gestione integrativa e complementare, ordinaria, globale, integrata, interdisciplinare, produttiva e condivisibile.

Gestione integrativa e complementare in quanto:

– colma i quotidiani gap organizzativi, ridefinendo e/o supportando le procedure con segmenti di processo, che possono essere combinati in modo flessibile in base al contesto specifico;
– integra la tradizionale attività di registrazione catalografica ed inventariale, diventando propedeutica ad essa e favorendo il suo avvio;
– permette di avviare, in qualsiasi momento, in qualsiasi luogo e da qualsiasi operatore, un processo, già sistematico, di registrazione dei beni;
– consente il tracciamento cronologico degli eventi e delle variazioni derivanti (da quelli recenti a tutti quelli pregressi, "ricordabili");
– fornisce dati essenziali e fondamentali ai sistemi superiori.

Gestione ordinaria in quanto:

– si occupa del "fare quotidiano", normalmente sottovalutato, fatto di molteplici osservazioni e azioni, onerose e determinanti che, però, finiscono col risultare scontate e spesso invisibili, tanto da non essere opportunamente sfruttate e valorizzate;
– semplifica, supporta, riorganizza ed ottimizza le procedure, i ruoli e i tempi, all'interno del processo di gestione dei beni, dei depositi e degli archivi;
– riorganizza il processo di informatizzazione del patrimonio archeologico, in particolare di quello mobile;
– è puntuale in qualsiasi fase del processo lavorativo in corso, anche in situazioni di emergenza, allo stesso tempo è capace di occuparsi dei fatti pregressi;
– è comprensibile ed applicabile da tutti gli operatori e fruitori;

– è flessibile rispetto alle costrizioni e agli appesantimenti burocratici;
– è veloce.

Gestione globale in quanto:

– monitora tutto il patrimonio archeologico e documentale recuperato e prodotto, ovvero registra qualsiasi "presenza fisica", anche se non inventariata, prescindendo dalla sua attribuzione tipologica e dal suo stato di conservazione, evitando, a priori, qualsiasi discriminazione tra beni "preziosi" (o più visibili) e beni "comuni" o minori, apparentemente meno significativi e che non giustificherebbero una schedatura inventariale o catalografica. È il caso, ad esempio, delle "masse" di frammenti sporchi o di insospettabili potenziali documenti come, ad esempio, appunti sparsi o post-it. Beni sottovalutati, trascurati, "invisibili"; beni per i quali, l'attuale economia di gestione delle risorse non ammette particolari attenzioni né conservative né gestionali;
– riqualifica il patrimonio meno visibile (nascosto nei depositi), recuperandone il potenziale informativo.

Gestione integrata in quanto:

– sono registrati e tracciati contemporaneamente e sinergicamente siti, reperti, documenti, luoghi di conservazione, contenitori, eventi, tempo e persone coinvolte;
– nell'ambito di ciascuna delle predette macro-categorie, è gestita qualsiasi tipologia di entità, senza esclusione alcuna.

Gestione interdisciplinare in quanto:

– la logica modulare non-gerarchica (v. "La modularità") crea i presupposti per un concreto utilizzo interdisciplinare del sistema. I suoi potenziali fruitori sono riconducibili a categorie professionali molto diverse: archeologi ed operatori archeologici, documentaristi, archivisti, magazzinieri, amministratori, amministrativi, disegnatori, fotografi, conservatori e restauratori. Ognuno può sia incrementare e perfezionare la base informativa, sia usarne i contenuti. Il sistema "sfrutta" la conoscenza, la potenzialità e la capacità contributiva anche di quegli operatori che, istituzionalmente, non sarebbero preposti ad attività di registrazione, ma possiedono buone capacità di osservazione o, più semplicemente, sono testimoni dei "fatti quotidiani del processo". Si amplia, quindi, il concetto di "compilatore" e "registratore". Tale estensione d'uso, del sistema e delle competenze, consente di collezionare una gamma più ampia di informazioni, che potranno essere raccolte capillarmente in progress autoaccreditandosi man mano che il processo di gestione viene implementato.

Gestione produttiva in quanto:

– riqualifica da subito il bene per il semplice fatto che lo considera anche se frammento, anche se "minore";

– trasforma dati "grezzi" (anagrafici, amministrativi, territoriali) in informazione nuova e significativa, utile sì ai fini di studio, di conservazione e prevenzione ma anche per una pianificazione degli interventi ed una ripartizione più consapevole delle risorse, in particolare di quelle umane e finanziarie;
– coinvolge maggiormente e riqualifica un numero maggiore di figure professionali che operano sui e per i beni e che producono nuovi beni e nuova informazione.

Gestione condivisibile in quanto:

– utilizza un'informazione non necessariamente specialistica, comune alla maggior parte dei contesti operativi archeologici, quindi comprensibile ad un numero maggiore di fruitori;
– ha un carattere multi-contestuale, garantito da una neutralità disciplinare di fondo. Ciò fa ritenere che il modello operativo possa essere condiviso, nei suoi principi essenziali, dai contesti nazionali ed internazionali[7], eventualmente anche in assenza di sofisticati supporti informatici. Nella prima versione l'interfaccia e i thesauri sono disponibili in lingua italiana, francese ed inglese. Nuovi linguaggi possono essere aggiunti;
– rende univoca e attendibile l'informazione relativa sia ai beni che agli eventi, evitando la duplicazione, la trasformazione e la dispersione dei dati. Un'informazione alterata è un'informazione fuorviante e quindi inutile.

5. Ribaltamento dell'approccio metodologico alla registrazione

ArcheoTRAC inverte la logica di registrazione del bene, sia esso archeologico o documentale. Tradizionalmente, con particolare riferimento all'Italia, si procede a partire da una scheda d'inventario o di catalogo. Ciò presuppone le seguenti condizioni: a) essere in grado di riconoscere il bene; b) avere specifiche competenze umanistiche o scientifiche; c) avere il tempo per compilare una scheda; d) avere il denaro necessario per far compilare la scheda (la catalogazione o la schedatura inventariale sono attività specialistiche che giustamente devono essere retribuite adeguatamente). Diversamente, in ArcheoTRAC la registrazione di una qualsiasi entità può essere eseguita da operatori privi di specifiche competenze scientifiche ed umanistiche purché adeguatamente addestrati, responsabilizzati, coinvolti e, non ultimo, gratificati.

Ciò assicura una serie di condizioni favorevoli, quali, ad esempio:

– la gestione di un numero di beni di gran lunga superiore a quello attualmente registrato mediante l'approccio inventariale e catalografico; infatti,

[7] Per questa ragione, il sistema, e più specificatamente, i suoi contenuti metodologici, sono stati presentati all'ICCROM (*International Center for the Study of the Preservation and Restoration of the Cultural Property*), nell'ottica di un'auspicabile futura collaborazione in ambito di formazione e diffusione.

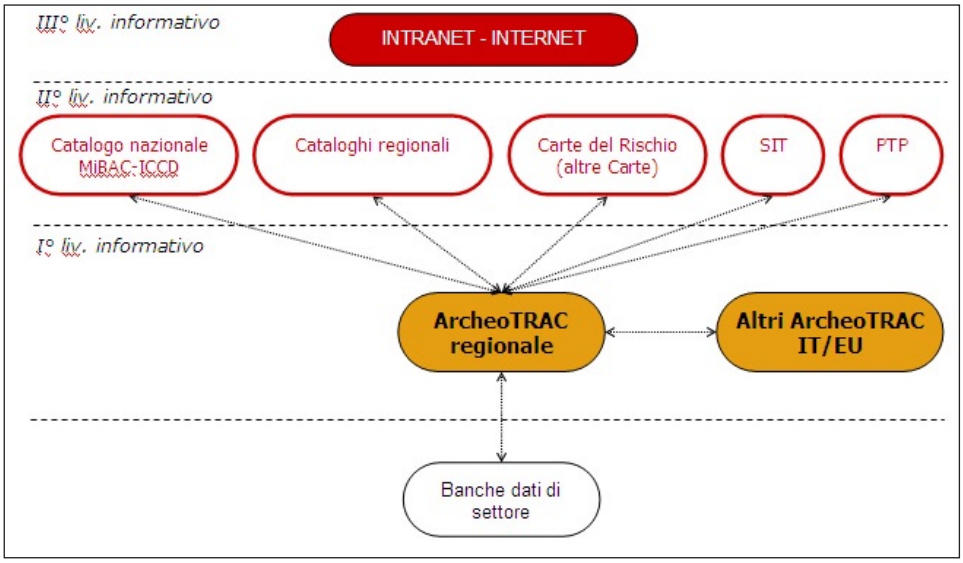


Fig. 2 – Schematizzazione dell'integrazione logica del sistema informativo ArcheoTRAC rispetto ad altri standard (e non) preesistenti.

sulla base di pochi dati anagrafici elementari e di collocazione, il sistema attesta ineludibilmente la "presenza fisica" di un'entità, a prescindere dalle sue connotazioni particolareggiate;
– la riduzione dei costi di gestione, sia perché quest'ultima non si basa sulla pratica di schedatura, sia perché si evita la dispersione o la perdita di informazione, la replica di attività già svolte; inoltre si velocizzano i tempi di registrazione, gestione, etc.;
– il sensibile aumento delle possibilità di rintracciamento fisico di un bene, anche da parte di un numero maggiore di utenze;
– il monitoraggio della vulnerabilità e del rischio di deperimento dei beni e quindi la salvaguardia del potenziale informativo disponibile, che si attua grazie alla combinazione di categorie di dati diverse (merceologici, geografico-amministrativi e microclimatici);
– una potenziale illimitata condivisione dei contenuti informativi del singolo bene, vincolata solo da precise autorizzazioni che ogni dipartimento definirà.

6. Integrazione con altri sistemi informativi

ArcheoTRAC è concepito per integrarsi nel processo d'informatizzazione del patrimonio culturale senza sovrapporsi agli standard preesistenti e, più in generale, senza alterare le prassi di registrazione. Il sistema può fornire

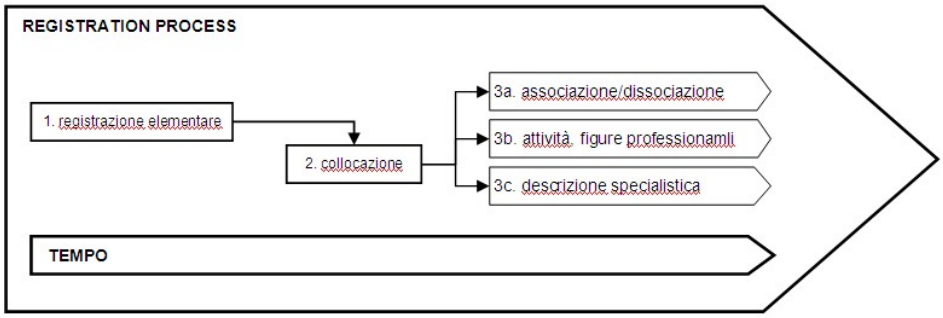


Fig. 3 – Schematizzazione del processo di registrazione in ArcheoTRAC.

ai sistemi catalografici, a quelli informativi territoriali, alle carte del rischio, i profili anagrafici e geografico-amministativi dei beni (sito, reperto o documento). Allo stesso tempo, in esso possono confluire ed essere riorganizzate alcune informazioni provenienti dai sistemi citati (Fig. 2).

7. Registrazione incrementale associativa

In ArcheoTRAC il processo di registrazione di una qualsiasi entità può essere definito di tipo incrementale associativo e rappresenta una delle peculiarità del sistema.

Incrementale perché le informazioni possono essere inserite in maniera molto progressiva, sulla base dello stato delle conoscenze, del tempo a disposizione, delle risorse disponibili (umane e finanziarie), in altre parole, in base alla reale necessità del momento. Si registra solo ciò che è utile registrare anche se non si è in grado di riconoscere cosa si sta registrando. In particolare, la fase 1 (Fig. 3) è determinante affinché una nuova entità esista e sia tracciata all'interno del sistema, anche relativamente ad eventi e/o variazioni pregresse. Pertanto, al fine di registrare il maggior numero di "presenze fisiche" (beni archeologici e documenti) e, affinché ciò sia eseguibile da qualsiasi operatore autorizzato, il sistema richiede all'utente il minor numero di inputazioni utili. Sia che la registrazione elementare sia eseguita ricorrendo alla tecnologia bar-code o RFId (automatismo), sia che essa sia espletata manualmente (metodo tradizionale), il sistema ricorre ad un solo dato. Successivamente, l'operatore può arricchire la descrizione anagrafica o passare direttamente alla fase 2 di collocazione, obbligatoria e conclusiva ai fini del completamento della sessione di registrazione. Anche in quest'ultimo caso, il sistema richiede di inserire un solo dato di dettaglio a patto che esista già una struttura organizzativa dei luoghi di conservazione creata all'interno del sistema, in precedenza e una volta per tutte.

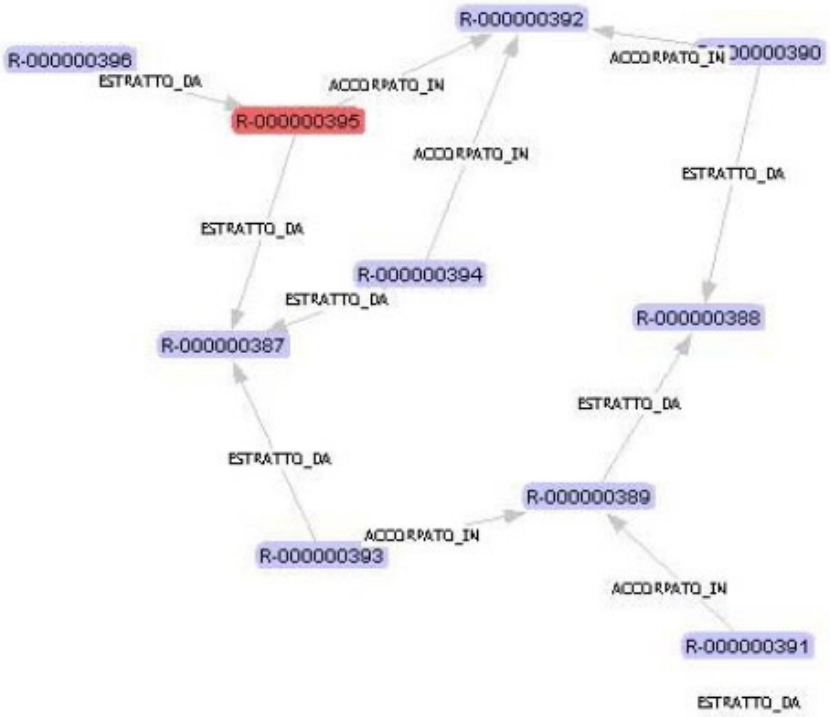


Fig. 4 – Esempio di grafo dinamico che rappresenta le relazioni fisiche (ESTRATTO DA, ACCORPATO A, etc.) tra entità diverse (es.: R-000000395), derivanti da attività logistiche, tecniche e di conservazione. Il grafo si espande in base all'entità che viene cliccata. L'informazione può essere completata con dati anagrafici che compaiono a seguito della selezione del singolo reperto.

Associativo perché, per qualsiasi entità, può essere registrata e tracciata ogni associazione logica e fisica derivante da un'attività specifica, a cominciare da quelle più ovvie (sito-sito o sito-siti, sito-reperti, reperto-reperti, sito-documenti, reperto-documenti). Sono quindi previste le associazioni determinate dagli eventi (scavo, restauro, mostra), oppure da specifiche operazioni (creazione di uno o più reperti da una massa terrosa o di frammenti; accorpamento tra reperti diversi; infine, spostamento da un contenitore all'altro, etc.). Il sistema organizza ogni associazione utilizzando una rappresentazione grafica dinamica (Fig. 4).

8. Le nuove tecnologie favoriscono una gestione ordinaria e sistematica

Fino a qualche anno fa un sistema molto simile ad ArcheoTRAC sarebbe costato cifre onerose, soprattutto in termini di acquisto delle licenze (numerose

visto il carattere interdisciplinare) che di manutenzione. Pochi dipartimenti archeologici avrebbero quindi potuto usufruirne e il sistema sarebbe fallito in breve tempo. È esattamente ciò che è accaduto al predecessore ArkeoKeeper e ad altri applicativi dedicati ad ambiti diversi da quello gestionale ma comunque connessi all'attività archeologica (catalogazione, GIS, restauro, SIT, Carta del rischio, etc.),

ArcheoTRAC è una web application e, come tale, può essere utilizzata direttamente via Internet o Intranet, mediante un comune browser. Ciò significa che esso non richiede né di esser installato su ogni personal computer dell'ente che ne faccia uso, né l'installazione di sistemi operativi specifici o di altri applicativi proprietari in ambiente client. È sufficiente l'installazione del data base e dell'application server su un server centrale di un dipartimento o su un server pubblico esterno.

Una delle peculiarità più importanti del sistema, però, consiste nel fatto di essere un sistema completamente open source. Ogni suo modulo, infatti, è realizzato in OS e, come tale, è lasciato disponibile per ulteriori implementazioni. Il ricorso all'open source si è rivelato sin dall'inizio una scelta obbligatoria, in considerazione del carattere internazionale e multi-contestuale che si voleva (e si doveva) conferire al sistema.

L'open source è coerente con la modularità, con la scalabilità e il riuso del sistema. I principali vantaggi possono essere così riassunti:

– il fatto di essere un OS e allo stesso tempo una web application favorisce la diffusione della nuova metodologia operativa, quindi l'adozione del modello operativo gestionale e non ultimo, l'avvicinamento alle tecnologie informatiche dei soggetti normalmente esclusi dai processi di informatizzazione;
– l'OS consente un indirizzamento delle risorse economiche verso obiettivi prioritari della PA: ad esempio, permette di concentrare maggiori investimenti finanziari sulla formazione degli utenti, fattore determinante ai fini dell'accettazione e dell'utilizzo costante del sistema. Una maggiore e più accurata formazione favorisce il trasferimento del know-how metodologico, fondamentale per un'adozione efficace del sistema. ArcheoTRAC, infatti, non è solo un applicativo software ma una proposta metodologica che necessita di essere compresa, accettata e diffusa;
– l'OS abbatte le barriere all'adozione di ArcheoTRAC da parte dei 7 partner originali e di nuovi soggetti;
– l'OS è coerente con la creazione di una community di pratiche per far evolvere il sistema;
– l'OS promuove l'indipendenza da soggetti/soluzioni specifiche per attività di adeguamento del sistema;
– l'OS stimola l'innovazione e il riutilizzo.

Alle tecnologie "di sistema" possono essere affiancate e diversamente combinate alcune tecnologie hardware di tipo avanzato, affinché gran parte delle attività di gestione siano automatizzate, come ad esempio le operazioni di registrazione giornaliere o periodiche (presa in carico, spostamenti da luoghi o da contenitori, variazioni di associazione tra beni, consultazioni, assegnazione di codici ai beni, verifiche periodiche dei beni censiti, etc.). Una delle principali tecnologie affiancate ad ArcheoTRAC è la Radio Frequency Identification. I principali vantaggi che si individuano da una sua applicazione sul campo possono essere i seguenti:

– il riconoscimento dei beni è automatizzato e pertanto diventa rapido ed univoco;
– l'associazione fisica tra entità diverse può essere, anch'essa, automatizzata (tra deposito/archivio e scaffale/armadio, tra scaffale e contenitore, tra contenitore e reperto/documento, tra reperto e reperto, e così via);
– è possibile effettuare rapide verifiche dell'inventario dei beni fisici conservati in un determinato luogo (deposito, archivio, altro);
– è attuabile un monitoraggio sistematico delle movimentazioni da e verso luoghi diversi (da sito a deposito) o all'interno dei luoghi medesimi (da scaffale a scaffale, da ripiano a ripiano); il controllo può essere perfezionato sfruttando la combinazione della tecnologia RFId con speciali varchi dotati di antenne sensibili ai passaggi, associati a badge di riconoscimento degli operatori;
– la lettura dell'etichetta è eseguibile a distanze variabili (da 30 cm a 2,5 m), in base al tipo di dispositivo di lettura e di etichetta;
– le etichette possono essere lette anche se non sono rivolte frontalmente verso il dispositivo di lettura (reperti o contenitori raggruppati, documenti sovrapposti);
– è possibile effettuare una lettura multipla identificando una certa quantità di reperti o di documenti, mediante un solo puntamento;
– si possono aggiornare i dati registrati nei microchip incorporati (solo alcune tipologie di etichetta).

Infine, le connessioni al server centrale possono essere stabilite anche senza il ricorso a cablaggi fisici di tipo tradizionale. Questa soluzione è stata ritenuta indispensabile date alcune applicazioni specifiche del sistema: ad esempio, esso deve essere utilizzato in situazioni in cui possono non esistere installazioni fisiche per la connessione remota (siti archeologici, depositi archeologici, archivi documentali). A tale fine il sistema fa ricorso a tecnologie di connessione del tipo UMTS/HSDPA per i collegamenti sito/server o Wi-Fi per il collegamento da archivi o depositi a server.

Corrado Pedelì
Regione Autonoma Valle d'Aosta
Soprintendenza per i Beni e le Attività Culturali

BIBLIOGRAFIA

Pedelì C. 2005, *ArkeoKeeper: un modelo informático trasversal para la gestión de las colecciones arqueológicas*, in *Los Museos y las Nueva Tecnologías; Actas de las VIII Jornadas de Museología (Alicante, 25-27 Noviembre 2004)*, Revista de la Asociación de Museólogos de España, 10, 129-135.

Pedelì C., Pesciarelli R. 1997, *ArkeoKeeper, a computer recorder and controller of conservation and restoration work on the archaeological mobil finds*, in *Informatique et conservation-restauration du patrimoine culturel, VIIIe journées d'études de la SFIIC (Chalon-sur-Saône, France, 23-24 octobre 1997)*, Champs-Sur-Marne, SFIIC, 81-99.

ABSTRACT

The Superintendency for Cultural Heritage and Activities of the Autonomous Region of Aosta Valley (Italy), has recently created a new concept information system for the ordinary management of the archaeological and related documental patrimony. ArcheoTRAC is a multicontextual and interdisciplinary methodological tool, envisioned by field experts to promote and simplify the daily management and recording activity. The system proposes a new and alternative approach which "excludes" cataloguing as a first step in the recording process. Its main aim is to identify every archaeological entity and track its life-cycle. ArcheoTRAC is an open source web application, UMTS/HSDPA and Wi-Fi, which can be supported by different combined technologies as bar code, RFId and control access. This paper discusses the management conceptual model and its innovative methodological approach, the use of which can be greatly expanded by resorting to the open source.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 121-130

AMBIENTI COLLABORATIVI 3D. IL CASO DI VIRTUAL ROME

1. Introduzione

Il progetto Virtual Rome (www.virtualrome.it/), avviato da alcuni anni dal VHLab dell'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del CNR, con la collaborazione di CINECA e con il supporto di Seat Pagine Gialle e Camera di Commercio di Roma, nasce con l'obiettivo primario di ricostruire il paesaggio della Roma di oggi e di secondo secolo d.C. e di rendere disponibile interattivamente tale ricostruzione tridimensionale on-line, insieme ad approfondimenti multimediali e a metainformazioni, all'interno di comuni web browser (Pescarin *et al.* 2008). Il progetto è diventato inoltre una sorta di laboratorio aperto e di sperimentazione di una filiera di lavoro quasi interamente open source nel campo dell'archeologia virtuale. Grazie a tale approccio è stato possibile raggiungere un secondo importante obiettivo, quale quello di realizzare un sistema di gestione dei contenuti (Content Management System) 2D e 3D completamente aperto e on-line, attraverso il quale i partner del progetto hanno potuto editare e modificare interattivamente il paesaggio 3D, utilizzando un semplice browser Internet.

Nell'ambito delle piattaforme di rendering di applicazioni 3D "browser embedded" non si è ancora delineato un chiaro "leader di mercato" o standard. Tale "mercato" è attualmente guidato dalle applicazioni ludiche, che hanno condizionato lo sviluppo sia dei sistemi hardware che software, spinto quasi esclusivamente dal budget normalmente molto alto. Ciò ha comportato una grande varietà di piattaforme per PC (Windows, Linux, Mac), Consoles (Sony, XBox, Nintendo) e recentemente dispositivi mobili (Ipod, Iphone, Smartphones). La maggior parte dei sistemi di sviluppo utilizzati in questo ambito sono proprietari, costosi e customizzati per ottenere il massimo della performance. D'altro canto però, il web tende a definire una modalità di fruizione dei contenuti aperta e standardizzata (HTML, Javascript, Xml, etc.) favorendo progetti a codice aperto e cross platform (come ad esempio Firefox o Chrome). Per questo, coniugare i due mondi (web e 3D) non è semplice e non vi sono ancora approcci consolidati, tecnologie standard o leader indiscussi. Dal 2004 un gruppo di lavoro composto da end-user, content developer e software developer (CNR ITABC e CINECA) sta lavorando per proporre una soluzione in questa direzione, confrontandosi con un complesso progetto, quale Virtual Rome, per il quale sono stati sviluppati una serie di strumenti e applicazioni 3D web-based open source.

La principale applicazione messa a punto per il progetto Virtual Rome si chiama *OSG4Web*. Si tratta di un plug-in che consente di interagire all'interno del browser con dati territoriali 3D (dati telerilevati, GIS, modelli 3D e

Fig. 1 – Interfaccia e funzionalità del front-end di Virtual Rome.

multimedia). OSG4Web si basa sulla libreria OpenSceneGraph. Il secondo strumento realizzato è una piattaforma di editing delle scene 3D on-line (per utenti registrati) che funziona come un Content Management System per la creazione di progetti web, e in più, rispetto ad un comune CMS, integra il plug-in OSG4Web per la gestione di contenuti 3D. Tale lavoro è un'evoluzione di una precedente versione del plug-in già sviluppata nel 2004 per il progetto Appia Antica (Forte, Pescarin, Pietroni 2005).

Il sistema messo a punto per Virtual Rome nel suo insieme è definibile come VR webGIS dal momento che integra le caratteristiche proprie di un Web-GIS (gestione e visualizzazione di dati spaziali) con quelle di un'applicazione di Realtà Virtuale (comportamenti complessi nel 3D). L'idea di sviluppare un tale sistema nasce da una doppia esigenza: da un lato dall'interesse di creare un collegamento tra l'effetto informativo del GIS e quello immersivo dell'esplorazione virtuale di monumenti e paesaggi, dall'altro dalla necessità di creare un contenitore dove rendere fruibili i contenuti 3D già sviluppati precedentemente nell'ambito dei progetti Appia Antica (Forte, Pescarin, Pietroni 2005) e Flaminia (Forte 2007).

2. Virtual Rome e OSG4Web

Il VR Web-GIS realizzato per Virtual Rome si configura come laboratorio aperto per l'interpretazione, la ricostruzione e l'esplorazione in 3D del paesaggio storico potenziale di Roma. Utilizzando gli sviluppi di OSG4Web e della

Fig. 2 – Interfaccia di accesso alla sezione "creazione punti di vista" del back-end

libreria OpenSceneGraph, il sistema è ora dotato, sul fronte dell'esplorazione 3D interattiva (front-end, Fig. 1), di strumenti avanzati ed originali per le funzioni di *fly-through* e del *walk-through* che consentono di unire alle caratteristiche di visione territoriale tipiche del GIS, quelle di esplorazione degli interni che caratterizzano la Realtà Virtuale. Sul fronte della gestione dati (back-end, Fig. 2) dispone invece di un avanzato sistema CMS che attraverso una semplice interfaccia grafica consente l'interazione di più studiosi nell'operazione di ricostruzione collaborativa e di creazione di percorsi di visita (Fig. 2).

Questo passo è ispirato a un'impostazione teorica ben precisa che fa dell'apertura e della trasparenza del dato il punto focale dell'elaborazione, ma soprattutto è finalizzato ad una prospettiva di utilizzo del sistema informativo

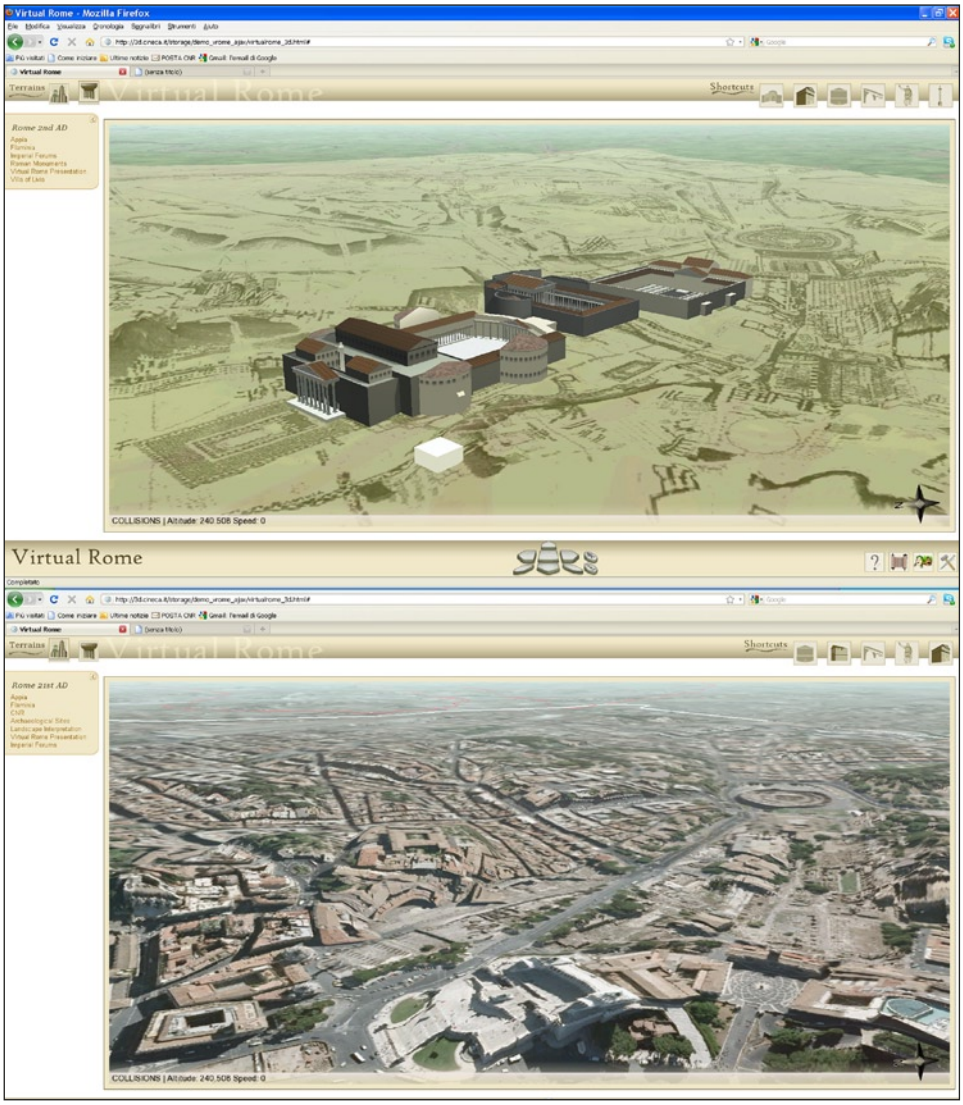


Fig. 3 – Virtual Rome: front end. Un momento dell'esplorazione della zona dei Fori come appare oggi sulle foto aeree e come è stata descritta dal Lanciani nella sua Forma Urbis.

che abbatta l'artificiosa separazione spesso sottolineata fra i domini di ricerca e divulgazione. Il back-end di OSG4Web consente infatti contemporaneamente agli studiosi di sperimentare nuove ipotesi di ricerca sul paesaggio antico, e agli utenti più diversi di navigarlo, anche attraverso percorsi didattici specifici.

Il paesaggio tridimensionale navigabile on-line della Roma del II secolo comprende ora la ricostruzione dell'intero paesaggio dell'Agro (risoluzione 10-100 m), con alcune zone della città di cui sono disponibili anche i monumenti in 3 dimensioni esplorabili a maggiore dettaglio, ovvero i Fori Imperiali, il parco archeologico dell'Appia Antica, alcuni siti lungo la Via Flaminia, compresa la Villa di Livia a Prima Porta, visitabile interamente anche all'interno. Siti, monumenti e aree archeologiche sono così interconnessi con il proprio contesto paesaggistico e ricostruiti sulla base della topografia attuale e potenziale.

Il territorio intorno a Roma è stato ricostruito filologicamente sulla base di dati documentari e paleo-ambientali, elaborati attraverso tecniche di analisi spaziale a partire dalla geomorfologia, dalla carta dell'uso del suolo e dai dati archeologici disponibili.

L'area del Pomerio è stata caratterizzata con la visualizzazione in trasparenza della Forma Urbis del Lanciani, in modo da costituire al tempo stesso una base di riflessione topografica e un riferimento sperimentale (Fig. 3). Si tratta di una delle possibili visioni di Roma, un *mindscape* che utilizza questa particolare mappa che racchiude in sé già l'interpretazione di un grande archeologo, quale il Lanciani, e offre interessanti spunti di riflessione. È possibile però in maniera semplice aggiungere e sovrapporre altre mappe utili alla lettura ed interpretazione del paesaggio urbano. Tutti i dati infatti sono georeferenziati e vengono elaborati prima di tutto da software GIS per poi essere processati da un "terrain generator", sempre geo-based, ovvero da uno strumento per la generazione di un terreno tridimensionale. Una volta ottenuta o elaborata, una cartografia può entrare dinamicamente a far parte di Virtual Rome, trasformandosi in un nuova possibile alternativa, uno "switch". Gli elementi vettoriali e i modelli 3D, essendo livelli indipendenti, possono essere caricati e visualizzati al di sopra di diverse "visioni", mappe o paesaggi, contribuendo ad incrementare il valore cognitivo dell'esperienza. Il back-end consente di rendere possibili in maniera semplice queste complesse operazioni.

3. OSG4Web: il plugin

OSG4Web è pensato come un progetto open source in continuo sviluppo. Virtual Rome è la piattaforma VR Web-GIS realizzata per Seat che utilizza una delle versioni del plug-in, in cui sono implementate le seguenti caratteristiche:

– Run-time OSG4Web completamente open source;
– libreria 3D OpenSceneGraph basata su OpenGL e distribuita con licenza LGPL;
– strato cross platform e cross browser;
– la libreria di base cross platform (Linux, Windows, OSX).

Il plugin attualmente utilizzato per www.virtualrome.it è disponibile come estensione di Firefox per Windows. È stato testato su macchine di fascia media (laptop recenti con schede Nvidia) dove raggiunge una soddisfacente stabilità; non funziona su hardware molto datato e presenta alcuni difetti su schede Intel e su schede ATI di vecchia generazione. Sono stati avviati test preliminari su Linux utilizzando la medesima libreria, ma senza le funzionalità avanzate di interazione javascript.

La gestione dello "streaming", ovvero del download parcellizzato di componenti della scena, è affidato alla libreria OpenSceneGraph che lo implementa tramite una tecnica di "paging" che si basa solo su protocollo http.

Attualmente la versione più aggiornata dei sorgenti utilizzati per il plugin in Virtual Rome si trova nel repository di tipo Bazaar[1].

Per la navigazione nel paesaggio è stato implementato un sistema dedicato di esplorazione che sfrutta mouse e tastiera e include: funzionalità di volo (fly), cammino (walk) e collision, attivazione di percorsi di visita, punti di vista e switch, oltre a strumenti di navigazione quali l'altimetro, la bussola e la possibilità di osservare il livello di caricamento dei modelli nel browser (Fanini in questo volume).

4. Editing della scena 3D: back-end

La ricostruzione digitale di contenuti per la valorizzazione del patrimonio culturale ha fatto passi da gigante negli ultimi anni, in parallelo con le tecniche per presentare i contenuti stessi in una maniera la più multiforme ed efficace possibile: tra queste l'ausilio del web per mostrare scenari tridimensionali complessi.

Questo medium di comunicazione apre le porte a una serie di nuove possibilità di interazione, in cui l'utente non subisce più in modo passivo le informazioni, ma è parte attiva, ad esempio attraverso l'esplorazione autonoma di uno scenario virtuale (e.g. Guidi *et al.* 2005; De Felice, Sibilano, Volpe 2008) e l'interrogazione degli elementi della scena (e.g. Bocchi 1999; Forte 2003; Guidazzoli *et al.* 2005; Coralini, Scagliarini 2007). Il framework sviluppato da CNR e CINECA e basato su OSG4Web tenta fra l'altro di rispondere a queste esigenze, attraverso lo sviluppo del sistema di gestione dei contenuti localizzati in server web e strutturati in repository (CMS).

La più recente e decisiva implementazione consiste infatti nell'aver reso disponibile, parallelamente al pacchetto per la navigazione nel VR Web-GIS, un sistema di gestione (tramite GUI) del repository di riferimento, e di creazione

[1] Bazar: http://bazaar-vcs.org/; Codice di OSG4Web: http://3d.cineca.it/storage/prove_repo/OSG4Web_bazar. Lo sviluppo sul porting Linux si trova all'indirizzo: http://3d.cineca.it/storage/bazaar_repo/BrowserEmbed/test.

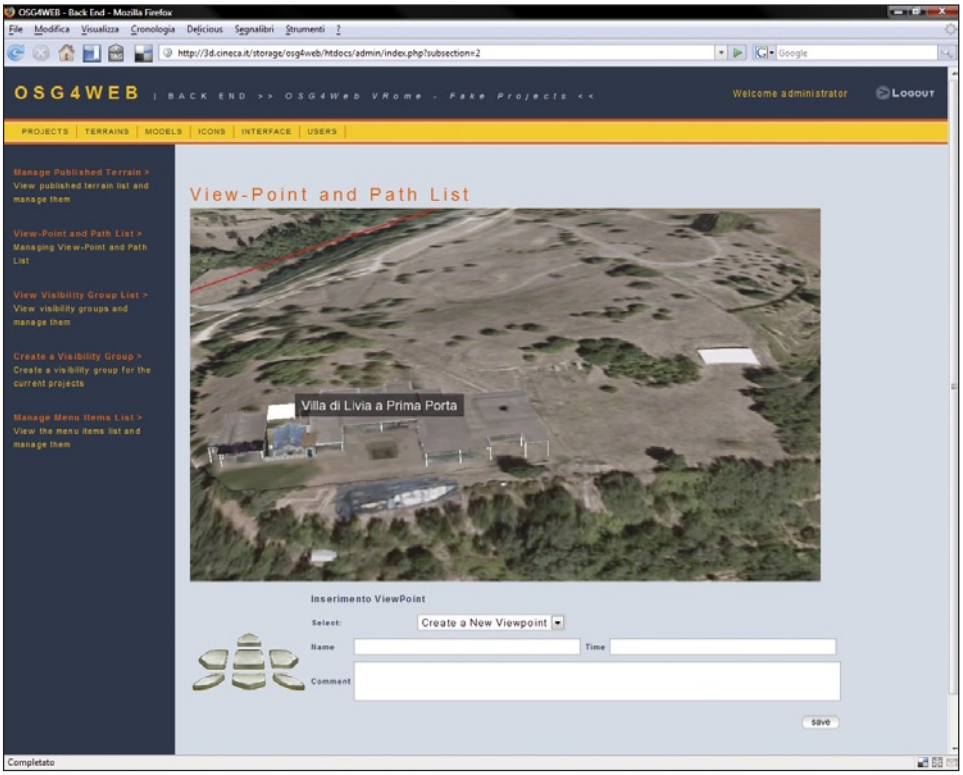


Fig. 4 – Selezione di punti di vista all'interno del back-end.

ed editing di progetti, percorsi, modelli e terreni. Tale sistema si basa su una gerarchia di permessi che consentono a diversi utenti di poter interagire con privilegi differenziati sulla manipolazione del paesaggio.

Ci siamo resi conto infatti che il collo di bottiglia nella creazione di paesaggi esplorabili in 3D on-line era la creazione stessa della scena che richiedeva di delegare tutto al programmatore, mentre lo strumento che avevamo usato per realizzare il sistema poteva, con un'interfaccia adeguata, divenire lo strumento aperto, framework per la creazione dei progetti.

Nel back-end (CMS) l'utente ha la possibilità di importare contenuti tridimensionali: terreni 3D, modelli 3D di monumenti, siti, reperti o della vegetazione, layer vettoriali. Può inoltre includere contenuti grafici (icone) o multimediali (pagine web di approfondimento, filmati, immagini, etc.). Tali contenuti, pur rimanendo nel repository di riferimento, possono essere manipolati (posizionati, modificati, eliminati) attraverso lo stesso back-end,

che fornisce inoltre il *template* grafico personalizzabile della pagina web (front-end). Quest'ultima, contenendo la finestra di navigazione, costituisce l'interfaccia di accesso all'intero complesso di dati.

La caratteristica peculiare è che tutto avviene da remoto, il che rende il sistema un rapido strumento per l'editing e l'eventuale authoring multiutente di contenuti tridimensionali.

Dal back-end è possibile anche impostare in maniera semplice ed intuitiva punti di vista e percorsi automatici di visita (Fig. 4). Il plug-in OSG4Web, integrato nel CMS, infatti, consente di scegliere e salvare dinamicamente le viste e i percorsi preferiti.

Di seguito sono elencate le azioni possibili all'interno del CMS:

– gestione di librerie di terreni;
– gestione di librerie di modelli 3D;
– gestione di librerie della vegetazione;
– posizionamento di modelli 3D sulla scena tramite coordinate geografiche (x, y, z eventualmente rotation e scale);
– assegnazione al modello 3D di meta-informazioni:
  . tooltip
  . external link (html di approfondimento, contenuti multimediali);
– aggiunta di punti di vista e percorsi direttamente in 3D;
– aggiunta o modifica di icone interattive nel front-end e impostazione dei comportamenti attivabili;
– creazione e gestione dei tematismi singolarmente o per gruppi.

L'integrazione con meta-informazioni di vario genere è possibile grazie all'utilizzo di formati 3D aperti (formato *.osg). I modelli 3D infatti possono essere editati, durante le operazioni di modifica della scena, con l'aggiunta di appositi *tag*, poi riconoscibili dal plug-in di visualizzazione 3D.

Il sistema funziona completamente da browser, ed è stato sviluppato interamente in C++ per quanto riguarda le operazioni legate all'ambiente 3D, e in PhP e JavaScript per la parte di interfaccia utente.

4. Conclusioni

La road-map prevede di integrare due nuove funzioni in corso di sviluppo nel back-end: una funzione avanzata di posizionamento e modifica dei modelli 3D e un sistema di integrazione paginata della vegetazione all'interno del grafo della scena (Virtual Gardener).

Abbiamo individuato alcuni elementi estremamente positivi nello sviluppo del progetto. L'utilizzo ad esempio di formati aperti ha consentito il riutilizzo costante di modelli creati nel corso degli anni. La struttura del progetto ha inoltre incentivato tutto il team a collaborare e condividere i dati,

motivandolo a verificare in tempi più rapidi eventuali problematiche. Il sistema appare particolarmente adatto per l'interazione interdisciplinare, attività fondamentale nel campo dell'interpretazione e ricostruzione del paesaggio.

Sono altresì emerse talune problematiche, comuni ad altri progetti open source, quali il mantenimento del codice, la complessità di utilizzo degli strumenti da parte di utenti non esperti e la difficoltà a mantenere una documentazione aggiornata.

Si prevede nel prossimo futuro di ampliare ulteriormente il progetto, consentendo di aprirlo ad altri ambiti relativi all'archeologia virtuale, configurandosi così come ambiente cooperativo tridimensionale e punto di riferimento per diverse comunità virtuali, consentendo una continua rielaborazione del paesaggio archeologico attraverso l'integrazione di diversi progetti e centri di ricerca.

Sofia Pescarin, Augusto Palombini
CNR - ITABC – Roma

Luigi Calori, Andrea Negri
CINECA – Bologna

Ringraziamenti

Direzione scientifica: S. Pescarin, M. Forte; Software Design: C. Camporesi, L. Calori; Programmatori: C. Camporesi, B. Fanini (CNR ITABC); L. Calori, S. Imboden, A. Negri, T. Diamanti (CINECA); Web programmers e grafica: C. Camporesi, M. Pescarin, C. Albano; Ricostruzione del paesaggio: S. Pescarin, A. Palombini, V. Vassallo; Modellazione 3D: F. Galeazzi, M. di Ioia, A. Moro, E. Pietroni, L. Vico (ITABC); F. Delli Ponti (CINECA); Multimedia contents: V. Vassallo, E. Pietroni, B. Trabassi (ITABC). Finaziamenti: Seat Pagine Gialle e Promoroma-Camera di Commercio di Roma. Vorremmo inoltre ringraziare per le immagini aereofotografiche: Nuova Telespazio e per i dati archeologici e ambientali: Sovraintendenza Comunale di Roma, Dipartimento X Politiche Ambientali ed Agricole; A. Arnoldus-Huyzendveld (Digiter).

BIBLIOGRAFIA

Bocchi F. 1999, *Medieval Metropolises Metropoli medievali. Proceedings of the Congress of the Atlas Working Group, International Commission for the history of towns (Bologna, 8-10 maggio 1997)*, Bologna, Grafis.

Coralini A., Scagliarini D. (eds.) 2007, *Ut Natura Ars. Virtual Reality e archeologia. Studi e Scavi*, Imola, University Press.

De Felice G., Sibilano G., Volpe G. 2008, *L'informatica e il metodo della stratigrafia, Atti del Workshop (Foggia, 6-7 giugno 2008)*, Bari, Edipuglia.

Forte M. 2003, *The Remote Sensing. Project for the Archaeological landscape of Aksum (Ethiopia)*, in M. Forte, P.R. Williams (eds.), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies*, BAR International Series, Oxford, Archaeopress., 81-93.

Forte M. (ed.) 2007, *La villa di Livia: un percorso di ricerca di archeologia virtuale*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 111-119.

Forte M., Pescarin S., Pietroni E. 2005, *The Appia Antica Project*, in M. Forte (ed.), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies, Proceedings of the 2nd Italy-USA Workshop (Rome, November 3-5 2003, Berkeley, USA, May 2005)*, BAR International Series 1379, Oxford, Archaeopress, 79-92.

Forte M., Pescarin S., Guidazzoli A., Liguori M.C., Felicori M. 2005, *To Landscape Virtual Museums*, in M. Forte (ed.), *Archaeological Landscapes through Digital Technologies, Proceedings of the 2nd Italy-United States Workshop (Rome, Italy, november 3-5, 2003 Berkeley, USA, May 2005)*, BAR International Series, Oxford, Archaeopress.

Guidi G., Frisher B., Carosso L., Cioci A., De Simone M., Grasso T., Micoli L.L., Russo M., Spinetti A. 2005, *Virtualizing Ancient Rome: 3D acquisition and modeling of a large plaster-of-Paris model of imperial Rome*, in E.H. Berald, W. Gruen (eds.), *Videometrics VIII, 18-20 jan 2005*, Sg. Josè, California, SPIE, 5665, 119-133.

Pescarin S., Calori L., Camporesi C., Di Ioia M., Forte M., Galeazzi F., Imboden S., Moro A., Palombini A., Vassallo V., Vico L. 2008, *Back to 2nd AD. A VR on-line experience with Virtual Rome. Project*, in M. Ashley, S. Hermon, A. Proenca, K. Rodriguez-Echavarria (eds.), *VAST 2008. 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, Eurographics Symposium, Proceedings,* Aire-la-Ville. Switzerland, Publ. Eurographics Association, 109-113.

ABSTRACT

Virtual Rome Project (www.virtualrome.it) has developed a VR Web-GIS application, with front-end and back-end on line solutions, for the interpretation, reconstruction and 3D exploration of archaeological and potential historical landscapes of Rome. The paper discusses the collaborative environment developed by the project for the back-end.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 131-144

MOTORI CARTOGRAFICI OPEN SOURCE PER LA RICERCA ARCHEOLOGICA: APPLICAZIONI A HIERAPOLIS DI FRIGIA (TURCHIA)

1. Introduzione

Il Laboratorio di Topografia Antica, Archeologia e Telerilevamento (ANcient Topography, Archaeology and Remote Sensing Laboratory – ANTARES Lab) dell'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBAM-CNR) utilizza dal 2008 sistemi open source per la gestione, l'elaborazione e la pubblicazione sul web di parte dei dati raccolti durante le ricognizioni archeologiche condotte nell'area urbana di Hierapolis di Frigia, nell'ambito delle attività di ricerca della Missione Archeologica Italiana (MAIER) diretta dal Prof. F. D'Andria.

Una prima pubblicazione on-line è stata realizzata con il Web-GIS dell'area urbana e delle necropoli di Hierapolis (http://antares.ibam.cnr.it/atlante-hierapolis/) e si basa sui contenuti raccolti nel volume *Atlante di Hierapolis di Frigia* (D'Andria, Scardozzi, Spanò 2008), opportunamente adattati per il web; nel volume sono sintetizzati i risultati di cinquant'anni di ricerche della MAIER, che vengono rappresentati in un atlante archeologico basato su una cartografia in scala 1:1000, suddivisa in 53 fogli, ciascuno accompagnato da schede descrittive dei principali monumenti che vi compaiono. L'*Atlante di Hierapolis* on-line costituisce il completamento e la naturale estensione dei dati raccolti all'interno del volume, nell'ambito di un progetto editoriale realizzato con differenti mezzi di comunicazione; a differenza della tradizionale pubblicazione cartacea, si configura come uno strumento dinamico, naturalmente predisposto ad un costante aggiornamento dei dati a seguito del prosieguo della ricerca, ad un'estensione geografica dei contenuti anche al territorio dipendente da Hierapolis e ad una periodica implementazione di nuovi sistemi di consultazione e distribuzione dei dati (Castrianni *et al.* 2008). Questo Web-GIS conferma ulteriormente la semplicità e l'affidabilità dei sistemi open source, che, in considerazione del basso costo d'implementazione, risultano una risorsa importantissima per l'archeologia.

Una nuova applicazione, basata su *PostgreSQL*, ancora in corso di realizzazione e per ora disponibile solo per le varie *équipe* che lavorano nella MAIER, è costituita dal geodatabase della cinta muraria di Hierapolis, elaborato per gestire la grande quantità di materiali architettonici riutilizzati nelle fortificazioni proto-bizantine della città e distribuiti lungo un tracciato di oltre 2 km. Contiene le schede di 1150 pezzi architettonici, catalogati e posizionati attraverso GPS differenziale contestualmente al rilievo topografico

della cinta muraria. La creazione di un database che consenta query spaziali di singoli elementi o gruppi omogenei di materiali, risulta fondamentale per la conoscenza delle fasi costruttive delle mura e dei monumenti che furono demoliti per la sua realizzazione, e costituisce anche il punto di partenza per la successiva implementazione di un'interfaccia per l'aggiornamento, direttamente da web, dei dati contenuti nel sistema informativo[1].

2. Struttura dei sistemi

I due Web-GIS sviluppati su Hierapolis di Frigia sono ospitati sulla stessa piattaforma hardware e si configurano come progetti svincolati che tuttavia condividono le stesse risorse informatiche. Il primo dei due sistemi, il Web-GIS dell'*Atlante di Hierapolis*, è di pubblico utilizzo senza alcuna restrizione nella consultazione dei dati rilasciati. Il secondo, ovvero il Web-GIS della cinta muraria di Hierapolis, è un lavoro ancora in corso, perché non sono stati ultimati il controllo e la validazione delle schede nel *geodatabase*. Questo secondo sistema viene per ora utilizzato come strumento di ricerca ed è disponibile per la consultazione ai soli membri della MAIER, che possono accedervi dalle proprie sedi operative, in diversi centri di ricerca italiani e stranieri, fornendo le opportune credenziali; successivamente potrà essere rilasciato per la pubblica fruizione.

Poiché il Web-GIS gira su una macchina inquadrata nell'ambito della rete CNR-IBAM di Lecce, per motivi gestionali interni all'Istituto il sistema operativo utilizzato è Windows Server 2003 RS2, unica risorsa non open source. A questa macchina è stato assegnato un indirizzo IP statico della rete GARR-NET, in maniera da renderla raggiungibile dall'esterno. Il servizio http non è gestito da Internet Information Server (IIS), che è stato opportunamente disattivato, ma si appoggia ad Apache HTTP Server.

Sulla macchina sono presenti due servizi distinti di Apache Server: il primo, che risponde sulla porta 80, si occupa della gestione del sito dell'ANTARES Lab e del servizio di webmail interno al laboratorio, mentre il secondo, in ascolto sulla porta 8080, gestisce esclusivamente i servizi cartografici. Attraverso questa configurazione, il server Apache primario è in grado di stabilire se si sta cercando di accedere alle risorse Web-GIS e quindi di deviare automaticamente la richiesta al motore cartografico (servizio http secondario). Questa configurazione è stata realizzata tenendo in considerazione i possibili sviluppi dei due sistemi: in questo modo i Web-GIS sono svincolati dalla macchina agganciata alla rete esterna, ed in ogni caso è possibile effettuare

[1] I progetti dell'*Atlante di Hierapolis on-line* e del geodatabase delle mura sono coordinati da G. Scardozzi; G. Di Giacomo cura il progetto grafico e lo sviluppo del software e dei database, mentre l'attività redazionale e di raccolta dei dati sul campo è curata anche da L. Castrianni ed I. Ditaranto.

aggiornamenti e manutenzione senza influenzare le altre attività del laboratorio, bilanciando il carico sui diversi servizi http.

Per quanto riguarda il motore cartografico, si è scelto di utilizzare l'ormai collaudato UMN Mapserver, sviluppato dalla University of Minnesota (UMN) in cooperazione con il Minnesota Department of Natural Resources (MNDNR) e con la NASA, rilasciato gratuitamente sotto licenza GPL, che ha dimostrato una volta di più la sua stabilità e velocità di funzionamento. L'interfaccia web si basa su *pmapper* nella release 3.2, mentre i servizi DB sono forniti da *PostgreSQL* con PostGIS, installato in locale.

Su questa infrastruttura sono dunque stati concepiti i due sistemi web-GIS, che in relazione alla loro specificità hanno seguito due linee di sviluppo completamente differenti.

3. Il Web-GIS dell'*Atlante di Hierapolis*

Un sistema informativo territoriale può essere definito come una rappresentazione cartografica evoluta e dinamica dello spazio reale, che si implementa attraverso l'uso di modelli per l'acquisizione e la memorizzazione dei dati (i database) e si sviluppa, nella fase di elaborazione della documentazione acquisita, attraverso l'interpretazione e la successiva creazione di nuovi dati. Da qui la necessità, per la versione on-line dell'*Atlante di Hierapolis*, di

Fig. 1 – La pagina di accesso dell'*Atlante di Hierapolis* on-line.

elaborare un modello di dati dedicato, che da un lato risultasse compatibile con i contenuti della versione cartacea dell'*Atlante*, e dall'altro fosse in grado di sfruttare le potenzialità tipiche dei sistemi informativi territoriali (Fig. 1). La soluzione adottata è stata quella di creare un sistema con tecnologie ibride, basato su una piattaforma completamente open source per la gestione e la rappresentazione dei dati spaziali (UMN Mapserver + *PostGreSQL* con PostGIS + *pmapper*), che sono stati poi integrati con i contenuti in formato *.pdf, a loro volta presentati, per esigenze di grafica, all'interno di pagine web sviluppate con tecnologia *shockwave*.

I livelli cartografici implementati, su cui avviene la navigazione, sono tre, e consistono in una immagine satellitare, un layer con la cartografia archeologica realizzata in collaborazione con la Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, ed uno strato invisibile e sempre attivo con i dati vettoriali delle aree di interesse archeologico.

L'immagine satellitare (*pan-sharpened* a colori reali, bande 3-2-1) è un'acquisizione di QuickBird-2 del 25-3-2005 e fornisce una veduta dall'alto piuttosto aggiornata e dettagliata dell'area archeologica (risoluzione al suolo di poco superiore ai 60 cm); è stata opportunamente trattata attraverso un processo di *tiling*, finalizzato a semplificarne e velocizzarne il caricamento durante la navigazione e ad alleggerire il carico di dati da elaborare. Il *layer* cartografico (on-line è disponibile il raster in scala 1:2500) è un GeoTiff, anch'esso sottoposto ad un processo di *tiling*, dopo opportuna georeferenziazione. Attraverso un *checkbox* è possibile accendere e spegnere sia l'immagine satellitare che la cartografia archeologica, entrambe utilizzabili come *base-map* per la navigazione, a seconda delle esigenze del visitatore; quando il livello di zoom del layer cartografico è eccessivo, l'immagine da satellite del layer sottostante viene automaticamente resa invisibile poiché si raggiunge il limite della sua risoluzione spaziale. Il terzo layer è un livello invisibile che rimane sempre attivo e che contiene i dati vettoriali delle aree di ingombro dei monumenti. Questo layer è il "cuore" di tutto il sistema: infatti è attraverso quest'ultimo che il Web-GIS è in grado di riconoscere i diversi monumenti e quindi di caricare i dati relativi a ciascuno di essi. Di questo layer esistono due versioni: una in formato *.shp ed un'altra che fa capo al *geodatabase*; in questo modo è possibile, in funzione delle esigenze di aggiornamento della piattaforma hardware e software, lasciare comunque sempre attivi i servizi Web-GIS.

I *layers* sono gestiti attraverso un classico mapfile (*.map) di UMN Mapserver, che è stato editato e configurato manualmente. Il sistema di riferimento per la cartografie è l'UTM/WGS84, sul fuso 35N, come si può evincere anche dalle coordinate visualizzate su *pmapper*, l'interfaccia grafico.

Pmapper è stato installato nella release 3.2, ed è stato configurato secondo le linee guida rilasciate da Armin Burger e dal suo team di sviluppo. Il motore di ricerca dei monumenti mediante menu a tendina, è stato creato

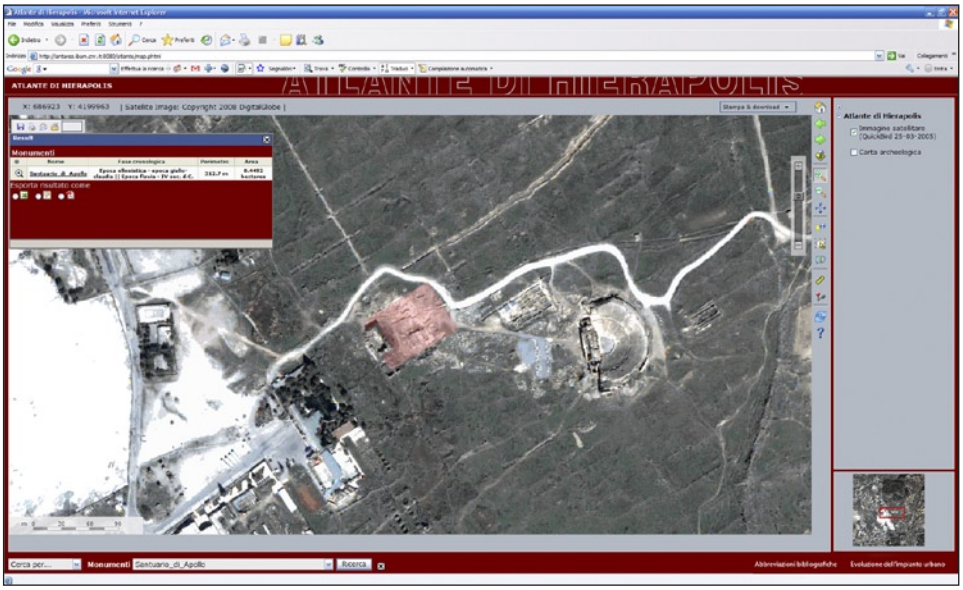


Fig. 2 – Ricerca di un monumento all'interno del database dell'*Atlante di Hierapolis on-line*. Il sistema ha trovato il monumento ed ha aperto una finestra pop-up con i risultati della ricerca; da qui, è possibile accedere alla scheda del monumento.

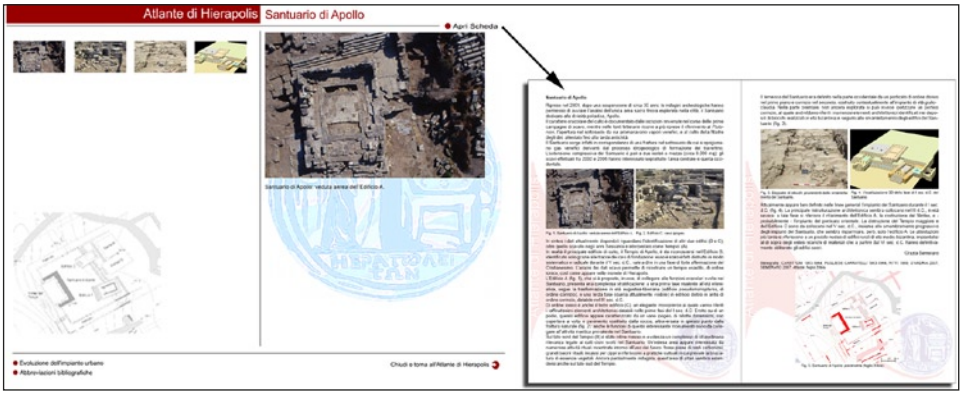


Fig. 3 – La scheda relativa al Santuario di Apollo: a sinistra, l'anteprima delle fotografie del monumento; dal tasto "Apri scheda" si accede alla descrizione del monumento in formato *.pdf (a destra).

attraverso il file di ricerca scritto in XML compreso nel pacchetto, opportunamente configurato. Una volta selezionato il monumento di interesse, il sistema carica una pagina web con contenuti *shockwave*, che costituisce la porta di accesso per il download dei dati in formato *.pdf.

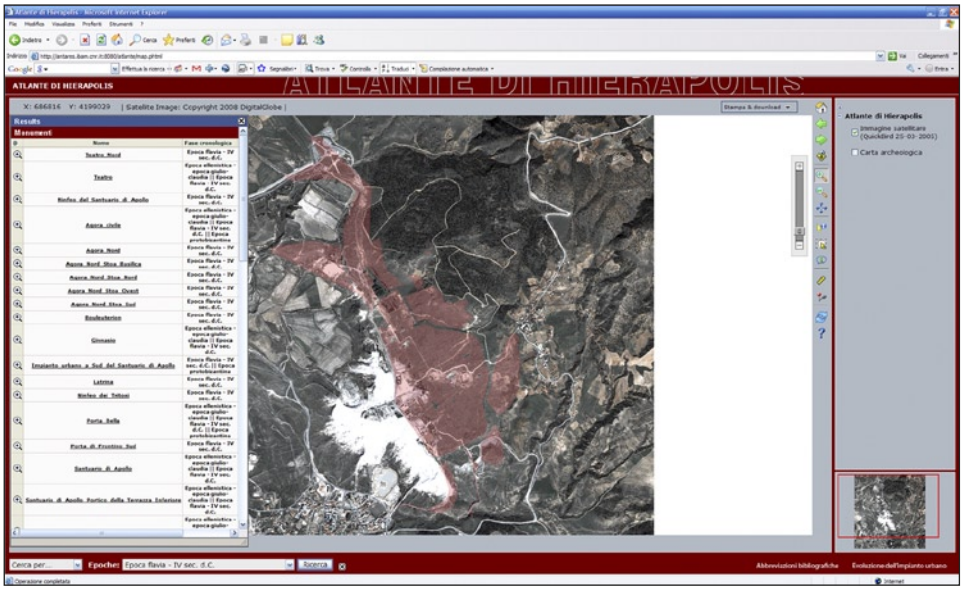


Fig. 4 – Esempio di creazione a runtime di una carta di fase attraverso l'uso di Mapserver e *PostGreSQL*.

L'*Atlante* on-line è, come detto, di pubblica fruizione e qualunque utente può visualizzare e scaricare i dati in esso contenuti. Può essere considerato un sistema aperto, in cui i dati delle campagne degli anni a venire potranno andare ad integrare quelli già presenti nel sistema oggi in funzione.

Questa piattaforma web costituisce di fatto uno strumento di prima conoscenza della città antica e dei suoi monumenti e nasce con specifiche finalità di comunicazione e di condivisione delle informazioni con un'utenza che si suppone maggiore rispetto a quella specialistica del volume da cui deriva; si presenta come uno strumento per visitare in modo rapido ed efficace la città, a disposizione di studiosi, studenti e di quanti siano interessati a conoscere Hierapolis. Nella piattaforma on-line ogni monumento o complesso archeologico della città è collegato, attraverso un link che compare quando viene selezionata un'evidenza archeologica, a una pagina web, contenente immagini con didascalie, visualizzabili in un'anteprima che può essere ingrandita a richiesta, e ad una scheda in formato .pdf; in quest'ultima sono inseriti i testi e le immagini del volume ed il particolare della cartografia archeologica in cui compare l'evidenza presa in considerazione (Figg. 2-3).

Esistono due modalità per richiamare le schede dei monumenti. La prima consiste nel navigare sull'immagine satellitare o sulla cartografia archeologica, selezionando i monumenti o le aree archeologiche di cui si vuole approfondire

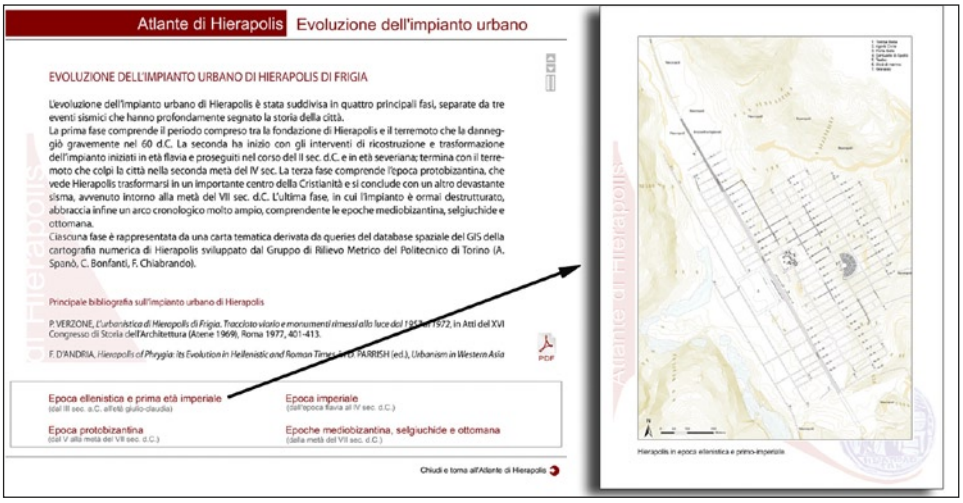


Fig. 5 – Descrizione dell'evoluzione dell'impianto urbano di Hierapolis: la pagina web (a sinistra), creata in linguaggio *shockwave*, è il punto di accesso al documento in formato *.pdf (a destra).

la conoscenza; la seconda prevede invece la ricerca del monumento per nome o per periodo storico, ripercorrendo l'intero sviluppo della città nelle sue quattro fasi principali: "epoca ellenistica e prima età imperiale", "età flavia - IV sec. d.C.", "epoca proto-bizantina (V - metà VII sec. d.C.)", "epoche mediobizantina, selgiuchide, ottomana". Con questo secondo tipo di ricerca, che avviene consultando un elenco delle entità o delle quattro fasi cronologiche, è possibile richiamare singolarmente tutti i monumenti o i complessi archeologici appartenenti ad un determinato periodo storico e visualizzarli insieme sulla carta archeologica della città, generando una vera e propria carta di fase (Fig. 4), con la possibilità poi di accedere alle relative immagini e schede descrittive.

Nel caso si vogliano visualizzare tutti i monumenti di una singola fase cronologica, oltre alle interrogazioni, attraverso il link "Evoluzione dell'impianto urbano" si può accedere ad una pagina in cui è contenuta una scheda per ognuna delle quattro principali fasi di trasformazione di Hierapolis, ciascuna corredata dalla relativa carta di fase, dove sono visualizzati tutti i monumenti e le evidenze archeologiche di un determinato arco cronologico, così da documentare lo sviluppo diacronico della città (Fig. 5).

L'*Atlante di Hierapolis* on-line offre quindi una visione d'insieme, per sviluppo storico e per localizzazione topografica, dei singoli monumenti; si tratta in definitiva di una struttura dinamica, che permette all'utente di interagire con la carta archeologica della città e di essere parte attiva nel processo di conoscenza, studio e approfondimento della storia, dell'archeologia e della topografia del sito.

4. Il Web-GIS delle mura di Hierapolis

Il Web-GIS delle mura di Hierapolis nasce con una finalità differente rispetto all'*Atlante* on-line, non legata alla diffusione dei risultati delle ricerche, ma alla gestione di una numerosa quantità di dati eterogenei (materiali architettonici di differente tipologia e realizzati con materiali diversi) fondamentali per la comprensione delle fasi costruttive del monumento in cui sono stati reimpiegati (le fortificazioni proto-bizantine), ma anche per la conoscenza delle caratteristiche dei monumenti da cui provengono, non sempre noti. La cinta muraria di Hierapolis, conservata in elevato o in crollo per ca. 2100 m, fu infatti costruita tra la fine del IV e gli inizi del V sec. d.C. utilizzando sistematicamente materiali di spoglio (per lo più blocchi di travertino, ma anche elementi architettonici sia in vari tipi di marmo che in travertino stesso) provenienti da vari edifici della città che in quel periodo venivano demoliti poiché lasciati al di fuori delle fortificazioni (per es. l'Agorà Nord ed il Teatro Nord) o perché fortemente danneggiati da un terremoto della metà del IV sec. e non più funzionali nella nuova città bizantina, in cui i luoghi di culto pagani lasciavano posto alle chiese ed agli altri edifici cristiani. Il progetto di ricerca, ancora in corso, finalizzato allo studio di questo grande monumento della città, ad oggi ancora non indagato sistematicamente, si è focalizzato, oltre che sul rilievo topografico e sulle sue caratteristiche costruttive, anche sull'analisi, la documentazione ed il preciso posizionamento di tutti i materiali architettonici, ovvero quelli maggiormente caratterizzati (a differenza dei normali blocchi parallelepipedi) e più facilmente riconducibili ai monumenti di provenienza.

Il geodatabase delle mura di Hierapolis nasce quindi per esigenze legate innanzitutto alla ricerca, e la diffusione via web dei dati tra le varie équipe della MAIER è resa necessaria per consentire il riconoscimento delle provenienze dei materiali architettonici ed il loro studio da parte dei gruppi di lavoro che operano sui vari monumenti della città. Questo Web-GIS ha pertanto seguito un iter evolutivo leggermente diverso da quello dell'*Atlante* on-line, poiché i due sistemi, pur avendo un "contenitore" comune, differiscono nella natura delle informazioni e nelle modalità di acquisizione, ma soprattutto nelle finalità e nei modi di presentazione dei dati.

Nello specifico, per il Web-GIS delle mura è stata anzitutto creata una scheda di acquisizione dei dati (Fig. 6), che soddisfa tutti i criteri della catalogazione standard dei pezzi architettonici, integrando i campi descrittivi con un campo di localizzazione attraverso coordinate reali (nel sistema UTM/WGS84) e con alcune immagini del materiale analizzato. Si è provveduto quindi a digitalizzare il modello di scheda analitica, utilizzando come server *postGreSQL* con l'estensione *postGIS*: sono state create le tabelle ed i campi del database e l'interfaccia grafica, costituita da una pagina web contente un form per l'immissione dei dati.

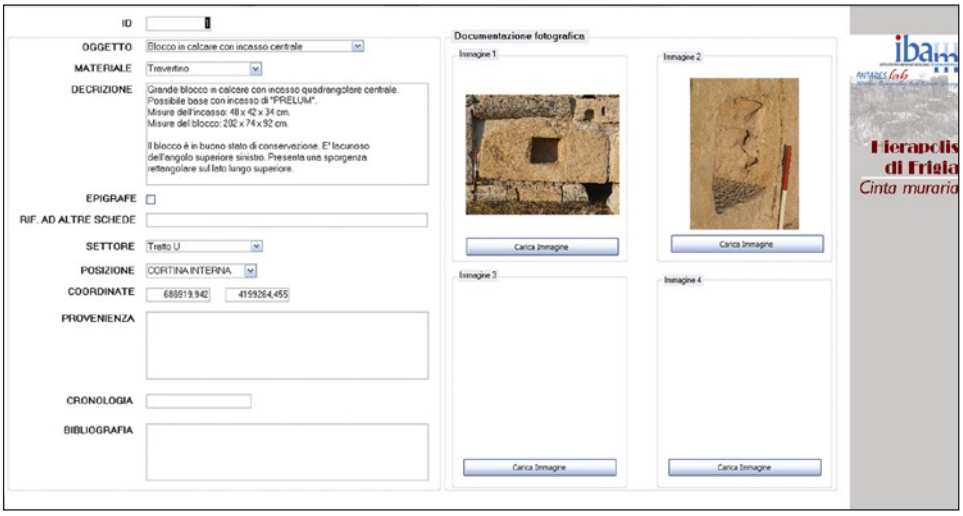


Fig. 6 – Geodatabase della cinta muraria di Hierapolis: form in *.php per l'inserimento dei dati da web nel database di *PostGreSQL*.

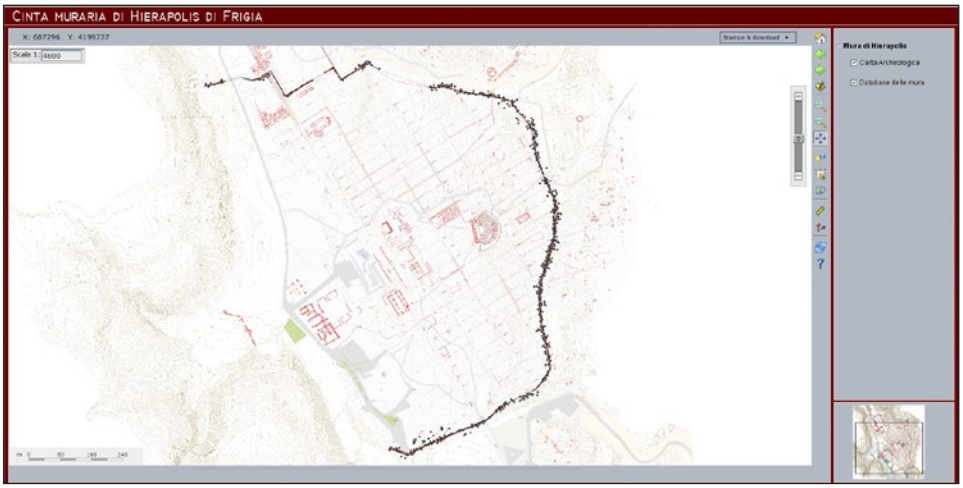


Fig. 7 – Localizzazione dei materiali architettonici di reimpiego rilevati con GPS differenziale lungo il circuito delle mura proto-bizantine di Hierapolis.

L'esigenza di poter utilizzare sul campo il database è stata soddisfatta attraverso l'installazione su di un Tablet PC (Samsung NP-q1) di Apache e del server *PostGreSQL*, in maniera da rendere disponibile durante la ricognizione un "clone" del sistema da cui questa versione portatile deriva. L'acquisizione

Fig. 8 – Veduta dei resti del Teatro Nord di Hierapolis.

dei dati (che ammonta a 1150 record) e la documentazione dei materiali è avvenuta quindi direttamente in digitale. La posizione degli elementi architettonici (Fig. 7) è stata acquisita attraverso la lettura delle coordinate calcolate con GPS differenziale (GNSS SOKKIA GSR2700 ISX). I punti acquisiti sono stati chiamati con il codice univoco della scheda analitica, in maniera da poter incrociare i dati ed associare automaticamente le coordinate alla scheda, limitando al minimo le possibilità di errore nella fase di digitazione.

Come per il Web-GIS dell'*Atlante di Hierapolis*, si è implementato un nuovo mapfile, nel quale sono stati descritti tre layer, uno contente l'immagine satellitare della città, uno con il nuovo rilievo del circuito delle mura, realizzato nel 2008, ed un terzo livello che viene creato a runtime recuperando i dati dal geodatabase di *PostgreSQL*, con la localizzazione in forma puntuale dei singoli blocchi e l'hyperlink verso la descrizione sintetica di ciascuno di essi.

L'uso di *PostGreSQL* in associazione a PostGIS consente di operare query di analisi geospaziale inerenti la collocazione delle diverse tipologie di elementi architettonici all'interno dei singoli tratti della cinta muraria. Mediante queste analisi, che integrano le caratteristiche intrinseche degli oggetti e la loro posizione spaziale, è possibile, per esempio, individuare l'esistenza di materiali omogenei ed evidenziarne la posizione lungo il tracciato; in questo modo, essi sono messi in relazione topografica con il punto della cinta muraria in cui sono stati reimpiegati e, quando conosciuti, con i rispettivi monumenti di provenienza, con la possibilità

Fig. 9 – Alcune vedute della cinta muraria proto-bizantina di Hierapolis: da notare la quantità di materiali di reimpiego e la sistemazione dei sedili in marmo provenienti dalla demolizione del Teatro Nord.

di formulare tutta una serie di osservazioni sull'organizzazione e sullo sviluppo del cantiere della cinta muraria e sui vari cantieri di demolizione.

Esemplificativo, in questo senso, è il caso dei sedili del Teatro Nord che, gravemente danneggiato dal terremoto della metà del IV sec. d.C. e rimasto al di fuori delle fortificazioni proto-bizantine, venne quasi completamente demolito (Figg. 8-9) ed i suoi materiali furono ampiamente reimpiegati nella cinta muraria (Scardozzi c.s.).

L'esame sistematico delle fortificazioni ha permesso innanzitutto di acquisire nuovi dati sul Teatro stesso, rilevando per esempio l'esistenza di sedili in marmo ad esso riferibili, mentre ad oggi si riteneva che l'edificio fosse stato realizzato interamente in travertino. Inoltre, l'analisi della distribuzione di questi manufatti ha evidenziato che i sedili in travertino identificati (ca. 170), pertinenti alla *summa cavea*, furono messi in opera prevalentemente nella parte del tratto orientale delle

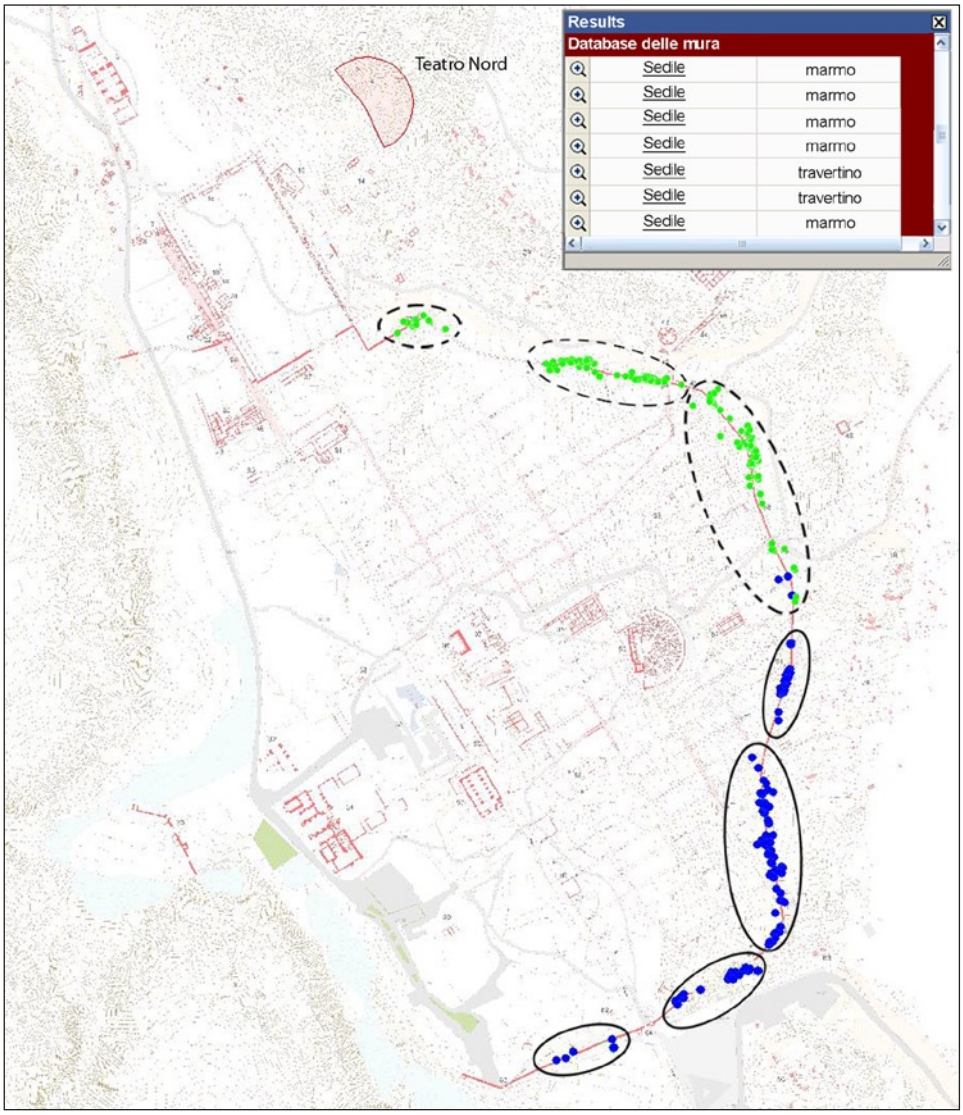


Fig. 10 – Localizzazione dei sedili in marmo (linea continua) ed in travertino (linea tratteggiata) del Teatro Nord reimpiegati lungo la cinta muraria di Hierapolis.

mura più vicina al Teatro, dall'angolo nord-orientale fino all'incirca a metà di questo segmento, nella zona in cui si trova la c.d. Porta sopra il Teatro (Fig. 10); nel tratto più a sud ed in quello meridionale sono stati invece identificati almeno 160 sedili in marmo che dovevano appartenere all'*ima cavea*.

A differenza dei sedili in travertino, che sono distribuiti in modo abbastanza uniforme, con un'unica lacuna corrispondente ad un tratto di fortificazione demolito in epoca antica, quelli in marmo sono concentrati in nuclei ben definiti: si possono infatti distinguere sei concentrazioni principali, in cui, in poche decine di metri si individuano tre gruppi di 25-30 sedili sul lato sud-orientale ed altri tre di 10-15 sedili sul lato meridionale; si tratta verosimilmente di raggruppamenti determinati dall'arrivo di carri che giungevano dal Teatro trasportando i materiali da reimpiegare e che si andavano alternando a carri provenienti da altri edifici. L'analisi della distribuzione di questi sedili permette inoltre di formulare alcune ipotesi sull'organizzazione del cantiere di demolizione del Teatro, nel quale lo smantellamento della *cavea* sembra essere iniziato dalla parte inferiore per proseguire poi con quella al di sopra del *diazoma*, dove erano i sedili in travertino (i soli di cui si conservano ancora alcuni esemplari in posto, nella parte più alta); di conseguenza, il cantiere delle mura (che avrà sicuramente visto più gruppi lavorare contemporaneamente), lungo il lato orientale della cinta potrebbe essersi spostato, almeno in parte, da sud verso nord.

Grazie alla gestione informatizzata dei materiali di reimpiego, osservazioni di questo tipo possono essere fatte anche per altri monumenti demoliti o crollati nel periodo della costruzione delle mura, come l'Agorà Nord, i tratti della c.d. Via di Frontino rimasti al di fuori delle fortificazioni, il Ginnasio, le necropoli, etc.; il geodatabase della cinta muraria proto-bizantina, oltre a consentire l'approfondimento della conoscenza di questo monumento, rappresenta quindi un importante strumento anche per la conoscenza di quegli edifici della fase di età imperiale di Hierapolis che sono scarsamente o parzialmente conservati sul terreno e per acquisire nuovi dati sulla topografia antica della città e sulle sue necropoli, soprattutto quella orientale e quella meridionale, che, trovandosi subito all'esterno del tracciato seguito dalle fortificazioni, costituirono una comoda ed abbondante fonte di approvvigionamento di materiali edilizi.

Giacomo Di Giacomo, Giuseppe Scardozzi
CNR - IBAM – Lecce

BIBLIOGRAFIA

Castrianni L., Di Giacomo G., Ditaranto I., Scardozzi G. 2008, *An Online Archaeological Atlas: The webGIS for the Monuments of Hierapolis in Phrygia*, «Archaeological Computing Newsletter», 69, 1-8.

D'Andria F., Scardozzi G., Spanò A. 2008, *Atlante di Hierapolis di Frigia*, Istanbul, Ege Yayınları.

Scardozzi G. c.s., *Hierapolis di Frigia, dalle cave ai cantieri di demolizione: l'approvvigionamento di materiali lapidei nella città di età imperiale e proto-bizantina*, in *I cantieri edili dell'Italia e delle province romane. 2, Italia e province orientali*, *Atti del Convegno (Certosa di Pontignano, 13-15 novembre 2008)*, in corso di stampa.

ABSTRACT

In this paper we describe two Web-GIS open sources created by CNR IBAM, in cooperation with Italian Archaeological Mission at Hierapolis of Phrygia and the methods and techniques for the development of the two systems: the former for remote use of Cultural Heritage and the latter for cataloguing and analysing the Byzantine wall.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 145-152

WEB MAP SERVICE NEI PROCESSI DI RICERCA ARCHEOLOGICA

1. Premessa

Lo sviluppo della rete Internet come infrastruttura globalizzata ha permesso la valorizzazione di numerosi servizi utilizzati quotidianamente da un gran numero di utenti in ambienti condivisi. Il Web Map Service (WMS) è un servizio specifico definito dall'Open Geospatial Consortium ed è diventato uno standard internazionale ISO19128 nel 2005. L'OGC, in precedenza OpenGIS Consortium, è un'organizzazione internazionale no-profit basata sul consenso volontario, che si occupa di definire specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione. L'OGC è formato da oltre 280 membri con l'obiettivo di sviluppare ed implementare standard per il contenuto, i servizi e l'interscambio di dati geografici che siano "aperti ed estensibili". Le specifiche definite dall'OGC sono pubbliche e disponibili gratuitamente.

Questa specifica tecnologia offre la possibilità di integrare dati locali con dati distribuiti in remoto ottenuti dall'attivazione di un server compatibile con gli standard dell'OGC. La possibilità di poter consultare dei dati geografici conoscendone la fonte riduce la creazione di inutili banche dati locali. Quasi tutti i produttori di software GIS hanno implementato lo standard WMS nelle loro applicazioni e i fornitori di mappe ed immagini hanno iniziato a rendere disponibili i loro dati attraverso i servizi dell'OGC. Questa panoramica mette in evidenza che il protocollo WMS sembra essere ormai una specifica consolidata (OGC Website, 2009).

2. Le specifiche e i servizi dell'OGC

Il servizio WMS dispone di tre funzioni: GetCapabilities, GetMap, GetFeatureInfo che possono essere attivate dall'utente mediante un URL sotto forma di interrogazioni HTTP.

La funzione GetCapabilities permette l'interrogazione delle meta informazioni del servizio WMS. Come risposta viene rinviato all'utente un documento XML che contiene lo schema di convalida oltre a indicazioni di carattere generale sul fornitore del servizio WMS attivo e gli strati disponibili per la visualizzazione della mappa.

La funzione GetMap è un'interrogazione che fornisce un'immagine raster georeferenziata del servizio WMS nella quale si possono definire alcuni parametri: richiesta degli strati da consultare, rappresentazione geografica di questi ultimi, il sistema di coordinate da utilizzare, l'estratto della mappa, le dimensioni o il formato della mappa.

La funzione GetFeatureInfo è un'operazione facoltativa e supportata solo per i livelli nei quali l'attributo "queryable" è stato definito o ereditato. Le informazioni sono in formato XML; la funzione può fornire dati relativi a un determinato punto della mappa. Il funzionamento di base prevede la possibilità per un client di specificare quale pixel viene interrogato in base ai valori espressi negli assi di riferimento.

La parte più critica del servizio WMS è la definizione dei metadati che rappresentano i contenuti offerti dal server WMS e l'organizzazione dei singoli strati. La definizione delle informazioni contenute nei metadati di ogni strato fa riferimento alla normativa internazionale ISO 19115 o FGDC-STD-001-1998, che organizza gli strati in una gerarchia di livelli e contenitori e definisce i vari sistemi di coordinate.

Un altro standard definito dall'OGC è il Web Feature Service (WFS) con cui si possono attivare transazioni o query di accesso e modifica dei dati geografici definiti nei geodatabase con le primitive vettoriali. Le richieste avanzate dal client vengono effettuate a livello di servizio WFS; i risultati ottenuti sono definiti come feature e codificati con lo standard GML (Geography Markup Language) usato per comunicare dati geospaziali. Le operazioni di manipolazione dei dati includono la creazione dell'istanza di una nuova feature, la cancellazione, l'aggiornamento e l'importazione di feature basate su una query con parametri spaziali o alfanumerici. Le specifiche del Filter Encoding permettono, tramite lo standard XML, la creazione di query complesse come il filtraggio dei dati a livello spaziale rispettando dei precisi criteri attribuiti alla selezione di una codifica XML, ad esempio sistemi di database relazionali basati su linguaggio SQL.

La specifica WCS può essere definita come l'unione dei servizi WMS e WFS. I dati, chiamati "Grid Coverage", sono multidimensionali disposti su tre assi: i primi due organizzano il dato spaziale in celle, l'altro permette la selezione dello strato in funzione del dato spaziale da esplorare. Questo insieme di dati è molto utile per operare su immagini multispettrali dove la componente di associazione avviene solitamente su più bande o sui domini spazio-temporali permettendo un'analisi territoriale dinamica, restituendo un valore espresso sia come grandezza scalare che vettoriale.

3. Architettura e implementazione dei servizi

L'architettura per l'implementazione dei web service è di tipo client-server. Nel lato server si trova il servizio che dà accesso al geodatabase repository, dove i formati dei dati seguono le specifiche dell'OGC; nel lato client è possibile usufruire degli applicativi di tipo desktop o delle pagine web dinamiche che gestiscono le chiamate e le risposte del web service (Fig. 1). Nei casi di studio esaminati è stato utilizzato GeoServer come software open source lato server e uDig come open source lato client, entrambi sviluppati su piattaforma Java.

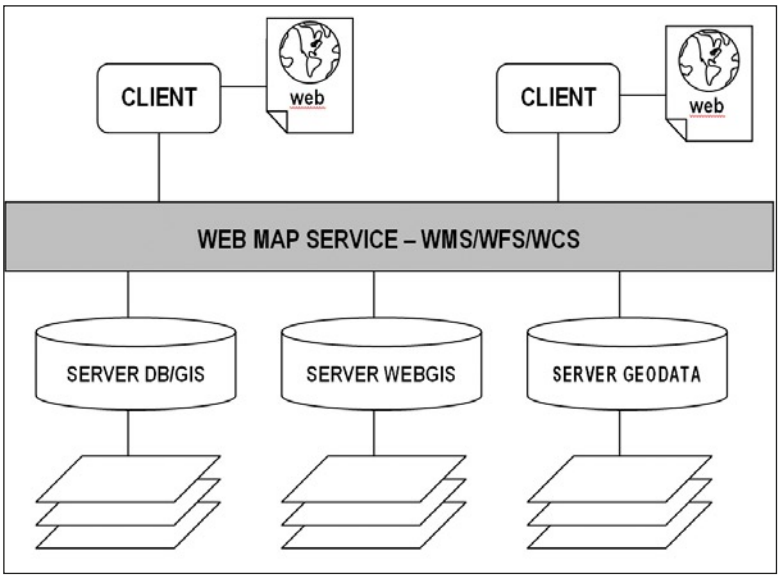


Fig. 1 – Architettura del sistema.

4. Diffusione dei Web-Gis e degli standard OGC in ambito nazionale nel settore archeologico

I servizi di Web-GIS sono da tempo utilizzati nei portali cartografici ufficiali dei principali enti locali nazionali. La maggior parte dei dati raccolti riguardano elementi di gestione tecnica del territorio. In alcuni casi specifici però sono riportate informazioni legate ai beni ambientali e archeologici come nei casi dell'Archaeo Browser di Bolzano e dell'ArchaeoGEW del Parco Regionale della Spina Verde di Como.

A differenza dei Web-GIS, i WMS sul territorio nazionale sono ad un livello ancora primordiale. La specifica WMS è diventata standard nel 2005, ma solo dal 2007, anno di entrata in vigore della direttiva europea INSPIRE, le varie amministrazioni ed enti locali hanno iniziato ad intraprendere un discorso relativo alla realizzazione di un'infrastruttura dei dati territoriali.

Dalla ricerca effettuata sui siti internet ufficiali delle venti regioni italiane risulta che tutte dispongono di un applicativo Web-GIS, ma esclusivamente in cinque di queste sono presenti i servizi WMS; solo la Regione Sardegna è in possesso anche delle specifiche WFS (Fig. 2). Il servizio più sviluppato fino ad oggi in Italia è senz'altro il SITAD, il Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso degli Enti pubblici piemontesi. Le informazioni sono suddivise in nove categorie di appartenenza e i dati sono raccolti da una serie di enti

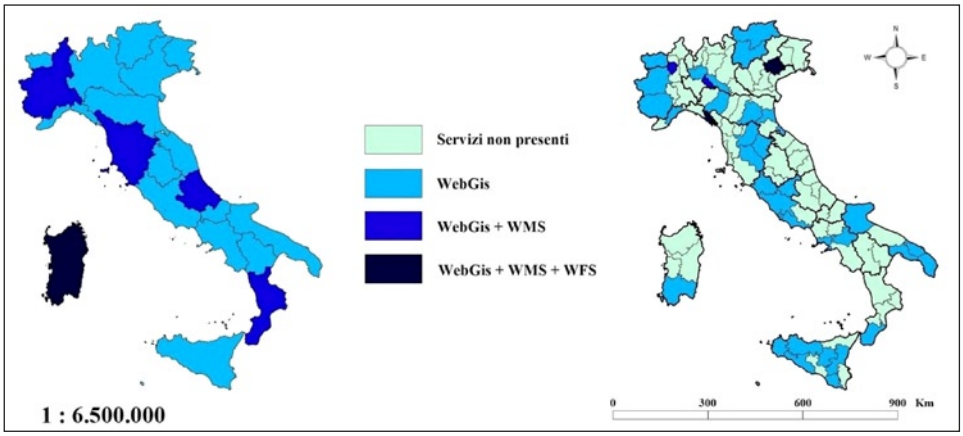


Fig. 2 – Servizi Web-Gis e specifiche OGC nelle Regioni (sx) e nelle Province (dx) italiane.

che hanno aderito al progetto. Per lo più si tratta di indicazioni territoriali e ambientali ma non mancano elementi di interesse archeologico come carte del vincolo idrogeologico o zone di interesse archeologico e paleontologico. Anche il GEOscopio, il sistema web dei dati geografici presenti presso il Servizio Geografico della Regione Toscana, pur se in fase sperimentale, garantisce un'ampia gamma di informazioni territoriali relative anche ai beni ambientali e ai servizi archeologici.

Le richieste riguardanti l'interscambio di informazioni geografiche e territoriali sono in continuo aumento e anche in alcune realtà provinciali è iniziata una catalogazione dei geodati principali. Sono stati presi in esame i siti internet ufficiali di 103 province per verificare la presenza di servizi applicativi on-line. In 37 di queste province (il 35,9%) è al momento attivo un applicativo Web-GIS accessibile a tutti i cittadini, dove sono riportate informazioni di carattere ambientale, urbanistico-amministrativo e territoriale, mentre solo in casi sporadici sono previste sezioni relative ai beni ambientali e archeologici. Oltre a un Web-GIS, le province di Biella e Lodi possiedono alcuni servizi WMS, mentre La Spezia e Treviso sono fornite anche di un'interfaccia WFS. Nessuno di questi servizi però contiene informazioni o dati riguardanti l'aspetto archeologico.

Dal confronto tra queste due indagini effettuate si evince che non c'è una corrispondenza diretta tra i servizi on-line regionali e quelli provinciali. Esempi come l'Abruzzo e la Sardegna sono significativi in quanto le proprie realtà regionali sono coperte da un numero cospicuo di servizi on-line, mentre lo stesso tipo di servizio a scala più dettagliata non viene attualmente fornito dagli organi provinciali.

5. I servizi web service in ambito archeologico: schede sintetiche sui casi di studio

L'utilizzazione di servizi web service è stata adottata sperimentalmente su tre differenti problematiche inerenti la casistica archeologica, utilizzando le tre specifiche dell'OGC. Tali standard sono stati scelti in quanto ognuno di essi si basa su uno specifico tipo di dato e ne utilizza al meglio le caratteristiche per la consultazione, l'analisi e la condivisione dei contesti archeologici esaminati.

5.1 *Nakhl (Al Kerak) – Giordania*

Il sito di Nakhl si trova nella Giordania centro-meridionale, a circa 25 km da Kerak; la località risulta antropizzata dall'Età del Bronzo antico fino all'epoca crociata ed è oggetto di un programma di ricerca, conservazione e valorizzazione focalizzato sull'insediamento rurale tardo antico (Hamarneh 2008). Il sito è ubicato su un altopiano con altitudine media di circa mille metri slm e domina l'area circostante per un raggio di circa 10 km, permettendo di osservare tutti i villaggi circostanti. Il perimetro è di circa 3,5 km e delimita una superficie di circa 72 ha, dove sono presenti, su un'area di circa 50 ha: crolli superficiali di strutture murarie, necropoli, insediamenti industriali, numerose cisterne di grandi dimensioni, mura di rafforzamento edificate con blocchi squadrati di roccia calcarea locale e, in alcuni tratti, di grossi blocchi regolari di pietra basaltica di colore grigio nerastro, probabilmente provenienti da una cava nelle vicinanze. L'analisi delle strutture murarie più evidenti ha permesso di riconoscere l'organizzazione del villaggio e la distribuzione delle strutture al suo interno.

Preliminarmente alla ricognizione sul terreno è stata eseguita un'informatizzazione di alcune foto aeree storiche pertinenti il sito in esame. Sono state reperite attraverso il servizio WMS di Digital Globe le immagini satellitari aggiornate. Dalla sovrapposizione dei dati raster delle due diverse fonti è stato possibile riconoscere le evidenze archeologiche sul terreno e procedere quindi ad un'attenta ricognizione *in situ*. Tali dati possono essere fruiti liberamente dal servizio WMS abilitato.

5.2 *Acquedotti di Roma antica (Lazio) – Italia*

Il trattato *De aquaeductibus urbis Romae* di Sesto Giulio Frontino (*curator aquarum* nel 97 d.C.) rappresenta la fonte più autorevole sugli acquedotti della città di Roma. L'opera fornisce, oltre alle notizie storiche, indicazioni sulle tecniche costruttive, sui materiali edilizi, sulle norme amministrativo-legislative e soprattutto topografiche, registrando i nomi dei nove acquedotti esistenti all'epoca, i percorsi e l'ubicazione delle sorgenti (Frontinus 1925).

In totale Roma poté contare su ben undici acquedotti che rifornivano l'Urbe di un flusso idrico costante, edificati in un arco temporale compreso fra il 312 a.C. e il 226 d.C. (Lanciani 1881; Ashby 1935). Queste opere, frutto dell'alta ingegneria romana, sono state da sempre oggetto di grande attenzione da parte degli studiosi di varia estrazione, dagli storici, agli archeologi e agli architetti, fino agli ingegneri idraulici.

Allo stato attuale gli acquedotti presentano una molteplicità di problemi ancora da approfondire. Primo fra tutti è quello dell'attribuzione dei tratti di alcuni di essi. Altro problema controverso è quello relativo alla loro lunghezza in base ai dati forniti da Frontino (Blackman 1979), infatti, l'estensione di alcuni di essi non corrisponde a quanto riportato dalla fonte. Un dato emblematico è quello della disparità di valutazione della loro lunghezza totale, poiché alcuni autori moderni riportano estensioni che variano dai 350 km (236 miglia romane) ai 520 km (351 miglia romane); lo stesso dicasi per la loro estensione in superficie, che varia da 32 miglia romane a 41 miglia romane (Chanson 2000; Dijkstra 2006; Chanson 2008). Questi dati, considerando che alcuni tracciati si sovrappongono gli uni con gli altri (si veda, per esempio, la Marcia e la Claudia), andrebbero opportunamente approfonditi.

Non ultimo è il problema del restauro e della manutenzione dei resti conservati e la loro conseguente valorizzazione (AA.VV. 1992). L'intero sistema degli acquedotti laziali, infatti, costituisce un omogeneo complesso che andrebbe fruito insieme alle più importanti manifestazioni della civiltà romana, rappresentando un elemento di sviluppo per i territori, soprattutto per quelli circostanti la capitale.

Utilizzando il servizio WFS per lo strato degli acquedotti e il servizio WMS per tutti gli altri strati di tipo raster, è stato possibile confrontare le diverse fonti di dati e valutare le congruenze dei tratti in superficie, di quelli sotterranei, dei nodi di confluenza e di deviazione.

5.3 *Tell Abu Shahrain (Eridu) – Iraq*

La conoscenza e la protezione dei siti archeologici ubicati in paesi in via di sviluppo e/o in aree di crisi bellica è una realtà più che attuale. In tali aree è difficoltoso reperire la cartografia di base e la documentazione grafica e/o fotografica, soprattutto se riferita a precedenti attività di ricerca archeologica.

In tali contesti, prescindendo da missioni archeologiche nell'ambito della cooperazione internazionale, vi sono delle attività di supporto che possono utilmente essere svolte attivando i servizi WMS. La collaborazione con le autorità locali e con le diverse Forze Armate italiane impiegate fuori area avviene attraverso il monitoraggio e la promozione di iniziative rivolte alla protezione del patrimonio culturale ed ambientale.

Eridu è stata oggetto delle prime esplorazioni dal 1855 al 1919 (Taylor 1855, 404-415; Campbell Thompson 1918, 101-44). Altri scavi vennero condotti fra il 1946 e il 1949 (Safar, Mustafa, Lloyd 1981). Recentemente, ancora prima dell'invasione Iraq, le attività archeologiche si sono intensificate soprattutto in funzione di una catalogazione dei siti ai fini di una loro maggiore protezione. In questo ambito si sono sviluppate una serie di azioni di monitoraggio all'interno di una efficace cooperazione tra archeologi e militari (Chiodi, Mazzei, Pettinato 2007; Curtis *et al*. 2008, 1-38; Chiodi 2009, 5-28).

Il sito è considerato la prima città dell'antica dinastia di Ur, datata anteriormente all'alluvione del fiume Eufrate. Le sette colline di Eridu si estendono per circa 24 km a S-E di Ur.

In particolare in questo contesto il servizio WCS può essere utile per la comparazione di più strati di tipo Grid per valutare le differenze negli attributi spazio-temporali nel corso degli eventi. Nel caso specifico si sono elaborate alcune delle bande multispettrali e pancromatiche riprese in un arco temporale di circa cinque anni. I risultati ottenuti hanno dimostrato l'efficacia e la puntualità dell'analisi effettuata rilevando modificazioni superficiali che non compromettono la sostanziale morfologia del sito.

Mauro Mazzei
CNR – Dipartimento ICT – Roma

Antonio Salvatori
CNR – ITABC – Roma

Andrea Di Somma
Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física – Universidad Complutense de Madrid

Valentina Ferrari
CdLS Gestione e Valorizzazione del Territorio
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1992, *Il trionfo dell'acqua*, in A.M. Liberati Silverio, G. Pisani Sartorio (eds.) *Gli antichi acquedotti di Roma: problemi di conoscenza, conservazione e tutela. Atti del convegno*, Roma, Comune di Roma, ACEA.

Ashby Th. 1935, *The Aqueducts of Ancient Rome*, Oxford, Clarendon (trad. ital. *Gli acquedotti di Roma antica*, Roma 1991).

Blackman D.R. 1979, *The lenght of the four great aqueducts of Rome*, «Papers of the British School at Rome», 47, 12-18.

Campbell Thompson R. 1918, *The British Museum Excavation at Abu Shahrain in Mesopotamia in 1918*, «Archaeologia», 70 (1920), 101-144.

Chanson H. 2000, *Hydraulics of Roman Acqueducts: Steep Chutes, Cascades and Dropshafts*, «American Journal of Archaeology», 104, 1, Jan, 47-72.

Chanson H. 2008, *The Hydraulics of Roman aqueducts: what do we know? Why should we learn? Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress 2008 Ahupua'a (Honolulu, Hawaii 2008)*, Curran Associates, ASCE, 1-16.

Chiodi S.M. 2009, *Tutela italiana del patrimonio culturale del Sud dell'Iraq: verso la cooperazione civile e militare nelle missioni internazionali*, «Nuova Antologia», 2249, Fondazione Spadolini Nuova Antologia, 5-28.

Chiodi S.M., Mazzei M., Pettinato G. 2007, *La pietra nera di Nassiriya, Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, 2007*, Serie IX, 22, 2, Roma, Bardi Editore.

Curtis J., Raheed Q.H., Clarke H., Al Hamdani A.M., Stone E., Van Ess M., Collins P., Ali M. 2008, *An Assessment of Archaeological Sites in June 2008: An Iraqi-British Project*, 1-38.

Dijkstra C. *et al.* 2006, *De Aquaducten van Rome, Water en Macht: technologische innovative en culturele Verandering, Algemene Cultuurwetenschappen*, Nijmegen, Radboud Universiteit Nijmegen.

Frontinus S.J. 1925, *The Stratagems and the Aqueducts of Rome*, Cambridge, Harvard University Press.

Hamarneh B. 2008, *Missione Esplorativa in Giordania, Protocollo di intesa* - Università Kore di Enna - Direzione Generale delle Antichità Giordane, Collana Kore, Enna, Kore University Press.

Lanciani R. 1881, I *Comentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*, Roma, Salviucci.

Safar F., Mustafa M.A., Lloyd S. 1981, *Eridu*, Baghdad, State Organization of Antiquites and Heritage.

Taylor J.E. 1855, *Notes on Abu Shahrein and Tell el Lahm*, «Journal of the Royal Asiatic Society», 15, 404-415.

SITI WEB

OGC Website. http://www.opengeospatial.org/.

ABSTRACT

The purpose of this report is to illustrate and propose the implementation of a service based on specific WMS, WFS, WCS which facilitates the collection and analysis of data interoperability aimed at acquiring further knowledge of the landscape and of the contexts in the process of archaeological research.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 153-159

PROGETTO CA' TRON: DALLE INDAGINI SUL CAMPO ALLA RICOSTRUZIONE DEL PAESAGGIO

1. Le ricerche

Le ricerche, condotte a partire dal 2000 dall'Università di Padova in questo settore della pianura veneta, sono state indirizzate alla ricostruzione della "storia totale", dall'antichità ai giorni nostri, di una porzione di territorio fino ad oggi trascurato da indagini di tipo storico-archeologico e ambientale, e alla sua valorizzazione in chiave culturale, facendo conoscere le potenzialità paesaggistiche e storiche di questa porzione di bassa pianura conquistata definitivamente alla palude negli anni 1930-40.

L'area, che presenta un'estensione di 1137 ha, situata tra il fiume Sile e la laguna settentrionale di Venezia (Fig. 1), compresa nei comuni di Roncade (TV) e, in piccola parte, in quello di Meolo (VE), oggi fa parte della Tenuta agricola di Ca' Tron, così denominata dalla nobile famiglia veneziana che ne venne in possesso agli inizi del Seicento. Essa anticamente era compresa nell'agro orientale del centro veneto-romano di Altinum ed era interessata dal passaggio della via Annia, che attraversava il settore meridionale della Tenuta lungo il tratto che univa Altinum e il sito di Iulia Concordia.

L'interesse per questa porzione di bassa pianura veneta coinvolge sia l'aspetto geografico che quello storico: il primo si lega alla sua funzione di cerniera tra le grandi conoidi alluvionali di Brenta e Piave ed alla sua collocazione sul margine endolagunare, il secondo alla vicinanza topografica all'antico centro urbano di Altinum, dal quale distava solo due miglia, e alla rete di infrastrutture viarie realizzate dai Romani nel territorio sfruttando in parte collegamenti preesistenti, in particolare la via Annia (Busana, Ghedini 2004).

Negli ultimi anni la metodologia dello studio di un territorio si è evoluta assumendo linee di tendenza marcatamente interdisciplinari: le informazioni provenienti da più ambiti e settori di ricerca permettono infatti di usufruire di una base dati altamente scientifica, utile ad una ricostruzione virtuale del paesaggio antico nella sua totalità.

Lo studio del territorio di Ca' Tron si inserisce in questa logica multidisciplinare proprio per la complessità della storia morfologica e antropica dell'area. Sicuramente uno degli indirizzi più avanzati di ricerche sul passato è l'integrazione dello studio storico-archeologico con lo studio dell'ambiente e delle relazioni tra ambiente e culture (Environmental Archaeology), ricostruendo la storia dell'uomo attraverso il recupero della dimensione temporale della dinamica ambientale.

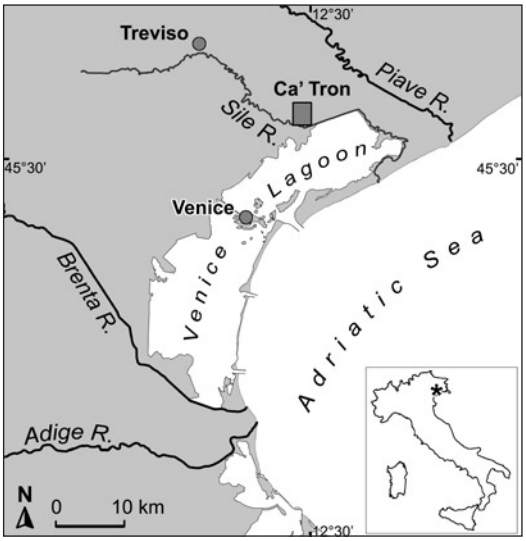


Fig. 1 – Localizzazione dell'area di studio.

Le ricerche archeologiche (Busana 2004, 2005, 2007) hanno proceduto in stretta relazione con quelle paleoambientali (Ghedini, Bondesan, Busana 2002, 15-81), sperimentando le tecnologie più avanzate di indagine, rilevamento e restituzione dei dati, con lo scopo prioritario di cogliere le relazioni uomo-ambiente. L'occasione di un progetto interdisciplinare, calato in un contesto paesaggistico tra i più incontaminati della pianura veneta, ha stimolato la riflessione sul problema della valorizzazione delle conoscenze acquisite, sia in termini scientifici sia di comunicazione. Una delle soluzioni più innovative in questo settore prevede il ricorso alla multimedialità: le tecniche di realtà virtuale permettono infatti di incrementare il contenuto di informazioni e percezioni. Proprio per la ricchezza di dati desunti dalle ricerche condotte presso il sito di Ca' Tron, è stato possibile verificare le potenzialità offerte da un sistema di ricostruzione virtuale.

2. Il processo di ricostruzione del paesaggio

Nell'ambito del processo di ricostruzione virtuale, in collaborazione con l'Istituto di Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del CNR, è stato sviluppato un sistema di visualizzazione in cui poter far confluire i dati provenienti dalle analisi archeo-ambientali.

Ci si è posti come obiettivo la ricostruzione del paesaggio archeologico di Ca'Tron, utilizzando le simulazioni visive come strumento di verifica delle ipo-

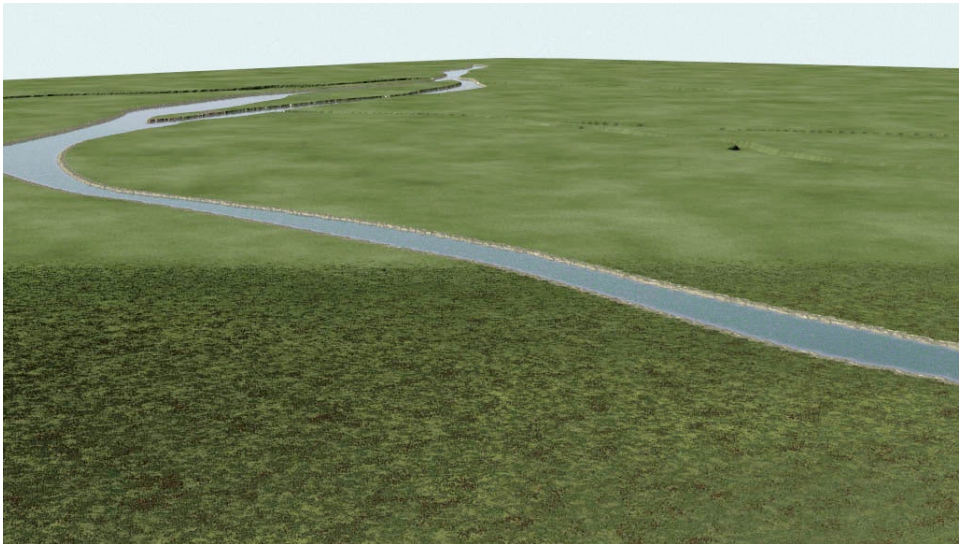


Fig. 2 – Paesaggio virtuale durante l'Ultimo Massimo Glaciale in una navigazione a volo d'uccello.

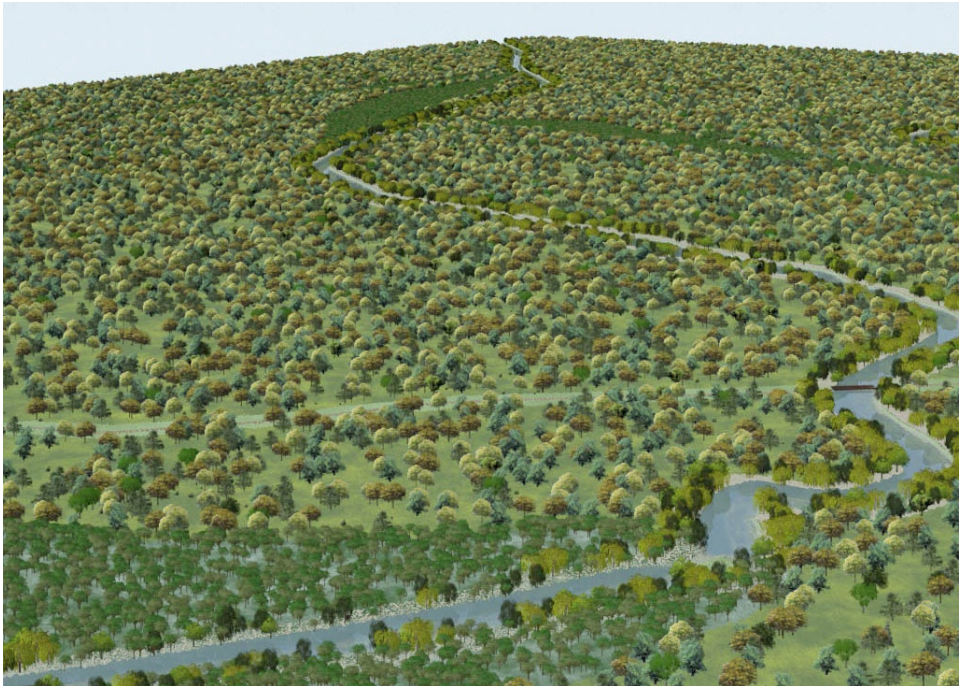


Fig. 3 – Paesaggio virtuale durante l'Età del Bronzo in una navigazione a volo d'uccello.

tesi emerse, e la contestualizzazione geografico-territoriale in chiave diacronica delle informazioni geologiche, botaniche e archeologiche raccolte nel corso di questi anni di ricerca. I risultati sono stati elaborati in maniera da essere resi accessibili su sistema desktop. Nell'impossibilità di realizzare in un *continuum* le trasformazioni del paesaggio, sono stati identificati quattro periodi significativi per i cambiamenti della geomorfologia, della vegetazione e della presenza umana: 1) Ultimo Massimo Glaciale (LGM), corrispondente a circa 18.000 anni fa (Fig. 2); 2) Età del Bronzo (II millennio a.C.) (Fig. 3); 3) Età romana (I sec. d.C.) (Fig. 4); 4) Basso Medioevo (XIII-XVI sec. d.C.) (Fig. 5).

Il lavoro è consistito fondamentalmente in tre fasi:

– Raccolta dati: provenienti da prospezioni geofisiche, carotaggi, analisi dei sedimenti, interpretazione delle foto aeree e da satellite, rilievo del terreno mediante laser scanner aviotrasportato, analisi palinologiche e degli altri resti vegetali, saggi e dati di scavo, ricognizioni di superficie, campagne di rilevamento. I dati, provenienti dagli studi interdisciplinari seguiti dal team di ricercatori dell'Università di Padova, sono stati organizzati e divisi a seconda dell'area tematica di appartenenza in modo da poter avere a disposizione le informazioni necessarie durante il processo di ricostruzione dell'ambiente nelle sue diverse fasi storico-evolutive.
– Elaborazione dati: studio delle specie vegetali documentate in contesti geografici e climatici simili, studio delle strutture, dei contesti di superficie e dei reperti, analisi 3D degli elementi antropici e naturali del sito; elaborazione del modello digitale del terreno e creazione di un sistema GIS del paesaggio attuale e antico ricostruito, relativo alle 4 fasi cronologiche considerate più significative (LGM, Età del Bronzo, Età romana, Medioevo).

I dati provenienti dagli studi di settore sono stati analizzati e rielaborati in un progetto di informazione geografica territoriale per mezzo di software open source, quale QGis (http://www.qgis.org/). Questo programma è costituito da un'interfaccia utente intuitiva e facilmente utilizzabile, ed è supportato dai più comuni sistemi operativi (Linux, Unix, Mac OSX, e Windows) ed inoltre permette di gestire diversi formati (vettori, raster e database) e funzionalità (editing, visualizzazione, analisi dati, etc.). Considerata la grande mole di informazioni relative al "paesaggio osservato" nella sua diacronicità, si è resa necessaria la creazione di progetti GIS e modelli digitali del terreno a seconda delle fasi storiche analizzate, per una migliore gestione degli elementi che le caratterizzano. Vettori relativi a strade e fiumi, poligoni di aree vegetate, punti riferiti a modelli 3D nel paesaggio variano infatti con l'evoluzione del tempo. Per semplificazione sono state scelte le 4 fasi cronologiche considerate più significative per i cambiamenti morfologici e antropici all'interno dell'area presa in esame.

– Creazione del sistema virtuale: modellazione 3D virtuale delle principali evidenze archeologiche; importazione dei dati GIS del "paesaggio interpretato" per

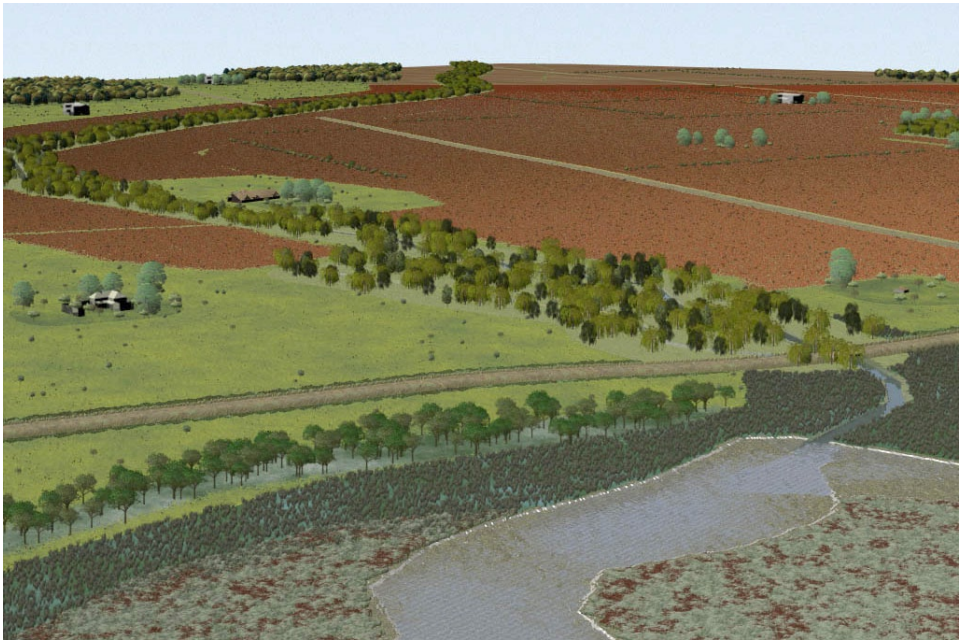


Fig. 4 – Paesaggio virtuale durante la fase romana in una navigazione a volo d'uccello.

le 4 fasi cronologiche per generazione virtuale del paesaggio e degli ecosistemi (software VNS); esportazione dei dati in un GIS virtuale interattivo (software open source VTP Enviro extended con modifiche CNR-CINECA).

Per quanto riguarda l'ultima fase di lavoro, il problema era come rendere comunicativo ed interattivo anche ad un pubblico non specialistico (il tutto è scaturito dall'opportunità di pubblicare il lavoro alla mostra ArcheoVirtual 2008, all'interno della XI Borsa del Turismo Mediterraneo) il processo di ricostruzione approntato durante le precedenti fasi di ricerca (i modelli 3D degli edifici, le librerie vegetali tridimensionali, etc.).

I dati GIS sono stati importati in un software commerciale (VNS, http://3dnature.com/) in grado di elaborare ecosistemi tridimensionali e di esportarli sia nuovamente in formato GIS che in VTP. La necessità di rendere interattivi e navigabili i progetti per il grande pubblico ci ha fatto propendere per l'utilizzo di un software open source di semplice utilizzo. Infatti VTPEnviro (http://www.vterrain.org/Doc/Enviro/overview.html) permette una navigazione virtuale 3D in tempo reale caricando sulla scena gli elementi che la compongono, quali dati di elevazione, texture del terreno, strade, vegetazione, modelli 3D.

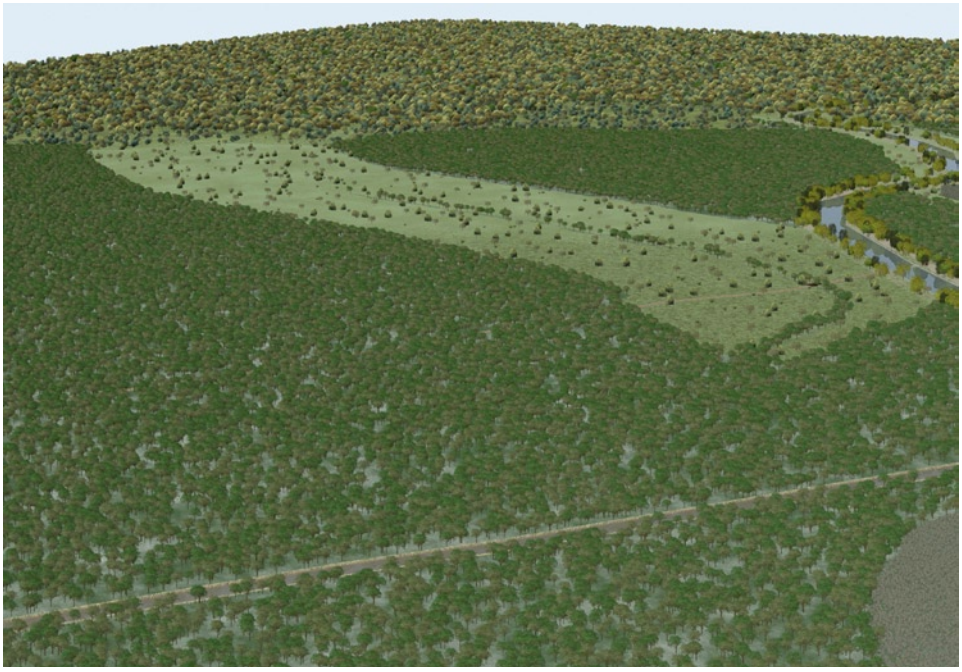


Fig. 5 – Paesaggio virtuale durante la fase medievale in una navigazione a volo d'uccello.

3. Conclusioni

Il lavoro (allo stato attuale il progetto di ricostruzione del territorio di Ca' Tron è navigabile solo in locale) è risultato essere un ottimo compromesso tra la gestione del gran numero dei dati, la visualizzazione dei risultati di ricerca all'interno della comunità scientifica e la comunicazione e divulgazione al grande pubblico grazie all'utilizzo di strumenti interattivi.

Per disseminare ulteriormente le informazioni e le analisi prodotte, in futuro si prevede la realizzazione di un progetto on-line di tipo open, in cui sarà possibile oltre alla visualizzazione dei risultati scientifici, anche la navigazione e l'interrogazione degli elementi (con possibilità di inserire schede di approfondimento, link multimediali, etc.) che costituiscono sia il paesaggio attuale che quello potenziale ricostruito.

Ivana Cerato
Università di Padova
Valentina Vassallo
CNR - ITABC – Roma

BIBLIOGRAFIA

Busana M.S. 2004, *Indagine ambientale e storico-archeologica nella Tenuta di Ca' Tron. Rapporto 2003,* «Quaderni di Archeologia del Veneto», 20, 37-46.

Busana M.S. 2005, *La Tenuta di Ca' Tron (Roncade-Tv/Meolo-Ve): le indagini su un edificio rustico*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 21, 61-67.

Busana M.S. 2007, *Progetto Ca' Tron (Roncade-Tv/Meolo-Ve): indagini nell'agro orientale di Altino*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 23, 49-64.

Busana M.S., Ghedini E.F. 2004, *La via Annia e le sue infrastrutture*, *Atti delle giornate di Studio (Ca' Tron Roncade, Treviso, 6-7 novembre 2003)*, Treviso, Antiga.

Ghedini E.F., Bondesan A., Busana M.S. 2002, *La Tenuta di Ca' Tron. Ambiente e storia nella terra dei dogi*, Verona, Cierre Edizioni.

ABSTRACT

The main object of the Ca' Tron project is the reconstruction of the archaeological landscape based on research results, using visual simulations as verification tools for the hypotheses. The interdisciplinary project offers a new approach aimed at illustrating the newly acquired knowledge, both in terms of scientific results and communication. The purpose of this paper is to illustrate the solutions adopted for both data management (QuantumGIS) and in data publication and communication (VTP Enviro).

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 161-167

GIS ARCHEOLOGICO DEL GRAND VILLAYA – NORD PERÙ

1. Introduzione

Lo sviluppo di tutte le tecnologie legate ai SIT consentono una più efficiente ed efficace memorizzazione, archiviazione e mappatura del patrimonio culturale di cui disponiamo. Lo strumento più adatto per consentire la divulgazione dei beni paesaggistici archeologici anche ad utenti (informaticamente) non esperti dal punto di vista informatico è rappresentato da Google Earth, un'applicazione grafica tridimensionale che permette di visualizzare fotografie aeree e satellitari di tutta la Terra in modo semplice, libero e intuitivo. Questa è la motivazione che ha portato alla realizzazione del Sistema Informativo Territoriale della zona nord del Perù, un'area ricca di siti archeologici ancora sconosciuti, testimonianza della presenza del Popolo del Nuvole, una società preincaica dalla carnagione bianca e dai capelli biondi, forse originaria del Nord Europa.

La novità tecnologica del seguente progetto consiste nella creazione di un strumento informativo consultabile sia attraverso apparecchiature satellitari da utilizzare in loco sia come mezzo di ricerca per la consultazione on-line. Il presente articolo vuole documentare tutte le fasi che hanno portato alla realizzazione del progetto:

– rilievo dei siti e dei percorsi di interesse, effettuata dai componenti della spedizione scientifica "Condor Expedition" a cavallo tra i mesi di ottobre e novembre 2008;
– realizzazione di una cartografia tematica di tipo paesaggistico archeologico da sovrapporre alla cartografia di base al fine di realizzare una mappa digitale completa di quelle zone del Perù ancora non conosciute;
– creazione di un Web-GIS consultabile anche tramite l'utilizzo di cellulari o palmari dotati di connessione di rete;
– creazione di un'interfaccia per l'applicazione Google Earth.

2. La spedizione scientifica "Condor Expedition"

La spedizione scientifica "Condor Expedition", partita dall'Italia il 22 ottobre, e composta dall'Ing. Giorgio Meroni in qualità di capo spedizione, dall'ing. Diego Gaddi, in qualità di esperto topografo, da Gabriele La Malfa, in qualità di esperto naturalista e da Massimiliano Calzia, in qualità di esperto cineoperatore, da Giovanni Redaelli, in qualità di istruttore di alpinismo, ha permesso l'acquisizione dei dati necessari alla realizzazione del Sistema Informativo Territoriale.

La spedizione, partita da Lima, ha percorso il Perù da nord a sud; oltre a innumerevoli siti archeologici, sono stati visitati il famoso Machupichu (il loco delle zattere) e le linee di Nazca. Durante la spedizione sono stati rilevati più di 5000 km di strade, più di 100 km di sentieri, più di 300 "punti di interesse" quali musei, incroci stradali, aree di servizio e punti panoramici; sono state scattate circa 5000 foto e ripresi oltre 30 ore di filmati, che andranno in onda durante programmi della RAI quali "Alle falde del Kilimangiaro" e "Geo&Geo". La spedizione era dotata di due ricevitori low cost Garmin CSX60, di un PC portatile "MSI" e di una macchina fotografica Nikon CoolPix P6000 con GPS integrato. Le caratteristiche della strumentazione utilizzata sono riportate di seguito:

Ricevitore GPS Garmin CSX60 (Fig. 1)

– Codice: C/A
– Frequenza: L1
– Antenna: SIRFStar III
– Abilitazione EGNOS/WAAS
– Precisione: 10 m in assoluto e 3-5 m in DGPS

Macchina fotografica Nikon CoolPix P6000 (Fig. 2)

– Risoluzione: 13.5 MPixel
– Zoom stabilizzato 4x
– Ricevitore GPS integrato: GP-1

Computer portatile MSI 10" U100 (Fig. 3)

– Processore: Intel Atom N270 1.6Ghz
– RAM: 2GB DDR2
– Hard Disk: 160GB
– Monitor: LCD 10" TFT WSVGA 1024×600
– Accessori: WebCam 1.3Mp, Lan 10/100, Wi-Fi 802.11n,
– Bluetooth, Card Reader, 3p USB, Batteria Li-ion a 3 celle

3. Realizzazione del Sistema Informativo Territoriale

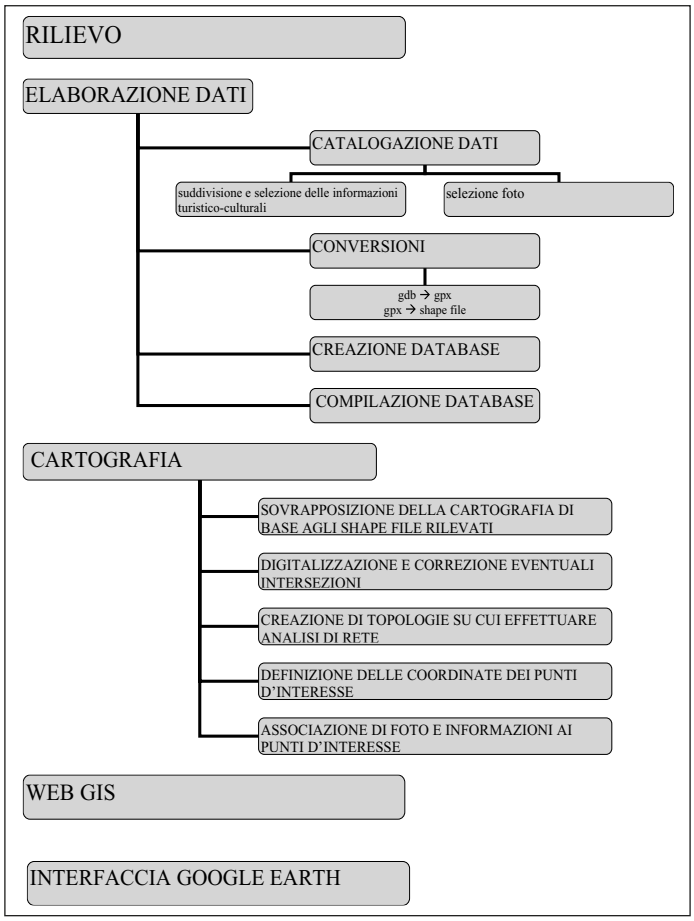
La realizzazione del Sistema Informativo Territoriale ha previsto le seguenti fasi:

– catalogazione dei dati rilevati in base al giorno e al percorso, associazione dei punti di interesse a ogni percorso, conversione dal formato proprietario Garmin GDB al formato internazionale GPX;
– conversione dei file dal formato internazionale GPX al formato shapefile proprietario della ESRI;

Figg. 1-3 – 1. Ricevitore GPS Garmin CSX60; 2. Macchina fotografica Nikon CoolPix P6000; 3. PC portatile MSI U100.

– associazione delle foto e delle informazioni ai punti di interesse rilevati;
– creazione della topologia del database con le informazioni culturali storiche da associare alle informazioni cartografiche;
– creazione e compilazione del database;
– produzione della mappa attraverso la sovrapposizione della cartografia di base agli shapefile rilevati durante la spedizione;
– importazione in MapGuide OpenSource.

Tutti i dati resi disponibili dalla spedizione sono stati rivisti, completati e ampliati attraverso la ricerca di informazioni sul Web e consultando pubblica-



Tab. 1 – Diagramma di flusso relativo alle fasi effettuate.

zioni scientifiche, non fruibili in loco. Successivamente si sono cercati gli aspetti più rilevanti da inserire come campi nella tabella da associare ad ogni punto di interesse, attraverso un criterio base per organizzare i dati e interrogarli nel GIS. Si è scelto dunque di suddividere le informazioni secondo i seguenti argomenti, in modo da fornire una guida essenziale e non ridondante per consentire di interrogare il database in modo veloce ed efficiente (Tab. 2): feature, coordinate, regione, città, luogo, datazione, stato di conservazione, orari, costo, link.

Per quanto concerne l'aspetto visivo, delle 1000 foto preselezionate su oltre 5000 scattate sono state scelte le più rilevanti al fine di valorizzare l'aspetto archeologico, storico-architettonico o paesaggistico.

Punto	Coordinate	Regione	Luogo	Nome	Feature	Datazione	Conservazione	Orari/Costi	Link
1	12° ’50.00″S 77° ’21.03″O	Lima	Lima	Miraflores	Punto panoramico				
2	12° ’57.13″S 77° ’27.19″O	Lima	Lima	Hotel San Agustin Exclusive	Hotel				http://www.hotelessanagustin.com.pe/
3	12° 3’6.21″S 77° ’35.26″O	Lima	Lima	Huaca Pucllana	Recinto archeologico		pessimo		http://pucllana.perucultural.org.pe/

Tab. 2 – Stralcio del database così realizzato.

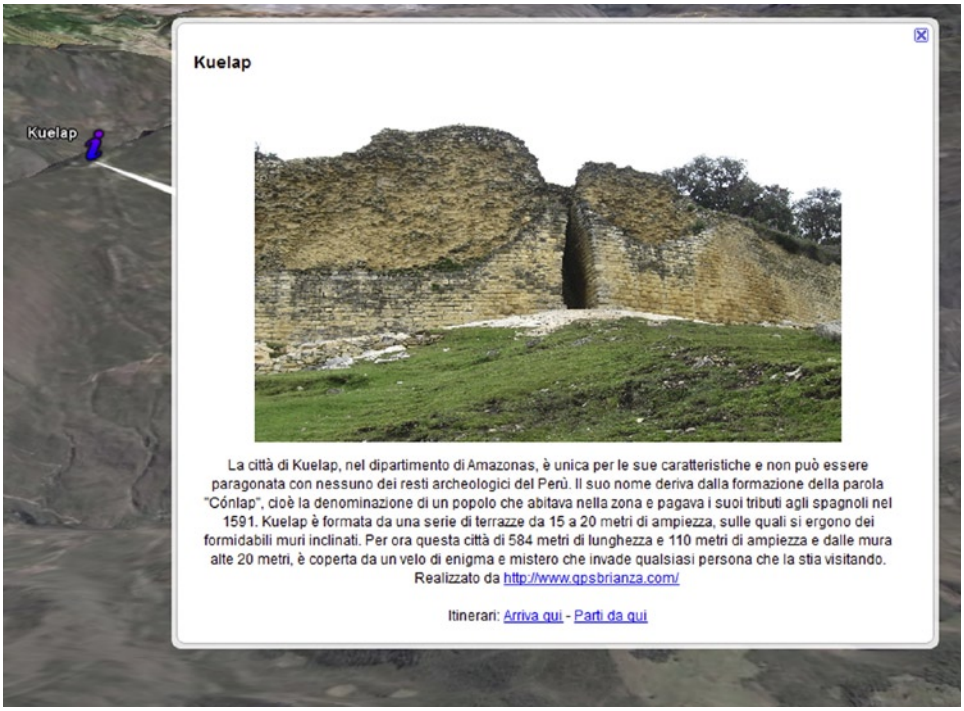


Fig. 4 – Pop up relativo al sito di Kuelap – interfaccia Google Earth.

Successivamente è stato necessario effettuare la georeferenziazione di tutti gli oggetti ottenuti dal rilievo. La cartografia del Perù (reperita dal sito internet: www.heywhatsthat.com) è stata importata in Quantum GIS. Le strade, i sentieri e i punti di interesse sono stati rimappati utilizzando come riferimento

Fig. 5 – Sentiero da Caiamarca a Kuelap – interfaccia Google Earth.

la cartografia; la rimappatura ha previsto la digitalizzazione e la correzione di eventuali intersezioni, pseudo-nodi e "dangling objects". È stato così possibile creare le topologie e le analisi di rete, per potere in fase di interrogazione del database, ricercare ad esempio il percorso più breve. I punti di interesse, localizzati sulle vie percorse, sono stati definiti attraverso le coordinate planimetriche: a ciascun punto è stata associata: la/le relativa/e immagine/i e la tabella di dati predisposta, contenente le informazioni turistiche in aggiunta a quelle topografiche, quali tipo di punto (feature), periodo storico, vicende, curiosità che saranno interrogabili attraverso form predisposti *ad hoc*.

Una volta creato il database georiferito sono stati realizzati sia il Web-GIS utilizzando sempre MapGuide, sulla base del database creato, sia un'interfaccia analoga con l'ausilio di Google Earth (Figg. 4-5), fruibile su vasta scala, utilizzando lo stesso schema logico.

4. Conclusione e sviluppi futuri

L'applicazione delle tecnologia GIS per la divulgazione di dati archeologici e culturali ha portato alla realizzazione del primo Web-GIS del Perù al fine di far conoscere le zone nord, ricche di risorse archeologiche ancora poco conosciute. Lo sviluppo futuro di maggiore rilevanza è l'implementazione/importazione del Web-GIS su PC palmari e su navigatori GPS.

BIBLIOGRAFIA

Bianchini M. 2008, *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Roma, Aracne Editore.

Forte M. 2002, *I sistemi informativi geografici in archeologia*, I quaderni di MondoGIS, Roma, MondoGIS Editore.

http://condorexpedition.creeostudio.it.

http://www.accademiakronos.it/attivita/spedizioni/spedizioniaperu.html.

http://www.storicamente.org/02_tecnostoria/strumenti/02monti.htm.

http://www.heywhatsthat.com.

Giorgio Meroni, M. Grazia Visconti
Studio Tecnico Meroni

ABSTRACT

Following up the "Condor" scientific expedition in Peru, (http://condorexpedition.creeostudio.it/) headed by Ing. Giorgio Meroni and his staff in November 2008, a Geographic Information System has been built based on QuantumGIS for the cartography production and MapGuide Open Source and Google Earth for publishing on the web.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 169-174

UN'APPLICAZIONE OPEN SOURCE PER LO STUDIO INTEGRATO DEL TERRITORIO: IL PROGETTO PICA

1. Sito web e software di sistema

Nell'ampio scenario del software open source, sono state selezionate le applicazioni che risolvessero fondamentalmente tre problemi: presentazione dei dati tramite web (Cantoro 2005); gestione cartografica dei dati; efficiente motore di ricerca.

Molte sono le soluzioni disponibili, ma è stata scelta la più diffusa e più stabile, in modo tale da essere sempre aggiornati e raggiungere prestazioni ottimali. È stato quindi selezionato il Server Web Apache che è oggi il più utilizzato e potente strumento disponibile.

Il sito del progetto PICA è basato su tecnologie miste (Di Gangi *et al.* 2005; Demarchi *et al.* 2006), in particolare Java, Apache Jakarta Tomcat e l'Application Server Jboss che sono stati utilizzati per gestire le pagine di codice Java. Il Servlet Container selezionato per il progetto PICA è Jakarta Tomcat, che viene usato per eseguire le Java Servlet e le Java Server Pages. Come Application Server è stata invece selezionata la soluzione Jboss.

Storicamente, in una prima soluzione progettuale, in PICA erano stati utilizzati gli strumenti cartografici di MapServer, un ambiente di sviluppo open source dell'Università del Michigan per la costruzione di applicazioni Web Mapping, cioè per gestire il sistema cartografico (Demarchi *et al.* 2007a, b). Successivamente, vista la loro potenzialità ed efficienza, si è passati alle applicazioni rilasciate da Google Maps utilizzandole per fornire la gestione interattiva della cartografia, sulla quale far comparire interattivamente le informazioni relative ai dati culturali selezionati (dati archeologici, storici, botanici) incrociati con i periodi storici per i quali l'utente desidera visualizzare la presenza del patrimonio sul territorio.

È stato deciso inoltre di adottare una descrizione in formato XML dei documenti, basandone la gestione sul sistema SDX, utile per ottimizzare il motore di ricerca XML. SDX è un software open source che permette di recuperare e visualizzare i documenti XML. Infine, il cuore del sistema, la banca dati, è basato sul Server PostgreSQL che, come scritto nel suo sito ufficiale, è altamente scalabile, SQL compatibile, un database relazionale con gestione ad oggetti dei dati. Con più di 15 anni di storia, sta rapidamente diventando di fatto la banca dati di livello Enterprise per le soluzioni open source.

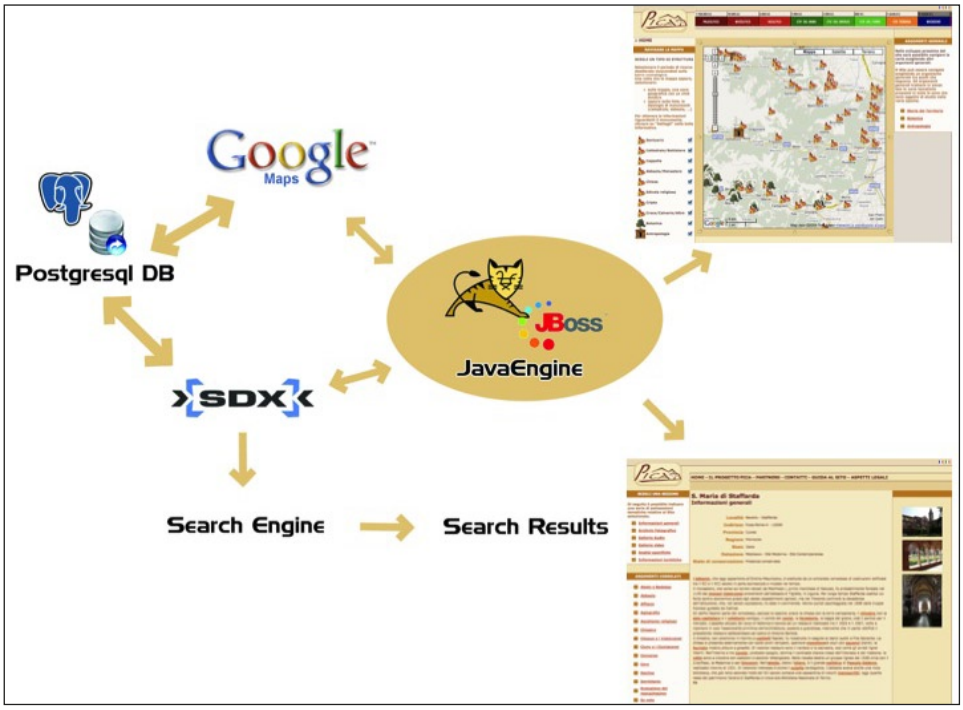


Fig. 1 – Struttura del sistema.

2. L'architettura del sistema

L'architettura del sistema ha la classica struttura di un sistema dinamico, in cui sono integrati l'accesso pubblico per gli utenti che navigano le pagine web unitamente alla sezione protetta che consente l'accesso agli amministratori e agli operatori che gestiscono sui diversi livelli i dati contenuti nel sistema. Tale accesso è protetto da password e ogni ricercatore ha la propria. Un aspetto importante in questo caso risulta dalla memorizzazione dei dati legata a chi li immette e gestisce, tutelando il riferimento all'autore dei contenuti. Come indicato in Fig. 1, il motore Java è centrale e rappresenta l'interfaccia con il database dal quale i dati vengono estratti per essere presentati con due principali metodologie: la visualizzazione cartografica tramite Google Map e la scheda elemento che descrive le entità selezionate, come ad esempio un monumento storico.

Come già menzionato, la gestione dei dati relativi alla mappa dinamica sono passati attraverso i tool messi a disposizione da Google Map e poi elaborati dal motore Java per essere pronti per il web, attraverso la visualizzazione

Fig. 2 – Home Page del sito PICA.

su una pagina HTML. Le schede descrittive sono generate dal motore anche Java ed il repository di riferimento si basa sul sistema SDX, che è collegato al database Postgres. Attraverso un motore di ricerca sviluppato *ad hoc* per PICA, le pagine che sono frutto di ricerche da parte degli utenti sono generate incrociando i contenuti del sito, tenendo anche conto della gestione multi-lingue e quindi presentando primariamente i risultati nella lingua di origine della richiesta.

3. Il sito web ed il flusso di navigazione

Il flusso di navigazione di un sito web è fondamentale per l'interesse da parte degli utenti e una facile struttura del sito è una delle più importanti caratteristiche richieste da parte degli utenti Internet. A tale scopo, il progetto della struttura del sito è stato discusso e deciso con i ricercatori della parte culturale, con l'obiettivo di trovare le specifiche per la navigazione ottimale all'interno del sito. Per migliorare l'interesse per i dati contenuti in PICA, si è deciso di sviluppare una sezione didattica, accessibile da qualsiasi scheda contenuta nel sito. Dalla homepage (Fig. 2) è possibile scegliere la regione su cui lavorare ed avere accesso alla mappa dinamica per selezionare gli elementi

Fig. 3 – Sistema cartografico.

Fig. 4 – Scheda monumento.

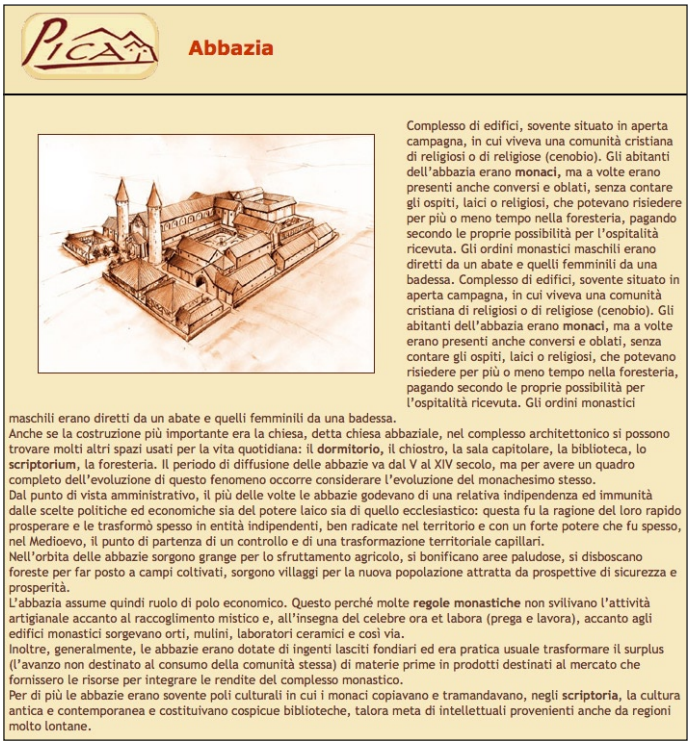


Fig. 5 – Pagina didattica.

di interesse (Fig. 3); dalla homepage è anche possibile inserire una chiave specifica ed usare direttamente il motore di ricerca di PICA.

Sulla mappa è possibile utilizzare tutti i potenti strumenti Google Map e scegliere gli elementi sui quali si desiderano informazioni specifiche. La scheda che descrive invece un monumento (Fig. 4) è stata progettata per avere le informazioni di base nella prima pagina che viene visualizzata, mentre è possibile da questa accedere a dati più specifici. Queste informazioni possono essere sia turistiche sia tecniche per l'utilizzo da parte di esperti del settore. In questo modo viene raggiunto uno dei principali obiettivi del PICA, la possibilità di avere nello stesso tempo e con lo stesso accesso diversi tipi e livelli di informazioni.

Nella sezione in basso a sinistra della scheda monumento è possibile invece accedere alle pagine didattiche che spiegano argomenti collegati al soggetto descritto nella scheda. Una interessante caratteristica di queste pagine è che sono state realizzate utilizzando un linguaggio semplice e con un largo uso di immagini, in particolare utilizzando disegni al tratto, per dare una particolare impressione di familiarità (Fig. 5).

4. Conclusioni

Il progetto PICA è stato il risultato di diverse competenze, e ha realizzato uno strumento web completo per il semplice utilizzo di un sistema GIS. Sono state realizzate interfacce dinamiche per diverse discipline, che sono state approfondite e integrate tra loro. E stata dedicata particolare attenzione alla sezione didattica, rendendo PICA uno strumento utile alle scuole ed all'utilizzo delle diverse informazioni da parte di utenti non esperti delle diverse tematiche.

Danilo Demarchi
Politecnico di Torino
Giorgio Di Gangi, Chiara Maria Lebole
Università di Torino

BIBLIOGRAFIA

Cantoro G. 2005, *Rawmaterials Project Archaeological WEBGIS with GoogleMaps API,* in *XXI International CIPA Symposium (01-06 October)*, Athens, CIPA.

Demarchi D., Di Gangi G., Lebole C.M. 2006, *Per una lettura integrata del territorio: dalle fonti documentarie e materiali al Web*, «Archeologia Medievale», 23, 501-508.

Demarchi D., Di Gangi G., Lebole C.M. 2007, *P.I.C.A. (Portale Informatico Culturale delle Alpi Occidentali): un portale Open Source per i Beni Culturali*, in R. Bagnara, G. Macchi Janica, *Atti del I workshop Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica (Grosseto, 8 maggio 2006)*, Firenze, 135-148.

Demarchi D., Di Gangi G., Lebole C.M., Bouliou C. 2007, *"P.I.C.A. project": an Open Source system for diffusion and valorization of cultural heritage*, in *Atti della Settima Conferenza Internazionale Safeguarded Cultural Heritage - Understanding & Viability for the Enlarged Europe (Praga, 31 maggio-3 Giugno 2006)*, Praga, ITAM-ASCR, 1114-1117.

Di Gangi G., Lebole C.M., Demarchi D., Nejrotti L. 2005, *Portale Informatico Culturale delle Alpi Occidentali: a multidisciplinary and integrated project for cultural heritage*, in *International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage, Atti del XX Simposio Internazionale CIPA*, Torino, CIPA, 2, 755-758.

ABSTRACT

P.I.C.A. (http://www.progettopica.org) is an integrated project based on a broader strategy for the use and appreciation of the transalpine area. Its aim is to preserve and put to best advantage the cultural heritage through informatics and web applications. The territories involved are the Italian areas of the Province of Cuneo (Marchesato of Saluzzo) and the French Departments of Alpes-de-Haute-Provence, Isère and Hautes-Alpes. These areas not only have in common a homogenous geographic environment, but also a shared cultural substrate, where the Alpine territory always represented a link between different traditions. In a multidisciplinary context this great, the use of open source solutions was the best way to reach project goals and put together this complex scenario using different technological solutions.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 175-182

SCANNER 3D CON HARDWARE LOW COST E STRUMENTI FREE/OPEN SOURCE

1. 3D scanning per tutti

Negli ultimi anni, le tecnologie di 3D scanning si sono sviluppate notevolmente e hanno trovato largo impiego nel campo dei beni culturali. Molti laboratori e gruppi di ricerca che lavorano in questo campo sono interessati alla sperimentazione di queste tecnologie per azioni di restauro, conservazione e valorizzazione. Nonostante questo rapido sviluppo, a causa dell'ancora ristretto bacino di utenza, il costo degli strumenti hardware e software è ancora spesso fuori dalla portata della maggior parte degli operatori dei beni culturali.

Stanno però comparendo tecnologie a basso costo o addirittura free che permettono a chiunque di avvicinarsi alle tematiche dell'acquisizione 3D, fornendo strumenti che permettono di realizzare modelli tridimensionali in maniera ragionevolmente semplice ed economica.

2. Dense Stereo Matching

I sistemi basati sulle tecniche di Dense Stereo Matching permettono di estrarre informazioni tridimensionali da semplici fotografie non calibrate. Il principio su cui questi sistemi lavorano è simile all'approccio fotogrammetrico: da una serie di corrispondenze fra immagini si risale ai parametri della fotocamera ed alla posizione tridimensionale dei punti di corrispondenza. I sistemi di Dense Matching, partendo da una serie di immagini, sono in grado di trovare in maniera automatica i punti di corrispondenza, calibrare la fotocamera ed effettuare un secondo passo dove viene stabilita una corrispondenza pixel-pixel fra tutte le immagini (un processo "denso", appunto) che permette di ottenere una mappa di profondità (range map) da ciascuna immagine.

Un interessante tool di Dense Stereo Matching completamente gratuito accessibile in rete è ARC3D WebService (http://www.arc3d.be/), sviluppato all'interno del progetto europeo EPOCH. Dal momento che questi metodi richiedono una grande potenza di calcolo, il sistema funziona come servizio on-line: i dati vengono inviati ad un server che li elabora su un cluster di macchine. Una volta registrati come utenti, attraverso un programma scaricabile dal sito, è possibile inviare un set di foto che ritrae l'oggetto di interesse. I dati vengono elaborati e all'utente viene inviata una mail con un link ai risultati, che l'utente potrà poi visualizzare ed elaborare con il software ARC3D o con MeshLab (Fig. 1).

Il sistema funziona anche con un numero di foto abbastanza elevato: spostandosi intorno all'oggetto in maniera non strutturata (senza doversi

Fig. 1 – Esempi di oggetti 3D generati dal sistema ARC3D (elaborazione dati effettuata con MeshLab).

muovere su una linea retta o su di un cerchio), scattando una foto ogni 2-3 passi. È necessario che tutte le foto siano state scattate con lo stesso settaggio di zoom. Dettagliate istruzioni sull'utilizzo del sistema sono comunque reperibili on-line.

Un secondo sistema di recente apparso in rete è 3DSee (http://3dsee.net/). Il sistema lavora sullo stesso principio di ARC3D, effettuando calibrazione e stereo matching delle foto inviate; anche in questo caso si tratta di un servizio web-based dove, caricate le foto, l'elaborazione avviene in remoto e, una volta terminata, il risultato viene inviato all'utente.

In questo caso il sistema è piu focalizzato alla gestione di oggetti "2.5D", ossia la cui geometria si sviluppa da un piano, come i bassorilievi. La strategia di acquisizione delle foto cambia leggermente (è necessario muoversi più o meno su di un piano di fronte all'oggetto) e l'elaborazione restituisce un modello 3D completo (e non range map come nel caso di ARC3D).

Uno dei primi lavori di questo campo ad avere una grande attenzione del pubblico è stato il sistema PhotoTourism, dell'Università di Washington. Il sistema era orientato alla aggregazione di foto non omogenee (fatte con macchine diverse, in tempi diversi, con parametri diversi) prelevate da repository pubblici (come Flickr): da questa grande serie di immagini venivano estratte informazioni 3D a bassa densità.

Microsoft ha acquisito parte di questa tecnologia, quella orientata alla pubblicazione e presentazione; parte del cuore del progetto iniziale (proprio quello relativo al matching e generazione dei dati 3D) è però rimasta all'università di Washington ed è disponibile in rete (http://phototour.cs.washington.edu/bundler/).

L'utilizzo di questo strumento è però decisamente più complesso: richiede infatti competenze informatiche per l'installazione, compilazione, configurazione e utilizzo, il che lo rende forse meno adatto a meno che non si disponga di personale IT.

3. Homemade scanner

Per quello che riguarda gli strumenti di scansione 3D attiva, quelli cioè che agiscono proiettando un segnale luminoso sull'oggetto da acquisire, esistono diverse soluzioni free/low cost.

Uno strumento estremamente interessante reperibile in rete è il DAVID Laser Scanner (http://www.david-laserscanner.com/). Questo scanner è uno strumento fai-da-te: in pratica viene fornito il software e la parte hardware viene assemblata dall'utente utilizzando componenti facilmente reperibili. La componente hardware è infatti estremamente semplice: basta disporre di un laser a linea e di una webcam. I laser a linea si trovano molto facilmente nei negozi di fai-da-te (sono usati come livella) ad un prezzo fra i 10 e i 30 euro; qualunque webcam compatibile con Windows può essere utilizzata, ma è preferibile averne una di qualità (alta risoluzione, alta luminosità).

Attraverso l'intelligente utilizzo di pannelli di calibrazione (che possono essere stampati con una qualunque stampante), il software è in grado di calibrare la posizione e i parametri della webcam e, durante la scansione, posizione e orientamento del laser per effettuare la triangolazione.

L'utente sistema i pannelli e la webcam in maniera fissa, in modo che la webcam inquadri l'immagine di calibrazione. Una volta calibrati la posizione e parametri di camera seguendo una procedura guidata del software, sarà possibile mettere l'oggetto nello spazio fra i pannelli di calibrazione (che faranno da sfondo). La scansione avverrà muovendo la linea laser manualmente sull'oggetto da scansionare; quando si sarà "spazzolato" abbondantemente l'oggetto, il software calcolerà i dati tridimensionali, restituendo una range map della scansione.

Il software richiede che la webcam e i pannelli rimangano ben fermi (quindi serve posizionarli con cura) e che, durante la scansione, il laser sia praticamente l'unica luce visibile (serve una stanza chiusa).

La versione gratuita del software di gestione permette di calibrare la camera ed effettuare scansioni; le procedure di allineamento e fusione sono bloccate, quindi servono altri software per poter processare i dati grezzi e ottenere un modello 3D completo. La versione free è in ogni caso sufficiente per valutare la tecnologia e l'affidabilità di questo strumento.

La versione PRO supporta le videocamere a più alta risoluzione e permette di effettuare interamente il processing, fino alla generazione dei modelli tridimensionali.

La precisione ottenibile da questo strumento varia molto e dipende da molti fattori:

– qualità dell'immagine della webcam e possibilità di alterare i settaggi per migliorare la visibilità della linea laser. Qualità della linea laser (ampiezza, stabilità, nitidezza);

– scala dell'oggetto, materiale (risposta ottica al laser), complicatezza della superficie;
– qualità del setup (ortogonalità dei pannelli, rigidità del sistema webcam-pannelli), fluidità del movimento di "spazzolamento" del laser.

In generale, però, i test condotti hanno fornito dati decisamente buoni, soprattutto considerando la natura fai-da-te dell'hardware e dalla componente "manuale". Per le persone interessate al 3D scanning si tratta di una occasione estremamente interessante per provare con mano questa tecnologia sui propri oggetti e per capire se questo genere di strumenti può risultare utile al proprio lavoro.

La comunità che utilizza questo strumento è abbastanza ampia e decisamente attiva, nei forum di discussione è possibile trovare casi di esempio, review dei componenti hardware adatti, risoluzione di problemi e svariati suggerimenti per migliorare i risultati. In questi forum è presente una buona fetta di utenti che si occupa di beni culturali, è quindi un buon posto anche per cercare risposte specifiche per questo settore.

Una veloce ricerca su web porta poi alla luce l'esistenza di diversi dispositivi home made per la scansione, realizzati da gruppi di ricerca come esperimento o da semplici hobbysti. Purtroppo, per poterli ricostruire e poi usare è spesso richiesto un certo grado di manualità ed esperienza con hard-ware e software, il che riduce forse la loro applicabilità. Essi possono comunque fornire interessanti spunti.

4. Low Cost Scanner

Un altro strumento per il 3D scanning abbastanza accessibile è il NextEngine Desktop 3D Scanner. Si tratta di uno scanner 3D a triangolazione a basso costo. Prodotto da una piccola ditta di Los Angeles (Santa Monica) e progettato come strumento di semplice utilizzo per l'industria del cinema, si sta rapidamente diffondendo come strumento di lavoro nel campo dei Beni Culturali.

Anche se non appartiene alla categoria gratuita, con un prezzo inferiore ai 2000 euro rappresenta un oggetto estremamente interessante per i piccoli laboratori, i centri di restauro ed i musei interessati alla digitalizzazione di oggetti medio-piccoli ma senza un grande budget a disposizione. Il prezzo è inferiore a quello di una buona macchina digitale reflex di medio formato e la qualità dei dati rilevati è sorprendentemente buona (Fig. 2).

Grazie alle sue dimensioni ridotte è di facile trasporto e abbastanza versatile. La sua dimensione però limita la dimensione massima degli oggetti acquisibili. Infatti, lavorando sul principio della triangolazione, il volume di lavoro è proporzionale alla distanza fra emettitore laser e ricevitore che, in questo strumento, sono distanti pochi cm. È quindi molto complesso (se non spesso impossibile) acquisire con buona risoluzione oggetti di dimensioni

Fig. 2 – Lo scanner NextEngine al lavoro ed il modello prodotto.

maggiori di 50-70 cm. Questo ridotto campo di lavoro fa sì però che gli oggetti piccoli (pochi centimetri) siano rilevati con ottima precisione.

Il software a corredo è in grado di effettuare tutte le operazioni di processing necessarie ad ottenere un modello tridimensionale completo a partire dalle varie scansioni. Questo è molto importante, se si considera che spesso, unitamente al costo dello strumento, è necessario dotarsi anche di un software di elaborazione dati.

Il software NextEngine è abbastanza semplice da utilizzare, anche se questa semplicità di impostazione si paga con una scarsa flessibilità nei casi più complessi e, dal momento che tiene in memoria principale tutti i dati, non è in grado di elaborare oggetti estremamente grandi ad alta risoluzione.

5. Data Processing

La maggior parte degli scanner 3D dispone di un software di controllo (fornito in bundle) con il quale è possibile controllare l'hardware di scansione per effettuare l'acquisizione dei dati e che fornisce le funzionalità di base di processing delle scansioni grezze per la creazione di un modello tridimensionale completo.

Questi programmi bundled non riescono a soddisfare tutte le esigenze degli utilizzatori in quanto soffrono di due difetti principali:

– implementando le funzioni di base della pipeline di scansione, sono in grado di lavorare sui casi standard ma hanno difficoltà a gestire la ricostruzione di oggetti complessi o dataset troppo grandi;

– sono in genere progettati al solo scopo di generare il modello 3D elaborando i dati grezzi della scansione 3D. Ogni successivo utilizzo è demandato ad altri tool.

Nella stragrande maggioranza dei casi, a questi programmi di base verranno poi affiancati altri software più specifici che permetteranno di gestire i casi di studio più complessi e di andare al di là della pura e semplice generazione del modello, ma permetteranno anche di utilizzarlo per confronti, misure ed elaborazioni di vario tipo.

La necessità di questo tipo di programmi è spesso un problema economico non indifferente visto che, essendo strumenti software altamente specifici e poco diffusi, hanno un costo molto alto (dell'ordine della decina di migliaia di euro).

A causa della natura estremamente specifica di questi software, è difficile reperire in rete strumenti free/opensource focalizzati alla gestione dei dati provenienti da scansione 3D e alla creazione di modelli ad alta risoluzione.

Un primo posto dove cercare di reperire software per le esigenze specifiche di un dato progetto/laboratorio è senza dubbio il mondo accademico e della ricerca. I temi della gestione dei dati proveniente da scansioni 3D e del loro utilizzo nel campo dei beni culturali sono infatti ancora un tema caldo della ricerca ed è molto facile che gruppi di ricerca che si occupano di queste tematiche possano avere disponibile un software adatto alle proprie esigenze.

L'Università di Stanford mantiene ancora on-line il set di tool software utilizzati per l'elaborazione dei dati del progetto Digital Michelangelo; questi tool sono utilizzabili in maniera gratuita (http://graphics.stanford.edu/software/scanalyze/). Il problema principale è che questi tool non vengono aggiornati da diversi anni e per poterli installare, compilare ed eseguire è necessaria una certa conoscenza informatica.

Uno strumento open source in grado di elaborare i dati provenienti da scansione 3D, generare modelli tridimensionali completi ed utilizzare questi modelli è MeshLab (http://meshlab.sourceforge.net/). Nato da un progetto realizzato in un corso universitario come semplice visualizzatore di modelli 3D, MeshLab è stato sviluppato nel contesto del progetto europeo EPOCH come piattaforma estendibile per il processing di modelli tridimensionali ad alta risoluzione (Fig. 3).

In particolare, MeshLab implementa le funzioni necessarie all'elaborazione dei dati di scansione:

– cleaning: prima di essere elaborati, i dati grezzi devono spesso essere "puliti" per eliminare dati errati generati durante la scansione. MeshLab fornisce strumenti di selezione ed eliminazione dei dati, filtri di smoothing ed euristiche in grado di eliminare piccoli difetti come outlier ed errori topologici;
– allineamento: le varie riprese effettuate devono essere portate in un singolo spazio di riferimento. MeshLab implementa l'allineamento ICP con ridistribuzione globale dell'errore;

Fig. 3 – MeshLab: schermate del software.

– generazione della superficie: vengono utilizzate le varie riprese, allineate. MeshLab implementa il metodo di fusione di Poisson e due differenti algoritmi basati su MLS.

La struttura di MeshLab è altamente modulare: praticamente ogni funzione implementata è una componente "plug-in" separata dall'eseguibile principale. Questa modularità fa sì che nuove funzionalità potranno essere aggiunte semplicemente tramite nuove componenti plug-in e, allo stesso tempo, le componenti esistenti potranno essere aggiornate semplicemente sostituendo il loro plug-in con una versione piu recente.

MeshLab è in grado di leggere e salvare svariati formati di file di oggetti tridimensionali, questo garantisce di poter leggere i dati provenienti da differenti applicazioni e scanner (ad esempio, da tutti i sistemi di scansione citati in precedenza) e di essere allo stesso tempo in grado di poter esportare i modelli ottenuti verso altri tool di elaborazione/rendering.

MeshLab dispone di una serie di strumenti che permettono di esaminare in maniera precisa la struttura tridimensionale del modello caricato. Un primo strumento di semplice utilizzo è il metro lineare, che consente di misurare distanze fra due punti della mesh in tempo reale, facendo picking dei due punti direttamente sulla superficie.

L'utilizzo dei parametri di rendering (luce, piani di clipping, shader, dimensione dei punti) può aiutare molto a percepire con chiarezza le caratteristiche geometriche dell'oggetto in esame.

È poi possibile far calcolare a MeshLab differenti proprietà della superficie come curvatura, distanza dal bordo e altri valori geometrici, mappando i risultati del calcolo sulla superficie, avendo così un chiaro feedback visivo del dato di interesse.

Nel caso di più modelli, è inoltre possibile calcolare la differenza fra le due geometrie e mappare questo valore sui modelli; questa possibilità risulta particolarmente utile, ad esempio, per misurare quanto una geometria acquisita con 3D scanning più volte è cambiata nel tempo (a causa di interventi, restauro, degrado).

Marco Callieri, Massimiliano Corsini,
Guido Ranzuglia, Paolo Cignoni
Visual Computing Lab CNR – ISTI – Pisa

ABSTRACT

3D scanning technologies offer a lot of interesting possibilities for uses related to Cultural Heritage. Unfortunately, most of the current 3D scanning solutions are very costly and require a significant investment, both in terms of software and hardware. In this paper we discuss how to perform 3D scanning for the acquisition of Cultural Heritage objects using only low cost hardware and open source or free software tools.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 183-193

ARCHEOLOGIA E OPEN SOURCE, IL PROSSIMO PASSO: COSTRUIRE E SVILUPPARE PROGETTI HARDWARE

1. Le premesse

Negli ultimi anni la nostra società (Arc-Team s.n.c.) si è impegnata nella ricerca legata all'applicazione di software libero in archeologia (Bezzi *et al.* 2004). I buoni risultati raggiunti sinora, grazie soprattutto alle prestazioni altamente performanti dei programmi aperti, ci hanno permesso di soddisfare gran parte delle nostre esigenze professionali. A questo bilancio positivo, da un punto di vista strettamente funzionale, vanno aggiunte le incoraggianti prospettive future, legate in gran parte alla rapida ed esponenziale evoluzione di questo tipo di software.

Allo stato attuale siamo dunque in grado di soddisfare la maggior parte delle esigenze informatiche che un moderno scavo archeologico richiede, mantenendo un livello assolutamente competitivo rispetto alle possibilità offerte dalle alternative a "codice chiuso". L'utilizzo di ArcheOS (Bezzi *et al.* 2005) ci permette, ad esempio, di affrontare in maniera efficace l'elaborazione, la gestione e la divulgazione dei dati raccolti.

Nonostante queste premesse positive, riteniamo che sussistano ancora dei problemi nel nostro *modus operandi*. Problemi legati soprattutto all'acquisizione di dati, un campo in cui, date le moderne tecnologie a disposizione, esistono notevoli margini di miglioramento per quanto riguarda la quantità, la qualità e la velocità di registrazione delle informazioni.

Questa situazione ci ha spinto, nel corso del 2008, da una parte a continuare la nostra linea di ricerca improntata su progetti a codice aperto, dall'altra a considerare la possibilità di risolvere alcuni di questi problemi non tanto attraverso soluzioni software, ma aprendo i nostri orizzonti al campo dell'hardware.

Naturale sbocco di queste considerazioni è stata la scelta di fare un ulteriore passo nel mondo dell'open source e di sperimentare alcune possibili soluzioni di hardware aperto.

Nei capitoli seguenti descriveremo quindi la nostra esperienza nel tentare di risolvere uno di questi problemi di acquisizione dati (legato alla fotografia aerea) tramite la costruzione di un progetto hardware open source e nello specifico di uno UAVP (Universal Aerial Video Platform).

2. L'archeologia aerea

Come già accennato in premessa, uno dei principali problemi da noi riscontrati nell'acquisizione di dati è legato all'archeologia aerea e, più nello specifico, riguarda la possibilità di ottenere buone foto aeree sia nell'ambito

di una documentazione di scavo (intra-sito), sia in ambiti territoriali più ampi, come possono richiedere ad esempio progetto di survey o di fotointerpretazione (extra-sito).

Ovviamente questa seconda esigenza esclude le soluzioni che prevedono l'utilizzo di bracci meccanici o impalcature mobili, visto la non elevata altezza che consentono di raggiungere e la scarsa mobilità di questo tipo di macchinari.

La nostra ricerca si è quindi orientata sin dall'inizio sulla costruzione di un dispositivo volante in grado di scattare fotografie da altezze anche elevate e nello stesso tempo di garantire una facilità di manovra ed una autonomia sufficiente ad affrontare porzioni di territorio anche considerevoli.

Le possibili soluzioni, dettate dalle nostre esigenze, si sono ridotte a questo punto a tre opzioni:

– un dispositivo tipo aquilone (volo tramite sfruttamento del vento);
– un dispositivo del tipo aerostato (pallone aerostatico oppure dirigibile, con volo per sostentazione statica);
– un drone volante del tipo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*[1]).

In seguito ad una veloce analisi delle tre possibilità sopraelencate, abbiamo deciso di scartare le prime due. Infatti il volo tramite sfruttamento del vento, sebbene permetta un buon posizionamento sull'obbiettivo (soprattutto tramite l'utilizzo di aquiloni statici), non si adatta alle differenti situazioni che uno scavo archeologico può comportare. Particolarmente difficile (se non impossibile) risulterebbe ad esempio il volo indoor[2] (come potrebbe richiedere una documentazione intra-sito in un ambiente chiuso, quale una chiesa o un palazzo).

Nel secondo caso, invece, sia un pallone aerostatico, sia un dirigibile sarebbero influenzati dalle condizioni atmosferiche più di altri velivoli, penalizzando un loro uso esterno (sebbene vi sia la possibilità di ancorarli e guidarli da terra tramite delle funi).

In definitiva le prime due soluzioni sarebbero troppo legate alla presenza/assenza di vento per un loro utilizzo costante durante uno scavo e non garantirebbero quella facilità di manovra e quella versatilità per noi indispensabile nell'affrontare realtà lavorative tanto diverse.

In base alle nostre necessità, dunque, la possibilità di costruire un drone volante teleguidato del tipo UAV sembrava delinearsi come l'opzione più promettente. Rimaneva ora il problema di trovare un buon progetto open source che riguardasse la costruzione di un apparecchio all'apparenza tanto complicato.

[1] Cioé un veicolo aereo privo di pilota.
[2] Anche considerando la possibilità di creare un vento artificiale trainando il velivolo.

3. I droni open source

Dopo un'accurata ricerca in internet sui possibili progetti aperti di apparecchi UAV, abbiamo ristretto il campo a due prototipi principali: il Paparazzi Project e lo UAVP.

Il primo progetto si propone di sviluppare hardware e software per la creazione di droni UAV di vario genere, mentre il secondo si concentra in maniera più specifica sulla realizzazione di un modello di "elicottero quadrirotore"[3]. In entrambi i casi, comunque, sia il software che l'hardware necessari sono rilasciati attraverso licenze open source (GPL).

Tanto il Paparazzi Project, quanto l'UAVP presentavano quindi le caratteristiche capaci di soddisfare le nostre esigenze: entrambi prevedono la realizzazione di uno UAV ed entrambi sono da considerarsi velivoli open source.

Da un punto di vista teorico non vi erano dunque particolari motivi per scegliere un modello rispetto all'altro, anche se il Paparazzi project avrebbe lasciato maggior libertà riguardo alla tipologia del drone da costruire. Da un punto di vista pratico, però, la sperimentazione di un velivolo del tipo UAVP presentava il vantaggio di concentrarsi sin dall'inizio nella costruzione di un quadricottero, cioè del velivolo che secondo le nostre aspettative offriva una maggiore adattabilità alle diverse realtà delle possibili applicazioni archeologiche.

Infatti il Paparazzi Project, non essendo orientato su un particolare tipo di drone, non rilascia specifiche precise sulla componente meccanica ed è sinora utilizzato nella maggior parte dei casi su modelli di aerei o elicotteri, più adatti al survey o alla fotointerpretazione che alla documentazione archeologica intra-sito[4]. Al contrario il progetto UAVP è strettamente legato alla tipologia del quadricottero, un drone particolarmente stabile ed in grado di mantenere un volo stazionario su un punto, caratteristica fondamentale per la documentazione di piccole aree.

Per questo motivo, e per la sua grande versatilità, abbiamo infine scelto di sperimentare uno UAVP[5] (Fig. 1).

4. La costruzione dell'UAVP

Analizzando la complessità di questo genere di progetti (la costruzione di hardware open source), bisogna premettere che sono richieste conoscenze specifiche di vario tipo, che normalmente non fanno parte del bagaglio culturale di un archeologo (anche se esperto di informatica).

[3] D'ora in avanti nel testo: quadricottero (neologismo che sta attualmente entrando in uso per descrivere questo genere di droni aerei).

[4] Ultimamente il Paparazzi Project viene utilizzato anche su droni del tipo quadricottero.

[5] Attualmente il progetto è evoluto nel nuovo NG-UAVP.

Fig. 1 – Il prototipo UAVP.

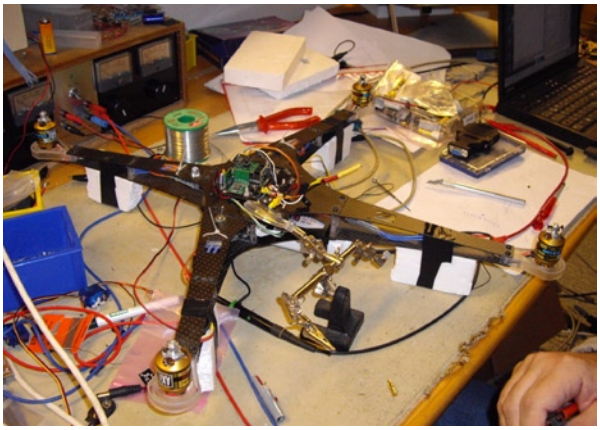


Fig. 2 – Wolfgang Mahringer al lavoro sull'UAVP.

Per questo motivo, durante la costruzione del nostro modello di UAVP, ci siamo avvalsi della collaborazione di Sergio Tondini (esperto in modellistica), di Mauro Martinelli (esperto di elettronica) e del prezioso aiuto di Wolfgang Mahringer, uno degli sviluppatori principali del progetto (Fig. 2).

Nello specifico, l'assemblaggio della parte meccanica del quadricottero (il frame) non ha presentato particolari difficoltà, mentre più complessa si

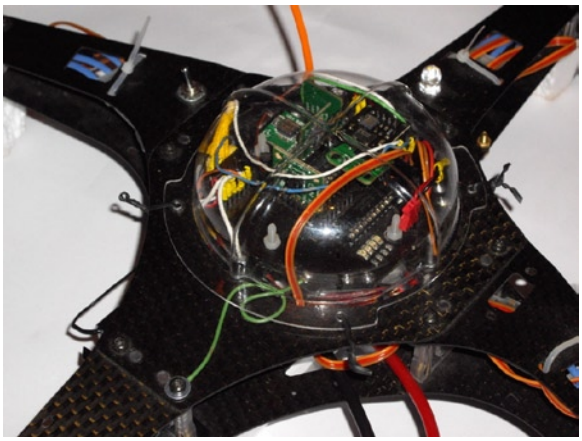


Fig. 3 – Un dettaglio della componente elettronica.

è rivelata la componente elettronica (per la quale bisognerebbe avere una minima competenza nel saldare i circuiti ed una certa confidenza con concetti quali scheda madre, processore, etc.). Gli elementi base sono comunque limitati (molti sono opzionali) ed è possibile acquistare alcune componenti elettroniche a montaggio superficiale pre-assemblate (SMD Surface Mounting Devices), come la scheda madre già popolata (Fig. 3).

Anche la programmazione del velivolo può presentare alcune difficoltà e l'aiuto di un esperto può accelerare di gran lunga i tempi. Allo stesso modo non va sottovalutata, soprattutto durante le prime fasi di realizzazione, la tempistica legata all'acquisizione delle conoscenze necessarie per la guida di un quadricottero, per molti versi differente da quella di altri droni volanti.

Nel nostro caso la meccanica del prototipo finale è composta da un frame in fibra di carbonio e da una culla per la macchina fotografica, corredata da un servomotore aggiuntivo per il suo orientamento. L'elettronica è invece limitata, oltre agli elementi essenziali (tra cui la scheda madre, tre giroscopi, un processore, etc.), ad un accelerometro e ad una bussola digitale. Al momento non abbiamo invece aggiunto un ricevitore GPS, anche se questa possibilità rappresenta una delle più probabili implementazioni future.

5. Il dispositivo di telerilevamento

Ovviamente, essendo il nostro prototipo orientato all'utilizzo nel campo archeologico, una parte fondamentale è rappresentata dal sistema di telerilevamento. Come già anticipato, si tratta di una culla a supporto di una fotocamera digitale compatta. L'aggiunta di un servomotore permette

Fig. 4 – Il dispositivo di telerilevamento.

di orientare la camera sull'asse z, mentre per l'asse x e y si può sfruttare la rotazione del velivolo (Fig. 4).

Un sistema del genere può essere gestito da terra tramite un normale radiocomando a otto canali: sei canali servono per la guida del drone (alto, basso, destra, sinistra, avanti, dietro), il settimo per l'orientamento della camera (sull'asse z), mentre all'ottavo è delegato lo scatto. Quest'ultimo dispositivo è reso possibile da un chip (PRISM) direttamente collegato alla fotocamera, che riceve il segnale di scatto via radio (dal radiocomando) e lo converte in un segnale infrarosso, direttamente recepito dalla fotocamera. Tale sistema è reso necessario dal fatto che uno scatto comandato direttamente da un segnale infrarosso sarebbe possibile solo da distanze ravvicinate, mentre un segnale radio garantisce un campo d'azione notevolmente più ampio. Ovviamente, affinché il dispositivo funzioni, è necessario che la fotocamera utilizzata preveda la possibilità di scatto tramite impulso infrarosso.

Fondamentale è anche un sistema di controllo da terra, per verificare la corretta inquadratura dell'oggetto da fotografare. La soluzione da noi adottata si compone di una microcamera wireless da applicare in prossimità della fotocamera e da un monitor a terra, che permette di visualizzare in tempo reale, con una buona approssimazione, il campo visivo della fotocamera stessa.

6. I primi test di volo

Una volta terminata la costruzione dell'UAVP, siamo passati alla fase di test. Grazie all'aiuto di Wolfgang Mahringer abbiamo potuto sperimentare l'effettiva stabilità di volo e la manovrabilità del velivolo. I risultati di questo

primo test di volo sono stati assolutamente positivi e per molti versi hanno superato le nostre stesse aspettative[6].

La stabilità in particolare si è rivelata assolutamente soddisfacente. Il velivolo è effettivamente in grado di mantenere un volo stazionario su un punto, premessa sicuramente incoraggiante per un suo futuro impiego in documentazioni archeologiche intra-sito; anche la manovrabilità del drone è molto elevata e sicuramente rende possibile un utilizzo indoor del prototipo.

Va sottolineato però che entrambi questi aspetti sono direttamente legati all'abilità del pilota, pertanto sono necessarie svariate ore di esercizio prima di essere in grado di manovrare in maniera sicura l'UAVP. Durante questa fase di "addestramento" ci si può comunque avvalere di simulatori al computer collegabili direttamente al radiocomando.

7. Le possibili applicazioni

Come già anticipato, l'obbiettivo che ci siamo posti sin dall'inizio è quello di sperimentare le possibili applicazioni di un drone volante in archeologia, allo scopo di migliorare la nostra metodologia nell'acquisizione dei dati.

Allo stato attuale siamo riusciti a costruire un prototipo di UAVP funzionante, corredandolo con un sistema per il telerilevamento fotografico che permette una visione in tempo reale dell'area da analizzare e/o documentare.

In base ai primi voli effettuati, il drone ha dimostrato buone potenzialità grazie alla sua elevata stabilità di volo e alla sua manovrabilità.

A questo punto la nostra sperimentazione prevede una fase di test direttamente sul campo, per verificare che le ottime premesse dimostrate si possano concretizzare nell'effettivo utilizzo del drone in ambito lavorativo. Queste verifiche (attualmente in atto) stanno cercando di coprire il maggior numero di applicazioni archeologiche, per testare la versatilità di uno strumento come l'UAVP.

Stiamo quindi considerando i progetti che prevedono un'analisi di ampi territori, come il survey, la fotointerpretazione e la documentazione extra-sito. In questo modo si possono valutare la tenuta delle batterie (a cui è strettamente legata l'autonomia di volo) e le capacità di mobilità del dispositivo di rilevamento sull'asse z (soprattutto per la fotointerpretazione). Sempre nell'ambito di un impiego extra-sito dell'UAVP, stiamo vagliando la possibilità di implementare il prototipo con un sistema di guida automatica, anche tramite l'utilizzo di un ricevitore GPS integrato con la scheda madre dell'UVAP.

Allo stesso tempo stiamo testando le capacità del velivolo di operare in contesti più ristretti, come quelli legati ad una documentazione intra-sito

[6] I risultati del primo test di volo sono osservabili nel filmato visualizzabile al seguente indirizzo: http://www.arc-team.com/wiki/doku.php?id=open_hardware.

sia archeologica che architettonica. In questo modo abbiamo la possibilità di sperimentare in maniera più accurata la manovrabilità del drone in contesti indoor (chiese, palazzi, monumenti), nonché la versatilità del dispositivo di telerilevamento nell'operare in orizzontale (per la mappatura di realtà archeologiche in piano) e soprattutto in verticale (per la documentazione di alzati architettonici).

Gli ultimi test saranno invece riservati alla capacità dell'UAVP di agire in contesti di difficile accesso, come in ambienti legati all'archeologia della prima guerra mondiale in alta montagna, oppure in siti castellari particolari, quali possono essere quelli che rimandano alla tipologia dei "covoli" o dei castelli "in corona" (cioè strutture fortificate costruite in anfratti nella roccia o direttamente in grotta, in zone naturalmente difendibili e difficilmente raggiungibili).

Nel caso di responsi positivi in tutti queste applicazioni, l'UAVP si dimostrerebbe uno strumento in grado di aggirare i più comuni problemi da noi riscontrati nell'archeologia aerea. Ad esempio un drone di questo tipo non comporterebbe particolari difficoltà logistiche (il modello occupa poco spazio, è facilmente trasportabile e non necessita di un complesso supporto a terra). Inoltre risolverebbe problemi di sicurezza nei casi in cui ci si troverebbe ad operare in situazioni difficili e precarie (come spesso accade nella documentazione di alzati). Sempre nel campo della documentazione architettonica consentirebbe di ottenere foto senza eccessive distorsioni, grazie alla sua capacità di posizionarsi stabilmente nel punto ottimale per lo scatto. Quest'ultima caratteristica sarebbe preziosa anche nelle aree di difficile accesso, consentendo la documentazione di strutture normalmente non raggiungibili.

Attualmente stiamo verificando le capacità dell'UAVP nei cantieri archeologici, ottenendo buone prestazioni.

8. Una piattaforma "aperta" per l'archeologia aerea

Il risultato principale sinora raggiunto (in base ai test effettuati) è stato quello di realizzare una piattaforma aperta per l'archeologia aerea e questo grazie soprattutto all'interazione del prototipo UAVP con il sistema operativo ArcheOS.

Questa integrazione di due componenti aperte (hardware e software) ha permesso, ad esempio, di migliorare la nostra metodologia nella delicata fase di raccolta dei dati, influendo positivamente su tutto il workflow (flusso di lavoro) successivo.

In particolare la relativa semplicità e rapidità con cui siamo ora in grado di ottenere buone foto zenitali ha sensibilmente migliorato il sistema da noi adottato nel creare fotomosaici georeferenziati ("metodo Aramus"[7],

[7] Per una descrizione dettagliata del metodo si rimanda al sito: http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/creazione_fotomosaici/.

Bezzi, Bezzi, Gietl 2007; Allinger-Csollich *et al.* 2007), che prevede l'utilizzo combinato di alcuni software presenti in ArcheOS (Kate, GRASS, e-foto, GIMP). I maggiori vantaggi a questo riguardo sono essenzialmente tre: la miglior qualità delle foto (scattate con una angolazione ottimale, in grado di ridurre le possibili distorsioni), la possibilità di variare facilmente l'altezza della ripresa fotografica e la velocità nell'eseguire l'intero processo di acquisizione dati (soprattutto quando l´area da documentare è particolarmente estesa).

Un altro vantaggio di questa piattaforma "aperta" è quello di poter integrare il sistema con componenti aggiuntive. È il caso ad esempio del dispositivo di telerilevamento che abbiamo installato sul modello, mediante il quale stiamo ottenendo buoni risultati nel campo della fotointerpretazione e della documentazione architettonica.

In sostanza tutti i possibili sviluppi futuri del prototipo da noi costruito sono positivamente influenzati dal suo essere a "codice aperto" e dalle quattro libertà fondamentali che la licenza GPL (con cui è rilasciato il progetto) garantisce:

– la libertà di eseguire il programma/utilizzare l'hardware per qualsiasi scopo;
– libertà di studiare il programma/l'hardware e modificarlo;
– libertà di copiare il programma/l'hardware in modo da aiutare il prossimo;
– libertà di migliorare il programma/l'hardware e di distribuirne pubblicamente i miglioramenti, in modo tale che tutta la comunità ne tragga beneficio.

9. Sviluppi futuri

Come abbiamo visto, i vantaggi di un progetto "open hardware" come l'UAVP sono paragonabili a quelli che si riscontrano nell'utilizzo del software aperto. Tra questi uno dei più importanti è il fatto di poter modificare e sviluppare ulteriormente il progetto anche grazie alla collaborazione con la comunità di utenti/sviluppatori che necessariamente si viene a creare.

Questa caratteristica si traduce in un valore aggiunto per l'UAVP. Infatti, se da un lato questo prototipo rappresenta attualmente la risposta ottimale alle nostre esigenze professionali, è anche vero che è già possibile individuare alcune migliorie da apportare, in parte già previste dagli sviluppatori del progetto. È il caso del già citato ricevitore GPS, che sarebbe possibile integrare nella componente elettronica del modello.

Inoltre il rapido sviluppo dei droni volanti open source permette un continuo confronto con i progetti paralleli, quali il Paparazzi Project e il nuovo NG – UAVP, e non esclude la possibilità di una parziale integrazione tra queste realtà.

Dal nostro punto di vista, infine, avendo finalmente superato l'ostacolo rappresentato dalla mancanza di un buona piattaforma per il telerilevamento,

possiamo riattivare alcuni settori di ricerca che avevamo recentemente "congelato". Un esempio è quello relativo ai software liberi di stereo-restituzione fotogrammetrica. Infatti, disponendo di buone foto aeree tramite un sistema collaudato ed affidabile, la documentazione in tre dimensioni tramite fotogrammetria potrebbe diventare una possibilità applicabile anche agli scavi di emergenza, notoriamente limitati in termini di tempo. Parallelamente stiamo attualmente verificando la fattibilità di un'implementazione dell'UAVP con un dispositivo hardware di rilievo tridimensionale. Quest'ultima ricerca è però ancora in una fase embrionale e attualmente è concentrata sulla scelta della tecnologia migliore. Anche in questo caso però è possibile sfruttare appieno le potenzialità dei progetti a codice aperto, considerando l'eventualità di combinare il progetto UAVP a progetti open source riguardanti la scansione tridimensionale tramite luce strutturata[8].

Alessandro Bezzi, Luca Bezzi, Rupert Gietl
Arc-Team s.n.c./o.h.g.

BIBLIOGRAFIA

Allinger-Csollich W., Bezzi A., Bezzi L., Gietl R., Heinsch S., Kuntner W. c.s., *ArcheOS e-learning project*, in *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Workshop 2 (Genova, Italy 11 May 2007)*, in corso di stampa.

Bezzi A., Bezzi L., Francisci D., Gietl R. 2004, *Open Source applications in archaeology.* [Online] Arc-Team s.n.c. http://www.arc-team.com/wiki/doku.php?id=lectures [accessed 15 April 2009].

Bezzi A., Bezzi L., Francisci D., Gietl R. 2005, *ArcheOS 1,0 Akhenaton, the first GNU/Linux live distribution for archaeologists*, in *Kulturelles Erbe und neue Technologien. Workshop 10 Archäologie und Computer (Vienna, Austria 7-10 November 2005), Museen der Stadt Wien – Urban Archaeology*, Vienna (Digital publication).

Bezzi A., Bezzi L., Gietl R. 2007, *Creazione di fotomosaici [Online] Innsbruck, Austria: Digital Archaeological Documentation Project.* http://wiki.uibk.ac.at/con-fluence/display/xcavationtutor/creazione_fotomosaici/ [accessed 14 April 2009].

SITI WEB

ArcheOS Official Website. 2008. Main Page. [Online] (Updated 3 April 2009): http://www.arc-team.com/archeos/ [accessed 14 April 2009].

Digital Arcaeological Documentation Official Website. 2007. Main Page. [Online] (Updated 20 Feb 2008): http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/Home/ [accessed 15 April 2009].

Paparazzi Project Official Website, 2006. Main Page [Online] (Updated 12 April 2009): http://paparazzi.enac.fr/wiki/Main_Page/ [accessed 14 April 2009].

[8] Ad esempio il progetto Splinescan, anche se i nostri test a riguardo non hanno restituito risultati incoraggianti.

NG – UAVP Official Website, 2008. FrontPage – UAVP-NG – The Next Generation multicopter. [Online] (Update 24 March 2009): http://ng.uavp.ch/moin/NextGeneration/ [accessed 14 April 2009].

UAVP Official Website, 2008. FrontPage – Wolferl – The Open Source Quadrocopter. [Online](Update 24 March 2009): http://uavp.ch/moin [accessed 14 April 2009].09).

ABSTRACT

After years spent in developing FLOSS we have reached a high quality level in computational archaeology, and therefore, in 2008 we focused our research on OS hardware projects to develop our data acquisition methodology. In this article we present our experiments in building a drone for aerial documentation.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 195-207

FRAMEWORK OS PER LA COMUNICAZIONE STORICA E ARCHEOLOGICA

1. Introduzione

Da diversi anni il Consorzio CINECA sviluppa e mette a disposizione della comunità scientifica programmi free e open source nei diversi ambiti delle discipline scientifiche in cui opera: Astronomia, Bioinformatica, Visualizzazione Scientifica.

I programmi vengono sviluppati in collaborazione con importanti enti, nell'ambito di progetti di ricerca nazionali e internazionali, e rilasciati in formato free o open source in modo che i ricercatori possano condividerne le potenzialità e collaborare al loro sviluppo.

Per la fruizione dei progetti di visualizzazione nell'ambito dei beni culturali, in collaborazione con il consorzio Spinner, il CINECA ha sviluppato Visman, un framework basato sulle librerie OpenSceneGraph e wxWidgets (OpenGL Performer e Borland in precedenza), scritto interamente in C++ e disponibile sia su piattaforme Windows che Linux (32 e 64 bit). Visman è stato sviluppato avendo in mente la flessibilità e la facilità di utilizzo, anche prendendo spunto da idee del mondo dei videogiochi.

Attualmente tre diversi progetti con esigenze differenti sfruttano tale risorsa. Il progetto Monte Sole (Comune di Bologna), dedicato alla guerra di liberazione e all'eccidio di Marzabotto durante la Seconda Guerra Mondiale, con una visualizzazione di paesaggio storico con layer appartenenti ad epoche storiche e a tematismi diversi; il progetto ARCUS (Politecnico di Milano, Università di Bologna e Scuola Normale di Pisa), punto di partenza per l'elaborazione di linee guida metodologiche, con l'unione di database di scavo, relativi al Foro di Pompei, e ricostruzioni 3D a supporto della comprensione dei dati; il progetto MUVI – Museo Virtuale della Vita Quotidiana a Bologna (comitato di Bologna per la storia del Risorgimento) con, al momento, interni domestici di 3 epoche storiche, da visualizzare su piattaforme diverse, dal Web al sistema immersivo.

2. L'open source per i musei immateriali ed il coinvolgimento degli utenti

La versatilità delle tecnologie della visualizzazione è tale che il loro uso si è di molto esteso: oggi è possibile fare esperienza di sistemi virtuali anche per generare, navigare ed esplorare ambienti ricostruiti d'interesse storico-culturale; in particolare nel campo dell'archeologia l'esperienza è oramai più che decennale.

Con l'uso di queste tecnologie si possono visualizzare e presentare "ricostruzioni" di ambienti del passato, comprendenti edifici, paesaggi ed artefatti.

Allo stesso tempo, si sta estendendo, a fini di conservazione e di migliore gestione, la buona pratica della digitalizzazione del patrimonio di documenti detenuti dagli istituti culturali, e questo pone la condizione e anche, in un certo senso, reclama un uso più comunicativo e partecipato di questo patrimonio.

È sotto gli occhi di tutti come a livello internazionale il museo non sia più considerato soltanto un luogo di concentrazione e conservazione di opere e reperti, ma sempre più si ponga enfasi sul museo come strumento di comunicazione e partecipazione.

Questa tendenza dei musei a dare rilievo ai propri aspetti immateriali, non considerando più le collezioni come autosufficienti e in ogni caso sottraendosi alla necessità assoluta di avere collezioni di straordinario valore artistico, produce poi un ulteriore sviluppo: si è aperta una prospettiva in cui discipline finora escluse dalla museografia, in quanto gestite con biblioteche e archivi, ma desiderose di allargare il proprio rapporto con il grande pubblico, possono pensare di proporsi in forma di museo. Ecco quindi i musei del cinema, della musica, persino della letteratura e della matematica. Ecco l'interesse per la creazione di musei storici (la storia è una disciplina che sperimenta continuamente la necessità di ricostruire mondi non più visibili), svincolati dalla dotazione di reperti di particolare spettacolarità.

Se gli aspetti immateriali crescono di importanza, sia nei musei tradizionali (ripensati come "macchine" comunicative) che nei nuovi musei (essenzialmente strumenti di comunicazione), diventa sempre più necessario l'uso di adeguate, nuove tecnologie. Questo sia per raggiungere il grande pubblico, sia per aumentare i contenuti che il museo riesce a trasmettere ai visitatori.

Dunque, in concomitanza con una crescente importanza degli aspetti immateriali – la comunicazione – nella gestione delle istituzioni museali nel loro complesso, si afferma una considerazione del tutto nuova di "discipline immateriali" e di "componenti immateriali" nella definizione dell'oggetto di interesse stesso delle attività culturali.

Questo è tanto più vero se si pone attenzione all'estensione del concetto stesso di cultura, che la comunità scientifica va elaborando ormai da lungo tempo. C'è dunque una crescente domanda di artificiale, cioè di soluzioni complesse tali da rappresentare questa crescente immaterialità e intangibilità del nostro oggetto.

L'applicazione delle *Information & Communication Technologies* (e più specificamente della Realtà Virtuale) ai Beni Culturali può essere considerata una delle nuove frontiere delle politiche culturali, probabilmente la più impegnativa e affascinante insieme, per la vastità dell'opera di digitalizzazione e per le potenzialità che offre, permettendo di produrre e riprodurre immagini in 3 dimensioni, di visualizzarne le trasformazioni nel tempo e di proiettarle in un ambiente immersivo con l'uso più ampio dell'interattività.

Ma anche per i progetti di ricerca un'esigenza importante nel settore del Virtual Heritage, e più in generale in tutti i progetti di ricerca culturali, è quella di rinnovare i modelli di lavoro e di sviluppo dei progetti. Essi devono passare da una situazione in cui la ricerca è affidata a singoli o ristretti gruppi, che detengono l'autorità e l'esclusiva sull'accesso alle informazioni e sulla loro diffusione, ad una nuova condizione in cui la produzione della conoscenza e dei significati avvengano in modo collettivo, attraverso processi di sviluppo condiviso caratterizzati dalla trasparenza delle fonti e dalla diffusione delle informazioni critiche. Ecco quindi l'importanza di ricorrere a soluzioni open source, il cui sviluppo favorisce anche il dialogo interdisciplinare, la fruizione su media diversi oltre a consentire installazioni senza costi di licenze.

3. Visualizzazione multi-piattaforma di modelli 3D in progetti dedicati ai Beni Culturali

Per la fruizione dei progetti di visualizzazione nell'ambito dei Beni Culturali, CINECA ha sviluppato Visman. Grazie a Visman gli ambienti 3D sono fruibili sia su desktop che in ambienti immersivi e sono direttamente collegabili nelle loro geometrie a schede provenienti da database relazionali, a pagine HTML o ad altri elementi esterni. Le geometrie stesse, con un sistema di shader, forniscono informazioni immediatamente percepibili a seconda della presenza o meno di collegamento a dati.

È stata implementata una versione di Visman anche per la fruizione via Web dei modelli, ma grazie all'accordo di ricerca siglato nel 2005 tra CINECA e CNR ITABC è stato sviluppato un più flessibile e potente plug-in open source, OSG4web. Si tratta di un software originale, basato su librerie OpenSceneGraph, per visualizzazione real-time ed interazione di paesaggi e modelli sul web integrato per Mozilla Firefox e MS Internet Explorer. Il sistema possiede un'architettura plug-in cross-platform e cross-browser open source, che consente un'integrazione trasparente al web designer nella pagina html, con supporto Ajax. Il software è caratterizzato da una shell esterna (installabile dal client) che si occupa di richiamare il core (o i core) necessario alle varie applicazioni. L'interazione tra il browser e il plug-in avviene attraverso direttive JavaScript, come nel caso del funzionamento dei bottoni e dei link.

Diversi progetti, sviluppati negli ultimi tempi presso il VisIT Lab del CINECA sfruttano tali risorse.

3.1 *Progetto ARCUS*

Il progetto ARCUS (Politecnico di Milano, Università di Bologna e Scuola Normale di Pisa) nasce con l'obiettivo di portare a sistema e ad una conclusione operativa gli studi messi a punto dalla Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei (SSBANP) nel corso degli ultimi

anni, attraverso specifici progetti, e renderli non solo strumenti di gestione e di offerta scientifica ma anche sistema comunicativo fruibile ad ampio spettro (Gaiani, Micoli 2005; Gaiani, Micoli, Russo 2005). Proprio in questa prospettiva di fruizione allargata, il contributo dell'open source si rivela particolarmente importante.

Il progetto si articola in una serie, interrelata, di *azioni*:

– Definizione del DTM relativo al sito degli scavi archeologici di Pompei: sviluppo ed implementazione dell'attuale Sistema Informativo di Pompei, basato su una cartografia 2D, al fine di trasformarlo in un sistema 3D basato su un DTM texturizzato.
– Rilievo di oggetti/manufatti/reperti presenti a Pompei e presso il Museo Archeologico di Napoli e studio delle guideline per inserire modelli da rilievo realizzati da terzi all'interno del sistema informativo della SSBANP: scopo di tale azione è la realizzazione di modelli digitali 3D di reperti/oggetti, in particolare tra quelli conservati al Museo Archeologico, significativi per loro natura e caratteristica, che amplino il ventaglio di oggetti fino ad ora presi a campione e che possano essere successivamente posti in relazione con il complesso edilizio di provenienza. Viene inoltre affrontato il problema del riuso dei modelli prodotti da differenti campagne di rilievo/studio al fine di verificare se i sistemi di gestione delle informazioni e le linee guida, messe a punto dalla SSBANP nell'ambito dei progetti precedenti, siano in grado di supportare agevolmente l'inserimento all'interno del sistema informativo-GIS.
– Modelli digitali 3D: oltre che la verifica delle linee guida definite nei progetti precedenti, l'azione avrà come obiettivo lo sviluppo di procedure specifiche per le nuove tipologie di oggetti/reperti oggetto di studio, affrontando ad esempio le problematiche relative ai modelli di strati successivi degli scavi con una metodologia capace di seguire l'archeologo durante lo scavo e registrane i dati morfometrici e gli elementi scavati, circostanza non ancora affrontata dai precedenti progetti, con l'obiettivo che essi possano essere inseriti all'interno del Sistema Informativo della SSBANP.
– Procedure di Visualizzazione di modelli 3D complessi: adeguamento dell'attuale dispositivo di visualizzazione web-based a supporto dell'utilizzo di modelli 3D ad elevato numero di poligoni finalizzato alla rapida visualizzazione anche su PC desktop low-end. I modelli, quindi, devono essere agevolmente utilizzabili sia nell'ambito della divulgazione, mediante il sistema 3DGIS, sia ai fini gestionali della SSBANP e a quelli di analisi e studio archeologici, sia di quelli comunicativi verso gli utenti esterni (tipicamente con finalità turistica).
– Forma di visualizzazione/fruizione per il pubblico mediante teatri virtuali interconnessi a Pompei e a Napoli: progetto e realizzazione di due punti di visualizzazione e fruizione per il pubblico a realtà virtuale semi-immersiva (Teatri virtuali) collocati uno a Pompei e il secondo al Museo Archeologico

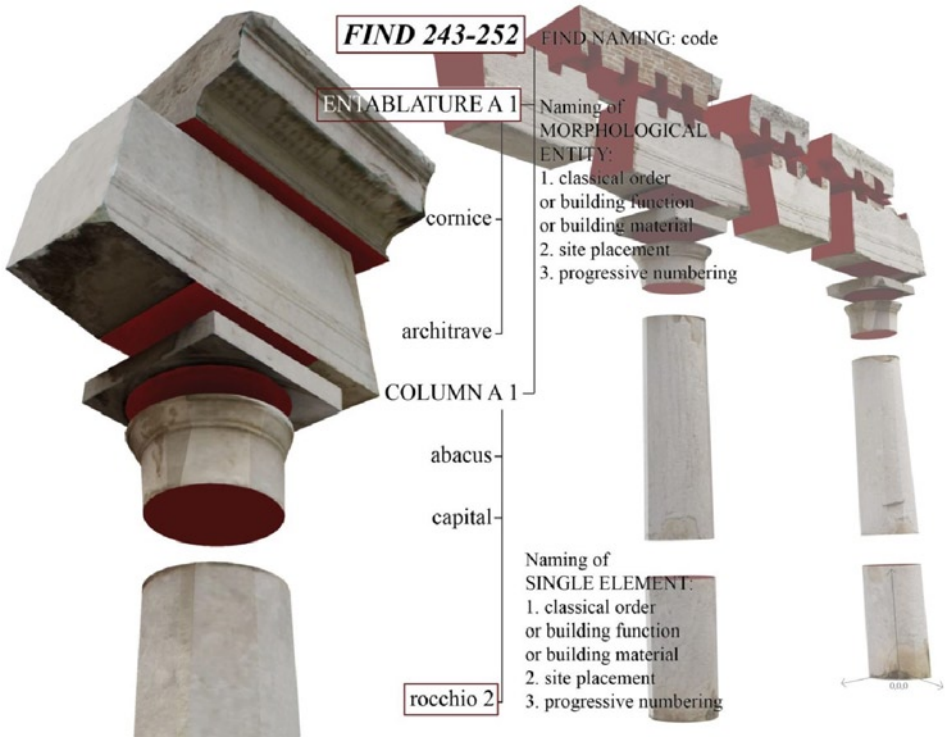


Fig. 1 – Pompei. Struttura semantica di un modello digitale 3D.

di Napoli, in grado di consentire una fruizione incrociata tra i due siti di manufatti/reperti/ambiti. Dalla postazione di Pompei, ad esempio, sarà possibile visualizzare all'interno del contesto in cui sono stati ritrovati, i reperti/oggetti conservati presso il Museo Archeologico di Napoli, e viceversa, in modo da permettere la fruizione completa della realtà pompeiana.
– Sviluppo di un 3DGIS e raccordo con l'esistente 2D GIS: una volta definito ed acquisito il DTM texturizzato l'azione avrà l'obiettivo di definire le procedure finalizzate all'inserimento nella cartografia dei primi modelli e l'implementazione di un'applicazione in grado di permettere l'inserimento di tali modelli in modo semi-automatico guidato (Benedetti, Gaiani, Guzzo 2008).

L'ultimo punto merita una spiegazione ulteriore dato che il ricorso alla visualizzazione digitale definisce un cambiamento di rilievo nella definizione del modello conoscitivo e comunicativo, migliorando la consultazione e l'analisi di dati complessi, compresi quelli di tipo spaziale. La lettura integrata di varie tipologie di dati e l'accesso ad essi tramite internet rappresenta

un ulteriore aiuto. Utilizzando un 3DGIS è possibile ridurre la quantità di informazioni testuali già contenute nella visualizzazione ma, al momento, i software GIS in grado di gestire dati 3D reali sono assai rari (i DTM sono, infatti, in realtà nient'altro che sistemi 2.5), e nessun sistema commerciale è in realtà un vero ed efficiente GIS tridimensionale. I modelli geometrici costituiscono una parte rilevante di un 3DGIS. Sebbene le tecniche di generazione di modelli tridimensionali siano largamente e ampiamente conosciute per le applicazioni tipo CAD, esse sono state implementate solo recentemente e in modo parziale nei sistemi GIS. Peraltro, per tenere conto delle condizioni speciali dei GIS, i modelli originali dei dati devono essere adattati a queste finalità. Un geo-oggetto (vale a dire un modello 3DGIS-friendly) consiste in un insieme di dati tematici, geometria, topologia e texture. Attributi grafici, texture e dati geometrici sono visualizzati in ogni vista; mentre le interrogazioni geometriche fanno uso solo della geometria.

Un problema fondamentale in questo ambito sta nella necessità di una struttura topologica sufficientemente robusta da permettere la possibilità di analisi spaziali. L'informazione topologica è importante poiché descrive le relazioni spaziali come inclusione, adiacenza, e connettività tra i geo-oggetti. Obiettivo primario è quindi sviluppare una struttura-dati topologica adeguata. In questo intento, l'operazione di base al fine di conservare congruenza tra dati visualizzati e dati contenuti nel database, è stata quella di ottenere i geo-oggetti impiegando i modelli CAD realizzati come rilievo dell'oggetto. La seconda problematica è quella della messa a punto di una metodologia per la generazione di modelli 3D, per restituzione di oggetti o architetture esistenti, dotati di accuratezza non solo visiva, ma anche metrica e di fedeltà del colore.

La terza problematica è quella di un'infrastrutturazione senza soluzione di continuità basata su chiari standard proposti da EPOCH, una rete di circa cento istituzioni culturali europee che hanno unito le loro energie per innalzare la qualità e dare impulso all'utilizzo delle tecnologie di comunicazione e informazione per il patrimonio culturale. Il sistema è basato completamente su formati di file di interscambio ampiamente diffusi e l'applicazione finale è completamente basata su software open source. In questo modo la qualità delle implementazioni attuale e futura è garantita anche in caso di differenti utenti e cambiamenti futuri di software e piattaforme.

3.2 *Museo Virtuale della Certosa di Bologna*

Sviluppato dietro indicazioni del Comune di Bologna, è costituito da un complesso insieme di segmenti tematici che si intrecciano tra loro. Partendo dalla Certosa, il cimitero monumentale cittadino inteso come museo a cielo aperto, è stata creata una serie di applicazioni di realtà virtuale abbinate a ricchissimi database multimediali. Monumenti e settori della Certosa hanno funzionato da punto di partenza per affrontare varie tematiche relative a

Figg. 2-3 – Ricostruzione della chiesa di Casaglia nella zona dell'eccidio di Marzabotto e DTM dell'area di Monte Sole con simboli relativi agli eventi verificatisi sul territorio.

Figg. 4-5 – Una scheda proveniente dal database dedicato alla Grande Guerra e il modello 3D del monumento ossario ai caduti della Prima Guerra Mondiale.

differenti epoche storiche: dal Chiostro III, che raccoglie le tombe dipinte neoclassiche, si accede al database storico e artistico dell'800 bolognese; dal Monumento Ossario dei caduti della Grande Guerra al database che, partendo dai soldati bolognesi, racconta anche luoghi ed eventi della Prima Guerra Mondiale; fino al Monumento Ossario dei caduti partigiani, attraverso il quale si narra la lotta di liberazione. Ciascun tema è stato sviluppato quindi con un modello 3D come interfaccia ad un database ma, nell'ultimo caso, l'ambiente virtuale che simula il monumento presente in Certosa si collega anche alla ricostruzione 3D della piazza del Nettuno, che accoglie un monumento commemorativo con i ritratti di buona parte delle persone sepolte nell'altro monumento; le stesse persone, in alcuni casi, vittime dell'eccidio di Montesole, a cui è stato dedicato un'ulteriore ricostruzione virtuale, questa volta relativa ad una intera area geografica, quella teatro della strage di Marzabotto. Anche in questo caso il modello, un DTM, è stato collegato al database che, nel complesso del progetto Certosa, raccoglie ormai oltre 11.000 schede.

Nello sviluppo del progetto Museo della Certosa di Bologna è proprio questo il contributo più importante che si è pensato di poter offrire al pubblico. Si è, infatti, rivelata straordinariamente feconda l'idea di usare la visualizzazione come accesso interattivo e interfaccia a data base culturali multimediali molto ricchi per informazioni e quantità di documenti (Borgatti *et al.* 2004).

Le applicazioni, nella fruizione a desktop e in stereoscopia per il Teatro Virtuale, sono navigabili grazie a Visman, che permette anche il collegamento diretto tra singoli elementi del modello 3D e il database. La decisione di mettere l'applicazione rapidamente a disposizione di un numero ampio di studenti, turisti, cittadini e semplici curiosi, ha indirizzato il progetto anche verso il Web, non solo per quel che riguarda la consultazione del database che, in quanto tale, non aveva alcun problema di adattamento, ma anche per i modelli 3D. Tuttavia, al momento della loro diffusione, il plug-in Visman per il Web non era in grado di gestire tale complessità e il plug-in OSG4Web non era ancora stato sviluppato. È stato quindi necessario appoggiarsi ad Exhibits3D, un software proprietario, almeno temporaneamente, ma a breve è in programma la sperimentazione per l'uso di OSG4Web anche per il Museo Virtuale della Certosa di Bologna (Calori *et al.* 2008).

3.3 *MUVI – Museo Virtuale della Vita Quotidiana*

Quest'ultimo progetto, finanziato nei suoi recenti sviluppi dalla Fondazione Carisbo, è relativo alla ricostruzione di interni domestici appartenenti a varie epoche storiche (anni '30, '50 e '80 del '900) attraverso cui raccontare le trasformazioni della quotidianità e della società italiana (Liguori 2008).

I musei dedicati alla vita quotidiana, attraverso la ricostruzione di interni domestici relativi a varie epoche storiche, mettono in mostra oggetti e fonti

storiche ricollegabili alla vita di tutti i giorni. L'alimentazione, l'aggregazione familiare, gli oggetti di uso quotidiano raccontano storie ed esperienze. Gli spazi e la loro utilizzazione raccontano il clima storico, i legami con l'ambiente circostante, i rapporti tra i sessi e le generazioni. Gli oggetti, sia artigianali sia industriali, rendono percepibili anche ai non addetti ai lavori cambiamenti, permanenze e ritorni sociali, culturali ed economici, identità e fratture tra tradizione e modernità e, partendo dal micro, permettono di arrivare a riflessioni sul macro, allargando lo sguardo dalla casa alla società.

Si tratta di realizzazioni molto utili da un punto di vista didattico, anche per avvicinare il vasto pubblico alla storia. Il confronto con la quotidianità del passato attrae ed incuriosisce persone di ogni età e può rappresentare un valido stimolo per ristabilire un flusso comunicativo tra le generazioni.

Le tecnologie informatiche rappresentano una valida alternativa agli allestimenti concreti, molto impegnativi, sia da un punto di vista economico sia pratico, ed è stata questa la via adottata da MUVI. La prima fase del progetto, avviata nel 1999 con un finanziamento ottenuto nell'ambito di "Bologna 2000 – città europea della cultura", ha condotto nel 2001 alla ricostruzione virtuale di un interno domestico degli anni '50, storicamente avallato da fonti e schede di approfondimento. Sono state ora portate a termine due nuove ricostruzioni: una dedicata agli anni '30 ed una agli anni '80 del '900.

La prima realizzazione fu eseguita con Multigen Creator, come software di modellazione, e Vega per la navigazione in real-time. Entrambi sviluppati dall'allora Paradigm, rappresentavano il livello più avanzato per la creazione di applicazioni stereoscopiche di Realtà Virtuale, a prezzo, però, di licenze molto costose. Quando, nel 2003, fu iniziato lo sviluppo interno del navigatore Visman, l'idea era anche quella di poter eliminare i costi di Vega. Inizialmente, perciò, Visman si concentrò sulla lettura dei file FLT, prodotti da Multigen, ricorrendo a librerie grafiche OpenGL Performer. Volendo risparmiare sui costi della licenza Performer, era necessario accettare solo la presenza di tale marchio in un angolo dello schermo in fase di visualizzazione. L'adozione da parte del più economico software di modellazione 3DStudio Max di un plug-in per la conversione dei suoi file 3DS in FLT ed il contemporaneo refactoring di Visman in open source (con librerie grafiche OSG), con l'ampliamento delle possibilità di lettura ai formati IVE e OSG, permisero di emanciparsi anche da Multigen (Calori *et al.* 2005).

In un prossimo futuro, con il passaggio a Blender che sarà testato con altri progetti, potrebbero essere superati anche i pur affrontabili costi di licenza di 3DStudio.

Bisogna tuttavia aggiungere che, nella riflessione relativa alle questioni di digital preservation per i modelli 3D sul lungo periodo, si è creata la consapevolezza di quanto possa essere utile l'abbinamento tra le soluzioni open source, accompagnate da una sempre più vivace comunità di sviluppo,

Figg. 6-8 – Alcuni fermo immagine della ricostruzione 3D della casa degli anni '30.

ed i software commerciali ad ampia diffusione, in termini di elevato livello di esportabilità da e verso i più comuni formati di file.

Per quel che riguarda il progetto MUVI, una delle difficoltà è stata data dalla gestione della molteplicità di elementi presenti nell'ambiente digitale. A differenza di un paesaggio, infatti, in questo caso l'ambiente è costituito da moltissimi oggetti, ciascuno dotato delle sue geometrie, texture e ombre e di una sua posizione nello spazio, che è stato necessario gerarchizzare e istanziare opportunamente per gestire al meglio il caricamento e i livelli di dettaglio senza rendere impraticabile la navigazione nel Web, che sarà effettuata con OSG4Web. Inoltre, l'adozione di texture fotografiche ha incrementato notevolmente il grado di realismo dell'applicazione finale ma non è stato possibile applicarlo a tutte le superfici. In alcuni casi, come oggetti o particolari in vetro, alluminio o acciaio, è stato indispensabile ricorrere ai materiali. La gestione di file OSG da parte del framework Visman ha rivelato una certa utilità nel risolvere il problema di mantenere le peculiarità dei materiali dopo la conversione dal formato 3DS. Infatti, trattandosi di un formato di testo, i file OSG possono essere aperti ed editati, consentendo di scrivere quelle caratteristiche

desiderate che vanno perse dopo il processo automatico di conversione, come è capitato a noi, per esempio, con il materiale "acciaio cromato".

4. Conclusioni

Diffondere una prospettiva open source nell'ambito del mondo della cultura diventa giorno per giorno sempre più importante. Oggi i sistemi aperti stanno ormai penetrando in moltissimi settori, producendo un rinnovamento e una ridefinizione delle pratiche di grandi compagnie private e di importanti istituzioni di ricerca in nome di un approccio meno gerarchico e più innovativo alla conoscenza.

Le ipotesi di sviluppo dei sistemi aperti sono quindi tanto più rosee in quegli ambiti, come il Cultural Heritage, in cui l'utilizzo delle risorse economiche deve necessariamente avvenire in modo consapevole e controllato.

Adottare un modello di sviluppo aperto permette di ottenere svariati vantaggi quali costi contenuti delle applicazioni e delle tecnologie, sostenibilità dei progetti, condivisione delle risorse con altri soggetti o istituzioni, semplicità nel riutilizzo di dati già processati ed integrati con metodologie valide e ben ideate, valorizzazione dell'investimento in risorse umane piuttosto che di quello in dispositivi hardware o software.

Soltanto in questo modo nel futuro sarà ancora possibile parlare di ricerca e di progresso, passando da una situazione in cui la cultura e le risorse sono un'esclusiva di pochi ad un'utopica, ovviamente in senso positivo, condizione in cui il Cultural Heritage diventi davvero Open Heritage: conoscenza alla portata di tutti.

Mauro Felicori
Comune di Bologna
Marco Gaiani
Università di Bologna
Antonella Guidazzoli
CINECA
Maria Chiara Liguori
Progetto MUVI

BIBLIOGRAFIA

Benedetti B., Gaiani M., Guzzo P.G. 2008, *Scientific knowledge and information representations in historical-technical archives of archaeological sites: Pompeii as a case study*, in *DMACH: Digital Media and its Applications in Cultural Heritage – 2008*, *Proceedings (3-6 November 2008), University of Petra*, Amman, CSAAR Publications.

Borgatti C., Calori L., Diamanti T., Felicori M., Guidazzoli A., Liguori M.C., Mauri M.A., Pescarin S., Valentini L. 2004, *Databases and Virtual Environments: a Good Match for Communicating Complex Cultural Sites*, in *Atti della Conferenza ACM SIGGRAPH 2004*, Los Angeles-New York, Addison Wesley, 30.

Calori L., Diamanti T., Guidazzoli A., Liguori M.C. 2005, *Frameworks for Managing and Inquiring into Virtual Cultural Scenarios*, in M. Forte (ed.), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies, Proceedings of the 2nd Italy-United States Workshop (Rome, Italy, November 3-5, 2003; Berkeley, USA, May 2005)*, BAR International Series 1379, Oxford, Archeopress, 75-77.

Calori L., Camporesi C., Di Ioia M., Forte M., Galeazzi F., Imboden S., Moro A., Palombini A., Pescarin S., Vassallo V., Vico L. 2008, *Back to 2nd AD. A VR on-line experience with Virtual Rome Project*, in M. Ashley, S. Hermon, A. Proenca, K. Rodgriguez-Echevarria (eds.), *VAST 2008. 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, Eurographics Symposium, Proceedings, Aire-la-Ville, Publ. Eurographics Association, 109-116.

Gaiani M., Micoli L.L. 2005, *A framework to build and visualize 3D models from real world data for historical architecture and archaeology as a base for a 3D information system*, in M. Forte (ed.), *The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies, Proceedings of the 2nd Italy-United States Workshop (Rome, Italy, November 3-5, 2003; Berkeley, USA, May 2005)*, BAR International Series, 1379, Oxford, Archaeopress, 103-125.

Gaiani M., Micoli L.L., Russo M. 2005, *The Monuments Restoration Yard: a Virtualization Method and the Case of Study of Sala delle Cariatidi in Palazzo Reale, Milan*, in S. El-Hakim, F. Remondino (eds.), *Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *Proceedings of the ISPRS Working Group V/4 Workshop 3D-ARCH 2005*, XXXVI.

Liguori M.C. 2008, *Museo virtuale della vita quotidiana nel secolo XX: evoluzione di un progetto*, «Storia e futuro», 18 (http://www.storiaefuturo.com/it/numero_18/didattica/3_muvi-museo-virtuale-vita-quotidiana~1193.html).

ABSTRACT

CINECA, for its applications dedicated to Cultural Heritage, has developed a visualization framework, Visman, which is used at present by three different projects: Certosa Virtual Museum; ARCUS and MUVI – Virtual Museum of Daily Life in Bologna.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 209-222

PYARCHINIT – PYTHON, QGIS E POSTGRESQL PER LA GESTIONE DEI DATI DI SCAVO

1. Come nasce pyArchInit

Il progetto pyArchInit nasce principalmente dalla necessità sempre più presente nella comunità di archeologi di informatizzare la documentazione degli scavi, utilizzando software che gestiscano dati alfanumerici, multimediali e topografici in una soluzione unica. Al momento, oltre alle tradizionali schede fornite dall'ICCD (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione), non vi sono indicazioni specifiche da parte delle Soprintendenze competenti né sull'obbligatorietà di una consegna in formato digitale né sulle norme di implementazione di schede informatizzate, lasciando la produzione di questo tipo di documentazione alla scelta dell'archeologo che opera sul campo. Questo ha portato negli ultimi anni allo sviluppo di numerose soluzioni, con l'utilizzo di software open source, gratuito oppure proprietario con licenze a pagamento; tuttavia nessuna di queste soluzioni ha ancora saputo soddisfare appieno le esigenze dell'archeologia portando sempre più gruppi di ricerca a realizzare in maniera indipendente proprie applicazioni.

Ad oggi le Soprintendenze tendono a richiedere ancora la documentazione di scavo in formato cartaceo e non dettano leggi in materia di informatizzazione dei dati; si giunge così ad avere supporti disomogenei e banche dati spesso poco allineabili oppure realizzate con software a pagamento che obbligherebbero gli enti ad acquistarne le licenze per poterli gestire.

Per tali motivi l'archeologia guarda ormai da anni con interesse all'uso di software open source gratuito, che offre una serie di vantaggi imprescindibili per lo sviluppo di applicazioni: codice aperto e modificabile a seconda delle esigenze, licenze gratuite che abbassano i costi di installazione e permettono ad un gruppo di sviluppo un libero uso del software su più macchine, possibilità di ridistribuire il proprio prodotto liberamente ottenendo in feedback la crescita della propria soluzione da parte di terzi, favorendo l'omogeneità delle soluzioni adottate.

2. Obiettivi

pyArchInit è stato progettato su tali premesse e mira a soddisfare le esigenze con una soluzione unica e un pacchetto di software limitato che garantisca nel tempo stabilità, sviluppo e facilità di installazione e aggiornamento. Obiettivo finale è la realizzazione di una piattaforma GIS ad alta scalabità tra sistemi operativi differenti, in cui schedatura alfanumerica, geometrie GIS e

dati multimediali risiedano all'interno di un unico sistema per mantenere il più possibile l'integrità del dato di partenza, offrano all'utente un approccio all'uso molto veloce e solido, rimanendo tuttavia aperto a modifiche e personalizzazioni da parte di altri sviluppatori.

La prima parte del pacchetto che è stata programmata e realizzata è il sistema di gestione delle schede di Unità Stratigrafica (pyarchinit_US) proprio per la necessità di gestire nell'immediato la documentazione dei cantieri in corso. Al momento è stato scartato l'uso di una schedatura su server remoti per due motivi: la legislazione carente in materia di conservazione di dati statali, quali sono le documentazioni di scavo, non offre garanzie agli archeologi che si vogliono avvalere di questa tecnologia per la schedatura; problematica è anche la necessità di schedare i dati sul campo, dove non sempre è possibile avere una connessione Internet; inoltre, l'uso di collegamenti wireless per ogni computer utilizzato su ogni scavo, aumenterebbe i costi di un problema risolvibile con una semplice query SQL per l'allineamento dati su di un unico server locale. Tuttavia il sistema è stato pensato anche per poter gestire in futuro i dati via web, sia per le fasi di data-entry, sia per una consultazione mediante Web-GIS.

3. The cookbook

Come è buona prassi, prima di iniziare ad implementare l'intero programma, sono stati passati al vaglio linguaggi di programmazione, database e software GIS che soddisfacessero appieno le esigenze richieste dal progetto. Il primo principio applicato è l'utilizzo esclusivo di software FOSS (Free Open Source Software), in modo da agganciarsi a progetti esterni oppure dare la possibilità a terzi di inserirvisi; altro aspetto importante è la necessità di avere un funzionamento stabile di ogni singolo componente all'interno dei tre principali sistemi operativi in uso: Windows, Linux e Mac OS X.

Il software di scripting, base per tutto il programma, doveva possedere librerie complete e semplici da utilizzare per sviluppare interfacce grafiche, gestire la connessione ai database e l'aggancio al GIS. Il database più adatto doveva avere la possibilità di immagazzinare e gestire in maniera fluida grosse moli di dati, sia alfanumerici che spaziali. Il programma GIS, invece, doveva dare la possibilità di georeferenziare planimetrie raster, interagire con il linguaggio di programmazione scelto e avere accesso ai dati geografici e alfanumerici del database, senza tralasciare una buona strumentazione di base, tra cui sistemi per la digitalizzazione delle geometrie e gli strumenti di analisi topografica. Dopo un'attenta analisi, basata anche sulla facilità d'uso di questi strumenti da parte di un utente medio, sono stati scelti i seguenti strumenti:

1. GIS: QGIS/GRASS;
2. Linguaggio di programmazione: Python; moduli Python:

I. Database API: psycopg2;
II. GUI (Graphical User Interface) = pyQT;
III. ORM (Object-Relationship Mapper): SQLalchemy;
3. Librerie grafiche per interfacce: Qt;
4. Database: PostgreSQL: Libreria geografica: PostGIS.

Vediamo ora nello specifico i software scelti per questo progetto:

– QGIS/GRASS: software GIS altamente versatile, con interfaccia grafica e sistema di gestione molto intuitivi, fondamentale per un programma complesso come il GIS, che nel nostro caso deve essere utilizzato da utenti di livello medio, le cui competenze maggiori sono in campo archeologico. Ha un set base di strumenti per la digitalizzazione ed è in grado di gestire layer di tipo shapefile e tabellari PostgreSQL/PostGIS. Accetta la lettura di tabelle spaziali virtuali realizzate tramite le view di PostgreSQL. Offre un sistema di plug-in realizzati in Python, che permette agli utenti di realizzare proprie soluzioni in maniera abbastanza rapida e con nozioni di programmazione basilari. Ha un funzionamento molto stabile e uguale su tutti i sistemi operativi. Grazie al binding tra QGIS e Python, è possibile accedere alle librerie pyQGIS, per sfruttare tutte le funzioni di interfaccia ed elaborazione geometrie proprie di QGIS.
– Python: è stato scelto per la sua semplicità e pulizia del codice e per la potenza di sviluppo. È un linguaggio che permette ad utenti medi di entrare in breve tempo nel mondo della programmazione. Inoltre, la sua integrazione all'interno di QGIS ha reso quasi obbligatoria la sua scelta. Offre numerosi moduli per personalizzare le proprie applicazioni e nel caso di pyArchInit vengono utilizzate in particolare:

– SQLalchemy: un ORM (Object Relationship Model) che permette di realizzare modelli complessi per la gestione di database, indipendentemente dal software utilizzato. pyArchInit fin dall'inizio è stato pensato per poter migrare su altri database a seconda di chi utilizza il codice. SQLalchemy, semplicemente indicandogli quale database si sta utilizzando (PostgreSQL, MySQL, Sqlite o Oracle), converte le chiamate nel codice SQL compatibile con il vostro motore;
– Psycopg2: è l'API utilizzato per generare la connessione tra Python o SQLalchemy e il database PostgreSQL;
– PyQT: è il modulo utilizzato per sfruttare appieno le librerie grafiche QT per lo sviluppo delle interfacce;
– Reportlab: viene utilizzato per l'output dei dati in formato PDF, al momento non ancora implementato.

PostgreSQL: dal momento che pyArchInit dovrà gestire una serie complessa di dati, non era possibile separare a livello di database la catastazione dei dati alfanumerici e topografici; utilizzare *shapefiles* e tabelle DBF per la raccolta dati rende il sistema di difficile amministrazione. L'uso di database

come file Base di OpenOffice o prodotti con licenze a pagamento tipo Filemaker o MS Access garantiscono elevati standard qualitativi nella gestione del dato alfanumerico, ma un dispendio elevato di energie nel mantenere allineati i Database con le relative geometrie, a patto di non utilizzarli come *front-end*.

Quindi, la miglior soluzione percorribile è sfruttare un GeoDB, un database in grado di gestire dati alfanumerici e geometrie in un'unica soluzione, che nel nostro caso andava nella direzione di un binomio QGIS + PostgreSQL/PostGIS.

PostgreSQL è uno dei database open source più avanzati, offrendo una gestione molto pratica di grandi quantità di informazioni oltre ad un sistema di programmazione interna che aumenta le possibilità di plasmare l'organizzazione del database sui modelli in cui il mondo reale viene interpretato. Tra i numerosi vantaggi che fanno prediligere l'utilizzo di questo database rispetto ad altri in campo GIS è la possibilità di sfruttare PostGIS, un'estensione spaziale che fornisce il sistema di gestione dati su cui sono basati i programmi di elaborazione spaziale. Inoltre PostgreSQL permette la creazione delle VIEW, ovvero delle "tabelle" non fisicamente presenti nel database che eseguono dei *join* complessi tra altre tabelle. In pratica si tratta di *query* SQL che vengono eseguite ogni volta che sono chiamate, senza andare ad occupare spazio ulteriore e senza richiedere una manutenzione specifica, garantendo un allineamento costante dei dati, nel nostro caso catastati nella tabella di scheda US e nelle tabelle che contengono le geometrie poligonali di unità stratigrafiche positive e negative e i poligoni relativi alle caratterizzazioni di strato.

QT: è una libreria grafica multi-piattaforma per la realizzazione di interfacce grafiche mediante *widgets*. Lo sviluppo delle GUI, grazie ad un *tool* visuale, risulta molto veloce e intuitivo; si ottengono soluzioni molto chiare e il loro aspetto rimane invariato da un sistema operativo all'altro, senza richiedere grossi aggiustamenti. Molto semplici da installare sotto Mac OS X e Linux (nel nostro caso Ubuntu), pongono qualche problematica in più sotto Windows, richiedendo alcuni accorgimenti che vanno un po' oltre le conoscenze di un utente base. La possibilità di disegnare a video le interfacce, convertibili e gestibili via Python tramite le librerie pyQT, mettono qualsiasi utente nelle condizioni di realizzare in tempi rapidi prodotti di buona qualità; grazie alle librerie pyQGIS divengono implementabili applicazioni GIS standalone o plug-in importabili in QGIS.

4. Struttura e utilizzo

pyArchInit è stato pensato per avere una struttura ordinata e aperta il più possibile ad integrazioni future. Al momento può essere sfruttato sia come applicazione standalone per l'inserimento delle schede di Unità Stratigrafica,

sia come plug-in per QGIS, che oltre alla catastazione delle US, mette l'utente in grado di sfruttare il GIS di scavo passando dai dati verso le geometrie e viceversa. La struttura di pyArchInit mantiene separati tutti gli ambiti del progetto, migliorando il sistema di sviluppo e permettendo a terzi utenti di modificare a proprio piacimento non solo il codice, ma l'intero pacchetto relativo ad un'unica porzione, offrendo una lettura veloce e immediata dello schema gestionale. Presentiamo di seguito la struttura del plugin pyarchinit_US, i relativi moduli e le loro funzioni, oltre allo schema del database.

4.1 *Struttura del plugin pyarchinit_US*

1 *pyarchinitus*: directory principale;

1.1 *__init__.py, pyarchinitUSplugin.py*: caricamento e gestione dell'attivazione del plugin sotto QGIS;
1.2 *pyarchinit_US_mainapp.py*: è l'applicazione main del sistema e contiene sia le funzioni legate ai pulsanti dell'interfaccia, che le funzioni di base per la gestione del database (controlli, avvisi, sistema di ricerca, etc.);
1.3 *sortpanelmain.py*: gestione funzioni e interfaccia del sistema di ordinamento dei dati;
1.4 *settings.py*: è il file che contiene i settaggi per la connessione al database ed eventuali percorsi verso directory esterne, web link, etc.;

2 *modules*: directory contenente i moduli per la gestione di: database, funzioni GIS, interfacce e *script* di uso generico;

2.1 *db*: directory dei moduli relativi alla gestione del database;
2.1.1 *pyarchinit_conn_strings.py:* gestisce le stringe di connessione al database;
2.1.2 *pyarchinit_db_manager.py*: modulo contenente tutte le funzioni per la gestione del database, come la creazione delle tabelle, sistema di inserimento dati, ricerca, eliminazione, etc.;
2.1.3 *pyarchinit_db_mapper.py*: contiene le classi per mappare le tabelle e permettere ad SQLalchemy di gestirle indipendentemente dal database che viene utilizzato;
2.1.4 *pyarchinit_db_structure.py*: definisce la struttura dell'intero database;
2.2 *gis*: moduli per l'interazione con librerie GIS come pyQGIS, GDAL, etc.;
2.2.1 *pyarchinit_pyQGIS.py*: funzioni di interazione tra QGIS e database;
2.3 *gui*: directory dei files relativi all'interfaccia grafica;
2.3.1 *pyarchinit_US_ui.ui*: file contiene il codice dell'interfaccia della scheda US disegnata tramite il Designer delle QT;
2.3.2 *pyarchinit_US_ui.py*: file per la gestione dell'interfaccia della scheda US in Python, generato via pyQT;
2.3.3 *sort_panel.ui*: file contenente il codice dell'interfaccia del pannello di ordinamento dati disegnato tramite il Designer delle QT;

2.3.4 *sort_paneli.py*: file per la gestione dell'interfaccia del pannello di ordinamento dati in Python, generato via pyQT;
2.3.5 *resources.qrc*: file contenente le immagini legate alla GUI generata dal Designer delle QT;
2.3.6 *resources_rc.py*: conversione del file resources.qrc in codice Python, generato via pyQT;
2.3.7 *pyQt4_generator.py*: file per la conversione in codice Python di tutte le interfacce realizzate con il Designer delle QT;
2.3.8 *qrc_generator.py*: file per la conversione in codice Python del file resources. qrc;
2.3.9 *images*: directory dedicata alle immagini utilizzate per lo sviluppo delle G.U.I.;
2.4 *utility*: contiene i moduli utilizzati per operazioni generiche come la gestione di liste, tuple, dizionari in Python, script di elaborazione dei dati, manutenzione delle cartelle o dei files;
2.4.1 *pyArchInit_backup_dir.py*: sistema di backup del plugin utilizzato in fase di sviluppo;
2.4.2 *pyArchInit_utility.py*: collezione di funzioni per la gestione ed elaborazione dei dati, come conversioni, automazione di script di analisi, etc.;
3 icons: directory per le icone del progetto.

4.2 *Struttura del database*

database:

– pyArchInit_db:

Tabelle:

– us_table: è la tabella che gestisce i dati alfanumerici delle US; l'univocità della scheda è garantita mediante un controllo tramite pyarchinit_db_manager.py su sito, area, us; l'identità del record è garantita dall'Idus, un numero intero univoco sfruttato per gestire le ricerche tra le geometrie rappresentate in QGIS e i dati alfanumerici contenuti in PostgreSQL;
– pyunitastratigrafiche: tabella spaziale di tipo poligono che accoglie le geometrie relative a US positive e negative;
– pyuscaratterizzazioni: tabella spaziale di tipo poligono che accoglie tutte le caratterizzazioni di strato, sia a livello di rappresentazione grafica degli elementi reali individuati in strato (per esempio, frammenti di laterizi o pietra, macchie di concotto, reperti individuati in strato, etc.) sia delle convenzioni grafiche (simboli per rappresentare, carboni, calce, malta, etc.);
– pyusview: è la query di tipo VIEW che permette l'allineamento tra i dati della tabella us_table e le geometrie pyunitastratigrafiche; il join avviene sull'identità tra i campi: sito, area, us;

– pyuscaratterizzazioniview: è la query di tipo VIEW che permette l'allineamento tra i dati della tabella us_table e le geometrie pyuscaratterizzazioni; il join avviene sull'identità tra i campi: sito, area, us.

4.3 *Requisiti d'installazione*

Attualmente il plug-in in via di perfezionamento non è stato reso pubblico, ma un volta terminata la prima fase di debug, il codice sarà liberato sul sito www.pyarchinit.altervista.org.

Per poter funzionare correttamente, il plug-in richiede pochi accorgimenti ed è necessario aver installato:

1. QGIS, versione 1.0 o superiore.
2. PostgreSQL versione 8.2 o superiore con supporto PostGIS.
3. Python 2.5, le librerie pyQt4 (e relative SIP), sqlalchemy 3.0 e psycopg2.
4. In PostgreSQL sarà necessario creare un Database chiamato pyarchinit_db (o con un altro nome che dovrà essere dichiarato in settings.py).
5. Aprire il file pyarchinitus/settings.py e inserire i dati relativi alla vostra connessione con il Database.

4.4 *Installazione e attivazione*

Una volta inserito il plug-in nella cartella apposita di QGIS (che varia a seconda del sistema operativo su cui vi trovate), basterà avviare QGIS e dal Plugin Manager selezionare pyArchInit: il plug-in apparirà sia nella lista che nell'interfaccia grafica dedicata ai plugin di QGIS. Al primo avvio, pyArchInit penserà a creare le tabelle necessarie alla gestione delle vostre Unità Stratigrafiche.

Una volta installate tutte le tabelle, apparirà l'interfaccia grafica per l'inserimento dati relativo alle Unità Stratigrafiche; l'interfaccia è molto semplice e intuitiva da usare ed è stata divisa in due aree: la porzione superiore di tipo statico con i *tool* di gestione dei dati; la parte inferiore dinamica, con una serie di pannelli dedicati al data entry.

La parte superiore è stata suddivisa in 5 sezioni:

1. sistema di gestione delle funzioni GIS;
2. pulsantiera per la gestione dei dati alfanumerici; le funzioni sviluppate sono di: immissione dati, salvataggio, ordinamento, navigazione, eliminazione;
3. informazioni relative al database: numero di record presenti, record utilizzati e modalità d'uso dell'interfaccia: navigazione, inserimento dati o ricerca;
4. area dotata di una pulsantiera per la navigazione tra i record, immissione e salvataggio dati;
5. campi relativi all'identificatore univoco della scheda US composto dal sito indagato, area di scavo, numero di unità stratigrafica progressivo; sono stati

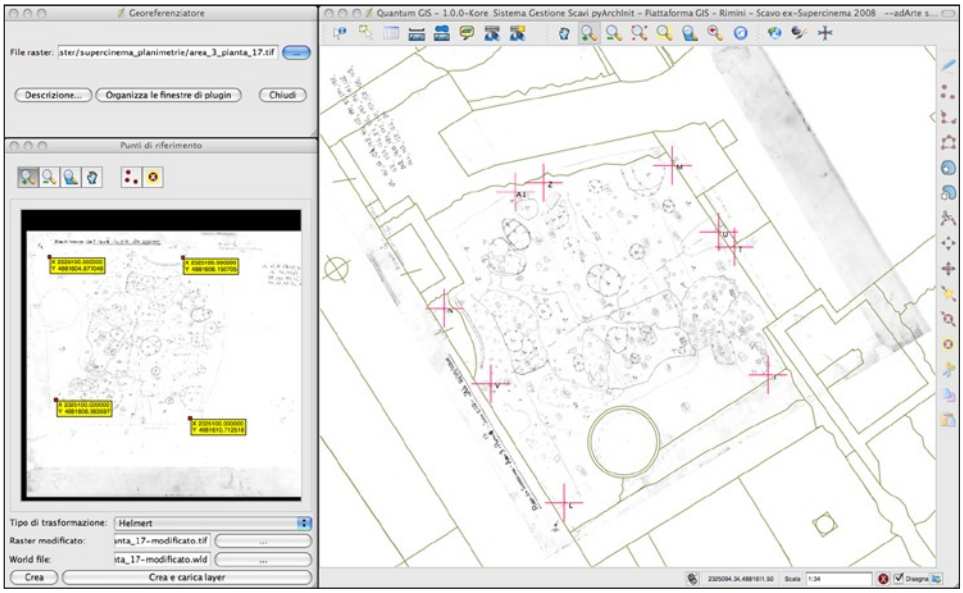


Fig. 1 – Georeferenziazione della pianta di strato mediante QGIS.

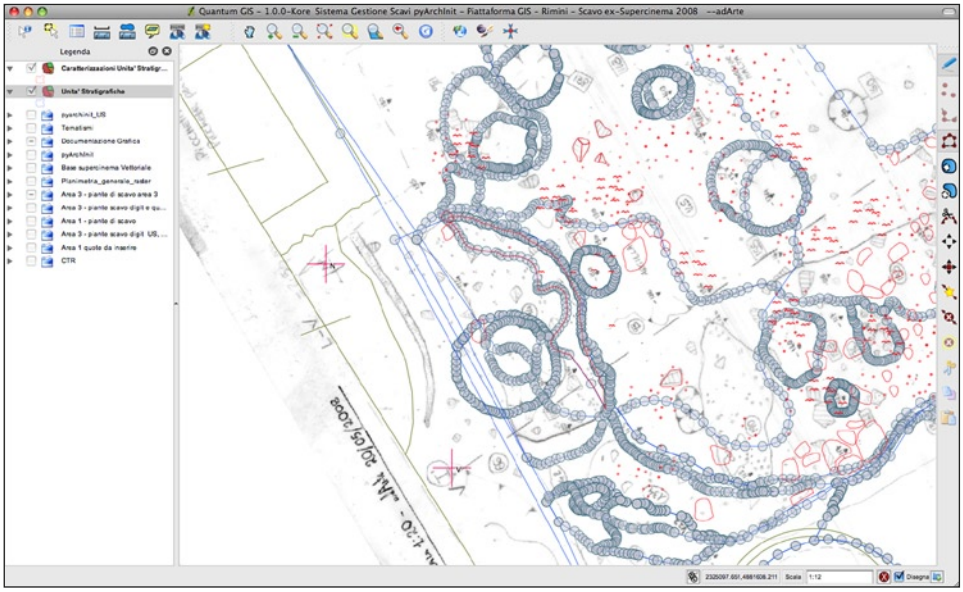


Fig. 2 – Digitalizzazione delle Unità Stratigrafiche presenti nella pianta su QGIS.

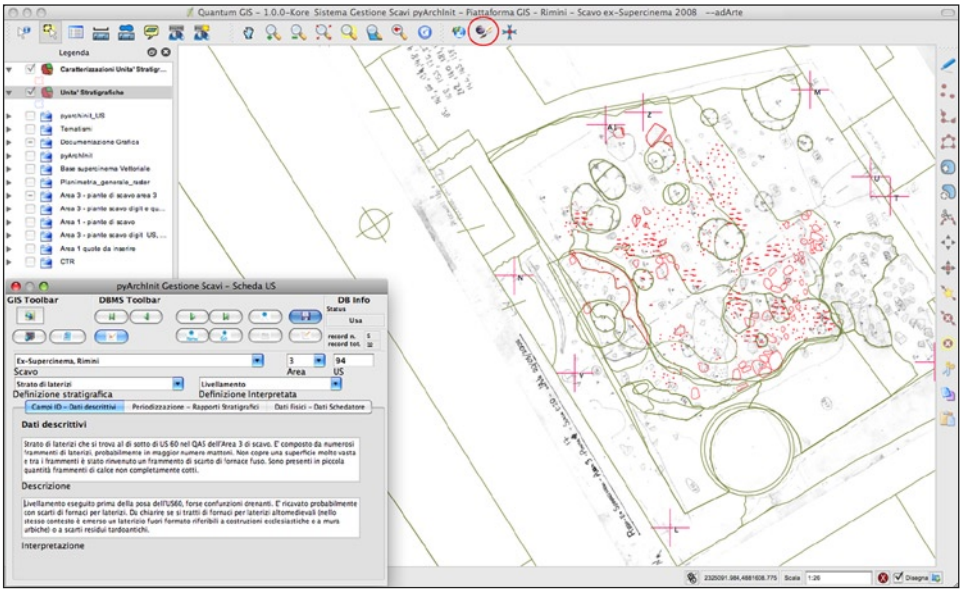


Fig. 3 – Compilazione delle schede US mediante pyArchInit attivato come plugin su QGIS. Nel cerchietto è visibile il pulsante di attivazione del plugin.

aggiunti in questa parte di interfaccia anche i dati relativi alla definizione stratigrafica e interpretata per migliorare la lettura della scheda.

La parte inferiore prevede tre pannelli distinti per la compilazione della scheda:

1. dati descrittivi: contengono la descrizione stratigrafica e la sua interpretazione;
2. periodizzazione-Rapporti Stratigrafici-Strutture;
3. dati da scavo: segnalazione dello schedatore, anno di scavo, dati fisici di strato, etc.

L'esperienza sul campo insegna che compilazione della scheda US e rappresentazione grafica avvengono in momenti separati; se poi vogliamo informatizzare sia i dati alfanumerici che quelli topografici, è probabile che dovremo considerare che queste fasi avvengano in tempi, luoghi e computer differenti. Per questo pyArchInit prevede due ambienti di gestione indipendenti per schede e disegni; l'archeologo che realizza le schede e chi disegna non dovranno lavorare in sincronia, ma ognuno porterà avanti in maniera autonoma il proprio lavoro (Figg. 1, 2, 3) e sarà pyArchInit, una volta migrati i dati in un unico server, a gestire i dati e fare i *join* tramite le tabelle di *view*.

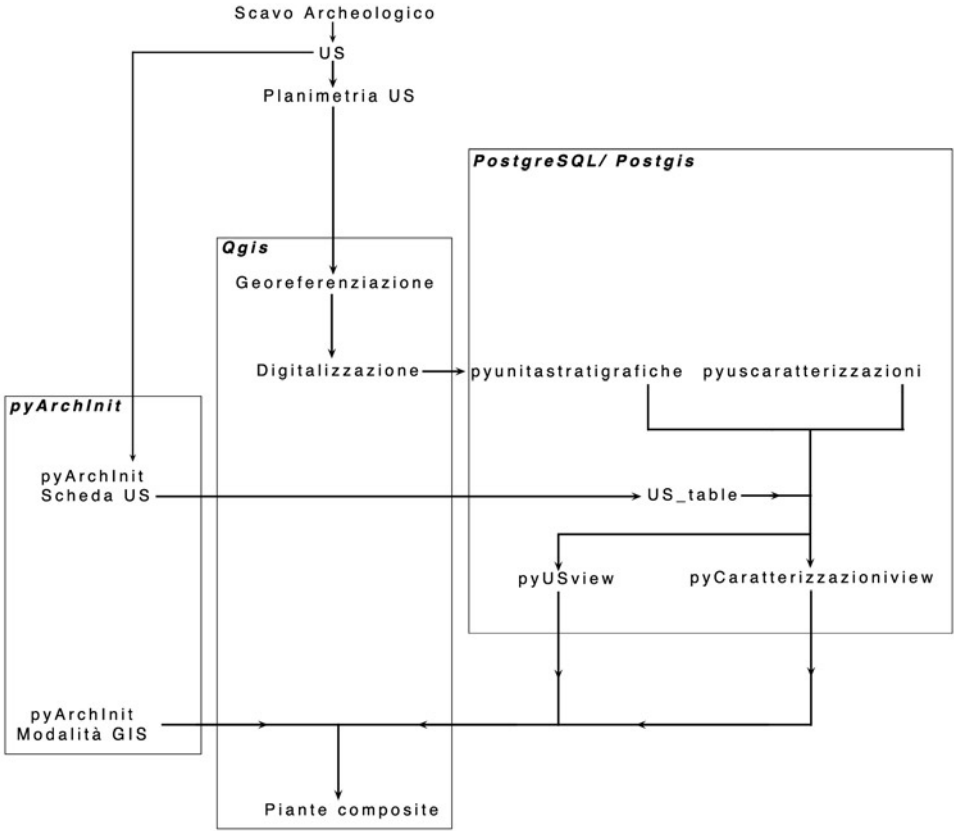


Fig. 4 – Schema del processo di catastazione e output dei dati relativi alle Unità Stratigrafiche attraverso pyArchInit.

Un limite al momento risulta la migrazione dei dati alfanumerici da computer a computer, gestita in parte in maniera manuale, tramite query SQL e con l'ausilio di una funzione scritta in Python e contenuta nel file pyArchInit_db_manager.py, che riallinea il numero progressivo dell'IDus. Meno problematico risulta l'allineamento delle geometrie, che una volta esportate in formato shapefile, possono essere semplicemente importate in PostgreSQL e copiate e incollate nei nostri layers tabellari per le US e le caratterizzazioni (Fig. 4). La scheda al momento permette le normali operazioni di management di un DB, come creazione di nuovi record, salvataggio, eliminazione, ordinamento in base a tutti i campi e nell'ordine desiderato, il sistema di navigazione permette lo spostamento sia da un record all'altro che al primo o all'ultimo.

La gestione dei controlli per ora è molto essenziale e si limita a verificare che la scheda inserita in un nuovo record noi sia già presente, secondo il criterio

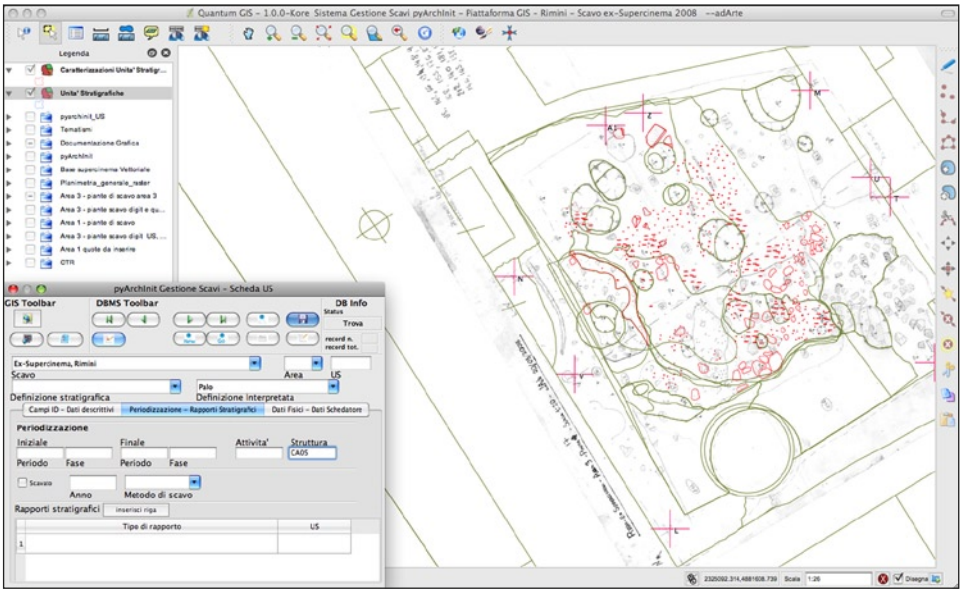


Fig. 5 – Impostazione della ricerca in pyArchInit.

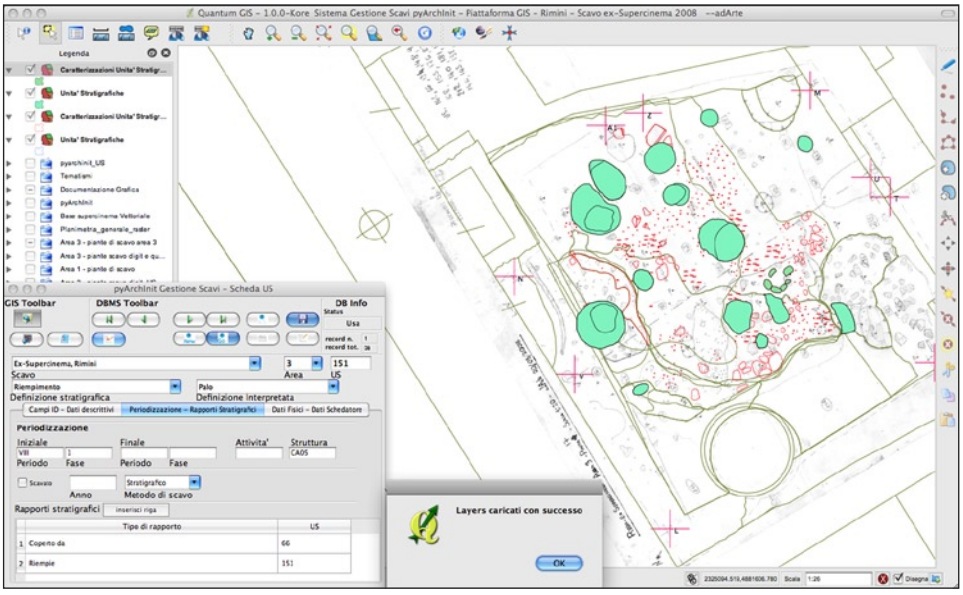


Fig. 6 – Sono evidenziate le US caricate su QGIS da pyArchInit e prelevate da PostgreSQL in base alla precedente ricerca (vedi Fig. 5).

di unicità delle US basato su sito, area e numero US; inoltre un controllo sempre attivo verifica se i dati di una scheda in consultazione vengono modificati chiedendo all'utente se si vogliono salvare. Ulteriori controlli dovranno essere applicati sull'inserimento dei dati all'interno dei campi in base a criteri prestabiliti.

La ricerca permette di fare operazioni su un solo set di variabili che sfruttano tutti i campi della scheda legati tra di loro da un operatore booleano di tipo AND; quindi una ricerca che vede compilati tre campi, per esempio richiamando i dati di uno scavo con una ricerca su sito = "Ex-Supercinema, Rimini", definizione interpretata = "Palo" e sigla di struttura = "CA05" (Fig. 5) troverà solo le US interpretate come pali relativi alla struttura in materiali deperibili n. 5 e individuata all'interno della scavo dell'Ex-Supercinema di Rimini (indagini eseguite da adArte snc per conto della Soprintendenza ai Beni Archeologici dell'Emilia Romagna nel 2008). A breve sarà implementata la scelta dell'operatore booleano per eseguire ricerche di tipo AND o OR, e aumentare notevolmente le potenzialità del sistema.

Le funzioni GIS prevedono la possibilità di attivare o disattivare la "modalità gis", durante la quale qualsiasi ricerca eseguita sull'interfaccia viene trasformata in una pianta composita in QGIS (Fig. 6).

Questo permette di realizzare infinite piante di scavo basate su tutti i criteri presenti nella scheda US e incrociati tra di loro in maniera pressoché illimitata. Questo ci dà modo di analizzare in tempo reale la stratigrafia, la correttezza dell'immissione dei nostri dati, di creare piante di fase o tematiche per la ricostruzione storica del nostro sito o per generare piante per pubblicazioni o relazioni per le Soprintendenze, limitando altamente costi e tempi. pyArchInit prevede anche un feedback da GIS a Database, dove l'utente può selezionare un set di geometrie e aprire le schede US relative per la consultazione o la loro modifica. In questo modo diviene molto rapido l'aggiornamento delle interpretazioni di scavo a livello di dati inseriti nelle schede, oppure è possibile abbattere i tempi che intercorrono tra lettura delle piante e reperimento della scheda, evitando anche errori di consultazione che possono avvenire quando si lavora sul cartaceo.

5. Sviluppi futuri

pyArchInit è un progetto ancora del tutto in via di sviluppo e carente di alcune parti essenziali; le prossime funzioni che saranno implementate prevederanno un output in formato pdf delle schede US tramite il modulo per Python Reportlab; saranno migliorati i sistemi di aggiornamento delle liste a tendina e verranno implementati i sistemi di controllo sull'immissione dei dati. Altri due moduli saranno aggiunti in breve e serviranno alla gestione della galleria multimediale e alla schedatura dei reperti.

Per quanto riguarda GIS e database, al momento è in corso l'integrazione all'interno di QGIS del dataProvider per Spatialite, la libreria geografica per SQLite. pyArchInit, appoggiandosi a SQLalchemy è in grado di passare con il solo cambio dei settaggi dall'uso di PostgreSQL a SQLite, che offre come vantaggio una installazione molto più semplice e la gestione di tutto il database all'interno di un unico file, cosa che aumenterebbe la praticità d'uso di pyArchInit; infatti Python, grazie al modulo sqlite3 distribuito con l'installer, permette una gestione diretta del database. Questo sarebbe un ulteriore passo verso una soluzione all-in-one per l'archeologia molto semplice da distribuire e utilizzare.

6. Documentazione on-line

Siti web di riferimento per sviluppare pyArchInit e per la stesura di questo articolo:

– sito del progetto: www.pyarchinit.altervista.org
– PostgreSQL: www.postgresql.org
– PostGIS: postgis.refractions.net
– psycopg2: initd.org
– Python: www.python.org
– pyQt: www.riverbankcomputing.com
– Qgis: www.qgis.org
– QT: www.qtsoftware.com
– SQLalchemy: www.sqlalchemy.org

Tutorial consigliati:

– Dive Into Python, Mark Pilgrim
– Pensare da informatico, Versione Python, A. B. Downey, J. Elkner e C. Meyers

Qgis:

– Quantum GIS wiki, python bindings
– Developing QGIS python plugins HOWTO
– My first Python Qgis Plugin, di Richard Duinvenvoorde

SQL:

– Guida linguaggio SQL di Lucio Benfante

SQLalchemy

– A step-by-step SQLalchemy tutorial

Luca Mandolesi
adArte s.n.c.
Rimini, Società di ricerca per i Beni Culturali

BIBLIOGRAFIA

Carandini A. 1996, *Storie dalla terra. Manuale dello scavo archeologico*, Torino, Einaudi.

Francovich R. 1990, *Dalla teoria alla ricerca sul campo: il contributo dell'informatica all'archeologia medievale*, «Archeologia e Calcolatori», 1, 15-27.

Francovich R., Valenti M. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo ed il suo utilizzo: l'esperienza di Poggibonsi*, in G.P. Brogiolo (ed.), *II Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Brescia, 28 settembre-1 ottobre 2000)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 14-20.

Fronza V. 2000, *Il sistema di gestione degli archivi dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Una soluzione all'interno della "soluzione GIS"*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 125-137.

Fronza V. 2003, *Principi di Database Management in Archeologia: l'esperienza senese*, in R. Fiorillo, P. Peduto (ed.), *III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale (Salerno, 2-5 ottobre 2003)*, Firenze, All'Insegna del Giglio, 629-632.

Guidi A. 1994, *I metodi della ricerca archeologica*, I, Manuali Laterza, Roma-Bari, Laterza.

Harris E.C. 1983, *Principi di stratigrafia archeologica*, Roma, NIS.

Nardini A. 2000, *La piattaforma GIS dello scavo di Poggio Imperiale a Poggibonsi (Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena). Dalla creazione del modello dei dati alla loro lettura*, «Archeologia e Calcolatori», 11, 111-123.

ABSTRACT

pyArchInit is a tool for managing archaeological dataset with a high portability on main platforms. The first step of the project has been the creation of a GIS platform with a DBMS to manage the Stratigraphic Units.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 223-238

STAYING STILL AND MOVING ON. UN GIS INTERATTIVO PER IL CALCOLO E LA VISUALIZZAZIONE SCIENTIFICA DI ROTTE E PERCORSI NEL MEDITERRANEO ANTICO

1. Premessa

Nel titolo di quest'articolo con la frase "Staying still and moving on" abbiamo cercato di rendere subito percepibile ciò che ci ha spinto verso una tale sperimentazione: la necessità di un ambiente su base GIS realmente dinamico, capace di rappresentare, allo studioso e all'utente medio, mutamenti e cause che spingevano taluni popoli verso una rotta piuttosto che un'altra.

Fondendo storia, archeologia, ambiente attraverso le tecnologie spaziali e un metodo d'indagine innovativo, tenteremo di accompagnare lo studioso e l'utente a navigare nel passato, in un viaggio basato su fonti, dati archeologici, ipotesi degli studiosi, ma in modo dinamico e trasversale.

Molte città della costellazione delle colonie greche sviluppatasi tra l'VIII e il VII secolo a.C. in Occidente sono sopravvissute fino ad oggi, per più di 25 secoli.

Lungo i vicoli di Napoli, Reggio Calabria, Taranto e Messina oggi vediamo muoversi una folla di operai, impiegati, manager. Dai porti partono transatlantici e petroliere. Non immaginiamo l'epoca lontana in cui quelle coste incontaminate vedevano imbarcazioni gettare l'ancora dopo un viaggio faticosissimo.

Ci siamo posti la necessità di riuscire a raccontare e rappresentare l'avventura di questi giovani guerrieri con la fedeltà storica consentitaci dalla documentazione archeologica e dalle fonti, e con l'intento di riuscire a creare uno strumento valido per lo studioso e per l'utente.

2. To GIS or not to GIS? GIS in archeologia oggi

Il processo archeologico, dopo la rivoluzione di Harris (Harris 1979), si è trovato a far fronte a quella informatica. Dagli anni '90 abbiamo visto nascere e morire svariate applicazioni: database per la gestione delle informazioni, applicazioni CAD, progetti GIS per la gestione integrata e l'analisi di dati. La maggior parte di queste applicazioni, pur avendo il merito notevole di aver sperimentato nuove tecniche su problematiche diverse, è rimasta ad un livello prototipale. Oggi assistiamo ad una situazione in cui da un lato la rapida evoluzione della tecnologia, guidata da una logica di mercato, spinge l'archeologo a cercare la soluzione ideale nella proposta più aggiornata; dall'altro la stessa disciplina archeologica, a fronte di cambiamenti così repen-

tini, non ha visto un'evoluzione altrettanto celere dal punto di vista teorico e metodologico.

Così la tecnologia digitale, anziché costituire uno strumento diffuso d'elaborazione, capace di far compiere alla ricerca rilevanti miglioramenti, è inglobata dalla stessa disciplina, da un lato inconsapevolmente, nell'ambito di una ristretta nicchia di utilizzatori esperti, e dall'altro sotto forma di euforica e generalizzata esaltazione per la tecnologia.

Negli ultimi anni, nonostante numerosi progetti GIS-based per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di dati archeologici, pochi sono i gruppi che continuano a portare avanti tali sperimentazioni con successo e continuità. Tranne alcune applicazioni specifiche, analisi di visibilità ed intervisibilità (Llobera 2000, Wheatley 1995, Wheatley, Gillings 2000), analisi geo-statistiche, modelli predittivi (Westcott, Brandon 1999) e "GIS pseudo-tridimensionali", sono rari gli esempi di strumenti in grado di testare i modelli interpretativi dell'archeologo e di proporne nuovi, funzionali allo studio e alla comprensione della complessità storica e sociale di un sito o di un intero paesaggio antico.

Il nostro scopo dunque è quello di spingere la sperimentazione ancor più verso la realizzazione d'applicazioni GIS-based, finalizzandole in pratica alla lettura e alla comprensione dei comportamenti umani nel passato, delle interrelazioni di vario tipo tra gruppi e società, in grado di fornire all'archeologo una reale lettura multilivello e multiscalare delle problematiche, spazialmente e diacronicamente.

Ci si riferisce ad applicazioni tali da consentirci di passare dall'analisi di indicatori archeologici principali su macroscala, quali le aree di contatti e di contrasti regionali ed extra-regionali, la diversità delle produzioni artigianali regionali ed extra regionali, i sistemi di scambi economici e commerciali regionali ed extraregionali, etc., a quelli su una mesoscala, quali *set* di indicatori a livello di aree e di zone insediative più ampie, ad esempio siti ed aree funerarie, aree di interscambi locali, aree di produzione, etc., fino ad arrivare alla microscala, cioè ai dati dello scavo del singolo sito e all'analisi *intra-site*.

3. Il Progetto V.I.R.A. (Visualizzatore Interattivo delle Rotte Antiche)

Il sistema nasce come sperimentazione nell'ambito di uno studio relativo ai contatti tra la Grecia e l'Italia nel periodo che va dal Tardo Bronzo fino al IV secolo a.C., per individuare le rotte percorse dai coloni Greci durante la frequentazione di quella terra, poi diventata "Magna Grecia" (Fig. 1).

Per la ricerca si è scelto di utilizzare un approccio di tipo spazio-temporale, presentando contemporaneamente le varie fasi di sviluppo delle comunità italiche e della società greca, dal Bronzo Recente fino al IV secolo a.C., seguendo le fasi dello sviluppo che dalle prime comunità protostoriche arriva alla forma-

zione di entità socialmente e politicamente più complesse, in grado di sostenere il confronto con "navigatori" portatori di una civiltà più evoluta.

Il lavoro si è sviluppato sostanzialmente seguendo quattro fasi principali:

– La prima fase ha visto la raccolta, il censimento e la parametrizzazione dei dati archeologici editi e delle fonti storiche relative ai maggiori centri "indigeni" italici ed ai maggiori centri greci nel periodo che va dal XIII fino al IV secolo a.C. I dati sono stati analizzati focalizzando l'attenzione su tutti quegli indicatori fondamentali per la comprensione e schematizzazione dei modi di vita, delle forme e dei modelli insediativi, delle attività produttive, delle tradizioni culturali e religiose delle comunità italiche e delle comunità e città greche.
– La seconda fase si è interamente basata sull'analisi degli indicatori principali (sempre dai dati archeologici editi e delle fonti storiche) dei contatti tra il mondo Egeo e l'Italia, sin dal tardo bronzo. L'attenzione qui è stata rivolta soprattutto alle vie di comunicazione marittima, alle modalità ed alla natura dei contatti stabiliti, interessandosi specificamente della comprensione dei fenomeni e delle cause dello sviluppo dei centri indigeni e della fase formativa delle colonie greche.
– Nella terza fase sono state analizzate le tecniche e le tecnologie nautiche del tempo, analizzando i diversi tipi d'imbarcazioni e le differenti modalità della navigazione antica nel Mediterraneo, soprattutto grazie alle fonti storiche.
– La quarta fase ha visto la messa a punto del sistema GIS-based V.I.R.A. (Visualizzatore Interattivo delle Rotte Antiche), appositamente ideato, progettato e sviluppato per permettere la verifica delle rotte nautiche antiche, sia confrontandole con le fonti storiche, sia confrontandole con le ipotesi degli archeologi, permettendo così di calcolare in modo autonomo la rotta nautica migliore, in base ad una serie di pesi e parametri precisi, quali la caratterizzazione del vento, la distanza dalle coste, il tipo di imbarcazione ed il peso relativo del vento rispetto a quello della distanza dalla costa.

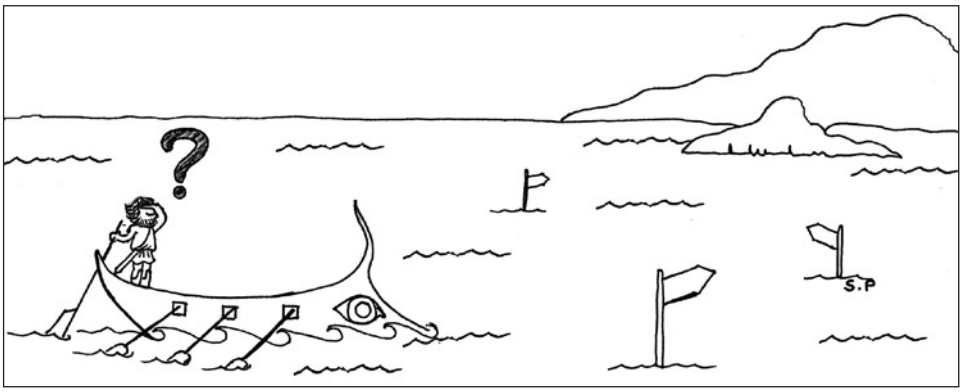


Fig. 1 – I navigatori e le rotte nell'antichità.

V.I.R.A. permette infatti all'utente di poter effettuare regolazioni differenti sui parametri ed i pesi, immettendo valori del tutto nuovi e/o casuali, o valori raccolti dalle fonti storiche e dalla documentazione archeologica, riuscendo così a confrontarli e trovare un eventuale punto d'incontro tra le rotte prodotte automaticamente dal sistema e quelle proposte sia dalle fonti che da studi e ipotesi degli archeologi.

4. Tecnologia, linguaggio e software

Durante lo studio delle tecnologie a disposizione, un'analisi preliminare è stata rivolta alle varie piattaforme GIS esistenti, prendendo in considerazione soluzioni commerciali ed open source. La nostra scelta alla fine è ricaduta su una soluzione open source perché permette di realizzare una piattaforma aperta allo sviluppo di nuove funzionalità.

Tra i vari progetti GIS open source presi in considerazione, quelli sviluppati in linguaggio Java sono risultati a nostro avviso i più interessanti, per cui è stato naturale scegliere Java come linguaggio di sviluppo, il che ha fornito molteplici vantaggi:

– utilizzo di un linguaggio orientato agli oggetti: l'architettura di un progetto sviluppato in Java, per la natura stessa della programmazione Object Oriented (OO), è più vicina al modo di pensare umano, e quindi la gestione dei progetti risulta più naturale;
– Java è indipendente dalla piattaforma: ciò significa che lo stesso programma può funzionare su diversi tipi di computer e sistemi operativi (Mac, Windows, Solaris, Linux, etc.);
– Java è orientato alle reti: le Java Applet permettono di trasformare rapidamente e facilmente un programma Java in una Java Applet, rendendo fruibile il software via Internet.

L'ambiente di sviluppo scelto è Sun NetBeans, perfettamente integrato con Java, grazie al fatto che Sun Microsystems stessa ha sviluppato e distribuisce gratuitamente Java. NetBeans è un prodotto distribuito con licenza open source da Sun per lo sviluppo d'applicazioni web, stand alone e mobile in Java. L'ambiente NetBeans permette di gestire agilmente progetti, anche di notevoli dimensioni, offrendo un'interfaccia utente razionale ed intuitiva. Descrivere le funzionalità di NetBeans esula dagli scopi di questo lavoro, pertanto ne accenneremo solo alcune:

– gestione delle funzionalità, legate al linguaggio Java, mediante interfaccia grafica (ad es.: compilazione del progetto e creazione del package di distribuzione).
– raccolta delle risorse di progetto razionale e presentazione delle stesse mediante una struttura ad albero: permette allo sviluppatore di rendere progetti, anche di dimensioni importanti, facilmente mantenibili.

– offerta di una vasta gamma di macro per la scrittura del codice sorgente dei progetti, come l'indentazione automatica, il completamento automatico durante la scrittura (utile per individuare ed evitare quanto prima gli errori) ed il completamento automatico delle classi.

NetBeans inoltre permette di disegnare facilmente le interfacce grafiche, mediante la tecnica drag-and-drop, anche se per il progetto V.I.R.A. questa funzionalità non è stata utilizzata e si è preferito definire manualmente le interfacce grafiche.

Tra le tante piattaforme GIS open source si è scelto di adoperare GeoTools (http://geotools.codehaus.org/), progetto nato nel 1996 all'Università di Leeds, come ausilio ai progetti per la visualizzazione di GIS via web. GeoTools ha come obiettivo di fornire un toolkit di risorse per la creazione di visualizzatori geografici interattivi ed è stato implementato utilizzando l'ambiente Java 1.1, in modo da poter essere utilizzato sul maggior numero possibile di computer. Lo sviluppo della libreria ha seguito un processo on-demand, ovvero le funzionalità sono state sviluppate ed aggiunte quando necessario.

Una peculiarità sostanziale di GeoTools è che esso offre un'ottima base sulla quale costruire il proprio progetto. La sua stessa natura di tipo open source, inoltre, permette al programmatore Java di:

– personalizzarlo per i propri scopi;
– contribuire all'individuazione ed alla correzione degli errori;
– contribuire ulteriormente al suo sviluppo.

Le principali classi di GeoTools da noi utilizzate sono:

– GeoShape: oggetto geografico generico, che può essere un punto (GeoPoint), una retta (GeoLine), oppure un poligono (GeoPolygon).
– Layer: oggetto che colleziona vari GeoShape.
– GeoData: oggetto che colleziona i dati legati ai vari GeoShape.
– Theme: oggetto che collega un Layer ad un GeoData.
– View: oggetto per la visualizzazione grafica di più Themes.

Ad esempio, in V.I.R.A. un Theme è rappresentato dalla modellazione dei venti, composto da un Layer di poligoni, ognuno dei quali modella una porzione di Mediterraneo. Il GeoData contenuto nel Theme vento contiene quindi per ogni regione/poligono la modellazione della direzione e della forza del vento.

La versione di GeoTools scelta per lo sviluppo di V.I.R.A. è la 1.2. Essendo la funzionalità principale del sistema realizzato l'individuazione automatica della rotta marittima antica "più conveniente", i parametri base che il sistema considera per eseguire la ricerca sono:

– la distanza dalla costa: molte rotte antiche venivano tracciate in modo da mantenere sempre in vista la terra ferma;

– la direzione e l'intensità del vento: parametro fondamentale che può pregiudicare la riuscita del viaggio;
– il tipo di imbarcazione: a seconda se l'imbarcazione era di tipo commerciale, militare o di ricognizione cambiava il numero di persone e così anche la velocità.

Per calcolare la rotta migliore, sulla base dei parametri su citati, ci siamo ricondotti al problema di cammino di costo minimo in un grafo, facendo corrispondere ad ogni punto geografico, secondo una determinata risoluzione, un nodo su un grafo. A tal proposito l'algoritmo di Dijkstra ha risposto perfettamente alla soluzione del problema della ricerca del cammino di costo minimo in un grafo pesato. L'algoritmo, infatti, funziona in modo sequenziale calcolando, ad ogni sua iterazione, il cammino di costo minimo tra il nodo in esame e quello che in quel momento risulta essere raggiungibile con il costo minimo. L'algoritmo inizia esaminando il nodo di partenza e termina quando viene valutato il nodo di destinazione. È dimostrabile, per induzione, che questo approccio permette di trovare una soluzione ottimale in un numero finito di passi, ma ovviamente non fa parte dello scopo di questo articolo una trattazione minuziosa dell'algoritmo.

Per semplificare proponiamo un esempio pratico: partendo dal nodo A per arrivare al nodo F l'algoritmo procede seguendo il seguente percorso:

1) L'algoritmo inizia valutando il punto di partenza A. Il nodo A viene marcato con il costo 0 ed eliminato dai nodi da valutare. I nodi raggiungibili sono B e D. B viene marcato con il costo 5 e D con il costo 7.
2) Viene analizzato il nodo B, attualmente quello con il costo minimo (5 contro 7). L'unico nodo raggiungibile da B è C mediante un arco di costo 1. C quindi viene marcato con il costo 6 (5 di B più 1 del nuovo collegamento). Il nodo B viene eliminato dalla lista dei nodi valutabili.
3) Si valuta il nodo C, appena scoperto ma con costo più basso di D (6 contro 7). C non è collegato a nessun nodo, quindi non provoca la scoperta di strade e viene eliminato dalla lista dei nodi valutabili.
4) Si passa quindi alla valutazione del nodo D, connesso con i nodi E e F, con costi rispettivamente di 3 e 6. Il nodo E viene marcato con il costo 10 ed F con il costo 13. Il nodo D viene eliminato dalla lista dei nodi raggiungibili.
5) Si valuta il nodo E, connesso con il nodo F mediante un arco di costo 1. Il costo di F viene aggiornato a 11, più basso del vecchio 13 ed E viene eliminato dalla lista dei nodi valutabili.
6) Si valuta il nodo F, di costo 11, raggiungendo così il nodo di destinazione e quindi l'algoritmo termina la sua operazione.

Il percorso calcolato alla fine risulta essere quello ottimale tra i punti A ed F (Fig. 2).

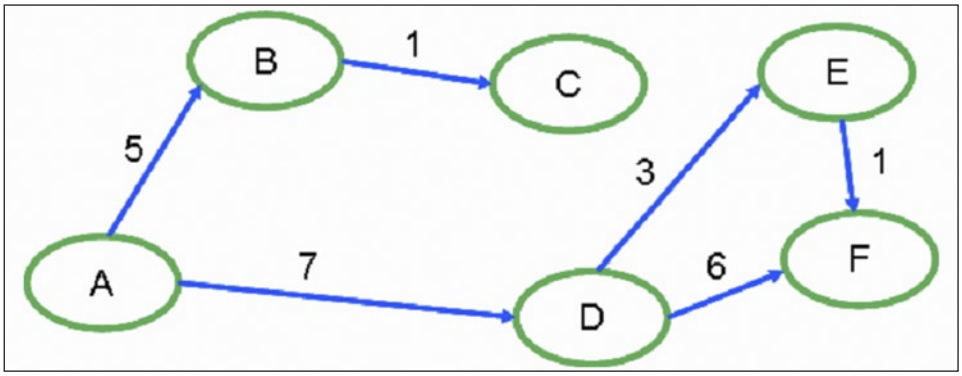


Fig. 2 – Percorso calcolato mediante l'algoritmo di Dijkstra.

5. Configurazione dei parametri e funzionamento

Il programma si presenta con un'interfaccia grafica principale nella quale sono rappresentati i siti di interesse, la barra del tempo e la visualizzazione delle rotte, oltre ad alcune finestre dedicate alla regolazione dei parametri di ricerca dei percorsi.

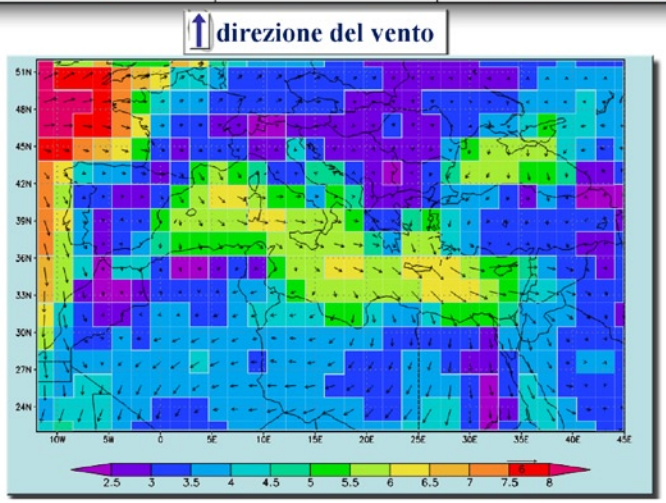
Di seguito illustriamo i meccanismi per la configurazione dei parametri, i comandi principali del pacchetto, fornendo infine un esempio di ricerca di un percorso.

5.1 *Parametri del vento*

Il costo del vento è composto da nove valori principali, illustrati nella Tab. 1, che riassume gli spostamenti effettuabili durante la navigazione. La posizione iniziale è quella centrale, nell'esempio il vento spira dal basso verso l'alto. È evidente che in base alla direzione scelta da chi naviga per il suo spostamento, cambierà il costo del singolo passo nell'algoritmo di Dijkstra. In particolare, se il navigatore deciderà di spostarsi verso il basso, troverà il vento contrario, modellato con costo massimo; se invece il navigatore decide di spostarsi in favore di vento, quindi verso l'alto, il costo del singolo passo sarà minimo.

Abbiamo quindi considerato che ogni viaggio in mare dovesse tenere in considerazione, in modo diverso, le diverse condizioni ambientali e che in base al tipo di imbarcazione e al carico trasportato, fattori quali la distanza dalla costa, i venti, le correnti, il tempo di percorrenza, avrebbero assunto un valore diverso. Per raggiungere la medesima meta partendo dallo stesso luogo, esisteva più di un percorso, la rotta migliore sarebbe stata scelta in base alle particolari esigenze d'ogni viaggio.

Vento favorevole diagonale	Vento favorevole	Vento favorevole diagonale
Vento traverso	Punto di partenza	Vento traverso
Vento contrario diagonale	Vento contrario	Vento contrario diagonale



Tab. 1 – Tabella dei parametri relativi al peso del vento.

5.2 *Parametri tipo d'imbarcazione, tipo di viaggio e peso del vento*

Nella Tab. 2 sono riportati, invece, in modo schematico e sintetico, alcuni dei valori adatti ai tipi di viaggio, ottenuti in seguito ad un attento lavoro di *tuning* basato sui dati raccolti dall'ampia letteratura storica ed archeologica esistente in materia.

6. Comandi principali

V.I.R.A. permette all'utente di caricare gli shapefile da visualizzare, impostare i parametri, memorizzare le ricerche effettuate, eseguire operazioni di zoom e spostamento, esplorare le mappe caricate.

Una funzionalità estremamente interessante è la possibilità di visualizzare i siti interessanti, ad esempio colonie, città, porti, approdi, solo in relazione al periodo cronologico prescelto. In altre parole, l'utente selezionando un arco cronologico preciso (con la barra di controllo del tempo) vedrà rappresentati solo i siti presenti in quel momento storico (Fig. 3).

NAVE	VIAGGIO	PARAMETRI CONSIGLIATI	DESCRIZIONE
Mercantile a vela	Commerciale	risoluzione: 15; distanza: 30; peso distanza: 1; peso vento: 9;	Viaggio di S. Paolo da Alessandria a Roma: Sidone, sud di Cipro, costeggiando Cilicia e Panfilia giunge in Licia (a Mira), a sud di Creta, naufraga a Gozo (Malta) nel 58. (*Atti degli Apostoli, 27-28*)
Mercantile propulsione mista	Colonizzazione	risoluzione: 10; distanza : 30; peso distanza: 3; peso vento: 0.2;	Da Tera a Cirene nel 630 a.C. (*F. Prontera, 1996, pp. 205; Erodoto, Storie IV, 149-158)* I Focei da Alalia a Reggio Calabria a Velia nel 535 a.C. (*Strabone. VI, 252*) .
Nave lunga a remi	Ricognizione, operazioni diplomatiche	risoluzione: 10; distanza : 30; peso distanza: 5; peso vento: 0.5;	Due penteconteri da Tera giungono, con una guida di Creta, all'isoletta di Platea di fronte alla costa libica. (*F.Prontera 1996, pp. 205;Erodoto, Storie IV, 149-158*) Da Focea a Marsiglia nel 600 a.C. (*Erodoto, Storie I, 163-164*) Da Focea ad Alalia nel 540 a.C. (*Stradone, VI, 252*).
Flotta	Spedizione militare	risoluzione: 15; distanza: 15; peso distanza: 9; peso vento: 1;	Nel 415-413 a.C. la flotta ateniese si dirige in Sicilia seguendo la rotta costiera lungo il Peloponneso, si raduna a Corcira, attraversa il canale di Otranto, tocca Capo Iapigio, segue il golfo di Taranto, si ferma nel porto della città e prosegue lungo le coste della Calabria fino a Reggio Calabria. Da qui raggiunge Siracusa (*Tucidide,VI 42, 1-3; 44, 1-3; VII 33, 3*). Spedizione di Dione nel 375 a.C. salpa da Zacinto e arriva a Capo Pachino dopo 12 giorni di navigazione in alto mare (*PlutarcoVita di Dione, 25, 2*) .
Flotta	Rinforzi spedizione militare	risoluzione: 10; distanza: 50; peso distanza: 0.1; peso vento: 9;	412 a.C. Demostene ed Eurimedonte in soccorso agli Ateniesi in Sicilia da Corcira si fermano difronte Taranto e poi a Metaponto, Reggio e Siracusa (*Tucidide, VI 42-44; VII 33, 4-6*). I rinforzi peloponnesiaci mandati da Corinto e da Sparta per Siracusa seguono invece la via diretta in alto mare da Corinto a Siracusa, (*Tucidide. VII 50, 1-3*) .

Tab. 2 – Parametri relativi al tipo di imbarcazione, tipo di viaggio e al peso del vento.

La ricerca di un percorso invece si effettua seguendo tre operazioni fondamentali:

– scelta dei punti;
– definizione dei parametri dell'algoritmo di ricerca;
– personalizzazione dello shapefile ottenuto attraverso l'assegnazione di un nome e di un colore.

La scelta dei punti appartenenti ad una rotta è immediata ed é effettuata col mouse. Si selezionano i siti d'interesse premendo il tasto destro del mouse nel punto scelto; se esistono più siti nelle vicinanze vengono tutti elencati, o, selezionando un punto geografico qualsiasi sulla carta, verranno rappresentate le coordinate geografiche.

Una volta selezionato il sito di partenza e quello di arrivo, saranno impostati i parametri di ricerca, selezionando i punti della rotta che saranno raggiunti nello stesso ordine in cui compaiono nella finestra, definendo anche i parametri:

– risoluzione: definisce il passo minimo dell'algoritmo di ricerca, tanto più è basso tanto più sarà risoluta la ricerca;
– distanza: indica la distanza dalla costa ottima da seguire;

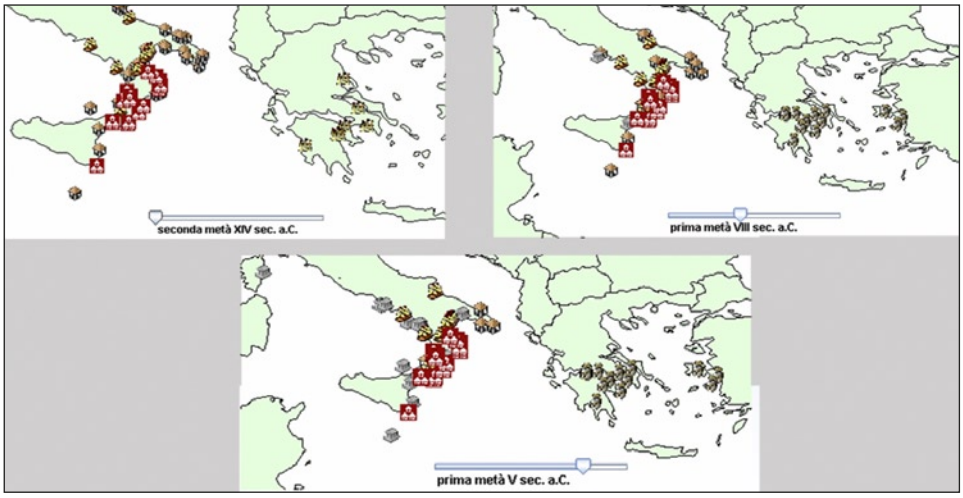


Fig. 3 – Visualizzazione cronologica dinamica dei siti.

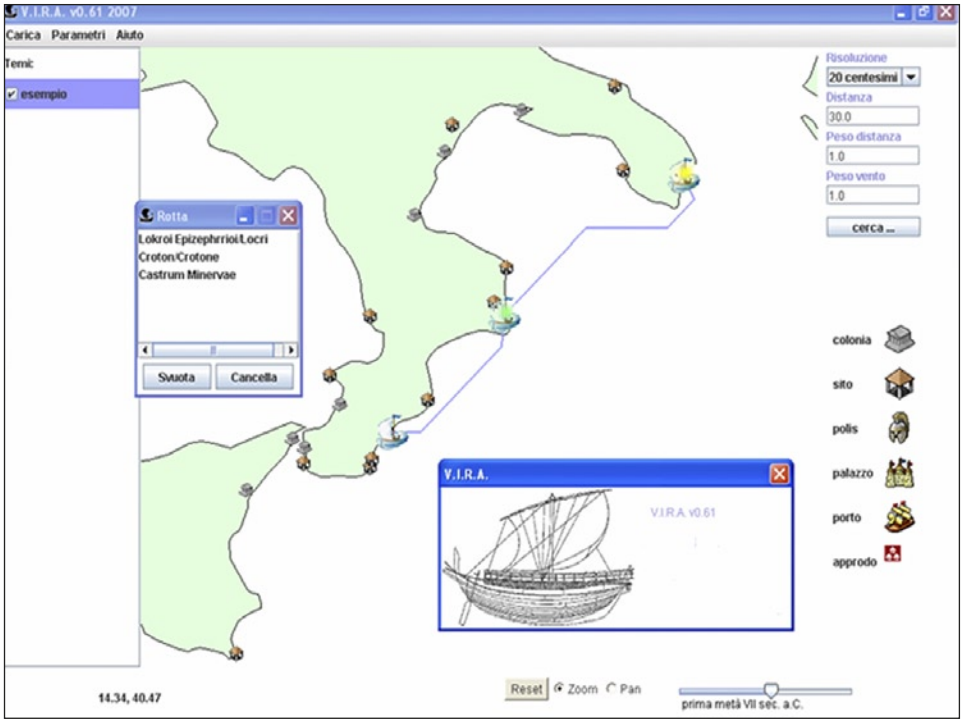


Fig. 4 – Interfaccia grafica V.I.R.A.

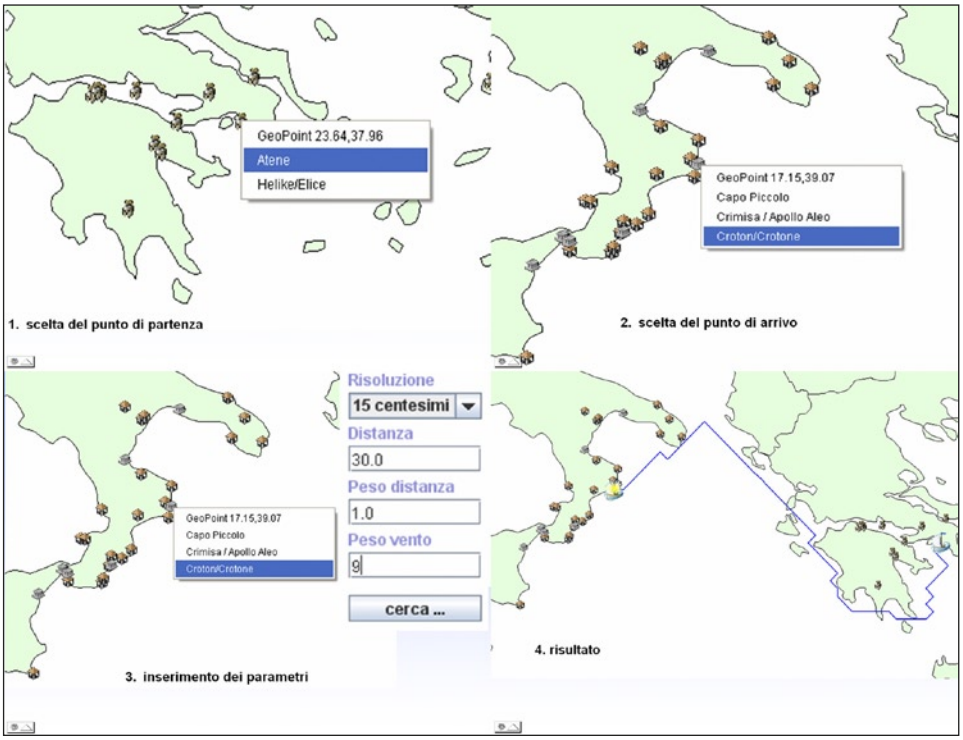


Fig. 5 – Vista delle procedure di ricerca di una rotta.

– peso della distanza: peso da utilizzare per valutare il costo della distanza dalla costa;
– peso del vento: peso da utilizzare nel valutare il costo del vento.

Inseriti tutti i parametri, è possibile calcolare il percorso mediante il tasto "*cerca…*", compare la finestra che mostra il calcolo e la costruzione del percorso scelto. Terminata la ricerca, l'utente può salvare il risultato ottenuto come shapefile, assegnandogli nome e colore (Figg. 4, 5).

7. Risultati ottenuti

I risultati ottenuti prendendo in considerazione alcune delle rotte più interessanti, calcolandole con V.I.R.A. e confrontandole poi con le fonti e gli studi sulla navigazione antica, ci hanno confermato la validità metodologica e tecnica del sistema.

L'utente può rappresentare e visualizzare le rotte indicate dalle fonti e dalle interpretazioni dei dati archeologici, indicando al sistema stesso dei punti

intermedi da toccare durante la costruzione del percorso. In seguito l'utente può far calcolare al programma la stessa rotta, questa volta inserendo i soli punti di partenza e arrivo e i parametri da lui stabiliti, arrivando quindi a confrontare i risultati.

Illustriamo qui di seguito due esempi relativi a queste procedure e i risultati ottenuti.

7.1 *Calcolo della Rotta Meridionale (o insulare del sud)*

La Rotta Meridionale (XIII sec. a.C.; De Miro 1987, 526) era utilizzata per raggiungere vari luoghi nel Tirreno: le coste iberiche, la Sardegna oppure le coste italiane. Le diverse rotte dirette nel Tirreno tutte toccavano Cipro, Rodi, Creta, passavano per la Puglia, la Sicilia meridionale e l'ultimo punto era costituito dalla Sardegna sud orientale. Nell'immagine è rappresentata la rotta calcolata automaticamente da V.I.R.A., inserendo solo il punto di partenza ed il punto di arrivo (Fig. 6). La Fig. 7 ci rappresenta ancora la stessa rotta, calcolata questa volta seguendo l'indicazione di passare a sud della Sicilia.

Le differenze sostanziali risiedono nel passaggio o meno per l'isola di Creta e nella traiettoria seguita circumnavigando la Sicilia. La rotta proposta da alcuni studiosi passa infatti per Creta e la Sicilia meridionale, mentre quella suggerita da V.I.R.A. non tocca Creta e passa attraverso lo Stretto di Messina, seguendo il litorale a nord della Sicilia, corrispondendo alle fonti storiche. In questo caso V.I.R.A. ci conferma che la situazione dei venti intorno all'isola di Creta rendeva rischiosa la navigazione, in quanto spesso essi costringevano i naviganti a puntare sulla Libia. Prove fatte modificando i parametri confermano che forzare V.I.R.A. a toccare Creta introduce una deviazione arbitraria: raggiunta la zona di Capo Melea, la rotta infatti sembra scendere bruscamente verso sud-est, assecondando il forte vento, per raggiungere Creta.

7.2 *Calcolo della Rotta Ionico-Rodia*

La Rotta Ionico-Rodia (o rotta insulare del sud) era in uso già alla fine dell'IX sec. ed è documentata ancora nell'VIII secolo a.C.; la stessa cesserà di essere usata per un certo periodo, ma lo sarà di nuovo a metà del VII e per tutto il VI secolo a.C. (Vallet 1962, 316; De Miro 1987, 529-531). Tale rotta partiva da Rodi, passava a sud di Creta, costeggiava la Sicilia meridionale, e passando per la Sardegna, arrivava sino alle Baleari.

Le prime due rotte calcolate mostrano come il passaggio obbligato per alcuni punti facenti parte della rotta ionico-rodia comporti importanti deviazioni rispetto alla rotta "migliore" (Fig. 8). Il percorso in verde è quello calcolato dal sistema, indicandovi il punto di partenza, l'indicazione di passare a sud di Creta ed il punto d'arrivo.

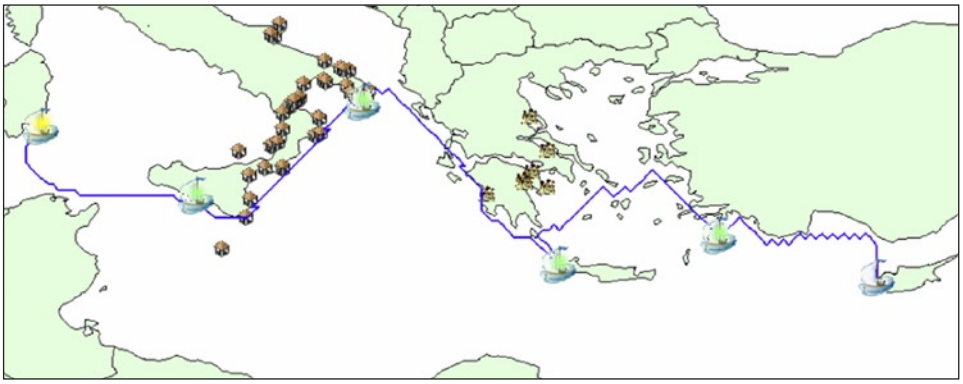


Fig. 6 – Calcolo automatico della rotta Meridionale.

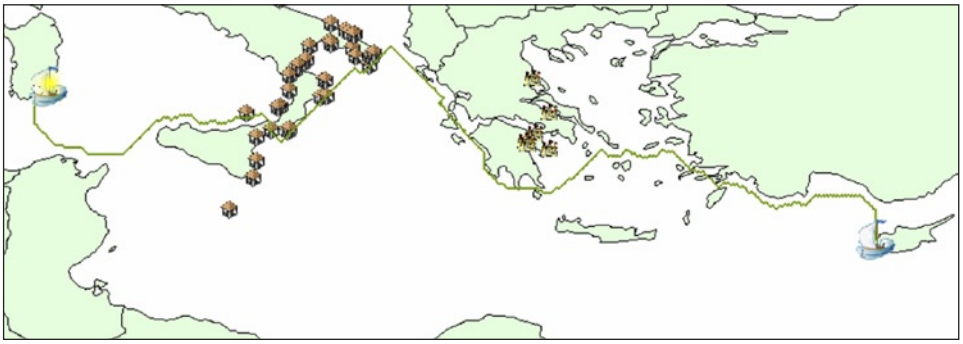


Fig. 7 – Ricostruzione della Rotta Meridionale calcolata passando per un dato punto.

Come è evidente, la rotta in prossimità di Creta tenderebbe a nord, ma inserendo noi la deviazione forzata, tocca prima il Peloponneso per poi trovare una rotta migliore in termini di vento, per raggiungere le coste meridionali di Creta (Fig. 9). Se poi agiamo sui parametri del sistema, diminuendo l'importanza del vento, il risultato cambia (Fig. 10).

Infine possiamo osservare le differenze confrontando il percorso generato automaticamente, in blu, e quello ricostruito in base agli studi, in rosso (Fig. 11).

8. Conclusioni

Il confronto tra le rotte antiche note in letteratura con quelle prodotte automaticamente conferma la bontà del lavoro di progetto e di tuning dei

Fig. 8 – Ricostruzione della Rotta Ionico-Rodia.

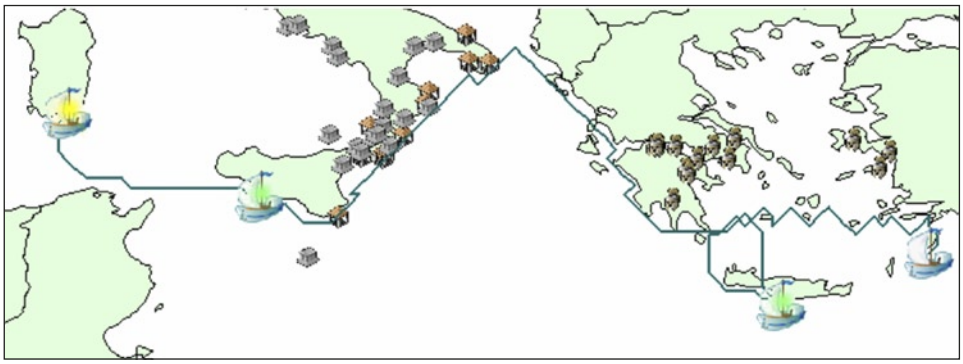


Fig. 9 – Rotta Ionico-Rodia calcolata automaticamente da V.I.R.A. con parametri medi.

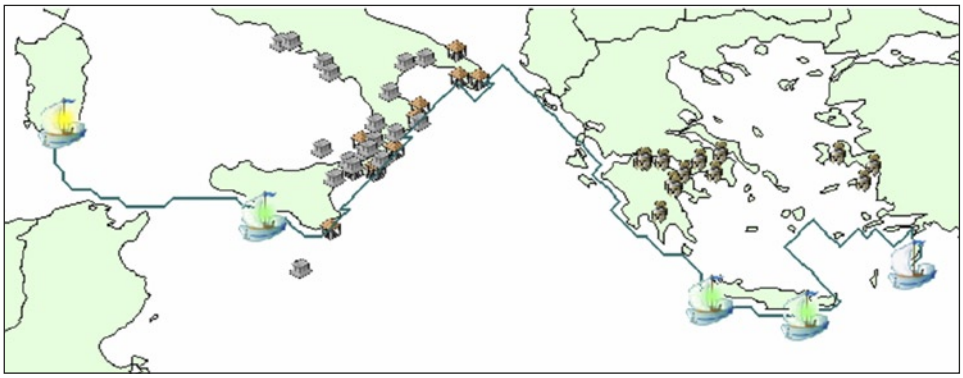


Fig. 10 – Rotta Ionico-Rodia calcolata automaticamente da V.I.R.A. diminuendo l'importanza del vento.

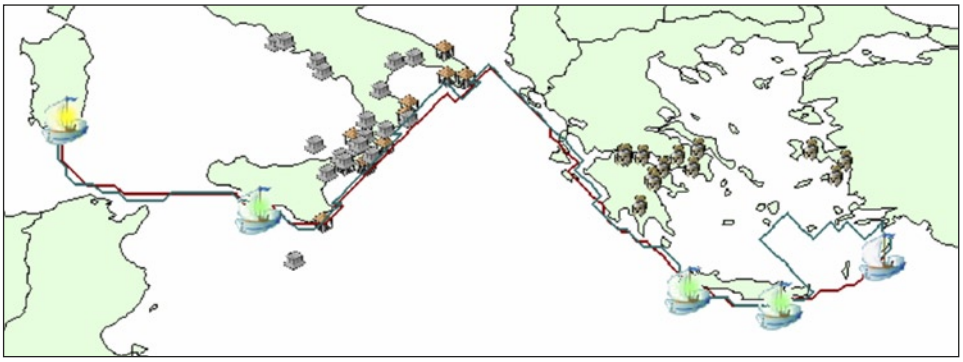


Fig. 11 – Confronto della Rotta Ionico-Rodia.

parametri del software. Il sistema rappresenta a nostro avviso un valido strumento per la valutazione delle rotte, soprattutto laddove non esistono elementi certi a conferma di un'ipotesi. Un'altra funzionalità utile è la rappresentazione grafica delle rotte studiate con quelle calcolate in automatico, permettendo di visualizzare dinamicamente le differenti rotte proposte, ed effettuando direttamente confronti tra tesi differenti.

Il sistema V.I.R.A. non è nato con lo scopo di asservire un particolare tipo di ricerca, ma anzi per essere applicabile in vari contesti storici, introducendo cambiamenti e modifiche semplicemente aggiungendo o cambiando i parametri. Esso si pone quindi come base di partenza per la realizzazione di un pacchetto capace di verificare la propria funzionalità nella ricostruzione di rotte antiche in ambiti e contesti geografici su vasta scala e con maggiore densità di presenze archeologiche, arrivando così a definire ambiti regionali e sub-regionali in una scala pressoché globale.

Sviluppi futuri del sistema sono sicuramente rappresentati dall'aggiornamento delle funzionalità spaziali, utilizzando le ultime versioni della libreria di GeoTools, dall'aggiunta di funzionalità utili alla creazione di metadati georeferenziati, all'aggiunta di algoritmi finalizzati allo studio delle rotte seguendo le vie fluviali e terrestri interne, e soprattutto all'introduzione di algoritmi finalizzati all'analisi della relazione tra direttrici costituite dalle rotte e dagli approdi identificati e la rete insediativa-distributiva dei territori retrostanti, elemento necessario per ogni circuito commerciale.

Sabatino Laurenza
Simona Mancuso
Andrea Costantino

BIBLIOGRAFIA

De Miro E. 1987, *La via alternativa e il periplo della Sicilia*, in *Lo Stretto. Crocevia di culture. Atti del XXVI convegno di Studi sulla Magna Grecia (Taranto 1986),* Napoli, Arte Tipografica, 517-539.

Harris E.C. 1983, *Principi di stratigrafia archeologica*, Roma, NIS (ed. or. 1979).

Llobera M. 2000, *Understanding movement: a pilot model towards the sociology of movement,* in G. Lock (ed.), *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, Amsterdam, IOS Press, 65-84.

Prontera F. 1985, *Considerazioni sulle rotte fra Tirreno ed Egeo (età arcaica e classica) nella tradizione antica*, in G. Pugliese Carratelli (ed.), *Magna Grecia*, vol. I, Milano, Electa, 329-343.

Vallet G. 1996, *Le monde grec colonial d'Italie du sud et de Sicilie*, Roma, École Française de Rome.

Westcott K., Brandon R. (eds.), 1999, *Practical Applications of GIS for Archaeologists. A Predictive Modeling Kit*, London, Taylor & Francis.

Wheatley D. 1995, *A cumulative viewshed analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility and its archaeological application,* in G. Lock, Z. Stančič (eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems*, London, Taylor and Francis, 171-186.

Wheatley D., Gillings M. 2000, *Vision, perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility*, in G. Lock 2000 (ed.), *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies,* Amsterdam, IOS Press, 1-27.

ABSTRACT

The system uses GIS technology and the Dijkstra algorithm in order to calculate ancient maritime routes. Applied to the routes used by ancient Greek colonies, it gave results which corresponded almost entirely to ancient written sources. This kind of system will open the road to new research and investigation methods, aimed at the study and understanding of the development of urban centers and trade systems in ancient times.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 239-244

IL SISTEMA IIPIMAGE: UN NUOVO CONCETTO DI ESPLORAZIONE DI IMMAGINI AD ALTA RISOLUZIONE

1. Introduzione

Nuove tecniche di imaging producono enormi quantità di dati che devono essere adeguatamente gestiti, manipolati e sfruttati. Inoltre bisogna anche tenere in considerazione altre funzioni avanzate come la precisione colorimetrica, le immagini High Dynamic Images (immagini a 16 bit) e ad output multi-canale.

Per visualizzare queste immagini i sistemi di visualizzazione standard, che caricano semplicemente l'intera immagine in memoria, sono molto inefficienti. È inutile utilizzare tecnologie che permettono di raccogliere un'enorme quantità di informazioni se poi non siamo in grado di sfruttarne adeguatamente i risultati.

2. Il sistema IIPImage

Per visualizzare al meglio queste immagini molto grandi si utilizza il sistema open source IIPImage (IIPImage 2009; Pitzalis, Pillay, Lahanier 2006). IIPImage è un sistema client-server progettato per la visualizzazione remota di immagini ad altissima risoluzione attraverso Internet. La sua architettura offre la particolarità di essere performante anche su una lenta connessione dial-up. Il server è disponibile sia come modulo per server web (come Apache, lighttpd, myServer, IIS o qualsiasi altro server http che supporti FCGI). Molteplici client sono disponibili, scritti in vari linguaggi: dai semplici ma efficaci client Javascript o Flash, ai programmi più complessi come il client Flex. Immagini JPEG possono anche essere generate dinamicamente alle dimensioni e alla risoluzione richieste dal server (Martinez, Cupitt, Perry 1998; 2000).

Il sistema è evoluto da un prototipo utilizzato in diversi progetti europei per visualizzare immagini ad alta risoluzione ed è stato notevolmente ampliato e ristrutturato per gestire le nuove tecniche di imaging descritte di seguito in questo documento.

2.1 *Come funziona*

Il sistema è veloce ed è ottimizzato per funzionare online e si basa sul concetto che il client ha bisogno di scaricare solo la porzione di immagine che è visibile nell'area dello schermo dell'utente all'attuale risoluzione di visualizzazione. Il sistema è quindi efficiente sia per l'utilizzo della memoria che per il consumo di banda visto che il *client* dell'utente non ha bisogno di

memorizzare tutte le informazioni sulla macchina locale. Solo la parte richiesta dell'intera immagine viene inviata.

I tiles richiesti ad una risoluzione precisa sono estratti dal file sorgente conservato sul server. I tiles vengono poi dinamicamente compressi in formato JPEG (o raw o PNG) e inviati al client. Il livello e il tipo di compressione da utilizzare può essere controllato dal cliente per ottimizzare la trasmissione in funzione della rete.

2.2 *Formato delle immagini*

Affinché il sistema sia il più efficiente possibile, le immagini devono essere memorizzate in uno speciale formato di tiff multi-risoluzione a tiles, che consente al server di accedere alle regioni delle immagini alle diverse risoluzioni molto rapidamente. IIPImage supporta anche altri formati come il formato proprietario Flash Pix, la struttura dati utilizzata da Zoomify e ottimi risultati si stanno ottenendo con jpeg2000. Si è scelto il tiff piramidale per garantire la migliore interoperabilità.

Il formato tiff è ampiamente utilizzato ed è sufficientemente flessibile per consentire questo tipo di strutturazione e di codifica. Risoluzioni multiple possono essere calcolate a priori e salvate all'interno di un unico file in una struttura a piramide utilizzando il tiff multi-page. Ciascuna risoluzione può essere quindi divisa in tile. Una immagine piramidale non compressa utilizza solo il 33% di spazio in più di un'immagine normale.

Ogni livello può essere opzionalmente compresso con un algoritmo senza perdita come Deflate o lzw, o con perdita come jpeg. Se lo spazio è un problema, la compressione jpeg è in grado di ridurre la dimensione del file di un fattore dieci, senza una significativa perdita della qualità visiva (Saunders *et al.* 1999). Quando ci sono più immagini (ad esempio, le lunghezze d'onda differenti nel caso di immagini multispettrali o più angolazioni per le immagini panoramiche, etc.) queste vengono salvate come file separati all'interno di una stessa directory.

2.3 *Gestione del colore*

Lo spazio colore RGB 8bit molto diffuso e comunemente usato ad oggi per la rappresentazione dei colori, è insufficiente per esprimere la ricchezza dei dati acquisiti da telecamere ad alta risoluzione come in CRISATEL (Ribés *et al.* 2003). Le informazioni riguardanti il colore sono quindi memorizzate nello spazio colore CIELab, il che ci permette di rappresentare i colori che sono al di fuori della gamma di RGB. Per poter però utilizzare correttamente queste informazioni di colore si ha bisogno di una maggiore gamma dinamica (16 bit) per visualizzare quei colori che altrimenti sarebbero saturi o invisibili usando solo 8 bit.

IIPImage è sufficientemente flessibile per gestire le immagini RGB standard a 8bit e a 16bit o più, spazio colore CIELab, immagini multispettrali e generiche. Tuttavia i monitor standard non sono in grado di rappresentare informazioni superiori a 8 bit per pixel per canale in spazio colore RGB, per questo prima di visualizzare le immagini a 16 bit o CIELab, i dati grezzi devono essere prima trasformati. Nel caso specifico di immagini a 16 bit, il contrasto viene controllato dall'utente per poter meglio navigare nelle informazioni nascoste o sature. Le immagini CIELab sono convertite invece tenendo conto del file ICC di calibrazione del monitor dell'utilizzatore (in sviluppo).

2.4 *Internet Imaging Protocol*

Lo stesso gruppo che nel 1997 ha creato il formato immagine FlashPix ha definito, allo stesso tempo, il protocollo IIP (Internet Image Protocol) con lo scopo di ottimizzare il trasferimento sul web dei file FlashPix. Il formato tiff piramidale che utilizziamo è simile al formato FlashPix ma è open, più diffuso e completamente compatibile con IIP. Inoltre il protocollo IIP lascia spazio ad una serie di personalizzazioni che ci hanno permesso di aggiungere delle specifiche per gestire le immagini multispettrali, quelle panoramiche e quelle di superficie topografica.

3. Tipi di immagini supportati

3.1 *Visualizzazione multispettrale e ricostruzione dinamica dello spettro*

Una delle tecnologie utilizzate al C2RMF è l'immagine multi spettrale della camera CRISATEL. L'acquisizione multi spettrale permette di studiare lo stato della superficie delle opere d'arte con una grande accuratezza. Con un'accurata analisi dell'immagine multi spettrale del dipinto i conservatori possono identificare zone che paiono invisibili a occhio nudo o che sono state restaurate o ritoccate (Lahanier *et al.* 2005).

Inoltre facendo regolari scansioni delle opere d'arte i cambiamenti graduali della condizione fisica possono essere monitorati e i danni identificati rapidamente. La caratterizzazione dei materiali utilizzati, la valutazione dello stato di conservazione, la localizzazione dei precedenti interventi di restauro e monitoraggio continuo sono fra i temi più importanti nel campo dello studio e della conservazione delle opere d'arte.

Il sistema CRISATEL è in grado di produrre scansioni a una risoluzione di 20000×12000 pixel con una profondità di colore di 12bit/pixel. Per ogni acquisizione si compiono tredici scansioni ognuna a lunghezze d'onda differenti comprese tra 400nm e 1000nm. Questo significa circa 6 Gbytes di dati per ogni immagine multi spettrale. Dopo la calibrazione e il post trattamento dei dati, l'immagine risultante può essere considerata come la

simulazione dei colori sotto un determinato illuminante (D65 ad esempio). L'utente può anche essere interessato a navigare attraverso le varie immagini in bianco e nero che rappresentano le differenti lunghezze d'onda. Coppie di immagini possono essere sovrapposte per consentire di individuare più agilmente sottili cambiamenti. Questa tecnica può essere utilizzata anche con altre immagini associate, come ad esempio i raggi X o la fluorescenza ultravioletta.

Un altro strumento importante è la capacità di ricostruire la dinamica dello spettro in qualsiasi punto dell'immagine. Questo è possibile grazie alla precisione dei dati acquisiti dalla camera CRISATEL (Ribés, Schmitt, Brettel 2004).

3.2 *Visualizzazione panoramica*

Un'altra importante tecnica di imaging utilizzata al C2RMF è l'acquisizione panoramica di oggetti con calibrazione colorimetrica. Immagini 3D di oggetti e quadri sono un nuovo e potente strumento di analisi per restauratori, conservatori e storici dell'arte. Una texture ad alta risoluzione di un oggetto 3D contiene informazioni che possono essere utilizzate per la visualizzazione, il confronto, la misurazione e l'analisi. Una grande collezione di statue e oggetti è stata digitalizzata utilizzando il sistema ACOHIR.

L'acquisizione panoramica consiste in una sequenza di immagini dello stesso oggetto posto su una tavola rotante. La tavola ha una precisione di circa un micro-grado e di solito 36 immagini (una ogni 10 gradi) sono prese. Queste immagini sono calibrate utilizzando un MacBeth ColorChecker DC di riferimento e luce tarata in un ambiente controllato. Il sistema di visualizzazione IIPImage permette all'utente di navigare attorno all'oggetto, di fare zoom in/out e di cliccare su link alle aree di interesse.

3.3 *Scansione 3D della superficie delle pitture*

La scansione laser 3D colore si basa sull'acquisizione diretta con un laser di bassa potenza (Taylor *et al.* 2002). La caratteristica unica di questa tecnologia è la possibilità di esaminare la rugosità della superficie dei dipinti come pure la forma della tela o del legno. I dati registrati dallo scanner sono quelli dall'immediata superficie dello strato di pittura, sotto la vernice. Questo significa che le informazioni che otteniamo sono quelle dello strato pittorico: i dettagli del pennello e la rete di crettature per esempio.

Per gestire questo tipo di immagini IIPImage utilizza le normali calcolate sulla superficie della pittura. In questo modo si può simulare non solo la rugosità, ma anche permette all'esperto di simulare la luce rasante o differenti sorgenti. Questo permette agli utenti di distinguere più chiaramente le caratteristiche di superficie.

4. Conclusioni

Queste tecniche di immagine utilizzate al C2RMF sono considerate analisi non distruttiva e servono per analizzare e monitorare lo stato delle opere d'arte a dei livelli di dettaglio senza precedenti. Immagini multi spettrali forniscono dati per misurare con precisione la superficie di riflessione, il colore e di eseguire clustering dei pigmenti e dei materiali. L'immagine panoramica è utilizzato per documentare ad alta risoluzione statue e oggetti. Infine la scansione laser è un utile strumento per lo studio della superficie dei dipinti che permette di misurare, con grande precisione, la rugosità della superficie.

L'utilizzo di tali tecniche si è rivelata di grande utilità e contribuirà a garantire che le opere d'arte siano mantenute in ottime condizioni. Il sistema IIPImage fornisce un flessibile ed efficiente mezzo per diffondere e trattare i risultati di queste nuove tecniche di imaging e fornisce un potente strumento per la ricerca e lo studio delle opere d'arte. Nel caso dei restauratori e conservatori del C2RMF il sistema si è dimostrato essere di grande aiuto.

Ringraziamo l'Unione Europea per il sostegno dato ai progetti che hanno visto IIPImage come protagonista.

Denis Pitzalis
The Cyprus Institute, STARC, Nicosia, Cyprus
C2RMF, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
Paris, France

Ruven Pillay
C2RMF, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
Paris, France

BIBLIOGRAFIA

Lahanier C., Pillay R., Breuckmann B., Colantoni P., Pitzalis D. 2005, *Multispectral Imaging and 3D Modelling of Canvas Painting*, in *Proceedings of the Electronic Imaging & the Visual Arts (EVA) 2009 Florence Conference (29-30 April)*, Bologna, Pitagora, 148-153.

Martinez K., Cupitt J., Perry S. 1998, *High resolution Colorimetric Image Browsing on the Web*, «Computer Networks and ISDN Systems», 30, 399-405.

Martinez K., Cupitt J., Perry S. 2000, *Object browsing using the Internet Imaging Protocol*, «Computer Networks and ISDN Systems», 33, 803-810.

Pitzalis D., Pillay R., Lahanier C., 2006, *A new Concept in high Resolution Internet Browsing*, in B. Martens, M. Dobreva (eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Electronic Publishing (ELPUB), June 2006*, Sofia, ELPUB, 291-298.

Ribés A., Brettel H., Schmitt F., Liang H., Cupitt J., Saunders D. 2003, *Color and Spectral Imaging with the CRISATEL Aquisition System*, in *Proceedings of The Digital Photography Conference (Rochester, USA)*, Springfield VA, The Society for Imaging, Science and Technology, 215-219.

Ribés A., Schmitt F., Brettel H. 2004, *Calibration and Spectral Reconstruction for an Art Painting Multispectral Acquisition System* in *CGIV 2004 – Proceedings of the Second European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (Aachen, Germany)*, Springfield VA, The Society for Imaging Science and Technology, 403-408.

Saunders D., Cupitt J., Pillay R., Martinez K. 1999, *Maintaining color accuracy in images transferred across the Internet*, in L.W. MacDonald, M.R. Luo (eds.) *Color Imaging: Vision and Technology,* San Francisco, John Wiley, 215-231.

Taylor J., Beraldin J.A., Godin G., Cournoyer L., Rioux M., Domey J. 2002, *NRC 3D Imaging Technology for Museum and Heritage*, in *Proceedings of The First International Workshop on 3D Virtual Heritage (Geneva, Switzerland)*, Geneva, Miralab, 70-75.

The ACOHIR Project 1996, http://www.ecs.soton.ac.uk/~km/projs/acohir.

The IIPImage High Resolution Remote Image Viewing System 2009, http://iipimage.sourceforge.net.

ABSTRACT

Many pioneering imaging techniques have been used at the C2RMF in order to acquire artworks in digital form. These techniques are considered non-destructive and non-invasive analyses and they offer extensive and detailed information about works of art and include multispectral imaging, panoramic acquisition of objects, 3D laser scanning of painted surfaces, photogrammetry and 3D modeling. These techniques are widely used in the restoration and conservation world and are considered valuable tools that allow us to perform regular and accurate monitoring of works of art, in order to measure their state of conservation and compare them with previous analyses.

Unfortunately, the level of accuracy in acquiring information produces huge quantities of data, which need to be visualized and disseminated in several different ways. The resulting images must also be accessible to various partners around the world via the Internet, but the data needs to be protected and, because of the vast quantity involved, requires careful handling and management. This paper describes several new developments that have been made at the C2RMF in order to make extremely high-resolution images available on-line using the IIP protocol. In this paper we are presenting a case study based on the use, the manipulation and the sharing of high-resolution colorimetric images among members of the museum research community. The resulting system is a lightweight client-server architecture that efficiently streams image data to the client, allowing the user to quickly view very large images even over a slow Internet connection. These developments have been released as open source software in the IIPImage project.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 245-249

BLUEOCEAN: UN FRAMEWORK PER LA REALIZZAZIONE DI CMS SEMANTICI

1. La condivisione dell'informazione nel Web 2.0: possibilità e limitazioni

L'ultimo decennio è stato teatro di una rivoluzione nell'ambito della gestione dei media, avvenuta grazie alle tecnologie digitali. È possibile creare a basso costo librerie di media (documenti testuali, foto, filmati, etc.) e, grazie alla pervasività di Internet, rendere questi contenuti accessibili ad un vasto pubblico. Le tecnologie genericamente note con il termine "Web 2.0" hanno permesso la realizzazione di siti web dinamici in grado di presentare agli utenti vari tipi di contenuti, rendendo accessibili in modo facilitato due attività fondamentali:

1. La ricerca. Questa funzione rende possibile navigare all'interno di database anche di grandi dimensioni, cercando i documenti ed i media desiderati secondo vari criteri. Tipicamente questa funzionalità è supportata da un database relazionale (Wikipedia1) sul quale viene eseguita una query costruita automaticamente da alcuni parametri inseriti dall'utente.

2. La redazione collaborativa. La possibilità di ogni sistema web di operare in modalità multi-utente rende possibile l'inserimento di documenti da un numero elevato di utenti; mentre l'esempio più comune, quello dei wiki (Wikipedia2), è facilmente criticabile per quanto riguarda il controllo della qualità dei contenuti e la loro affidabilità, la possibilità di implementare meccanismi di gestione del workflow (Network World), cioè una sorta di "controllo editoriale", permette di garantire l'autorevolezza dei contenuti di un sito Web 2.0. Questa è una caratteristica molto importante qualora l'ente che gestisce il sito debba garantire la qualità dell'informazione, caratteristica irrinunciabile per qualsiasi sito gestito da un'entità con una seria reputazione scientifica.

Se si analizza la situazione attuale del Web 2.0 si può notare come questo modello abbia portato alla nascita di un gran numero di "isole" non connesse o scarsamente connesse tra loro: siti in grado di offrire grandi quantità di informazione, si pensi per esempio al Getty, ma non in grado di interoperare tra di loro. Un utente che debba eseguire una ricerca su più fonti non può fare altro che ottenere l'accesso ad ognuna, eseguire una ricerca indipendente su ogni sito (spesso con modalità differenti) ed eseguire manualmente l'aggregazione dei risultati. Una situazione paradossale, che non sfrutta minimamente le potenzialità che il web aveva promesso (ipertestualità, collegamenti senza soluzione di continuità, etc.).

Volendo risolvere questo problema rimanendo nel mondo Web 2.0, esistono due soluzioni:

1. L'imposizione di un unico sito. Dal punto di vista tecnologico, si potrebbe ipotizzare di "fondere" tutti i siti Web 2.0 esistenti, almeno per un dato dominio di conoscenza, fornendo quindi una modalità di accesso unificata. Si tratta tuttavia di un'ipotesi puramente teorica, spesso irrealizzabile dal punto di vista politico per problemi di *ownership*: infatti, ogni singolo sito web è anche un "biglietto da visita" dell'istituzione che lo gestisce, che ha quindi tutto l'interesse a mantenerne l'identità (non solo di sostanza, ma anche di forma). Inoltre, approfondendo l'aspetto tecnologico, è frequente verificare che le modalità di archiviazione dei dati, pur in presenza di un minimo denominatore comune in uno certo dominio di conoscenza, presentano variazioni tipiche di ogni entità (ad es. campi in più, vocabolari diversi, etc.).

2. La realizzazione di un aggregatore. Rinunciando alla presenza di un'unica interfaccia di riferimento, e lasciando quindi ad ogni sito la propria autonomia gestionale, è possibile realizzare un sito "terzo" in grado di estrarre le informazioni da ogni fonte e presentarle in forma aggregata, con un'interfaccia di ricerca unificata. Un esempio notevole di aggregatore in campo scientifico è Google Scholar (Google), un motore di ricerca che opera in un database di letteratura accademica. Soluzioni di questo tipo, tuttavia, presentano vari inconvenienti, di cui il principale è la necessità di "collaborazione" da parte dei siti originari, che devono esporre un'interfaccia tecnologica verso l'aggregatore, come ad esempio avviene con i flussi RSS dei blog (Wikipedia3). Questo però implica la definizione tecnica di un formalismo comune per descrivere i dati pubblicati. Viceversa, l'aggregatore sarà limitato a ricerche generiche sui testi, così come avviene per il motore di ricerca di Google, limitando però pesantemente la qualità della ricerca a causa delle inerenti limitazioni dei linguaggi naturali e a causa di eventuali barriere linguistiche. Gli stessi inconvenienti valgono per la tecnica nota come "tagging", che consiste nell'applicare una serie di semplici etichette ad ogni documento; essa è oltretutto povera dal punto di vista espressivo, non potendo rappresentare concetti complessi (il successo del tagging nel contesto di "social network" come Flickr o Facebook non tragga in inganno: per la stessa natura di quei contesti non si rendono necessari i requisiti di completezza e precisione di un'attività di ricerca scientifica). Inoltre, se un sito richiede l'autenticazione degli utenti per la consultazione, si pone un ulteriore problema di accesso, legato alla granularità: tipicamente un documento web tradizionale è completamente accessibile o non accessibile, e non è possibile controllare la modalità di fruizione solo per una parte dei suoi contenuti. La necessità di impostare esplicitamente tutte queste forme di cooperazione limita e spesso vanifica alcune delle migliori proprietà del web, che sono la cooperazione spontanea e la possibilità di aggregazione indipendente da parte di terzi.

Alcuni consorzi hanno definito validi formalismi standard di rappresentazione di dati in alcuni domini specifici: per esempio IPTC (International Press Telecommunication Council) e più recentemente Dublin Core (DC) operano nel campo dei media, definendo vocabolari per descrivere soggetti, autori, titolari di copyright, eccetera. Tuttavia, nessuno di questi standard affronta il problema dell'organizzazione della conoscenza che "circonda" il documento digitale. In altre parole, grazie ad IPTC o DC è possibile creare metadati intelleggibili relativamente al soggetto, alla data di creazione, al possessore dei diritti d'autore e così via, ma non offrono di per sè la possibilità di descrivere completamente ed in modo formalizzato la conoscenza relativa al soggetto (per esempio, la storia di un'opera d'arte riprodotta in una foto).

Da queste premesse si può concludere che il modello del Web 2.0 presenta delle limitazioni insormontabili quando si parla di ampia condivisione di modelli conoscitivi ricchi.

2. blueOcean – Tecnologie semantiche (verso il Web 3.0)

blueOcean è un framework per la realizzazione di sistemi di gestione di contenuti (CMS) basati su un database "semantico". Oltre a contenere componenti pronti per l'uso in grado di creare documenti ipertestuali e redarre un intero sito web con capacità collaborative e gestire i metadati tradizionali (EXIF, IPTC, dati geografici, etc.), funzioni tipiche di un CMS, il database semantico permette di definire a piacere un repository di conoscenze associato ai media catalogati.

Le "tecnologie semantiche" sono state introdotte come parte del cosiddetto Web Semantico, proposto da Tim Berners-Lee (l'inventore del World Wide Web) come la naturale evoluzione del web (Wikipedia4). Evitando di entrare in tecnicismi troppo spinti, l'idea che sta dietro al Web Semantico è innanzitutto la definizione di una notazione formale per la rappresentazione della conoscenza: le cosiddette "triple RDF" (Wikipedia5). Esse sono tutte composte da asserzioni nella forma "soggetto – predicato – oggetto"; i componenti di ogni tripla sono a loro volta descritti da vocabolari formali (ontologie), che associano ad ogni elemento un valore semantico preciso (Wikipedia6). I siti che vogliono collaborare ad un web semantico possono tranquillamente mantenere la propria indipendenza ed identità, anche estetica, semplicemente affiancando alla pubblicazione delle pagine originali un numero opportuno di documenti RDF.

Sarà così possibile realizzare un aggregatore in grado di comprendere il valore semantico dell'informazione manipolata – questo può essere sia un sito esterno (una specie di "motore di ricerca semantico" – PuntoInformatico), sia una possibilità offerta da ogni singolo sito (ad es. offrendo all'utente la possibilità di aggregare risultati provenienti da Internet direttamente dalle proprie pagine di ricerca). Per questo RDF è in grado di trasformare le isole

del Web 2.0 in vere e proprie "federazioni" di fonti dati, pur lasciando ad esse la propria identità e responsabilità di ownership.

L'uso del formalismo RDF comporta un ulteriore vantaggio, relativo alla flessibilità della memorizzazione delle informazioni. Il database relazionale, tipicamente utilizzato nel Web 2.0, prevede una rigida definizione della propria struttura (o schema) sotto forma di un numero definito di tabelle con un numero definito di colonne. Ogni modifica allo schema è tipicamente un'operazione amministrativa che ha delle conseguenze sul resto del sistema (e spesso implica un aggiornamento del software). Viceversa, l'unica struttura di RDF è data dalle triple, che sono libere: aggiungere nuove strutture di informazione vuol dire semplicemente aggiungere nuove triple.

Infine, non è neanche necessario che due partner di una federazione concordino a priori su un numero predefinito di ontologie standard (per quanto auspicabile: standard come il già citato Dublin Core sono basati su triple): RDF mette a disposizione la possibilità di definire l'eguaglianza semantica di concetti appartenenti a differenti ontologie. Questo vuol dire che se due siti definiscono diversamente il concetto di "reperto", è comunque possibile effettuare aggregazioni di dati definendo opportunamente l'equivalenza dei concetti di "reperto" per il primo ed il secondo sito. Un aspetto interessante è dato dalla possibilità di definire soggettivamente l'equivalenza semantica: l'utente può impostarla al momento di eseguire ogni nuova ricerca, aprendo varie possibilità di consultazione dei dati.

3. Altre caratteristiche di blueOcean

blueOcean è realizzato esclusivamente con software open source (FLOSS). L'aspetto open del software presenta diversi vantaggi, dalla assenza di licenze per l'installazione alla facilità di customizzazione ed integrazione con altri sistemi informativi.

Siccome blueOcean è basato su tecnologie standard, le federazioni che è in grado di creare possono interoperare con altri partner basati su RDF, ma non realizzati con blueOcean.

blueOcean sarà disponibile entro l'estate 2009.

Augusto Palombini
CNR – ITABC – Roma
Fabrizio Giudici
Tidalwave S.a.s.

SITI WEB

Wikipedia1. http://it.wikipedia.org/wiki/Modello_relazionale.
Wikipedia2. http://it.wikipedia.org/wiki/Wiki.

Wikipedia3. http://it.wikipedia.org/wiki/Really_simple_syndication.
Wikipedia4. http://it.wikipedia.org/wiki/Web_semantico.
Wikipedia5. http://it.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework.
Wikipedia6. http://it.wikipedia.org/wiki/Ontologia_(informatica).
NetworkWorld. http://www.nwi.it/nwi_arretrati/ap090001.htm.
Getty. http://www.getty.edu/research/conducting_research/.
Google. http://scholar.google.it/.
PuntoInformatico. http://punto-informatico.it/2235663/PI/Interviste/che-cos-un-motore-ricerca-semantico.aspx.

ABSTRACT

The so-called Web 2.0 offers good methods for sharing knowledge, but it does not provide adequate tools for performing automated, complex searches on the Internet with the quality needed for scientific research. blueOcean is a software product for managing knowledge with the technologies of "semantic web" and offers an effective solution to the problem.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 251-257

UN SISTEMA WEB-BASED PER LA GESTIONE, LA CLASSIFICAZIONE ED IL RECUPERO EFFICIENTE DELLA DOCUMENTAZIONE DI SCAVO

1. IReMaS: la documentazione e la comunicazione dei dati di scavo

L'uso delle Information and Communications Technologies (ICT) in archeologia si inserisce in un contesto di grande eterogeneità e di estremo dinamismo evolutivo. Il progressivo svilupparsi di diversi ambiti d'indagine e di numerosi strumenti applicativi non ha tuttavia allontanato l'attenzione dal settore di primo utilizzo delle tecniche informatiche: l'implementazione di banche dati per la gestione della documentazione archeologica.

L'adozione su larga scala di questo strumento dalla specifica fisionomia architetturale trova in parte giustificazione nella crescita smisurata della documentazione prodotta dall'attività sul campo, in seguito al diffondersi, a partire dai primi anni Ottanta, dei metodi propri dell'indagine stratigrafica e del pieno affermarsi in quegli stessi anni del concetto di cultura materiale. Ma alla necessità funzionale fa da sfondo ora una nuova consapevolezza concettuale su base processuale nell'ambito di un più ampio scenario metodologico in cui scienze applicate e archeologia condividono stesse procedure e strumenti di indagine (Moscati 2002, 318-323). Alla silenziosa rivoluzione del tradizionale processo di documentazione archeologica, innescata dal potenziale patrimonio descrittivo racchiuso in ciascuna scheda di unità stratigrafica e in ogni singola pianta di strato, fa eco un'altra rivoluzione, di natura quantitativa, in grado di plasmarsi sapientemente alle esigenze crescenti di un settore metodologico in continua evoluzione (Manacorda 2008, 200-204).

In questo scenario la banca dati, pur tra pareri discordi, trova una sua opportuna collocazione, contribuendo a segnare un importante passo avanti nel processo di rappresentazione scientifica della conoscenza archeologica. La capacità, alla base di ogni corretto sistema di Database Management, di garantire una consultazione integrata di informazioni eterogenee ha infatti assunto nel tempo un valore non trascurabile legato all'attività di normalizzazione dei dati di scavo, spesso afferenti ad ambiti di indagine diversi a seguito di lunghi anni di ricerca archeologica sul campo.

In questa esigenza di sistematizzazione della conoscenza "grezza", non strutturata, distribuita negli infiniti archivi sepolti del nostro territorio, si può dunque riconoscere l'eredità del miglior processualismo archeologico solo in parte risolta dall'introduzione della banca dati nella pratica quotidiana dello scavo archeologico (per analoghe conclusioni ma seguendo un diverso approccio: Hodder 1999, 178-179). Struttura autonoma ed in sé compiuta, o frequente supporto a evolute piattaforme GIS o a dinamiche pagine web

la base di dati rappresenta infatti una componente necessaria, ma non più esaustiva del pluriarticolato settore del Knowledge Management.

La rete, Internet in modo particolare, ha negli ultimi anni inevitabilmente catalizzato l'attenzione di numerosi esponenti della comunità scientifica, non da ultima quella archeologica, sempre più attenti a studiarne linguaggi, tool di fruizione, logica procedurale, implicazioni epistemologiche, etc.

L'approccio a questo potente e innovativo veicolo di comunicazione rispecchia chiaramente quanto successo in ogni altro settore dell'ICT: alla diffidenza e circospezione iniziale è seguito un progressivo uso massivo, e talora acritico, di spazi web a carattere informativo, sapientemente trainato da una logica di mercato sempre più pervasiva e dirompente.

Nella sfera più specificatamente accademica, in particolar modo umanistica, una prima cosciente cognizione della rete è stata quella di potente strumento di diffusione della conoscenza pregressa, acquisita e modellata però secondo parametri di distribuzione legati alla tradizionale pubblicazione a stampa. Esito immediato, e in parte tuttora vigente, è stato pertanto rendere la rete una "bacheca" universale, un contenitore o repository, inconsapevole e indifferenziato di enormi quantità di byte significanti: una base di conoscenza, parcellizzata e quindi non organizzata (ma pur sempre preziosa) "intrappolata" nella rete.

L'affermarsi, in questi ultimi anni, di un processo di «maturazione del web» (Guermandi 2004, 486 e relativi contributi nella rivista «Archeologia e Calcolatori» dal 1997 a oggi), pur registrando parallelamente un'assoluta crescita in termini di utenze, ha d'altra parte sviluppato un diverso approccio alle modalità di fruizione e ai vantaggi in essa impliciti. La comunità scientifica, pur con tempistiche diverse, ma in maniera trasversale ad ogni settore disciplinare ha acquisito una più stimolante consapevolezza circa le potenzialità insite nella networking technology, che vanno dal più ampio versante teorico del "costruzionismo di rete" (Calvani 1998, 29-44), con la possibilità di sviluppare nuova conoscenza comune, al più tangibile settore delle nuove forme collaborative multidisciplinari. Scopo della ricerca è la strutturazione e modellazione dei dati, preferibilmente grezzi, secondo i protocolli e i linguaggi standard della rete, unica via per una reale condivisibilità dell'informazione (Pescarin 2006, 137-155).

L'approccio di tipo multidisciplinare e la scelta degli strumenti da impiegare non può d'altra parte prescindere da temi quali il free software e l'open source. Affrontare oggi l'argomento della libera circolazione di informazione mediante l'uso dell'ICT significa anche comprendere la natura del processo e le modalità di realizzazione dei prodotti da noi impiegati, riflettendo su come la loro produzione possa concretamente incidere, dal punto di vista della compatibilità e soprattutto dell'interoperabilità dei dati, sulla qualità della ricerca. Al di là del diverso accento posto ora sulla questione morale ora sull'efficienza produttiva, questi movimenti inducono a riflettere certo non sull'aspetto meramente economico, su cui più volte si è voluto, maliziosamente

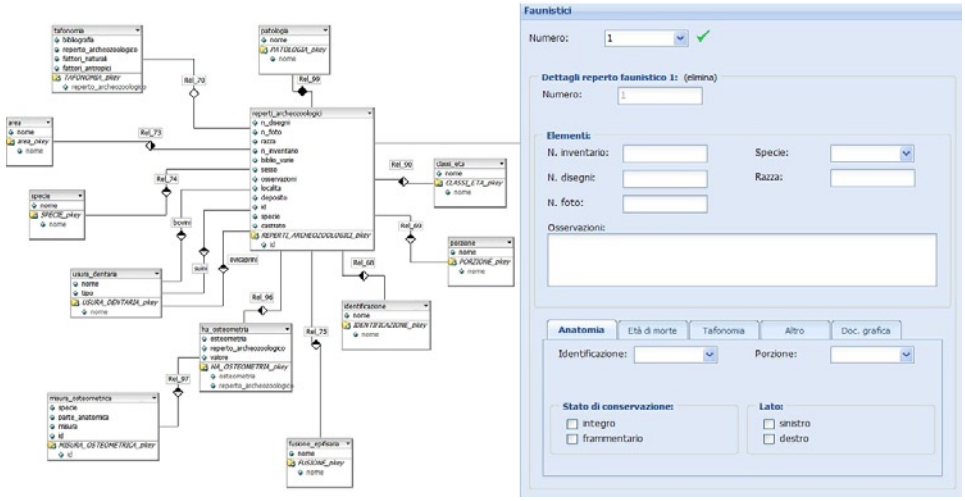


Fig. 1 – Reperti faunistici: vista parziale del modello E-R e interfaccia grafica.

o meno, cristallizzare il dibattito, ma sul concetto di libero accesso ai dati e di trasparenza delle risorse al fine di promuovere la conoscenza, diffondere l'informazione per favorire l'intera comunità, scientifica e non.

Questi principi possono e devono riflettere i presupposti teorici alla base di ciascun progetto di ricerca ed è per questo motivo che un numero crescente di studiosi di diversa estrazione disciplinare ne ha abbracciato la causa, contribuendo a promuoverne l'impiego su scala sempre più ampia.

L'Itinera Repository Management System (*IReMaS*) rappresenta un tentativo in questa direzione, partendo dal presupposto che la ricerca archeologica forse più di altri settori scientifici si fonda su analoghe esigenze di condivisione della conoscenza. Oggetto di indagine è infatti la stessa società attraverso le infinite tracce ora evanescenti ora evidenti racchiuse nel paesaggio a noi circostante, vero patrimonio collettivo dell'umanità.

Nato all'interno di un progetto di ricerca aperto a molteplici campi di indagine che va sotto il nome di Progetto ITINERA (www.itinera.puglia.it; De Felice, Sibilano, Volpe 2008) IReMaS rappresenta, l'esito di un lavoro sinergico basato sulle competenze sviluppate dal Dipartimento di Elettrotecnica e Elettronica del Politecnico di Bari nell'applicazione delle tecnologie digitali alla tutela e allo studio dei BBCC, e sulla esperienza in materia di archiviazione e gestione digitale della documentazione di scavo maturata in seno al Laboratorio di Archeologia Digitale dell'Università degli Studi di Foggia (Sibilano 2008, 445-459).

La complessa e sofisticata modellazione concettuale e logica alla base del sistema trae infatti origine dalle diverse sperimentazioni portate avanti in progetti di ricerca multidisciplinari avviati nel contesto della Puglia setten-

trionale e si struttura in una serie di archivi tra loro relazionati, ciascuno dei quali gestisce le informazioni di natura testuale, grafica e fotografica relative al bacino stratigrafico indagato e all'eterogenea sfera dei reperti emersi (ceramici, archeozoologici, laterizi e lapidei) (Fig. 1).

2. IReMaS: funzionalità e tecnologie utilizzate

Un'approfondita e matura riflessione teorica sulla natura, sui requisiti e sulle finalità di questo strumento non può prescindere dall'esame dei numerosi 'scenari' sviluppati nel campo della catalogazione automatizzata del dato archeologico. Ma è solo attraverso l'analisi e lo studio delle proprietà e degli aspetti peculiari della documentazione archeologica prodotta dall'attività di indagine stratigrafica che si giunge all'individuazione delle proprietà necessarie per una giusta articolazione del sistema informatico.

Dall'analisi del dominio applicativo seguono dunque due requisiti fondamentali: 1) la necessità di una *interfaccia semplice* con la quale l'utente dialoga, a cui fa le sue richieste e da cui ottiene le risorse in modo da "nascondere" la complessità del dominio sottostante; 2) la necessità di assicurare la *sicurezza ed integrità delle transazioni* e la *protezione d'accesso* alla base di dati.

Oltre alle classiche operazioni di gestione dei dati degli utenti registrati con le relative categorie/diritti di accesso, dunque, IReMaS, per garantire la corretta gestione di tutta la documentazione di scavo, offre le seguenti funzionalità: visualizzazione di una specifica unità stratigrafica, inserimento di una nuova unità stratigrafica, modifica e cancellazione della stessa ed, infine, ricerca di tutte quelle unità stratigrafiche che soddisfano determinati parametri di ricerca (tipo/genere di una unità stratigrafica, caratteristiche relative ai *reperti laterizi*, ai *Reperti biologici – faunistici*, ai *Reperti Sas – ceramiche* o alla combinazione di *Reperti biologici – faunistici* e *Reperti Sas – ceramiche*).

L'interfaccia utente è stata progettata utilizzando una serie di pannelli a scomparsa che consentono all'utente finale di avere tutti di dati associati ad un'unità stratigrafica (vista generale, dettagli rapporti, reperti, documentazione grafica e fotografica) in un'unica finestra in modo da semplificarne la gestione (l'utente ha sempre in primo piano tutti i dati di interesse) ed aumentarne la leggibilità (l'utente ha un pannello per ogni classificazione/suddivisione logica dei dati). Un altro punto di forza della progettazione è l'adozione di una stessa interfaccia grafica per la fase di inserimento, per quella di aggiornamento dei dati e di visualizzazione di una unità stratigrafica in modo da ridurre anche i tempi di "addestramento" dell'utente finale nell'utilizzo del sistema. Una tale progettazione permette, per esempio, di inserire inizialmente soltanto i dati generali relativi ad una unità stratigrafica, mentre, in un secondo momento l'utente può inserire informazioni di dettaglio oppure effettuare il caricamento del materiale grafico e fotografico o inserire i dati relativi ai reperti associati all'unità

stratigrafica in oggetto. Per la fase di cancellazione, inoltre, la stessa interfaccia grafica a pannelli permette di visualizzare prima tutte le informazioni associate ad una unità stratigrafica e passare alla cancellazione definitiva soltanto dopo che l'utente ha visionato tutti i dati ed è sicuro di volerli rimuovere.

Mentre le schede descrittive di una unità stratigrafica possono essere, dopo un'attenta analisi di dominio e opportuna modellazione relazionale dello stesso, memorizzate nella base di dati, per il materiale digitale è necessario trovare un'altra collocazione che ne permetta il recupero in maniera più efficiente rispetto alla memorizzazione in un campo BLOB del database. Pertanto, la documentazione di scavo sarà contenuta in parte nel database relazionale (è il caso delle schede relative alle diverse unità stratigrafiche, ai reperti associati e a tutte le informazioni di dettaglio necessarie) e in parte in un repository opportunamente organizzato in sottocartelle, per la memorizzazione e la catalogazione di tutto il materiale digitale. Affinché proprio l'organizzazione del repository sia del tutto trasparente per l'utente finale e controllata interamente dal sistema, è necessario definire una serie di passaggi (campi opportuni da settare) per l'inserimento del materiale digitale in modo tale da memorizzare sul server nella directory corretta ciascun file di interesse.

Inoltre, poiché lo studio del dominio in oggetto può essere ulteriormente dettagliato ed ampliato con l'ausilio di esperti del settore, è necessario che l'architettura del sistema sia il più possibile modulare e flessibile. In questo modo si andrà a facilitare ogni operazione di manutenzione ed estensione del sistema sia al livello di data layer, con l'introduzione di nuove tabelle e vincoli di integrità, che delle funzionalità a più alto livello offerte dal sistema per accedere alle stesse. Riepilogando, l'architettura del sistema è progettata in modo da rispettare i seguenti requisiti tecnici: *interoperabilità, sicurezza, modularità e scalabilità, affidabilità e robustezza, contenimento dei costi*. Questo ultimo requisito impone che il sistema debba essere progettato e realizzato in modo da mantenere bassi i costi nella fase di aggiornamento ed ulteriore sviluppo del software. Inoltre, i costi operativi sono stati ridotti utilizzando tecnologie free ed open source ma che risultassero affidabili e stabili.

PostgreSQL 8.1 (http://www.postgresql.org/docs/8.1/interactive/index.html) è la versione utilizzata per la definizione della base di dati di IReMaS, e si tratta di un sistema open source di gestione di database relazionale ad oggetti (ORDBMS). In particolare, è stato utilizzato il concetto di ereditarietà tra classi, supportato da PostgreSQL, per la definizione della classificazione delle unità stratigrafiche e sono stati implementati dei trigger per la gestione dei vincoli di dominio e delle stored procedures per ottimizzare le interrogazioni in fase di ricerca su più parametri.

Inoltre, il sistema ha fondato il suo sviluppo sulla piattaforma PHP 5 (Lecky-Thompson *et al.* 2005) perché mette a disposizione un linguaggio molto potente, offre performance elevate ed alti standard di sicurezza, senza

sovraccaricare il server sul quale è installato. Lo sviluppo delle pagine web è stato realizzato avvalendosi del linguaggio XHTML 1.0 (http://www.w3.org/TR/xhtml1/) e dei CSS 2.1 (http://www.w3.org/Style/CSS/) e validando completamente i documenti web e i fogli di stile associati, in accordo agli standard internazionali del W3C (http://www.w3.org/Consortium/). In questo modo è stato possibile creare un'applicazione interamente conforme agli standard in cui è ben mantenuta una distinzione tra contenuto e presentazione.

Infine IReMaS, oltre ai linguaggi suddetti, utilizza una serie di tecnologie e librerie proposte da AJAX (Crane, Pascarello, James 2006) per realizzare un'applicazione web interattiva. Difatti, anziché ricaricare l'intera pagina ogni volta che l'utente effettua un'operazione, il sistema fa in modo che i dati tra client e server vengano scambiati in maniera asincrona per ottenere solo i dati che sono necessari (generalmente usando JavaScript per mostrare la risposta del server nel browser), rendendo notevolmente più veloce l'esperienza di navigazione (dato che la quantità di dati interscambiati fra il browser ed il server si riduce).

3. Conclusioni

«Il compito dello scavatore è quello di produrre nuova evidenza, quanto più possibile immune da distorsioni soggettive, e renderla rapidamente e largamente disponibile agli altri specialisti in una forma da poter usare con fiducia nelle proprie ricerche. Ma questo non basta» (Barker 2003, 28).

Attraverso l'utilizzo delle più recenti tecnologie, linguaggi e protocolli di comunicazione per lo scambio e la condivisione efficiente di dati, è oggi possibile conseguire una maggiore libertà di gestione delle informazioni e sviluppare concretamente degli strumenti mediante cui pervenire a un reale scambio e a una piena condivisione dei dati verso multi-livelli di utenza: nella possibilità di acquisire la maggior quantità di conoscenza storica stratificata e nel renderla fruibile a chi non gode di un accesso diretto si identifica infatti la vera ragione sociale della disciplina archeologica.

Giuliano De Felice, Giuseppina Sibilano, Giuliano Volpe
DISCUM – Università degli Studi di Foggia

Eugenio Di Sciascio, Roberto Mirizzi, Giacomo Piscitelli,
Eufemia Tinelli, Michelantonio Trizio
DEE – Politecnico di Bari

BIBLIOGRAFIA

Barker P. 2003, *Tecniche dello scavo archeologico*, Milano, Longanesi.

Calvani A. 1998, *Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie*, in D. Bramanti (ed.), *Progettazione formativa e valutazione*, Roma, Carocci, 29-44.

Crane D., Pascarello E., James D. 2006, *Ajax in Action*, Greenwich, Manning Publications.

De Felice G., Sibilano M.G., Volpe G. 2008, *Ripensare la documentazione archeologica: nuovi percorsi per la ricerca e la comunicazione*, «Archeologia e Calcolatori», 19, 271-291.

Guermandi M.P. 2004, *Nuovi linguaggi e "vecchie tecnologie": comunicare la conoscenza archeologica attraverso la rete*, «Archeologia e Calcolatori», 15, 483-496.

Hodder I. 1999, *The Archaeological Process*, Oxford, Blackwell Publishing.

Lecky-Thompson E., Eide-Goodman H., Nowicki S.D., Cove A. 2005, *Professional PHP5 (Programmer to Programmer)*, Indianapolis, Wiley Publishing.

Manacorda D. 2008, *Lezioni di archeologia*, Roma-Bari, Laterza.

Moscati P. 2002, *L'Informatica in Archeologia*, in *Il mondo dell'archeologia Treccani 2000*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 318-323.

Pescarin S. 2006, *Open Source in archeologia. Nuove prospettive per la ricerca*, «Archeologia e Calcolatori», 17, 137-155.

Sibilano M.G. 2008, *Il quartiere tardoantico nell'area delle terme: una Banca Dati per la gestione informatizzata dei dati di scavo*, in G. Volpe, D. Leone (eds.), *Ordona XI. Ricerche archeologiche ad Herdonia (scavi 2000)*, Bari, Edipuglia, 445-459.

ABSTRACT

The use of databases in archaeology is based mainly on the need for a kind of data storage that can both optimize techniques and times for the management of excavation documentation and allow integrated access to all the information collected. In this paper we have described the modelling and development of a web-based system allowing cataloguing, storage and retrieval of different information types. Specifically the system employs PostgreSQL 8.1 as open source Database Management System (DBMS) for repository deploying and managing and Web 2.0 technologies (AJAX, XHTML, etc.) for development of a graphical interface strongly oriented to improve effective user/system interaction.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 259-263

OS E TECNOLOGIE AVANZATE PER LA VALORIZZAZIONE DELLA CONOSCENZA NEL SETTORE ARCHEOLOGICO

1. Introduzione

Una volta scoperto, ogni bene archeologico (sia esso un oggetto mobile o un sito) inizia un nuovo "ciclo di vita", lungo il quale passa, a volte ripetutamente, attraverso numerosi eventi (immagazzinamento, pulizia, restauro, studio, mostra etc.). Tutte le informazioni riguardanti un reperto e il suo ciclo di vita sono utili, e spesso cruciali, per approfondire il contributo scientifico che esso può apportare, per prendere ogni volta la migliore decisione sulla sua gestione e, in definitiva, per dare un senso alla sua scoperta e soprattutto alla sua costosa conservazione.

Nonostante il loro ruolo fondamentale, nel contesto archeologico (con eccezione dei beni catalogati) le informazioni sono spesso considerate come conoscenza individuale, non specificamente gestite, quasi sempre non registrate in archivi digitali e quindi non disponibili a persone diverse da quelle direttamente impegnate in ciascun singolo evento che le ha generate. Tale problema è ulteriormente accresciuto dalla presenza di diverse figure professionali (archeologi, restauratori, magazzinieri, archivisti, …) che di solito lavorano separatamente, anche quando le loro attività si intersecano. La raccolta e la consultazione dei dati relativi a un reperto non seguono procedure standard e spesso seguono pratiche individuali o pressioni contestuali, come uno scavo urgente.

In uno scenario come quello descritto, il potenziale informativo incorporato in ogni bene viene perso, spesso definitivamente, rendendo inutile la scoperta e la conservazione di un oggetto scientificamente "muto".

2. Quadro teorico di riferimento

I Sistemi Informativi (SI) che supportano processi di gestione della conoscenza (Alavi, Leidner 2001) prendono il nome di Knowledge Level Systems (KLS). Questi sistemi aiutano nell'acquisire, conservare, distribuire e applicare la conoscenza, come pure nel supportare processi di creazione di nuova conoscenza e della sua integrazione nelle organizzazioni. La conoscenza è un concetto indeterminato, la cui definizione ha interessato filosofi per migliaia di anni (Walsham 2001). Abitualmente, si fa derivare la conoscenza da una o più informazioni, a loro volta basate su uno o più dati.

Da questo punto di vista, la conoscenza non presenta sfide particolari per i SI, in quanto non troppo diversa da dati e informazioni (Fahey, Prusak 1998). Un assunto condiviso afferma che la conoscenza, in chiave organizzativa, può assumere due forme differenti (Polany 1967; Nonaka 1994): tacita (include

elementi cognitivi – come modelli mentali individuali, opinioni, paradigmi e punti di vista – e tecnici, know-how concreto da applicare) e *esplicita* (codificata, comunicata e comunicabile in forme simboliche e/o linguaggio naturale). Questa distinzione implica diversi processi di trasformazione (e di conseguente possibile creazione) tra le due forme: socializzazione, esternalizzazione, internalizzazione e combinazione. La conoscenza può, inoltre, essere *individuale* e *collettiva* (Nonaka 1994), ossia creata tramite azioni collettive di gruppi sociali. In una prospettiva organizzativa, la conoscenza è anche denominata «memoria», classificata in due differenti forme: semantica, identificata con la conoscenza articolata ed esplicita (incorporata per esempio in report e archivi), ed episodica, collegata a specifiche circostanze e alle relative decisioni, azioni e risultati (El Sawy *et al.* 1996).

Tecnologie avanzate per l'archiviazione e la ricerca possono accrescere la memoria organizzativa e sono quindi richieste per supportare i processi di creazione di conoscenza in un'organizzazione, e del suo trasferimento per farla arrivare dove serve. Tali processi sono però spesso ostacolati dalla debolezza dei sistemi usati, dalla mancanza di mappe sulla conoscenza (Andreu, Ciborra 1996) e dall'imposizione agli utenti di nuove routine (Chua 2004).

L'importanza della conoscenza in un contesto organizzativo deve essere valutata tenendo conto del contributo che questa può apportare ai processi decisionali strategici per creare vantaggi competitivi (Nonaka, Takeuchi 1995). Sotto questa prospettiva, l'IT promette di accrescere l'efficacia della conoscenza organizzativa, incorporando la conoscenza nelle routine organizzative (Alavi, Leidner 2001).

3. Descrizione del caso

Nel 2001 la Regione Autonoma Valle d'Aosta, dopo una sperimentazione con importanti indicazioni sia positive che negative (Pedelì, Pesciarelli 1997), promosse un più ambizioso progetto (per approfondimenti nella prospettiva qui seguita: Braccini, Federici 2008), avviando una partnership con sei Soprintendenze regionali italiane e europee (da Francia, Spagna e Portogallo). L'esigenza comune era quella di definire una metodologia integrata, condivisa e trasversale, e di creare su tale base un SI interdisciplinare in grado di supportare le attività giornaliere di un'organizzazione operante nel settore archeologico (ritrovamento, documentazione, gestione deposito, trasporto, studio, etc.).

Avendo presente che in questo ambito pratiche e conoscenze sono individuali o comunque poco condivise, il progetto mostra due scelte caratterizzanti riguardo al coinvolgimento di altri partner (anche stranieri) e di tutte le professionalità che operano lungo l'intero ciclo di vita dei reperti. L'idea di base era che aumentando esperienze coinvolte e esigenze considerate, si sarebbero generati un know-how più esteso e una metodologia operativa più efficace, ampliando e arricchendo così la memoria organizzativa.

Il progetto fu disegnato prevedendo una lunga fase iniziale dedicata a:

– analizzare le pratiche adottate da ogni figura professionale, con l'intento di trovare una metodologia comune adatta alle diverse culture e insieme applicabile a tutti;
– cercare una modalità realistica per archiviare, reperire e condividere informazioni tra le diverse figure, e identificare i modi più attuabili per anticipare la raccolta di dati, per escludere duplicazioni nell'inserimento e soprattutto il rischio della loro perdita.

Nel 2005, una volta terminate le attività preliminari di studio e modellazione, fu avviato lo sviluppo di un sistema per il supporto alla gestione del patrimonio archeologico e documentale, cui fu dato nome ArcheoTRAC. Una scelta fondamentale fu quella di usare estesamente l'Open Source per favorire, abbattendo le barriere iniziali, il riuso della soluzione da parte di altri soggetti, in una prospettiva di comunità di pratiche. Oltre all'uso di piattaforme OS (Java, Tibco, Tomcat, ACEGI, MySQL, etc.), il sistema presenta molte caratteristiche interessanti: è totalmente web-based e integra tecnologie avanzate (connessioni HSDPA, etichette RFId UHF, palmari, controllo accessi, e così via). Tuttavia, per gli scopi di questo paper, tre sono le caratteristiche di interesse:

– collaborazione interdisciplinare: tutte le figure professionali impegnate in questo settore usano lo stesso SI e condividono lo stesso database, una continua cooperazione interdisciplinare è quindi promossa tra esperti di diverse branche;
– adattabilità a diverse esigenze e culture: ogni soggetto ha la possibilità di adattare il sistema sulla base dei suoi bisogni e cultura, potendo scegliere la forma di presentazione (vista) che meglio si adatta ai suoi bisogni e preferenze (perché contiene solo le informazioni per lui rilevanti), e includere nel sistema (dunque nel database e nelle viste) altre informazioni non standard che solo lui archivierà o vedrà, se è abituato (per cultura o pratica personale) a raccogliere e fare uso di tali informazioni;
– mappe della conoscenza relativa ad ogni bene. Registrando ogni evento di qualsiasi tipo (anche ripetuto), ArcheoTRAC traccia l'intera storia di un bene dalla sua scoperta, ricostruendola in due tipi di mappa che offrono un grande contributo alla ricerca e alla gestione: un cronogramma sul ciclo di vita di ogni bene, che riporta tutti i trattamenti, gli spostamenti e le attività scientifiche che lo riguardano; una rete di relazioni tra un bene e gli altri, che mostra le connessioni attive derivanti da attività scientifiche (ad es.: "Pertinente a") o di restauro (ad es: "Aggregato a").

4. Discussione e conclusioni

Il sistema ArcheoTRAC rappresenta un interessante caso di studio perché offre molti spunti e opportunità di analisi per chi fa ricerca sul rapporto

tra organizzazione e sistemi informativi. Va anche notato che l'ambito dei SI a supporto dei processi gestionali nell'area del patrimonio archeologico è un campo di ricerca ancora piuttosto nuovo.

Interpretando i contesti organizzativi preliminari al progetto attraverso la lente del Knowledge Management, si rileva l'abbondanza di conoscenza tacita e episodica, così come l'assenza di processi per renderla esplicita e semantica. Riferendosi sia alla tassonomia della conoscenza, che ai processi di trasformazione descritti da Nonaka (1994) e Polany (1967), si può evidenziare che le routine organizzative abituali precedenti tendevano a rinforzare i processi di internalizzazione (un evento relativo a un reperto era spesso noto in dettaglio solo al diretto interessato). La conoscenza acquisita da un singolo operatore su un particolare reperto rimaneva quindi di tipo episodico nella maggior parte dei casi, e poteva facilmente rimanere tacita o, peggio, essere dimenticata.

ArcheoTRAC è un interessante esempio di SI in grado di dare impulso alla creazione e allo scambio di conoscenza, e di promuovere l'esternalizzazione di quella tacita. Inoltre, creando la base per la condivisione di informazioni tra diversi attori, che è un prerequisito per creare e trasferire conoscenza (Tuomi 1999), dà effettivo impulso ad aumentare quella di tipo semantico. Nel contempo, offrendo ad ogni attore il proprio spazio dove esaminare i reperti nella sua prospettiva e con la sua cultura (grazie alla possibilità di cambiare campi, viste, thesauri, etc.), evita le barriere di nuovi modelli dati o routine.

Il sistema ArcheoTRAC può consolidare la conoscenza su un singolo reperto, anche e soprattutto quando i dati sono raccolti da individui diversi, e riesce a farlo in un modo così chiaro e preciso da produrre accurate mappe di tale conoscenza, che viene resa tanto esplicita e semantica da poter essere facilmente acceduta anche da eventuali soggetti esterni che usino il sistema pur non avendo avuto un ruolo nel ciclo di vita del reperto. Infine, la definizione di licenze open per applicativo e contenuti favorisce la diffusione anche a nuovi soggetti del sistema realizzato e della metodologia in esso incorporata, promuovendo all'interno della comunità di utilizzatori l'ulteriore estensione e avanzamento della conoscenza sulle pratiche di gestione.

Tommaso Federici
Università della Tuscia

BIBLIOGRAFIA

Alavi M., Leidner D.E. 2001, *Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues*, «MIS Quarterly», 25 (1), 107-136.

Andreu R., Ciborra C. 1996, *Organizational Learning and Core Capabilities Development: The Role of Information Technology,* «Journal of Strategic Information Systems», June 1996, 117-127.

Braccini A.M., Federici T. 2008, *Knowledge Sharing in a Cultural Heritage Context: an Exploratory Study*, in *Proceedings of the Mediterranean Conference on Information Systems, MCIS 2008 (Hammamet, Tunisia, 24-26 October 2008*), «Working Papers on Information Systems», 9 (14), paper 19.

Chua A. 2004, *Knowledge management system architecture: a bridge between KM consultants and technologists* «International Journal of Information Management», 24 (1), 87-98.

El Sawy O.A., Gomes G.M, Gonzalez M.V. 1996, *Preserving Institutional Memory: The Management of History as an Organization Resource*, «Academy of Management Best Paper Proceedings», 37, 118-122.

Fahey L., Prusak L. 1998, *The Eleven Deadliest Sins of Knowledge Management*, «California Management Review», 40 (3), 265-276.

Nonaka I. 1994, *A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation*, «Organization Science», 5 (1), 14-37.

Nonaka I., Takeuchi H. 1995, *The Knowledge Creating Company*, New York, Oxford University Press.

Pedelì C., Pesciarelli R. 1997, *"ArkeoKeeper": a computer recorder and controller of conservation and restoration work on the archaeological mobile finds*, in *Proceedings of the 8me Journée d'études de la SFIIC, (Chalon-sur-Saône, 23-24 October)*, Chalon-sur-Saône, Institut international de la S.F.I.I.C., 81-99.

Polany M. 1967, *The Tacit Dimension*, London, Routledge and Kegan Paul.

Tuomi I. 1999, *Data is More Than Knowledge: Implications of the Reversed Knowledge Hierarchy for Knowledge Management and Organizational Memory*, «Journal of Management Information Systems», 16 (3), 103-118.

Walsham G. 2001, *Knowledge Management: The Benefits and the Limitations of Computer Systems*, «European Management Journal», 19 (6), 599-608.

ABSTRACT

The IS discussed here deals with the issues of collecting, organizing and sharing all the information about a find, whether a mobile one or a site, as soon as it is discovered. This kind of information is often considered as individual knowledge or totally unmanaged. The choice of OS platforms enables us to disseminate the solution.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 265-270

MODELLI RASTER DI USO DEL SUOLO NELLA LUNGA DURATA IN AMBIENTE MONTANO CON GRASS

1. Contesto e scopi dell'applicazione

Il presente contributo si propone di descrivere un procedimento, basato su tecnologia GIS open source GRASS (http://www.grass.itc.it/), di acquisizione, trattamento e analisi spaziale di informazioni geo-ambientali e storico-archeologiche, finalizzato alla creazione di modelli raster (Neteler, Mitasova 2008, 7) di uso del suolo nella lunga durata. L'applicazione si inquadra nell'ambito di un progetto di analisi comparativa delle pratiche agropastorali diacroniche e della gestione integrata delle risorse, dal neolitico all'epoca moderna in ambiente montano in alcune regioni-campione (Progetto AIII-4, Exzellenz Cluster 264 TOPOI, Freie Universität Berlin: "Vergleichende GIS-gestützte Nutzungsanalyse montaner Landschaften"). Le montagne occupano circa un quinto della superficie terrestre, contengono importanti eco-sistemi e sono fonte di risorse naturali principalmente idriche e minerarie. La topografia e il clima costituiscono i fattori rilevanti che contribuiscono a rendere "marginali" e difficilmente accessibili tali ambienti (Walsh 2005), il cui popolamento in epoca pre-industriale si basa principalmente su pratiche economiche agro-silvo-pastorali di sussistenza, oltre che sullo sfruttamento delle materie prime.

In questa sede ci si propone dunque principalmente di descrivere la metodologia adottata, basata sull'uso di moduli raster e di definire una procedura di modellazione rispondente a criteri di trasparenza e riproducibilità, funzionale agli obiettivi comparativi della ricerca.

A tale scopo, si prende qui in esame un transetto laterale dell'Alta Valle del Rodano nel distretto di Hérens (Cantone Vallese, Svizzera). La scelta di tale contesto permette di elaborare e/o verificare con metodi quantitativi modelli di organizzazione del territorio nella dimensione sia orizzontale che verticale, legata alle pratiche agropastorali off-site e di mobilità connesse principalmente alla transumanza (cfr. Curdy, David-Elbiali, Honegger 1999 e Curdy 2007 per una sintesi sulle dinamiche di popolamento e sul modello di distribuzione altimetrica degli insediamenti per fase nella regione considerata).

2. Acquisizione e trattamento dei dati

I dati cartografici relativi alla regione analizzata (fonte: CC GEO-Kanton Wallis; sistema di riferimento geodetico CH1903) sono stati importati in GRASS 6.2.3, installato su sistema operativo Ubuntu GNU/Linux 8.11.

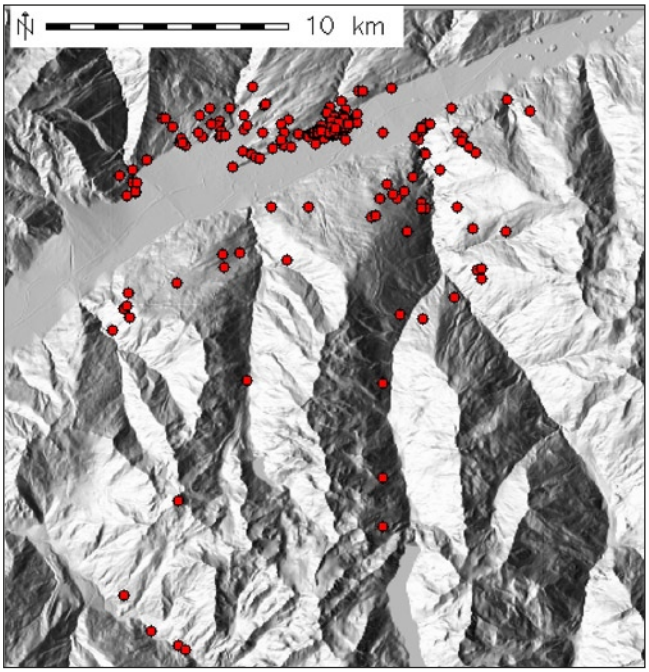


Fig. 1 – DTM e siti archeologici (campione) della zona considerata.

La banca dati relativa alle evidenze archeologiche (fonte: État du Valais) è stata importata in formato vettoriale (punti):

GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > v.in.db driver=dbf database=$GISDBASE/$LOCATION_NAME/$MAPSET/dbf/table=<table_file> x=X y=Y z=Z key=ID output=<points_file>.

La cartografia tematica in formato vettoriale Shapefile (temi rilevanti: dati geologici e idrografici, uso del suolo attuale, viabilità principale e secondaria) è stata importata secondo il seguente procedimento:

GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > v.in.ogr dsn=$datasourcename/Shapefiles/<shapefile.shp> output=<vector_file> min_area=0.0001 snap=-1.

Gli strati informativi rilevanti alla costruzione del modello sono stati convertiti in formato raster:

GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > v.to.rast input=<vector_file> output=<raster_file> use=attr layer=1 value=1 rows=4096.

Un modello digitale del terreno è stato creato a partire da dati Lidar (risoluzione 2m) in formato ASCII xyz, utilizzando uno script in bash shell per

automatizzare il procedimento di importazione dei punti in formato raster, estrazione dei punti in formato vettoriale e generazione del DTM (Fig. 1) per interpolazione (*regularized spline with tension*):
GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > r.in.xyz input=<dtm_sectionXXX.xyz> output=<dtmXXX> method=mean type=FCELL fs=' ' x=1 y=2 z=3 percent=100
GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > r.to.vect -z input=<dtmXXX> output=<dtmXXX_vector> feature=point
GRASS 6.2.3 (Heremence):~ > v.surf.rst input=<dtmXXX_vector> layer=0 elev=<dtmXXX_elevation> maskmap=<dtmXXX> segmax=25 npmin=120.
I DTM cosi ottenuti (54 sezioni) sono stati poi composti in un'unica mappa raster (`output=<dtm_file>`) col modulo `r.patch`, previa definizione della regione completa (`g.region`).

3. Modello Raster

3.1 *Costruzione del modello*

Il metodo adottato per la costruzione del modello si basa sulla creazione di *cost surfaces,* superfici raster che rappresentano i costi cumulativi di movimento da un punto su una mappa fornita come input (Neteler, Mitasova 2008, 135; Van Leusen 2002, cap. 6.2; Gietl, Doneus, Fera 2008 per un esempio di *cost distances analysis* in ambiente alpino e un test comparativo dei moduli di analisi delle maggiori implementazioni GIS commerciali ed open source).

A partire dal modello digitale del terreno (DTM) della zona, sono state generate le variabili topografiche relative a pendenza ed esposizione:

GRASS 6.2.3 (Heremence):~ >r.slope.aspect elevation=<dtm_file> slope=<slope_file> format=percent prec=float aspect=<aspect_file> zfactor=1.0 min_slp_allowed=0.0.
Una mappa del costo cumulativo di movimento viene creata con il modulo `r.cost`, a partire da costi relativi alla pendenza riclassificata in 9 classi tramite il modulo `r.reclass` secondo "`reclass rules`", secondo una tabella che contiene le nuove classi di valori categorici:
GRASS 6.2.3 (Heremence):~ >r.cost -k -r input=<slope_reclass_file> output=<cost_file> start_points=<points_file> max_cost=0 percent_memory=100.

Il risultato di questa prima analisi dipende esclusivamente dai costi determinati dalla topografia, che definisce il grado di accessibilità al territorio, come base del modello raster.

Grazie alla possibilità di implementazione del software open source GRASS da parte della comunità scientifica, nuovi moduli di analisi specifici

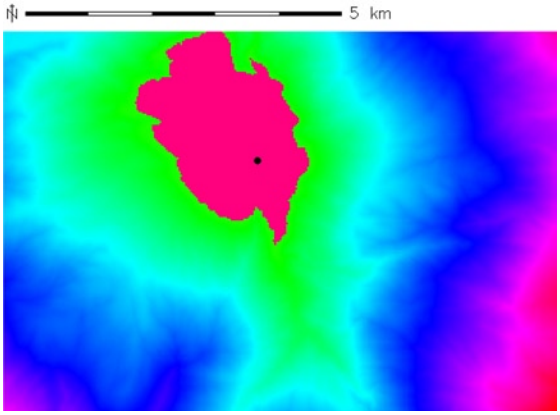


Fig. 2 – Buffer creato con il modulo r.catchment intorno ad abitato (altitudine: 840m; fasi: neolitico-età del bronzo-età del ferro).

sono reperibili ed utilizzabili dall'utente. Agli scopi di questo tipo di analisi, offrono notevoli e interessanti potenzialità i moduli implementati per la modellazione delle dinamiche diacroniche di uso del suolo agropastorale intorno ai siti: http://trac.osgeo.org/grass/browser/grass-addons/LandDyn; autore: I. Ullah, Arizona State University, 2007. Il modulo `r.catchment` crea un buffer intorno ai siti utilizzando `r.walk`, che genera, in modo analogo a `r.cost` una superficie di costo cumulativo, ma, a differenza del modulo suddetto, costi anisotropici, dipendenti cioè dalla direzione del movimento (Fig. 2):

GRASS 6.2.3 (Heremence):~ >r.catchment -k incost=<slope_reclass_file> elev=<dtm_file> vect=<points_file> a=0.72 b=6.0 c=1.9998 d=-1.9998 lambda=3.5 slope_factor=-0.2125 buffer=<catchment_file> area=5000000 start_step=1 step_size=10 mapval=1.

All'interno del buffer così definito, utilizzato come maschera per limitare le operazioni raster successive (`r.mask`), è possibile quantificare (moduli: `r.report`; `r.stats`) le variabili ecologiche che caratterizzano il territorio intorno al sito. I risultati possono costituire uno strumento di valutazione del potenziale del territorio (in questo caso dati attuali sono utilizzati come indicatori di riferimento) e di analisi le modalità e l'intensità delle pratiche di gestione delle risorse secondo un approccio multiscalare e per fase, in un modello micro-economico agropastorale di sussistenza.

Nel medesimo GRASS Addons Repository http://trac.osgeo.org/grass/browser/grass-addons/LandDyn, il modulo `r.agropastoral` permette di simulare per iterazione l'uso del suolo in un'economia agropastorale sulla base di *cost distances*, con la possibilità di modificare le variabili ecologiche in

riferimento al contesto trattato (cfr. anche Van Hove 2003 per una procedura documentata tramite scripting di modellazione integrata raster e agent-based in GRASS per la modellazione dell'uso del suolo per iterazione, con approccio sincronico e diacronico).

3.2 *Sviluppo del modello*

Il progetto in corso si trova attualmente nella fase di implementazione del modello. Una delle questioni metodologiche che si intendono affrontare concerne le possibilità e i limiti nel trattamento e nell'analisi dei fattori geo-ambientali e socio-culturali, che determinano le pratiche di uso del suolo *off-site* e di movimento. In particolare, se e come sia possibile categorizzare ed integrare in un modello raster (friction/conditional surfaces: cfr. Whitley, Burns 2008) variabili differenti utilizzando *Map Algebra* (`r.mapcalc`), secondo un procedimento robusto e riproducibile.

4. Critica e prospettive

I modelli raster presentano notevoli potenzialità (analitiche, interpretative e predittive), accompagnate però anche dal rischio di ottenere risultati che perdono il loro valore esplicativo, poiché risentono della eccessiva complessità del modello stesso, che sintetizza variabili differenti, sulla base di dati quantitativi e qualitativi.

Un procedimento di model building, in cui ogni variabile viene testata nella misura in cui influenza e modifica il modello di base (= costi determinati dalla topografia) e che permetta di tenere più agevolmente sotto controllo i risultati, è favorito dall'utilizzo del GIS basato su tecnologia open source GRASS, che permette di lavorare secondo dei processi trasparenti e riproducibili.

Silvia Polla
Freie Universität Berlin

Bibliografia

Curdy P. 2007, *Prehistoric settlement in middle and high altitudes in the Upper Rhone Valley (Valais-Vaud, Switzerland): A summary of twenty years of research,* «Preistoria Alpina», 42, 99-108.

Curdy P., David-Elbiali M., Honegger M. 1999, *Le peuplement du Mésolithique à la fin de l'âge du Fer dans les Alpes de Suisse occidentale*, in P. Della Casa (ed.), *Prehistoric Alpine Environment, Society and Economy, Colloquium Paese '97 (Zürich, 3-6 Sept. 1997)*, Universitätsforsch. zur prähist. Archäol. Zürich, 55, 47-59.

Gieltl R., Doneus M., Fera M. 2008, C*ost distance Analysis in an Alpine Environement: Comparison of different cost surface modules*, in A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog (eds.), *Layers of perception*, *Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) (Berlin, Germany, April 2-6 2007)*, Bonn, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, 342.

Neteler M., Mitasova H. 2008, *Open Source GIS: A GRASS GIS approach*, Third Edition, New York, Springer.

Van Hove D. 2003, *Imagining Calabria – A GIS approach to Neolithic landscapes*, Ph.D. thesis, University of Southampton.

Van Leusen P.M. 2002, *Pattern to process: methodological investigations into the formation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes*, PhD Thesis, University of Groeningen (http://irs.ub.rug.nl/ppn/239009177).

Walsh K. 2005, *Risk and marginality at high altitudes: new interpretations from fieldwork on the Faravel Plateau, Hautes-Alpes*, «Antiquity», 79, 304, 289-305.

Withley T., Burns G. 2008, *Conditional GIS Surfaces and their potential for archaeological predictive models,* in A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog (eds.), *Layers of perception, Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) (Berlin, Germany, April 2-6, 2007),* Bonn, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, Vol. 10, 292-298.

ABSTRACT

In order to create a diachronic model of the exploitation of resources and mobility at a micro-regional scale, the data concerning a test-area in an alpine environment have been imported in GRASS and analyzed using raster modules and running bash-shell scripts for iterating processes.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 271-278

UN SOFTWARE CMS PER L'ARCHIVIAZIONE E LA DOCUMENTAZIONE DI MATERIALE ARCHEOLOGICO

1. Introduzione

Una volta completato il progetto internazionale e pluriennale di ricerca GIANO (Grafica Innovativa per il patrimonio Artistico Nazionale e per l'Occupazione giovanile: Biagi Maino, Maino 1999, 1102-1105), si è reso necessario far conoscere ad un più vasto pubblico i risultati conseguiti. I principali obiettivi di questa operazione di diffusione e di divulgazione di informazioni storiche, artistiche, archeologiche e tecnico-scientifiche sono consistiti nell'ideazione e nella realizzazione – con applicazioni pratiche – di software quale grafica avanzata, simulazioni di realtà virtuale, banche dati collegate, per catalogare dati relativi appunto a beni storici, artistici ed archeologici, usando metodi ipertestuali e multimediali. La priorità è stata pertanto quella della trasmissione o meglio della "pubblicazione" in Internet (Fig. 1) sia dei risultati scientifici dell'attività di ricerca, sia dei documenti iconografici relativi alle campagne di indagini diagnostiche e a intere collezioni di opere d'arte, sia infine della catalogazione attraverso basi di dati di documenti bibliografici e archivistici: le risorse culturali e digitali (Biagi Maino, Maino 2002, 86-93). Tutti questi risultati, per essere resi disponibili alla consultazione di conservatori, ricercatori e scienziati, oltre che di un pubblico genericamente interessato e di turisti, necessitano di strumenti semplici ma efficaci. Per questo motivo è stato importante sviluppare soluzioni software che fossero trasparenti all'utente e che producessero documenti su richiesta a partire dal contenuto della banca dati.

Un software Content Management System – CMS permette di costruire ed aggiornare un sito web, gestendo le varie fasi di inserimento dati, di redazione, di pubblicazione di testi, immagini e registrazioni sonore. L'informazione viene ricercata facilmente e può essere modificata, si possono creare collegamenti a diverse parti del sito. Al crescere delle dimensioni del sito, occorre che il CMS sia sempre più flessibile ed efficiente, soddisfacendo i seguenti requisiti:

– interfaccia amichevole (friendly);
– capacità di adattamento alle esigenze grafiche e di formato;
– sicurezza e flessibilità di utilizzo;
– interfaccia per l'aggiornamento tramite browser;
– uso di template grafici per mostrare i contenuti;
– gestione di utenze differenziate e di flussi di lavoro;
– ricerca ed integrazione di informazione da diverse fonti;

Fig. 1 – La home page del sito web del progetto GIANO.

– gestione di mailing list e di mail box;
– gestione ed ordinamento di link, news, FAQ, eventi;
– motore di ricerca;
– contenuti grafici personalizzabili.

Come ulteriore applicazione all'archeologia, all'interno del sistema CMS è stato sviluppato un plug-in innovativo per la catalogazione e la gestione di dati multimediali riferiti a mosaici antichi e medievali, incluse le indagini diagnostiche fisiche e chimiche e le informazioni su interventi di restauro, con tecniche di simulazione e modellazione tridimensionale.

2. Il sito web di GIANO

Per facilitare, oltre la consultazione, la gestione e l'aggiornamento del sito si è realizzato un software CMS che si avvale di alcuni moduli già presenti nel CMS *Museo & Web* nato in seno al progetto Minerva del Ministero per i Beni e le Attività Culturali (Fernie, De Francesco, Dawson 2008). I contenuti

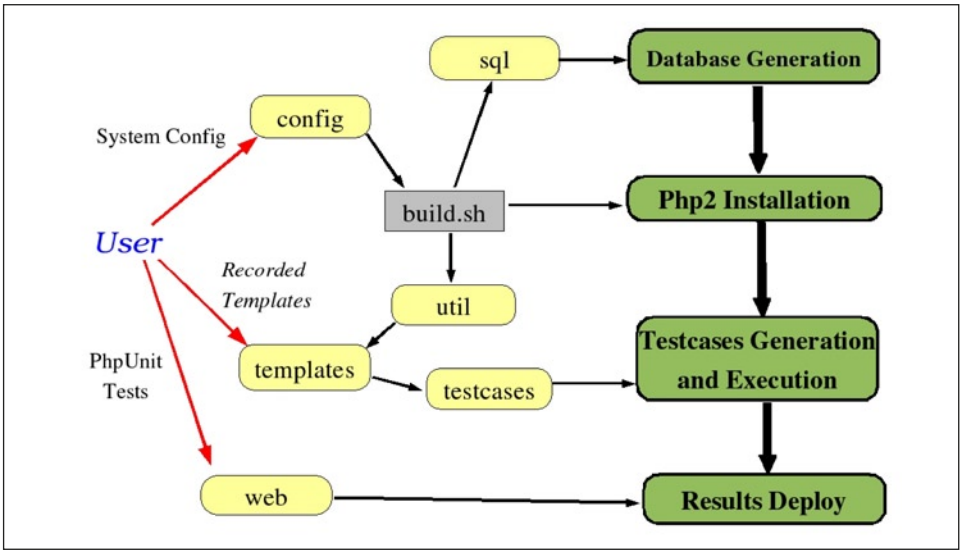


Fig. 2 – Struttura logica del CMS utilizzato.

possono essere creati, pubblicati, modificati, tradotti, archiviati da più utenti contemporaneamente ed in modo indipendente, quindi questo sistema permette la gestione collaborativa di un'architettura di informazioni di semplice organizzazione e di facile fruizione. È così possibile creare un insieme di banche dati che permettono di integrare tutti i risultati ottenuti durante il Progetto GIANO: vale a dire, tecnicamente, l'organizzazione dei contenuti in modo che sia possibile effettuare ricerche, attraverso le funzioni di indicizzazione. Il sito web consente la navigazione attraverso svariati campi di ricerca, dalle metodologie diagnostiche non distruttive per le opere d'arte e per i documenti storici e archivistici agli strumenti informatici innovativi per la documentazione di interventi diagnostici e di restauro su opere d'arte e su manufatti archeologici – inclusi documenti epigrafici e materiali archivistici – e per la conoscenza e la fruizione di essi (si veda lo schema organizzativo del sistema, presentato in Fig. 2).

Le aree interattive del sito web, come ad esempio il forum, la newsletter e la mailing list, permettono di consolidare la rete nazionale ed europea per la ricerca sui beni culturali, l'archivio libero di preprint e articoli pubblicati su riviste cartacee favorisce il dibattito nella comunità scientifica con un accesso aperto agli strumenti dei saperi scientifici. Ad una fase preliminare di "discovery", cioè di "scoperta" della missione del sito, della sua specificità e quindi degli obiettivi che vogliono essere raggiunti e del modo in cui vogliono essere affrontati, seguita da una di "content inventory" con la progettazione,

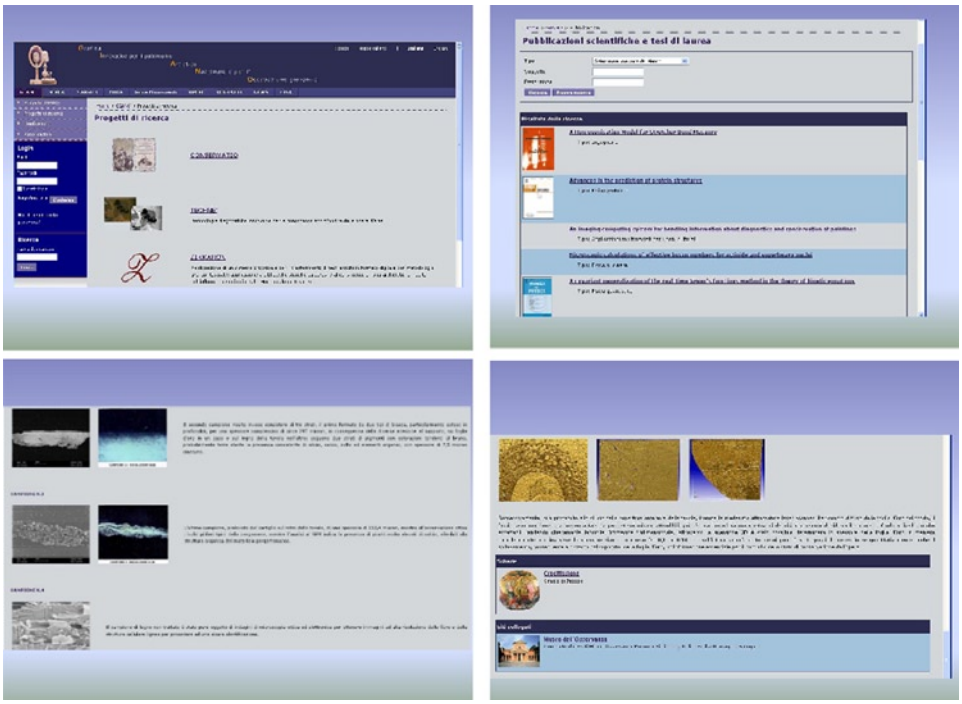


Fig. 3 – Alcune schermate relative ai contenuti del sito web.

lo sviluppo e l'implementazione di una base di dati strutturata in modo tale da consentire la gestione dei dati stessi (l'inserimento, la ricerca, la cancellazione ed il loro aggiornamento), il sito è tutt'oggi un work in progress visitabile all'indirizzo Internet http://www.bologna.enea.it/giano/ (Fig. 3).

Il data base di riferimento contiene le informazioni sui beni culturali catalogati, sulle indagini diagnostiche e sugli interventi di restauro effettuati, sulle pubblicazioni e sulle tesi di laurea svolte; è una struttura aperta, in quanto consente l'inserimento di nuovi dati, alla luce dell'aggiornamento di quelli esistenti e dell'aggiunta di risultati originali sulle tipologie di casi considerati, a seguito di altri progetti e programmi di ricerca.

3. Il museo virtuale dei mosaici

In collaborazione con il consorzio CETMA – Centro di Progettazione, Design & Tecnologie dei Materiali – di Brindisi (Maino *et al.* 2002, 270-274) e con il CIDM – Centro Internazionale di Documentazione sul Mosaico – di Ravenna (Kniffitz *et al.* 2006, 1-8), è stato sviluppato un sistema informatico

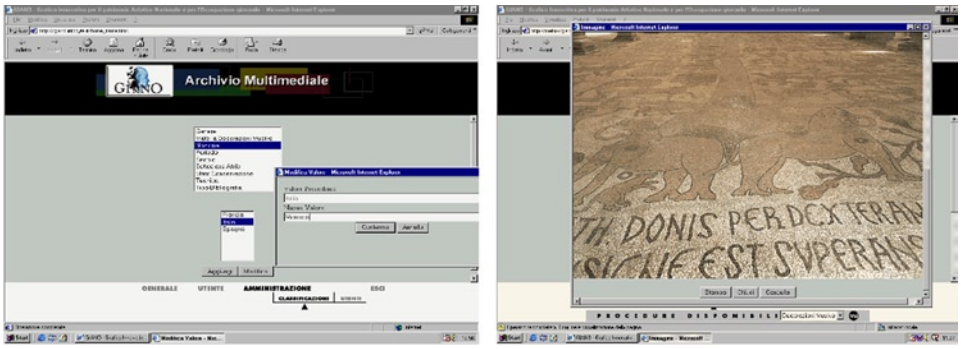


Fig. 4 – Schermate introduttive del 'museo virtuale' del mosaico.

prototipale per lo studio, la gestione e la fruizione di decorazioni musive. Si è così realizzato un museo virtuale tridimensionale dei mosaici parietali del Mediterraneo dal IV al XIV secolo, organizzando un quadro di conoscenze organiche intorno a tali opere e al loro stato di conservazione e mettendo a punto una metodologia analitica per lo studio dei materiali costitutivi del tessuto musivo e delle relative tecniche di esecuzione. Il sistema (hardware e software), implementato presso il CETMA ed in fase di inserimento come plug-in nel sistema CMS illustrato nel paragrafo precedente, permette l'archiviazione multimediale ed ipertestuale di informazioni di tipo storico-critico e tecnico-scientifico sulle opere e sui restauri storici cui sono state sottoposte nel tempo, consentendo all'utente un accesso dal web per l'effettuazione di operazioni di input ed output dei dati, ed offrendo allo stesso tempo i vantaggi consentiti dall'utilizzo di metodologie grafiche innovative come la computer graphics e la simulazione di realtà virtuale. Con la tecnica della risoluzione infinita (infinity reality) è infatti possibile l'analisi visuale dettagliata del mosaico e la correlazione con altri mosaici legati da una relazione storica o creativa.

Il sistema software di animazione tridimensionale e di navigazione virtuale è stato sviluppato sia nella versione su server centrale presso il centro di ricerche CETMA, sia in una versione stand-alone, configurabile a piacere dell'utente in modalità locale, anche su PC, con eventuale connessione al server remoto. Il sistema si compone di due strumenti per l'organizzazione dei dati: un gestore di caricamento di dati collegato ad un database contenente informazioni multimediali sulle opere, ed un programma per la rappresentazione grafica tridimensionale di un contenitore architettonico (museo) navigabile e per la creazione di esposizioni virtuali di mosaici (Maino, Visparelli 2003, 1-6).

Per museo ideale dei mosaici si intende un ambiente tridimensionale nel quale l'utente può navigare in totale immersione con l'ausilio di device esterni, il mouse o il flybox, dispositivi interattivi che permettono di navigare dentro

l'ambiente simulato, che rappresenta una sorta di spazio laboratorio, nel quale si trovano posizionate le decorazioni musive selezionate dall'allestitore.

Una cura particolare è stata dedicata alla presentazione dei dati scientifici che caratterizzano le tematiche del restauro e dello stato di conservazione del mosaico stesso. Ipotesi e raffronti con teorie afferenti allo stesso mosaico potranno essere comparate e valutate visivamente dai ricercatori che a loro volta potranno arricchire il bagaglio informativo dell'archivio multimediale con nuove informazioni o ipotesi ricostruttive. Il mosaico potrà così essere analizzato nei suoi dettagli più minuti, evidenziandone la tecnica di esecuzione, la stratificazione degli interventi di restauro presenti, i dati di analisi della conservazione, etc. La combinazione tra realtà virtuale e multimedialità consente l'operazione di approfondimento conoscitivo sul singolo mosaico (testi, foto, filmati dello stato reale, etc.) e dunque di creare uno strumento di analisi per tutti gli addetti ai lavori, ma anche per coloro che vogliono semplicemente attingere alle informazioni di carattere generale.

Il sistema software così sviluppato permette di generare come prodotto derivato un CD-Rom o un DVD con i contenuti dell'archivio multimediale e con un'alta qualità di visualizzazione delle immagini contenute. Il CD-Rom viene prodotto con tecnica mista e consente di accedere anche al sito web dove l'intero archivio dei mosaici è referenziato al fine di mantenersi aggiornati sulle evoluzioni dell'archivio stesso.

Il sistema si compone di due strumenti per l'organizzazione dei dati: un gestore di caricamento di dati collegato ad un database contenente informazioni multimediali sulle opere, ed un programma per la rappresentazione grafica tridimensionale di un contenitore architettonico (museo) navigabile e per la creazione di esposizioni virtuali di mosaici. Il principio con cui è stato costruito il modello di museo mira ad astrarre l'opera dal suo contesto, non consentendo una riproduzione degli ambienti architettonici in cui essa si inserisce nella realtà. In una fase successiva, ci si propone di ricostruire virtualmente con tecniche di rilievo tridimensionale – laser scanner 3D (Maino 2009) – anche l'ambiente in cui era o è collocata la decorazione musiva.

Il sistema integrato si compone come precedentemente osservato di un'applicazione stand-alone, che comprende una postazione locale ad alta definizione, ed un'applicazione specifica per l'accesso remoto. I due sottosistemi, pur condividendo le stesse funzionalità di base, si differenziano per aspetti legati alle caratteristiche hardware. Tale sistema integrato è stato visto come un efficace mezzo per una fruizione più articolata e, sicuramente, fino ad ora inesplorata per l'opera musiva, categoria di oggetti per i quali l'osservazione e l'analisi nel dettaglio di aspetti materiali e tecnici spesso è impraticabile anche nella visione diretta del manufatto.

In questo modo, il software di GIANO vuole essere uno strumento di archiviazione e rendere possibile il confronto fra opere diverse per

sovrapposizione di singole partizioni. Il sistema rende comunque possibile integrare ricostruzioni parziali di ambienti reali, qualora il bene artistico non si ritenesse estraibile dal suo contesto. Nell'ambiente museo, che l'utente può a sua volta allestire creando una mostra personalizzata, sono messi a disposizione strumenti quali cavalletti, elementi d'arredo, contenuti in una libreria. L'esposizione virtuale creata dall'utente può essere salvata ed utilizzata a scopo dimostrativo o per mostre permanenti.

4. Conclusioni

L'evoluzione dell'informatica sia per la disponibilità di hardware sempre più efficiente sia per lo sviluppo di software modulare ed open source su cui implementare applicazioni dedicate ha messo a disposizione degli studiosi strumenti perfezionati per far conoscere i risultati delle proprie ricerche ad un vasto pubblico, non solo di addetti ai lavori. In questo saggio è stato presentato un esempio specifico di CMS riferito al patrimonio culturale, archivistico-librario, storico-artistico ed archeologico, dove le diverse funzionalità ed esigenze catalografiche e conoscitive sono integrate in un unico sistema informatico di facile consultazione. Attualmente, stiamo lavorando all'implementazione all'interno del software CMS di moduli di simulazione di realtà virtuale e di rappresentazione tridimensionale (Maino 2009), basata su esperienze di rilievo tramite laser scanner e di inserimento e di elaborazione in sistemi informativi geografici – GIS (Maino 2007, 1-72).

Giuseppe Maino, Silvia Massari
ENEA
Facoltà di Conservazione dei Beni Culturali
Università di Bologna, sede di Ravenna

BIBLIOGRAFIA

Biagi Maino D., Maino G. 1999, *The GIANO project: Combining hypermedia and network technologies for applications to the cultural heritage*, in *Proceedings of International Conference on Multimedia Computing and Systems, IEEE Multimedia Systems '99*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, 1102-1105.

Biagi Maino D., Maino G. 2002, *Gli strumenti della memoria: informatica e diagnostica fisica per i beni culturali*, in *Communication: storia e tecnologia della comunicazione*, Ufficio del Presidente del CNR, Roma, 86-93.

Fernie K., De Francesco G., Dawson D. (eds.) 2008, *Technical Guidelines for Digital Cultural Content Creation Programmes – Version 2.0: September 2008*, MINERVA eC Project (http://www.minervaeurope.org/publications/technicalguidelines.htm).

Kniffitz L., Grimaldi E., Ferriani S., Maino G. 2006, *Per una base di dati multimediali in rete dedicata al mosaico*, in *Aiscom – Atti dell'XI Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico*, Tivoli, Edizioni Scripta Manent, 1-8.

Maino G. (ed.) 2007, *Antichi marmi e nuove tecnologie*, Torino, Umberto Allemandi & C., 1-72.

Maino G. 2009, *Advanced techniques for the studies of stones and paintings on walls: State of the art and open problems*, «International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», 38-5/W1.

Maino G., Biagi Maino D., Sanchez Soler J.L., Sottile F., Fanfani D. 2002, *The GIANO project: Multimedia tools for the cultural heritage*, in V. Cappellini, J. Hemsley, G. Stanke (eds.), *Proceedings of EVA 2002*, Bologna, Pitagora Editrice, 270-274.

Maino G., Visparelli D. 2003, *Il museo virtuale dei mosaici*, in *Contesti virtuali e fruizione dei beni culturali*, *Atti del Convegno, Napoli, Certosa e Museo di S. Martino*, CD Rom, 1-6.

ABSTRACT

In this paper we describe the design, implementation and validation of a multimedia open source database for archiving information about diagnostics, conservation and restoration of archaeological documents and artifacts. The software architecture is based on a Content Management System (CMS) and allows the development of a dynamic website. Three main applications have been implemented, all of them characteristic of a wide range of cultural assets, ranging from (i) archival documents to (ii) archaeological and artistic objects, including (iii) diagnostic analyses.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 279-286

VIRO: UN SISTEMA PER LA NAVIGAZIONE ASSISTITA IN AMBIENTI VIRTUALI

1. Introduzione

Nel settore della Realtà Virtuale, ovvero l'insieme di tecnologie atte a presentare modelli tridimensionali e ambienti virtuali in maniera interattiva, la navigazione real-time all'interno di un ambiente ricostruito è sempre stata un elemento chiave, sia per il legame diretto con l'interazione dell'utente, sia per il livello e la qualità di fruizione dei contenuti presenti nella realtà simulata. La necessità di fornire la percezione completa del virtual world da punti di vista arbitrari è fondamentale. In un ambito di laboratorio, si hanno a disposizione interfacce ed equipaggiamenti avanzati di navigazione, mentre nelle applicazioni interattive in ambito virtuale basate ed erogate su web, si incontrano le prime problematiche causate dal limite dei dispositivi convenzionali. Questo tipo di target di utenza infatti utilizza generalmente mouse e tastiera, che sono controller bi-dimensionali, mentre la navigazione nella realtà simulata richiede una manipolazione soddisfacente del punto di vista (POV) con sei gradi di libertà.

In questo contesto sono state studiate ed implementate diverse funzionalità per interfacciare il componente software a dispositivi come mouse, tastiera ed eventuali periferiche avanzate, oltre all'integrazione dello stesso con i comandi nello strato web. Tra le principali cause del disorientamento dell'utente vi sono la scarsa usabilità dell'interfaccia di navigazione e l'assenza di interazione fisica con gli oggetti virtuali. Nell'esplorazione di un ambiente simulato molto esteso, inoltre, emergono altre problematiche relative all'assenza di linee guida nella navigazione (Marsh, Smith 2001) che non permettono una fruizione ottimale dei contenuti. Con queste premesse, nel contesto del progetto Virtual Rome (Pescarin *et al.* 2008) e della esplorazione di paesaggi virtuali spazialmente molto estesi, è stato sviluppato un sistema di navigazione avanzato (ViRo) basato sulla libreria opensource OpenSceneGraph. L'obiettivo è quello di fornire un valido strumento di navigazione che sia altamente configurabile, scalabile ed adattabile a diversi contesti virtuali e realtà simulate.

2. Gestione del moto e problematiche

Il Sistema di navigazione è basato sul Framework opensource OpenSceneGraph, sul quale è anche stato sviluppato il plugin OSG4Web, attualmente utilizzato per il progetto Virtual Rome. Il framework fornisce degli strumenti

standard per la manipolazione del punto di vista abbastanza intuitivi per quanto riguarda l'esplorazione o la comprensione di oggetti tridimensionali singoli o di bassa complessità. Tuttavia l'immersività e la gestione della camera non appaiono più soddisfacenti quando la navigazione avviene su un territorio virtuale molto esteso a livello spaziale e contenente oggetti tridimensionali di natura più complessa, come nel caso di Virtual Rome. Durante lo studio e l'implementazione del sistema, molta attenzione è stata dedicata all'interattività e alla mappatura dei comandi sulla periferica in base anche all'integrazione del componente sul web, relativamente a problematiche di focus del mouse ed altre questioni note (Gude 2006). La navigazione in ViRo è concepita come transizione tra configurazioni di vista: una configurazione di vista è una coppia (Posizione, Orientamento) che può evolversi tramite l'input dell'utente o di un sistema automatico in un'altra configurazione. Nell'attuale implementazione del sistema, orientamento e posizione sono entrambi gestiti principalmente dal mouse: l'orientamento è controllato dalla posizione del cursore relativa al centro del canvas di visualizzazione istanziato nella pagina web, mentre la posizione è gestita dalla mouse-wheel che regola l'accelerazione o la decelerazione del moto lungo la direzione di vista. Nell'ambito della navigazione sul paesaggio antico ricostruito, inoltre, è molto frequente che i contenuti siano localizzati nello spazio virtuale con scale molto piccole in relazione all'intera superficie territoriale. Questo introduce problematiche relative alla scala e alla sensibilità di navigazione, che deve quindi adattarsi alle circostanze.

3. Navigazione assistita e sistemi automatici

In seguito all'introduzione di nuove funzionalità per la manipolazione avanzata del moto e a diverse sessioni di navigazione, è stato necessario aggiungere al componente alcuni moduli di controllo automatici per gestire in maniera ottimale l'esplorazione del paesaggio e fornire all'utente uno strumento soddisfacente per fruire al meglio i contenuti presenti nel virtual world. Il sistema attende ed elabora gli input dell'utente in base ad un insieme di moduli automatici, singolarmente attivabili e configurabili (Fig. 1) in base alle necessità dell'ambiente virtuale e alle capacità tecniche della macchina.

3.1 *Auto-bilanciamento*

Questo modulo permette al sistema di mantenere una configurazione di vista sempre orientata in modo corretto relativamente all'asse zenitale. Durante le transizioni di moto operate dall'utente viene eventualmente corretto e recuperato in maniera morbida il "Roll"[1] e ripristinata una visualizzazione ottimale della camera.

[1] Nel modello di orientamento Yaw-Pitch-Roll.

Fig. 1 – Il Sistema ViRo e i Moduli automatici attivabili.

3.2 *Scala automatica*

Come precedentemente accennato, la navigazione su un territorio virtuale molto esteso a livello spaziale comporta ulteriori problematiche legate alla sensibilità di alcuni parametri relativi alla periferica utilizzata in base alle circostanze. Nell'ambito del progetto Virtual Rome, la natura dei contenuti presenta generalmente un rapporto di scala spaziale tra monumenti ricostruiti (modelli 3D) e territorio dell'ordine di 1:1000. Tramite sessioni di esplorazione è stato quindi sviluppato un modulo che permetta la scala automatica di alcuni parametri in base alla prossimità con superficie, contenuti e modelli tridimensionali (Fig. 2). In questo modo l'esplorazione del paesaggio si adatta alle circostanze spaziali e permette una fruizione più soddisfacente, in particolare durante la navigazione di interni.

3.3 *Modalità Walk, Collisioni e Aggiramento di ostacoli*

Il modulo permette di attivare alcuni effetti fisici come la gravità e l'adattamento alla superficie nell'esplorazione di ambienti interni o superfici (Walk Mode). La simulazione avviene utilizzando alcuni modelli matematici mentre ulteriori algoritmi consentono di adattare l'orientamento della camera in relazione alla superficie virtuale calpestata. Lo scopo di aumentare il realismo e l'immersività dell'utente in un contesto virtuale è inoltre raggiunto tramite la simulazione della collisione con le superfici dei modelli tridimensionali, il che fa-

Fig. 2 – Prossimità con il modello del Ponte Milvio ricostruito (visualizzazione real-time all'interno del plugin OSG4Web).

Fig. 3 – Soglia di Impatto e Soglia di Aggiramento su terreno (A); MultiSampling (B); Navigazione degli interni (C).

cilita la comprensione e la relazione spaziale con il virtual world. La funzionalità permette di definire due soglie: la soglia di impatto e la soglia di aggiramento[2]. La prima identifica la distanza entro la quale viene rilevato l'impatto con la superficie, la seconda permette di usufruire di un algoritmo sviluppato per correggere morbidamente la traiettoria di navigazione ed evitare gli impatti (Fig. 3A). Il sistema utilizza un metodo di multi-sampling con sorgente sul punto di vista utente per raccogliere un certo numero di punti "samplers" pseudo-casuali sulle superfici frontali alla direzione del moto. Le informazioni sulle normali e sulle distanze dalle superfici raccolte permettono – tramite media matematica – di stimare la correzione da applicare al moto del navigatore (Fig. 3B).

[2] Hard Collision e Avoidance Distance.

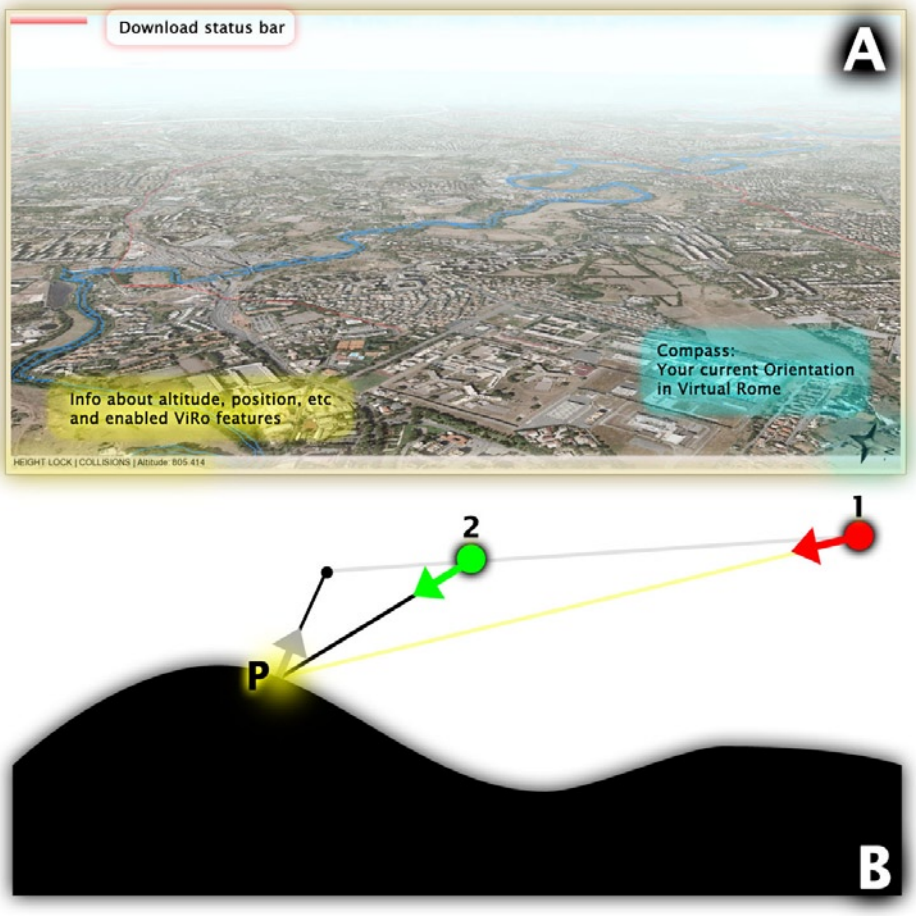


Fig. 4 – HUD di ViRo (A); Picking avanzato sul punto P e transizione dalla configurazione 1 a 2 (B).

Da vari test effettuati in uno scenario complesso come la Villa di Livia ricostruita, l'opportuna configurazione dei parametri rende l'esplorazione degli interni migliore in termini di fruizione degli affreschi e semplicità dei movimenti, in quanto la navigazione risulta incanalata negli spazi utili (Fig. 3C).

3.4 *Interfaccia e Picking avanzato*

Durante la navigazione su un territorio esteso come quello di Virtual Rome, è necessario fornire all'utente un certo insieme di informazioni utili di in-

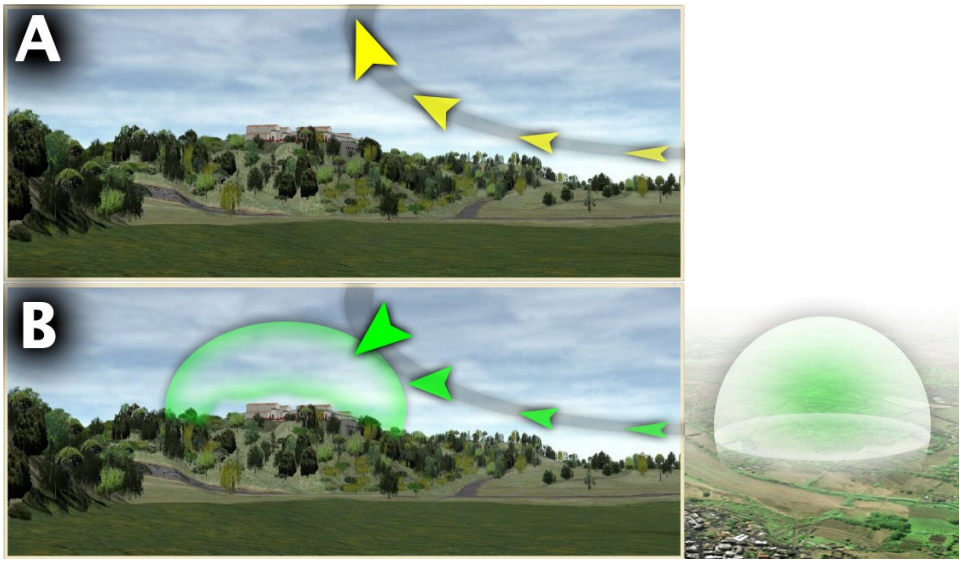


Fig. 5 – Navigazione libera (A); Navigazione assistita con nodi magnetici.

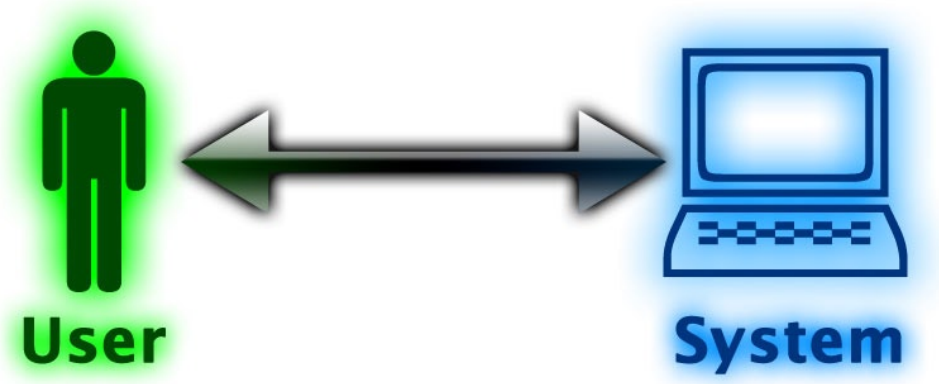


Fig. 6 – Il controllo spazia tra utente e sistema nella navigazione assistita in ViRo.

tegrazione e supporto alla visualizzazione. ViRo fornisce una interfaccia HUD[3] per mostrare dati notevoli in sovrimpressione (moduli automatici attivati, bussola, altezza, velocità del moto, etc.) e, nell'ambito della navigazione via web, una barra progressiva per mostrare lo stato di scaricamento dei dati

[3] Head-Up Display.

(Fig. 4A). La finestra di visualizzazione supporta inoltre un picking avanzato quando l'utente effettua un click su un'area di interesse: l'algoritmo sviluppato provvede, in base alle normali della superficie, a calcolare posizione e orientamento finali ottimali (Fig. 4B). Il metodo utilizzato è scalabile sia per le grandi distanze, sia per l'esplorazione di dettagli architettonici di piccola scala e di superfici interne.

3.5 *Nodi magnetici*

Nella esplorazione di ambienti ricostruiti archeologicamente, in particolare nel campo delle ricostruzioni digitali su larga scala, i contenuti sono spesso geograficamente rarefatti e non immediatamente visibili. L'interfaccia web di Virtual Rome e l'HUD dello stesso ViRo istanziato nel *canvas* di visualizzazione, forniscono all'utente alcune funzionalità come percorsi guidati automatici e Fly-To in punti di interesse. Il modulo sviluppato interviene invece durante una sessione di navigazione libera: permette di definire una rete di nodi immersa nella realtà virtuale in grado eventualmente di influire in modo graduale sulla navigazione dell'utente, attraendo o respingendo in maniera morbida lo stesso in determinate aree configurabili. Nello scenario di un territorio con aree a differenti risoluzioni, ad esempio, il modulo è utilizzabile per impostare nodi respingenti nelle zone a bassa risoluzione impedendo all'utente di raggiungerle, o viceversa, assegnare a determinati punti potere di attrazione in modo da influenzare la camera nel momento in cui l'utente si trovi in prossimità di un contenuto di una certa importanza (Fig. 5). Lo strumento è concepito per diverse applicazioni ed ha lo scopo finale di aumentare la qualità della sessione di esplorazione libera, condizionando il moto ed incrementando la quantità di contenuti notevoli visualizzati nell'arco di tempo di interazione dell'utente. I contenuti possono in questo modo acquisire un ulteriore livello di importanza, guidando ed influenzando la navigazione stessa.

4. Obiettivi raggiunti e sviluppi futuri

Il sistema di navigazione ViRo sviluppato all'interno del progetto Virtual Rome fornisce uno strumento per un'esplorazione avanzata, con la possibilità di attivare alcuni moduli ed adattare il componente a diversi contesti. Il controllo del moto è potenzialmente totale da parte dell'utente (esplorazione completamente libera), oppure totalmente gestito dal sistema (casi limite, percorsi automatici, etc.) oppure sfumato tra i due (Fig. 6). Viene fornito un sistema di navigazione assistita configurabile, particolarmente adatto ad ambiti di ricostruzione archeologica, dove si vuole massimizzare la quantità e la qualità dei contenuti visualizzati da parte dell'utente esploratore e allo stesso tempo fornire uno strumento intuitivo e di facile utilizzo. Tra gli

sviluppi futuri del progetto, si sono considerate integrazioni con periferiche wireless (es. periferiche wii) e l'utilizzo dei nodi magnetici per definire una mappa utilizzabile da agenti automatici virtuali basati su algoritmi di intelligenza artificiale, popolando la realtà simulata.

Bruno Fanini
CNR - ITABC – Roma

BIBLIOGRAFIA

Gude D. 2006, *Navigation preferences and task performance in a web-based virtual environment*, in R.N. Pikaar, E.A.P. Koningsveld, P.J.M. Settels (eds.), *Meeting Diversity in Ergonomics*, Amsterdam, Elsevier.

Marsh T., Smith S.P. 2001, *Guiding user navigation in virtual environments using awareness of virtual off-screen space*, in V. Paelke, S. Volbracht (eds.), *Proceedings of the Workshop on Guiding Users through Interactive Experiences - Usability Centred Design and Evaluation of Virtual 3D Environments*, Aachen, Shaker Verlag, 149-154.

Pescarin S., Calori L., Camporesi C., Di Ioia M., Forte M., Galeazzi F., Imboden S., Moro A., Palombini A., Vassallo V., Vico L. 2008, *Back to 2nd AD. A VR on-line experience with Virtual Rome Project*, in M. Ashley, S. Hermon, A. Proenca, K. Rodriguez-Echavarria (eds.), *VAST 2008. 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, Eurographics Symposium, Proceedings*, Aire-la-Ville, Publ. Eurographics Association, 109-113.

ABSTRACT

Navigation in virtual environments and web-based Virtual Reality applications plays an important role in user interaction, quality and level of content comprehension. ViRo system has been developed as part of the Virtual Rome Project, with focus on usability providing customizable aided navigation, adaptable to various 3D scenarios.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 287-300

UN'ESPERIENZA DI DIDATTICA E LAVORO CON SOFTWARE LIBERO IN AMBIENTE UNIVERSITARIO: IL CASO DI MONTEGROTTO TERME (PADOVA)

Il presente contributo vuole essere semplicemente il racconto di una esperienza di didattica/apprendimento e lavoro con software libero, ancora *in fieri*, i cui risultati si sono dimostrati, al momento, decisamente positivi. Nelle seguenti pagine, ad una introduzione al contesto dello scavo e ai prodromi dell'esperienza, seguirà una descrizione, ovviamente non esaustiva, di come si è svolto il lavoro sul campo e in laboratorio. Molti sono gli studenti e i collaboratori che hanno frequentato lo scavo ed il laboratorio di Montegrotto Terme, ai quali va un sentito ringraziamento per la partecipazione e l'aiuto[1]. Un ringraziamento particolare va a Luca ed Alessandro Bezzi che, con generosa disponibilità, hanno seguito gli studenti in questi anni e che hanno portato con la loro esperienza un contributo fondamentale allo svolgimento dei lavori[2].

1. Introduzione

1.1 *Il territorio di Montegrotto Terme (Padova) e il progetto* Aquae Patavinae

Il territorio a sud-ovest di Padova, corrispondente all'attuale comprensorio delle Terme Euganee e noto in antichità, tra le altre denominazioni, come *Fons Aponi, Aquae Aponi, Aquae Patavinae, Patavinorum Fontes,* fu importante luogo di culto e di cura fin da epoca protostorica e vide una grande fioritura soprattutto in epoca romana e tardo antica. Di questi periodi le sopravvivenze archeologiche, seppur decimate dalla speculazione edilizia alberghiera, e le testimonianze letterarie ci lasciano una descrizione decisamente degna dei centri più prestigiosi dell'antichità (Lazzaro 1981; Calzavara Capuis *et al.* 1983; Zanovello 2001; Zanovello, Basso *et al.*

[1] Un grazie a Giovanni Gallucci, Giorgia Cesaro, Valeria Grazioli, Alice Baruffato, Marta Dal Corso, Damiano Dermati e a tutti gli altri studenti che si sono alternati in modo saltuario nelle attività del laboratorio grafico.

[2] Si desidera rivolgere, infine, un sincero ringraziamento anche ai coordinatori del progetto *Aquae Patavinae* (prof.ssa P. Zanovello – Università di Padova, prof.ssa P. Basso – Università di Verona, dott.ssa S. Bonomi – Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto) per avere appoggiato e favorito l'esperienza; ai responsabili scientifici e di scavo (prof. G.P. Brogiolo, prof. G. Leonardi, dott.ssa M. Bressan e dott. P. Forlin – Università di Padova) per la disponibilità e la collaborazione costante sullo scavo di via Neroniana.

Fig. 1 – Il territorio di Montegrotto Terme e lo scavo di via Neroniana.

2004a, 15-23). Di tale ambito territoriale fa parte Montegrotto Terme, che, grazie ad una collaborazione nata tra Comune, Regione del Veneto, Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto, Università degli Studi di Padova e Università degli Studi di Verona, è divenuto oggetto di un progetto di tutela e valorizzazione del patrimonio archeologico. Fin dal 2001, da parte del Dipartimento di Archeologia dell'Università di Padova, sono stati avviati piccoli saggi di scavo di un notevole complesso romano, ubicato in via Neroniana. Dal 2006, con la nascita del progetto *Aquae Patavinae*, è stato possibile dare inizio a una serie di campagne di scavo estensivo sempre presso il medesimo sito e ad un articolato studio e lavoro di valorizzazione del territorio (Zanovello, Basso *et al.* 2006, 33-34). In tale contesto rientrano dunque gli scavi in via Neroniana (Fig. 1), presso i quali si è svolta l'attività qui di seguito descritta. Per un approfondimento del Web-GIS territoriale e di scavo, ancora in corso di elaborazione, che costituisce il contenitore dei dati e il mezzo di consultazione condiviso tra i partecipanti alle attività, ma diretto anche al pubblico in un prossimo futuro, rimando ad altra sede (Grossi, Pirotti 2009; Grossi, Pirotti c.s.).

1.2 *Il sito e lo scavo di via Neroniana*

Il fondo denominato oggi proprietà ex-Piacentini, in via Neroniana, conosciuto come luogo di rinvenimenti fin dal XVIII secolo e ubicato a ridosso dell'Hotel Terme Neroniane, fu indagato con saggi di scavo da parte della Soprintendenza Archeologica del Veneto già nel 1989-92, che nell'occasione

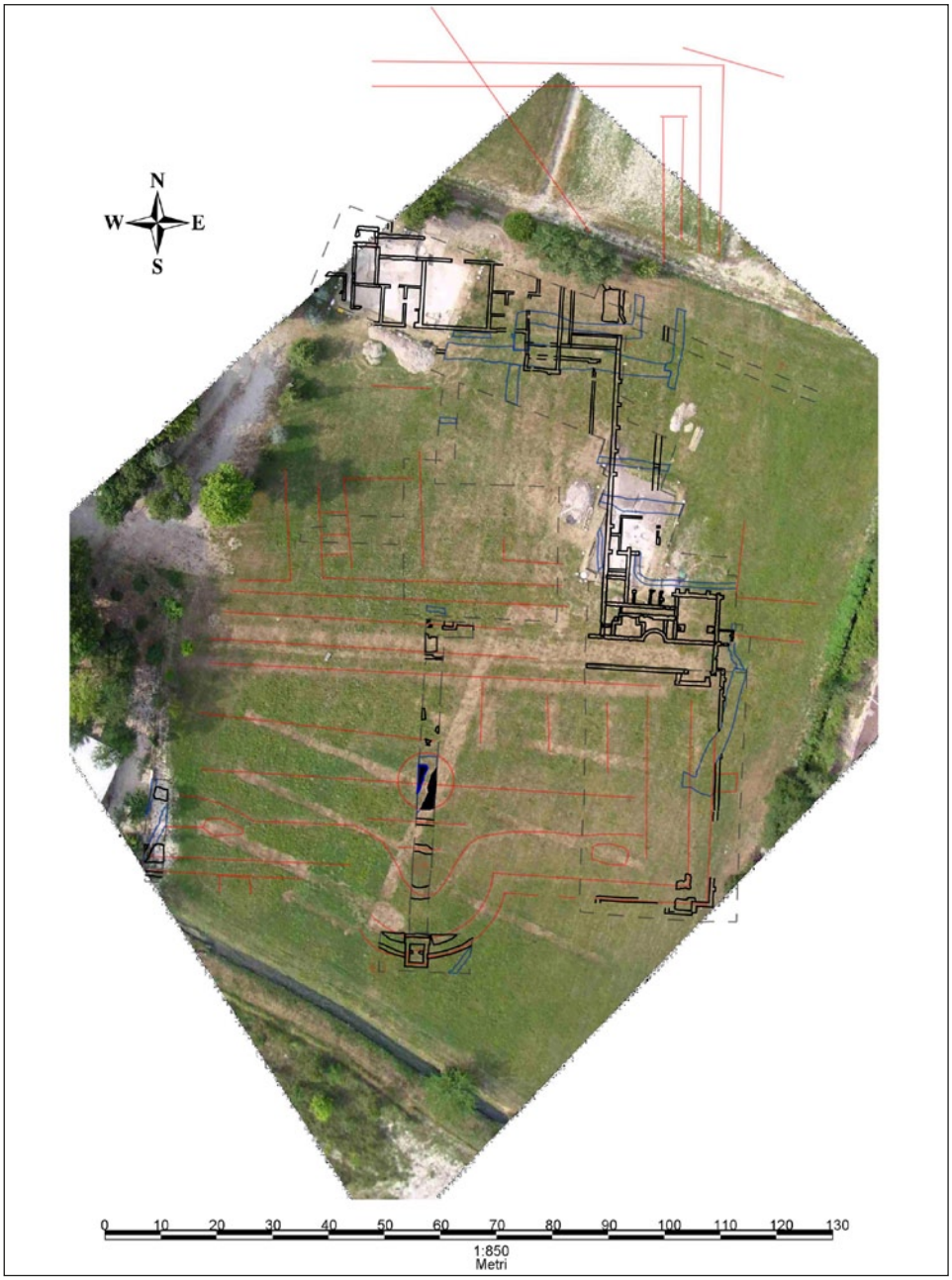


Fig. 2 – Pianta generale.

avviò l'acquisto della proprietà da parte dello Stato (Zanovello, Basso *et al.* 2004a, 25-28). Gli scavi portarono alla luce alcuni vani di un grande complesso romano che appariva esteso sull'intera superficie del terreno oggetto di indagine. Su una parte del complesso, datato tra la fine del I sec. a.C. e il II d.C., gli scavi individuarono una insistenza tardo antica di una area artigianale (Zanovello, Basso *et al.* 2004a, 35-59).

Dal 2001 gli scavi iniziati in concessione da parte dell'Università di Padova hanno progressivamente portato alla luce nuovi ambienti del complesso romano. L'impiego di prospezioni geomagnetiche in parallelo agli scavi ha consentito di individuare i limiti del complesso sul lato nord, nelle proprietà attigue, e di definire la sua estensione, seppure non in modo esaustivo, data l'impossibilità di indagare il settore ovest, intaccato da un canale moderno e dalla piantumazione di un attiguo giardino.

Le varie campagne di scavo hanno inoltre permesso di individuare tra le principali fasi: l'impiego di una parte dell'area come necropoli tra il IV e V sec. d.C., come area abitativa tra il IV-VI sec. e nuovamente, dopo una fase agricola, nel IX-XI (Zanovello, Basso *et al.* 2005; Zanovello, Basso *et al.* 2007). Successivamente, l'area assunse destinazione agricola fino ad epoca contemporanea (Fig. 2).

1.3 *Dal software proprietario al software libero: i motivi e i mezzi della migrazione nello scavo di via Neroniana*

Lo scavo di via Neroniana si estende su un'area di circa 1500 mq, indagata tramite vari saggi aperti nel corso delle varie campagne di scavo. L'aumentare della superficie scavata e della documentazione prodotta di anno in anno, soprattutto nel corso delle ultime estensive campagne, ha condotto da un lato alla necessità di utilizzare programmi e formati che fossero facilmente accessibili ai molti responsabili e studenti coinvolti, dall'altro all'esigenza di organizzare i dati in una struttura coerente e fruibile.

È così stata avviata a partire dal 2005 una migrazione dai formati e software proprietari utilizzati inizialmente per la gestione dello scavo a formati aperti e software liberi. L'utilizzo di software proprietari, infatti, seppure consentisse all'Università di usufruire di licenze studio a basso costo, rendeva problematica l'installazione di tali licenze, di proprietà dell'Università, sui pc personali dei numerosi studenti e collaboratori che si alternavano in laboratorio e che spesso necessitavano di poter consultare o elaborare i dati anche in luoghi diversi dal laboratorio stesso. L'utilizzo dunque di un numero di licenze limitato rendeva difficoltoso il lavoro simultaneo di più persone, ma in particolar modo rendeva difficoltosa la consultazione dei dati al di fuori del laboratorio. Inoltre il costo legato ad ogni singola licenza, seppure nella economicità della versione didattica, costituiva alla fine una spesa di rilievo, se considerato come costo di un gruppo di licenze.

Si è pertanto optato per software liberi, che, al di là della connotazione etica di condivisione del sapere, consentono la praticità di poter installare il medesimo programma su più macchine permettendo a più persone di lavorare contemporaneamente e soprattutto di lavorare anche in un ambito non vincolato al laboratorio.

La migrazione è tuttora in corso, a causa principalmente della mole di dati pregressi che ancora non sono stati completamente rielaborati e riorganizzati e a causa della difficoltà di ottenere un sistema di lavoro condiviso da parte di studenti e responsabili che sia contemporaneamente semplice e sicuro, ma già nel 2007 si è giunti ad organizzare un piccolo laboratorio informatico, dove gli studenti hanno potuto utilizzare contemporaneamente tramite una piccola LAN i dati condivisi e impiegare anche i propri computer personali per le rielaborazioni, grazie alla libertà di installazione dei programmi adottati. Da un sistema di rielaborazione dei rilievi CAD si è passati a un sistema di rielaborazione e gestione GIS in abbinamento a programmi di ortorettifica, di grafica raster e vettoriale. Nella riorganizzazione dei dati si è tenuto conto in primo luogo della necessità di semplificare la gestione delle centinaia di file che costituiscono la documentazione grafica dello scavo, in secondo luogo della necessità di condividere e consultare i dati in rete e quindi di creare una struttura il più possibile adeguata ad una sua consultazione in multi-utenza e a un suo facile trasferimento su web. A tal scopo, contemporaneamente alla riorganizzazione sopra esposta, è stata avviata la realizzazione di un web-GIS dello scavo, ancora in fase di sviluppo, atto a consentire la raccolta, consultazione, interrogazione di tutti i dati di scavo, dai rilievi, alle riprese fotografiche, alle relazioni, alle schede. Il sistema di schedatura US è già stato oggetto di una migrazione da un primo sistema di schedatura, gestito tramite FileMaker, a un sistema di schedatura su postgreSQL-php, utilizzato già dal 2007. Il lavoro sta ora proseguendo sulla integrazione tra le schede US, i rilievi e gli altri dati di scavo e su una loro organizzazione, consultazione, interrogazione (per approfondimenti: Grossi, Pirotti 2009).

P.G.

1.4 *La didattica e il lavoro con software libero: il rilievo dello scavo di via Neroniana*

Una volta avviata la migrazione verso il software libero, le ultime due campagne di scavo hanno optato incondizionatamente per un approccio didattico legato all'utilizzo di software libero per la gestione del rilievo. Le dimensioni via via sempre maggiori dell'area di scavo, la conseguente grande quantità di dati prodotti e nel contempo la necessità di mantenere il carattere didattico dello scavo stesso hanno richiesto la presenza di un gruppo di lavoro dedito a "apprendimento, gestione e verifica delle conoscenze". Ci si è trovati nella situazione idonea per poter pensare ad un percorso formativo in

cui uno o più referenti-archeologi fossero affiancati per tutta la durata della campagna da 4-6 studenti.

Dopo un primo, limitato approccio sperimentale nel corso della campagna di scavo 2007, si è proceduto con una decisa esperienza di didattica e lavoro con software libero nella campagna 2008, le cui caratteristiche fondamentali sono state: l'apprendimento ed utilizzo di uno o più software, l'apprendimento ed esecuzione di tutte le fasi del rilievo, l'utilizzo di un sistema di insegnamento/apprendimento "aperto" e inteso come "condivisione della conoscenza".

Ciò è stato condizionato dai differenti tempi di permanenza in laboratorio degli allievi durante i tre turni predisposti e, ovviamente, dalle esigenze specifiche dello scavo stesso. Chi si è fermato per 2-3 settimane ha potuto iniziare a conoscere ed utilizzare un programma di relativamente facile utilizzo come Open-Jump (digitalizzazione e gestione di file in ambiente GIS); coloro che si sono fermati per 3-5 settimane hanno potuto conoscere e utilizzare i software Grass, E-foto e Gimp (creazione di fotopiani), nonché la stazione-totale; oltre le 5 settimane l'esperienza di didattica ha potuto concentrarsi sulla produzione di tavole e piante (tramite gvSIG e/o Inkscape).

Di seguito si presentano con maggior dettaglio le fasi di apprendimento e lavoro seguite sullo scavo: il lavoro sul campo; il trasferimento dei dati e la realizzazione di fotomosaici; la produzione delle piante.

P.G., A.A.

2. Prima fase didattica: il lavoro sul campo

2.1 *Montaggio e posizionamento della stazione totale*

Per quanto riguarda la registrazione dei dati sul campo, ci si è serviti di una stazione totale Trimble Geodimeter 3600, che è stata triangolata quotidianamente sui capisaldi della rete di inquadramento. Per prima cosa si è insegnato il montaggio sul treppiede e la messa in sicurezza della stazione, le funzioni principali del tastierino, i movimenti che si possono far effettuare alla stazione attraverso leve e manopole. Successivamente si è proceduto alla creazione della stazione (triangolazione), con la spiegazione delle principali basi teoriche e geometriche di funzionamento della stessa, che rappresentano il primo e fondamentale tassello della conoscenza delle procedure di rilievo sul campo con strumentazione elettronica.

2.2 *Creazione di griglie e delimitazione dei saggi di scavo*

Si è proceduto inizialmente a posizionare i limiti delle nuove aree di scavo in parte attraverso il trasferimento di coordinate note da computer a stazione, in parte tramite l'ancoraggio a limiti già esistenti sul campo.

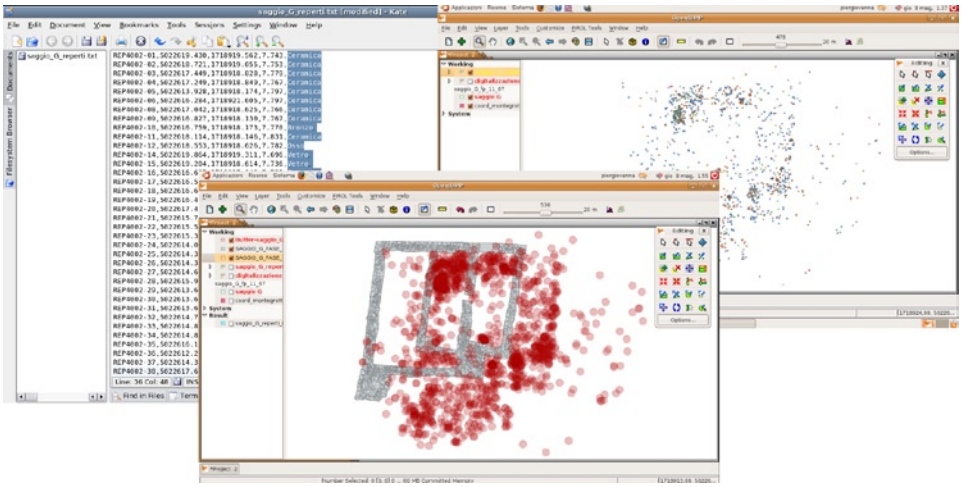


Fig. 3 – Elaborazione ed editazione di file di testo, punti reperto, mappe tematiche, mappe distribuzione.

In uno dei saggi di scavo si è provveduto alla costruzione di una griglia di 10×10 m, con larghezza di ciascuna maglia pari a due metri, per il campionamento botanico, tramite lo specifico programma della stazione.

2.3 *Registrazione dei punti*

Le problematiche dello scavo di Montegrotto Terme, la quantità e la tipologia di dati (punti reperto, con differenziazioni tra i vari materiali, punti quota, marche di fotopiani, limiti di US, di strutture, di saggi e di scavo, quadrettature per campionamenti, etc.) che si è proceduto a registrare hanno implicato la creazione di una nomenclatura che consentisse un facile smistamento dei dati, al momento della elaborazione al computer. In particolare attraverso il nome ed il Pcode di un punto si riconoscevano: tipologia della registrazione, saggio ed unità stratigrafica di appartenenza e, nel caso di punti reperto, tipologia di materiale. Dal punto di vista della didattica si è quindi proceduto all'insegnamento di tale nomenclatura e successivamente alla registrazione vera e propria del punto con la stazione totale. I punti registrati venivano poi anche annotati in un elenco cartaceo, che consentiva sul campo un controllo ulteriore e immediato. Si è cercato di rendere quanto più autonomi possibile gli studenti, insegnando loro l'utilizzo dei menu della stazione, che rappresenta la parte più complessa di gestione dello strumento (Fig. 3).

S.D.

3. Seconda fase didattica: trasferimento dati e realizzazione fotomosaici

Momenti particolarmente significativi nella parte didattica si sono rivelati il salvataggio e la conseguente elaborazione dei dati acquisiti sul campo. Le molteplici operazioni da eseguire sono risultate agli studenti a volte semplici, a volte decisamente complesse, a seconda del loro grado di preparazione, informatica e/o relativa al rilievo di scavo.

Per quel che riguarda il trasferimento dei dati dalla stazione totale è stato utilizzato il software Geotool[3]. Da parte degli studenti non ci sono stati particolari problemi nell'apprendimento dei procedimenti necessari per il salvataggio dei dati "grezzi" (che contengono coordinate di punti quota, punti reperto, limiti, etc.), da elaborare successivamente.

La maggior parte dei dati presi a stazione erano costituiti, come già detto, da punti reperto, punti quota e punti riguardanti le marche che costituivano i vertici delle singole foto necessarie alla realizzazione dei fotomosaici georeferenziati.

In questo caso, in seguito al trasferimento delle fotografie dagli apparati fotografici al pc, che non ha comportato particolari difficoltà grazie alla tecnologia ormai a portata di tutti, si è proceduto alla elaborazione delle immagini in funzione della creazione dei fotomosaici.

Per realizzare i fotomosaici è stato utilizzato il metodo ideato dall'Arc Team e denominato "Aramus" (il sito armeno scavato dall'Università di Innsbruck ed in cui gli ideatori di ArcheOs hanno potuto sperimentare con ottimi risultati tale procedimento) che si serve di quattro software: Kate, Grass, E-foto e Gimp.

Non ci soffermeremo sul procedimento (per il quale si rimanda all'ottimo tutorial presso il sito: http://wiki.uibk.ac.at/confluence/display/excavationtutor/creazione_fotomosaici/), ma piuttosto sul metodo d'insegnamento applicato e sulle problematiche emerse.

Prima di passare all'utilizzo dei software sopra citati, si è proposta agli studenti un'introduzione alla georeferenziazione, al GIS, alle rielaborazioni grafiche sia raster che vettoriali, non essendo previsti, nei corsi di Laurea in Archeologia di Padova, cicli di lezioni o seminari atti all'insegnamento di tali materie. La breve introduzione (che per chi era alle prime armi poteva risultare di non immediata comprensione) ha potuto trovare subito applicazione nell'utilizzo immediato dei software e nella gestione dei dati di scavo, consentendo così un ottimo abbinamento teoria-pratica.

[3] Per il trasferimento dei dati è stato utilizzato l'applicativo Geotool, attualmente non disponibile per il sistema operativo Linux e pertanto utilizzato su un pc con sistema operativo Windows, dove venivano scaricati i dati di giorno in giorno. È attualmente in corso di sviluppo il progetto Total Open Station (http://tops.berlios.de/), una applicazione open source per lo scarico dati da stazione a pc. Non è ancora implementata e testata l'interfaccia di utilizzo con stazione Trimble/Geodimeter.

Fig. 4 – Fotomosaico dal Saggio Ex SAV 90-92.

Il primo passo nella realizzazione dei fotomosaici è costituito dalla elaborazione dei punti tramite un editor di testo, nella fattispecie Kate o Notepad++, che non ha causato particolari problemi.

Problemi sono invece emersi con l'utilizzo di Grass. Le operazioni sono alquanto semplici da ricordare ma il rischio è di impararle meccanicamente, senza comprenderne il senso logico. Sicché molto tempo è stato dedicato proprio alla spiegazione dei diversi passaggi, soffermandosi a volte sulla terminologia specifica (ad esempio definizione di dato vettoriale e dato raster) o approfondendo i vari tipi di procedura (ad esempio quella impiegata per la realizzazione di un fotomosaico di una sezione/prospetto).

Punto successivo è l'utilizzo di Gimp per approntare un modello in cui siano presenti i punti numerati delle marche, perfettamente georeferenziati, e con la risoluzione adottata per il fotomosaico finale. Anche in questo caso molto è dipeso dalla preparazione base degli studenti ed in particolare l'aver già utilizzato software grafico (open source o proprietario). Le operazioni da compiere sono particolarmente semplici ed intuitive ed il passaggio è decisamente rapido.

La successiva rettifica delle fotografie, eseguita tramite E-foto, ha presentato un'unica difficoltà, se di difficoltà si può parlare, dipendente dall'at-

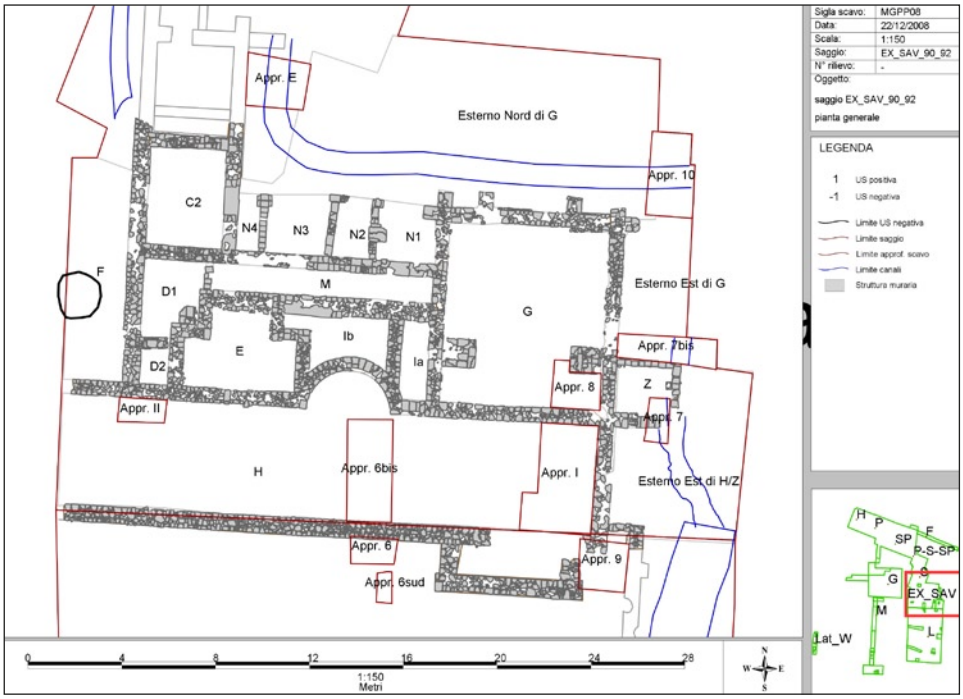


Fig. 5 – Pianta Saggio Ex-SAV.

tuale mancanza dall'interfaccia grafico di una adeguata finestra-navigatore che renda più agevole l'individuazione dei punti (marche) necessari per il raddrizzamento.

Dopo aver rettificato i singoli fotogrammi che costituiranno il fotomosaico, si ritorna a Gimp per il montaggio finale. Il metodo è molto semplice, intuitivo e consente di ottenere dei risultati eccellenti. Tuttavia in alcuni casi in cui il numero dei file da mosaicare è elevato così come la loro dimensione, si possono incontrare con hardware non di ultima generazione problemi di rallentamento e crash (Fig. 4).

S.P.

4. Terza fase: produzione delle piante

Durante le indagini archeologiche, l'esigenza di poter disporre in breve tempo di piante di saggio sempre aggiornate e dotate di specifici elementi di descrizione grafica ha richiesto il contemporaneo e quotidiano utilizzo di più postazioni fisse e mobili da parte di un referente archeologo, con il sostegno

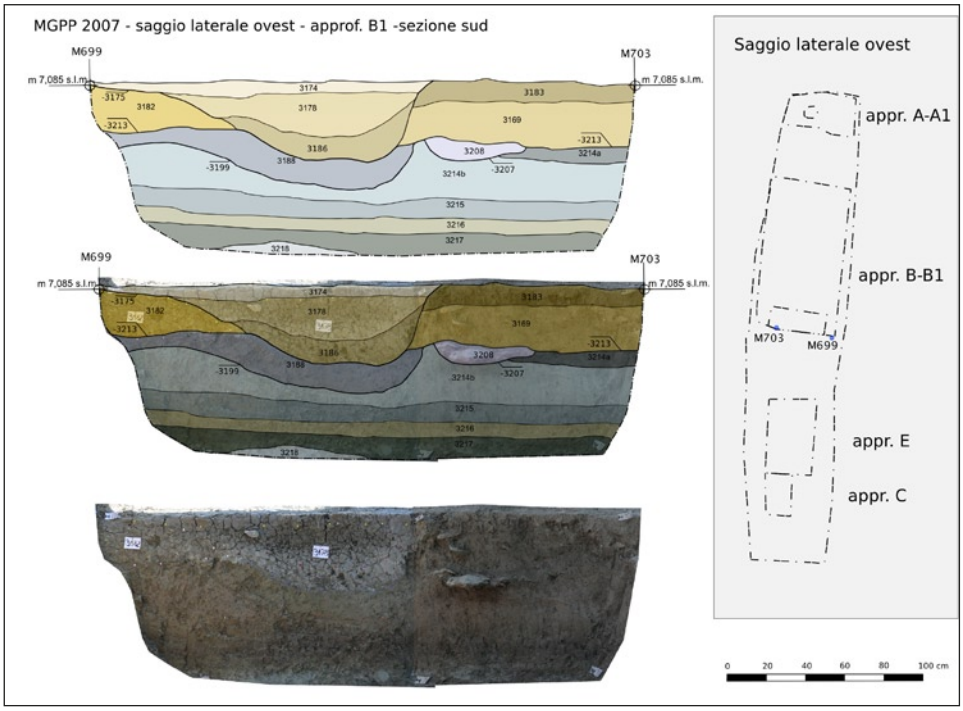


Fig. 6 – Sezione dal Saggio Lat W. Elaborazione per pubblicazione.

di uno o due operatori allievi. Dunque, con tutti gli allievi, e specialmente con coloro che hanno prestato il loro aiuto per un solo turno di scavo (3 settimane), si è avviato l'esperimento di didattica a partire dallo studio ed applicazione del software Open-Jump, con ottimi risultati anche grazie ad un'interfaccia decisamente friendly. Qualche inconveniente di tipo tecnico, pur non grave, è stato notato soprattutto nella gestione della funzione di "snap", non perfettamente funzionante sia su sistemi operativi Macintosh sia su Windows Vista ed XP (prevalenti tra gli allievi). Ciò ha provocato inevitabili rallentamenti, dovendo lavorare a scala più grande per ottenere dettagli di caratterizzazione di livello soddisfacente. I buoni risultati ottenuti nel corso della prima settimana, controllati anche dai responsabili di cantiere, hanno permesso ai responsabili di laboratorio di sganciarsi gradualmente dall'insegnamento per potersi dedicare anche alla produzione massiva delle piante di scavo, disponibili per ognuno dei numerosissimi fotomosaici elaborati (in totale, solo per la campagna 2008, 150).

Per quanto riguarda le piante finali, la decisione di servirsi del software GV-Sig ha creato alcune difficoltà, ancora non del tutto superate in vista della campagna di scavo 2009, in particolare per la frequenza degli episodi di "crash", che hanno costretto l'équipe del laboratorio di rilievo a rallentare e procrastinare la produzione delle piante, sulle quali si sta ancora lavorando. Alcune delle piante prodotte, specialmente in vista della loro presentazione ufficiale in pubblicazioni e convegni di settore, sono state rielaborate, integrate e perfezionate con l'utilizzo del software di grafica vettoriale Inkscape; dunque, nonostante le difficoltà incontrate, alcune delle piante presentate a fine lavori ed elaborate sia dai responsabili che dagli allievi sono di ottimo livello e in linea sia con le molteplici e complesse esigenze della disciplina archeologica sia con le esigenze di studio, presentazione, pubblicazione in occasioni ufficiali di settore (Fig. 5).

A.A.

5. Considerazioni conclusive

Le attività sopra descritte sono state costantemente facilitate dalla presenza ed utilizzo di una piccola LAN di cui facevano parte 3 postazioni fisse (sistemi operativi: Windows e Linux Ubuntu/ArcheOS), con possibilità di connessione di altri 5 pc. Gli studenti-allievi, quasi tutti in possesso di laptop personale, hanno potuto costantemente accedere alla LAN e scaricare i programmi e i dati necessari, in modo da poter lavorare sia presso lo scavo, sia a casa per l'approfondimento di tematiche particolari. Particolarmente utile e proficuo si è rivelato il sistema della didattica "aperta": una volta acquisite le competenze necessarie, gli studenti esperti diventavano a loro volta docenti dei colleghi dei nuovi turni. Alla fine del periodo di scavo, quindi, gli studenti non solo avevano acquisito competenze professionali, ma avevano anche partecipato al processo di divulgazione della conoscenza.

I risultati, nel loro complesso, sembrano piuttosto positivi, soprattutto per l'interesse creato nei confronti del software libero attraverso un'esperienza condivisa e a costo-zero per gli studenti; particolarmente accattivante risulta la prospettiva di poter creare un circolo virtuoso d'informazione/formazione, che non si ferma al rapporto docente-allievo; questo circolo andrebbe ovviamente a favore sia di un aumento del personale "esperto" sia di un deciso taglio dei costi di licenze, permettendo a strutture come i dipartimenti universitari di investire al meglio in risorse umane, risorse hardware o anche in sviluppo e personalizzazione software.

Piergiovanna Grossi
Università degli Studi di Verona
Alessandro Asta, Simone Deola, Simone Pedron
Università degli Studi di Padova

BIBLIOGRAFIA

Bonomi S., Baggio E., Redditi S. 1997, *Le scoperte e gli scavi*, in S. Bonomi (ed.), *Delle Antiche Terme di Montegrotto. Sintesi archeologica di un territorio*, Montegrotto Terme (Padova), 21-43.

Calzavara Capuis L. *et al.* 1983, *Per una storia di Abano Terme. Parte Prima. Dall'età preromana al Medioevo*, Abano Terme (Padova), Francisci ed.

Carta Archeologica del Veneto 1992, a cura di L. Capuis, G. Leonardi, S. Pesavento Mattioli, G. Rosada, Modena, vol. III.

Dämmer H.W. 2002, *Il santuario lacustre di San Pietro Montagnon: quesiti irrisolti*, in A. Ruta Serafini (ed.), *Este preromana: una città e i suoi santuari*, Treviso, 299-305.

Grossi P., Pirotti F. 2009, *GFOSS ed archeologia: l'esempio del Web GIS territoriale e di scavo di Montegrotto Terme (Padova)*, in *Atti del IX Meeting degli Utenti Italiani di GRASS – GFOSS, DICA – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (Università di Perugia, 20-23 Febbraio 2008)*, Perugia, Centro Stampa Xerox del Consiglio Regionale della Regione Umbria, 113-122.

Grossi P., Pirotti F. c.s., *Il Web GIS territoriale e di scavo di Montegrotto Terme (Padova)*, in *Atti del 3° Workshop Open Source, Free Software and Open Format nei processi di ricerca archeologica, Dipartimento di Archeologia e Dipartimento di Scienze Statistiche, (Padova, 8-9 Maggio 2008)*, in corso di stampa.

Lazzaro L. 1981, Fons Aponi. *Abano e Montegrotto nell'Antichità*, Abano Terme (Padova), Francisci Editori.

Pirotti F., Pontin M. 2004, *Integrazione programmi open-source per applicazioni Web-GIS*, in *Geomatica: standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie*, in *Atti 8ª Conferenza nazionale ASITA (Roma, 14-17 dicembre 2004)*, Varese, Artestampa.

Tosi G. 2004, *Il complesso termale e teatrale delle* Patavinorum Aquae Calidae *nella tradizione letteraria antica e nelle testimonianze archeologiche*, in M. Fano Santi (ed.), *Studi di archeologia in onore di Gustavo Traversari*, Roma, G. Bretschneider, II, 871-894.

Zanovello P. 2001, *Da* Patavinorum Aquae *a Terme Euganee*, in G. Baldissin Molli (ed.), *Padova. Città di pietre e acque*, Padova, Cittadella, 50-54.

Zanovello P. 2005, *Le prime tappe della storia: tra Euganei, Veneti e Romani*, in F. Selmin (ed.), *I Colli Euganei*, Sommacampagna (VR), Cierre Edizioni, 87-116.

Zanovello P., Basso P. 2002, *Montegrotto Terme: relazione preliminare sul progetto di ricerche archeologiche nell'area ex Piacentini in via Neroniana*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 18, 31-35.

Zanovello P., Basso P. 2003, *Montegrotto Terme, via Neroniana. Indagine archeologica 2002*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 19, 31-39.

Zanovello P., Basso P. 2004a, *Montegrotto Terme, via Neroniana. Gli scavi 1989-92*, Antenor – Scavi, I, Padova, Il Poligrafo.

Zanovello P., Basso P. 2004b, *Montegrotto Terme, via Neroniana. Indagine archeologica 2003*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 20, 15-24.

Zanovello P., Basso P. 2005, *Montegrotto Terme, via Neroniana. Indagine archeologica 2004 e prospettive di intervento futuro*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 21, 37-47.

Zanovello P., Basso P. 2006, *Montegrotto Terme. Il Progetto "Aquae Patavinae"*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 22, 33-42.

Zanovello P., Basso P. 2007, *Montegrotto Terme 2006, via Neroniana. Indagine archeologica 2006*, «Quaderni di Archeologia del Veneto», 23, 19-28.

SITI WEB

Archeos, The first GNU/Linux distribution for archaeology, version 2.0.0, 2008, http://www.arc-team.com/wiki/doku.php.

E-foto, A free GNU/GPL educational digital photogrammetric workstation, version 0.0.8, 2007, http://www.efoto.eng.uerj.br/.

GIMP, The GIMP Team, GNU Image Manipulation Program, version 2.6.6, 2009, http://www.gimp.org/.

GRASS Development Team, Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 6.3.0, 2008, http://grass.osgeo.org/.

gvSIG, Generalitat Valenciana, Conselleria d'Infraestructures i Transport, version 1.1.2, http://www.gvsig.gva.es/.

Kate, the Kate development team, Version 3.2, 2006, http://kate-editor.org/.

Inkscape, Open Source, scalable, vector, graphics, editor, version 0.46, 2008, http://www.inkscape.org/.

Notepad++, versione 5.3.1, http://notepad-plus.sourceforge.net/.

OpenJUMP, The free, Java-based and open source Geographic Information System for the World, version1.2 (F), 2008, http://openjump.org/.

PhP, The PhP group, PhP: Hypertext Preprocessor (PhP) Software, Version 5.2.8, 2008, http://www.php.net/.

PostgreSQL Global Development Group, PostgreSQL Software, Version 8.3.5, 2008, http://www.postgresql.org/.

Total Open Station, versione sperimentale, 2008-2009, http://tops.berlios.de/.

ABSTRACT

A new didactic approach in open-source software was applied during the latest archaeological excavations managed by the University of Padua at the site of Montegrotto Terme (Padova). A team of archaeologists and students conducted the surveying activities and obtained good results.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 301-308

CLOUD MANAGER V1.0: UN'APPLICAZIONE OPEN SOURCE PER LA GESTIONE DELLE NUVOLE DI PUNTI

1. Introduzione

L'idea di realizzare un applicativo come Cloud Manager è scaturita dalla volontà di offrire agli operatori che lavorano nel settore dell'editing avanzato dei modelli 3D virtuali uno strumento semplice che tramite una procedura step-by-step quasi esclusivamente manuale permettesse di effettuare delle operazioni atomiche su nuvole di punti con o senza informazione RGB per supportare la spesso difficile fase dell'unione del modello finale. Molti software commerciali infatti nella fase di unione finale utilizzano degli algoritmi semiautomatici che sfuggono ad un controllo puntuale da parte dell'utente, operando anche delle vaste fasi di pre-processing nelle quali le nuvole parziali sono sottoposte a semplificazione – o "decimazione" – a ricostruzione tramite sovrapposizione delle porzioni comuni delle singole nuvole, o ad altri processi allo scopo di ottimizzare e preparare i dati per l'elaborazione di unificazione vera e propria – "registrazione". Queste fasi di pre-processo finiscono quindi con il modificare in modo sostanziale i dati di input originali, introducendo possibili errori e/o alterazioni dei dati stessi che spesso sfuggono ad una misura scientifica, poiché non si conosce nel dettaglio la tipologia degli algoritmi applicati essendo spesso non dichiarati.

Introducendo un software capace di eseguire operazioni atomiche di traslazione e rotazione delle nuvole, tramite semplici trasformazioni lineari e trigonometriche, non solo si riducono gli errori e le alterazioni dei dati iniziali, permettendone una valutazione scientifica, ma si può anche verificare che il complesso degli strumenti hardware e software utilizzato per la creazione delle nuvole parziali stesse sia a sua volta tarato correttamente, analizzando per esempio dati relativi a semplici forme geometriche di controllo note. Questo aumenta quindi il valore scientifico dei modelli finali ottenuti.

2. Ambiente di sviluppo e linguaggio

Per il progetto di realizzazione del programma sono state fatte delle scelte iniziali ben precise:

– Applicazione open source
– Multipiattaforma
– Facile accesso e usabilità
– Facilità di accesso ai codici sorgenti per esecuzione di modifiche e realizzazione di nuovi moduli
– Suddivisione del codice in moduli per facilitare lo sviluppo e il mantenimento del codice anche da parte di altri autori che volessero partecipare al progetto.

Queste considerazioni hanno portato a scegliere quindi la forma della cosiddetta Web Application pura, realizzata per essere fruita principalmente da Internet o meglio ancora dalla intranet, per motivi legati ai flussi di dati coinvolti. Il linguaggio di sviluppo è uno scripting robusto, quindi ASP, e nel dettaglio, si è scelto ASP con Visual Basic.

Il server può essere un computer locale, come quello utilizzato per le prove di sviluppo, con un semplice Windows XP, Service Pack3, 2 Giga di RAM e un Pentium 4, con istallato Microsoft IIS 5.

L'applicazione non necessita di database, in quanto esegue operazioni unicamente su file di lavoro e si crea una struttura di directory per la gestione dei vari progetti.

Non sono supportati neppure livelli di accesso per utenti.

3. Struttura dell'applicazione e flusso di lavoro

Cloud Manager si presenta come un sito web multilingua. Attualmente sono supportate la lingua italiana e quella inglese.

Ha una struttura basata su singoli "progetti" creati e gestiti come singole directory contenenti file di lavoro di input, quelli di output e naturalmente una serie di file di lavoro e/o temporanei.

Oltre alle directory dedicate ai progetti, ce ne sono altre di servizio che contengono i moduli ASP, le parti grafiche e le varie componenti operative.

Il flusso di lavoro tipico è il seguente:

1. Creazione di un nuovo progetto tramite inserimento del nome del progetto e una nota descrittiva.
2. Caricamento nel progetto delle nuvole di punti parziali, in formato xyz o asc con o senza informazione RGB. L'applicazione non accetta file compilati.
3. Nella fase di caricamento di ogni singola nuvola vengono creati i file di lavoro e di visualizzazione relativi, per risparmiare poi tempo nelle fasi di editing. In particolare i file di visualizzazione sono di estensione wrl (file associati al Virtual Reality Modeling Language, VRML) e sono poi visualizzati tramite un comune Client VRML, Cortona 3D Viewer ™ (Parallel Graphics 2009).
4. Dopo il caricamento iniziale delle varie nuvole, il progetto è pronto per la fase operativa di editing e di unione.
5. La fase di editing consiste nell'applicazione ad ogni singola nuvola di operazioni atomiche che modificano i dati di input in modo lineare tramite semplici operazioni così descritte:

– Traslazione sugli assi XYZ
– Rotazione attorno agli assi XYZ che passano per il baricentro geometrico della nuvola
– Taglio di porzioni di nuvola
– Unione di due nuvole in una nuova nuvola

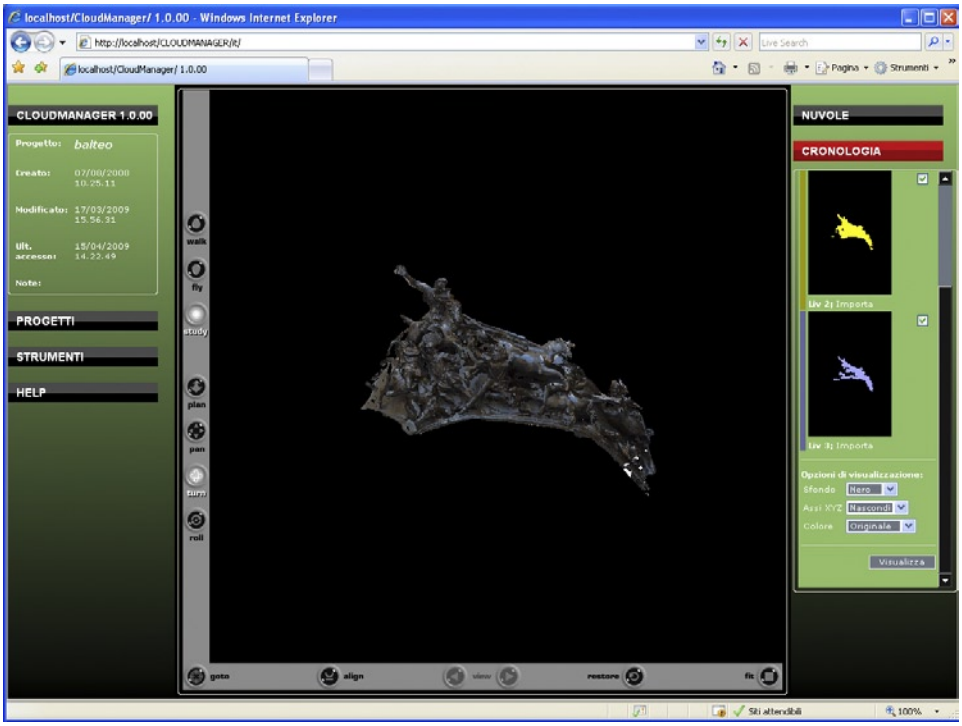


Fig. 1 – Interfaccia generale dell'applicazione.

1. Ogni modifica della nuvola crea un nuovo file di lavoro e di visualizzazione, in modo da rendere il processo progressivo e reversibile. Un'apposita funzione visualizza la cronologia degli interventi sulle varie nuvole e rende possibile riprendere il processo da una qualsiasi delle fasi intermedie
2. Dopo aver effettuato tutte le necessarie rotazioni e traslazioni, le nuvole si uniscono a due a due, ripetendo poi le operazioni di cui al punto 6 per predisporre l'unione delle nuvole successive.
3. L'output finale è un modello in formato XYZ con informazione RGB ed un file di visualizzazione VRML, che rappresentano il termine del processo di elaborazione.
4. Interfaccia (l'interfaccia dell'applicazione è rappresentata nella Fig. 1).

Nella colonna di sinistra sono raggruppate informazioni sul progetto corrente e opzioni di elaborazione varie:

– informazioni generali relative al programma ed al progetto corrente
– nome del progetto corrente

– Data di creazione
– Data di ultimo accesso
– Note varie
– il menu PROGETTI:
– Creazione di un nuovo progetto
– Eliminazione
– Salvataggio
– Apertura
– il menu STRUMENTI dove sono presenti i tool di editing delle nuvole:
– Rototraslazione
– Taglia
– Unisci
– una guida alle varie funzioni del programma

Nella colonna a destra invece sono riportate le liste delle nuvole di input e la cronologia delle varie operazioni di editing effettuate.

Menu delle operazioni sulle NUVOLE:

– Lista delle nuvole per il progetto corrente
– Importa nuvola
– Elimina nuvola

Menu della CRONOLOGIA:

– Lista delle nuvole nei vari gradi di elaborazione, visualizzate tramite istanze multiple di Cortona 3D Viewer
– Opzioni di visualizzazione delle nuvole
– Colore dello sfondo
– Colore originale del file xyz o colore assegnato in automatico alla nuvola (colore del livello)
– Visualizzazione degli assi cartesiani

4. Strumenti di editing

Le operazioni di editing sono state concepite come operazioni "atomiche" nel senso che rappresentano trasformazioni di base elementari della geometria analitica nonché della teoria degli insiemi:

a) traslazioni e rotazioni di punti rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano, per le operazioni di modifica geometrica delle nuvole
b) inclusione ed esclusione di insiemi di punti, per le operazioni di selezione delle porzioni di nuvola.

Questo approccio consente di calcolare in modo preciso, tramite la teoria della propagazione degli errori, l'accuratezza del modello finale dopo la serie di trasformazioni che sono state applicate sulle nuvole parziali iniziali.

Fig. 2 – Visualizzatore Cortona 3D Viewer™. Il menu di navigazione è flessibile e consente un'esplorazione dettagliata del modello, controllando anche alcune delle variabili ambientali, come l'illuminazione del modello.

In questo senso è utile la possibilità di salvare la cronologia delle operazioni stesse in file apposito.

Il programma utilizza un Visualizzatore VRML come cuore del sistema di rappresentazione grafica delle varie nuvole. Si tratta di un comune visualizzatore VRML, Cortona 3D Viewer, con un menu nativo indispensabile per interagire con le nuvole. Questo menu consente di esplorare il modello in modo versatile controllando in parte anche effetti avanzati come l'illuminazione dell'ambiente (Fig. 2).

Il visualizzatore mostra le nuvole e gli effetti delle varie operazioni di editing sulle nuvole, ragion per cui i file VRML di rappresentazione vanno intesi come una metafora dei file di lavoro su cui queste operazioni vengono effettuate.

Infatti l'algoritmo che produce i file di visualizzazione VRML utilizza esclusivamente i punti della nuvola e l'eventuale informazione RGB riportata. Questo garantisce una buona accuratezza nella esecuzione delle varie operazioni e la valutazione visiva degli effetti.

Come parte implicita degli strumenti di editing, il programma esegue alcune operazioni utili all'utilizzatore:

a) Calcola il baricentro geometrico delle singole nuvole a partire dalla media geometrica di tutti i punti della nuvola indicati nel file di input. Questo dato è importante perché viene usato come parametro di riferimento per calcolare le modifiche delle coordinate geometriche dei punti.

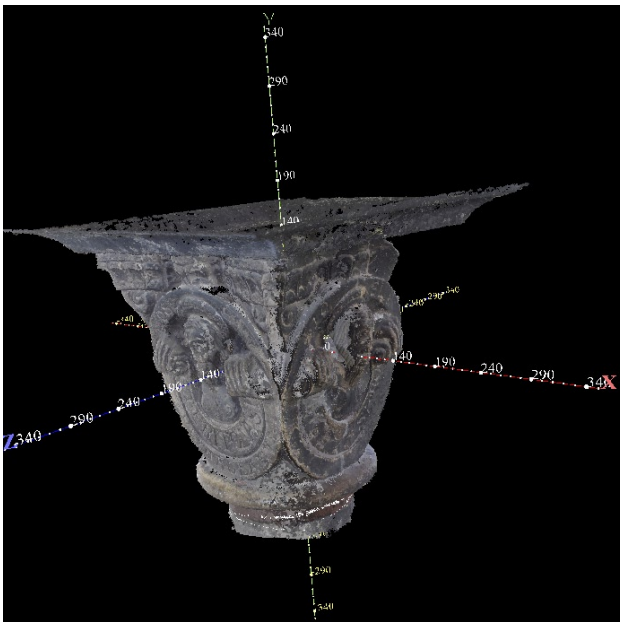


Fig. 3 – Dettaglio delle scale metriche automatiche generate nella fase di importazione dei file dei modelli.

b) La relativa scala metrica assoluta, quindi in unità geometriche che poi spetta all'utilizzatore specificare, centrata sul baricentro della nuvola (Fig. 3).
c) Assegna un colore univoco ad ogni nuvola parziale in modo da poterla distinguere dalle altre nella fase di editing (Fig. 4).

Gli strumenti disponibili sono i seguenti:

– Rototraslazione: con questo strumento l'operatore esegue la maggior parte delle funzioni di editing. Opera selezionando una nuvola per volta tra quelle presenti nel progetto ed esegue delle trasformazioni lineari di rotazione e traslazione basate sulle equazioni fondamentali della geometria analitica. Il risultato della trasformazione produce una nuvola a cui viene assegnato un colore diverso in modo da distinguerla da quella iniziale. Se la trasformazione è avvenuta in modo soddisfacente, allora l'operatore può salvare la modifica e verrà quindi creata una nuvola nuova modificata, che verrà posta nella cronologia.
– Taglio: nell'operazione di taglio della nuvola, l'operatore seleziona quali porzioni della nuvola vuole eventualmente eliminare utilizzando dei piani di riferimento ortogonali agli assi cartesiani.
– Riflessione: questo strumento crea una nuvola di punti simmetrica rispetto all'asse di riferimento selezionato.

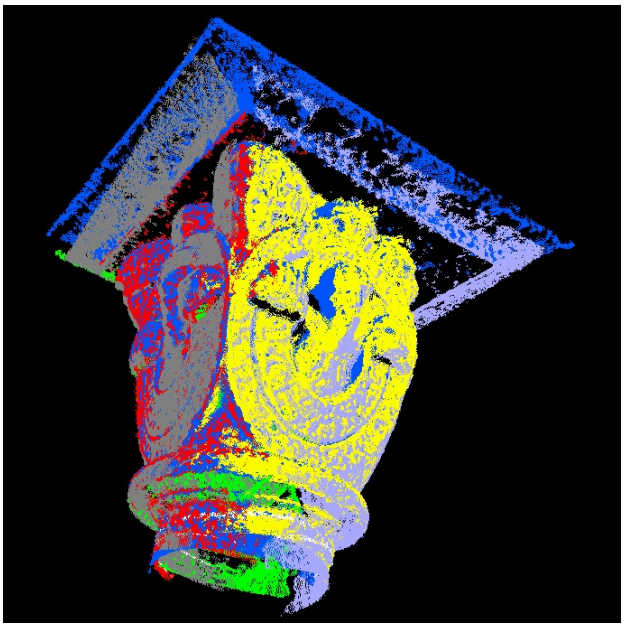


Fig. 4 – Colorazione differente delle nuvole di input nelle fasi di editing.

– Unione: questo strumento effettua l'unione delle nuvole selezionate creando un file globale che contiene i punti di tutte le nuvole selezionate.

Relativamente a questo strumento, è stato ricercato ed applicato un algoritmo di unione semiautomatica di nuvole parziali, due a due, basato sulla ricerca di regioni di punti omologhi situati nei punti periferici delle due facce delle nuvole che si vogliono unire. Imponendo che i punti della regione periferica superficiale della seconda nuvola siano traslati in corrispondenza di quelli corrispondenti della prima nuvola, si determina una regione superficiale di omologia che consente di "incollare" letteralmente la seconda nuvola sulla prima.

Ci sono diversi pro e contro relativamente a questo tipo di approccio, che resta in fase di sperimentazione.

5. Applicazioni sperimentali del programma

Il programma, che è attualmente in fase di test e perfezionamento, è stato utilizzato come supporto nella creazione di alcuni dei modelli virtuali 3D in formato di file VRML inseriti nella presentazione multimediale del Balteo di Aosta, effettuata dall'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni

Culturali del CNR (ITABC) per conto del Museo Archeologico Regionale di Aosta (MAR) nel 2008, e successivamente esposta al Salone del Restauro di Ferrara nel Marzo 2009 (Salonia *et al*. 2008).

I modelli analizzati sono quelli di alcuni capitelli del Chiostro di S. Orso, alcuni dettagli degli affreschi del Castello di Quart, Aosta. In particolare questi modelli sono stati prodotti utilizzando un sistema di acquisizione trinoculare di immagini digitali ad alta definizione a scale che vanno dal metro al micron, ed utilizzando un software proprietario per la restituzione delle nuvole di punti con informazione RGB (Menci 2002).

6. Conclusioni

Il progetto è volto a consolidare i traguardi raggiunti e allo stesso tempo di rendere più robusto l'algoritmo di unione delle nuvole parziali che si sta sperimentando. Utili informazioni possono derivare dall'applicazione delle conoscenze derivanti dalla Geodesica e dai relativi Metodi di approssimazione geodesica nonché dall'adattamento al caso specifico di procedure automatizzate già sperimentate nel caso della cartografia (Brovelli, Zamboni 2003).

Andrea Pozzi, Paolo Salonia
CNR – ITABC – Roma

BIBLIOGRAFIA

Brovelli M.A., Zamboni G. 2003, *Procedure automatiche per l'integrazione di differenti basi cartografiche, L'Informazione Territoriale e la Dimensione Tempo*, Atti della 7ª Conferenza Nazionale ASITA (Verona, 28-31 ottobre 2003), Galliate Lombardo, Artestampa, vol. 1, 541-546.

Menci L. 2002, *Tecnologie innovative per la gestione di immagini raster tridimensionali ad altissima risoluzione*, in *Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale,* Atti del Convegno (Asita, 5-8 novembre 2002), Perugia (http://www.menci.com/).

Salonia P., Leti Messina T., Marcolongo M., Pozzi A., Scolastico S. 2008, *A multimedia application for exploitation and virtual fruition of ancient archaeological artifacts: the experience of the 2nd century Roman Balteus of Aosta*, in *Proceedings of VSMM 2008: Digital Heritage: Our Hi-tech-STORY for the Future (Cyprus, 20-25 October 2008*), Limassol, Archaeolingua, 157-163.

SITI WEB

Parallel Graphics 2009, Cortona 3D Viewer, home page, viewed April 2009 (http://www.cortona3d.com/cortona/).

ABSTRACT

Cloud Manager v1.0 is a web ASP application for basic manipulation of point clouds with or without RGB information embedded. It is intended as an easy tool for editing and attaching different point clouds to obtain a final unified 3D model through a reversible step by step semi-automatic process. Editing steps are manual, whereas attachment is semi-automatic.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 309-319

ARCHEOLOGIA VIRTUALE IN BLENDED LEARNING. ESPERIENZE, METODOLOGIE E STRUMENTI ALL'UNIVERSITÀ "FEDERICO II" DI NAPOLI

1. Il background metodologico

Le vorticose e rapidissime trasformazioni dei sistemi della conoscenza hanno comportato innovazioni altrettanto veloci, continue e sostanziali nelle metodologie e nei processi didattici. Secondo una consolidata definizione, il termine e-learning, infatti, si riferisce ad una metodologia didattica che offre la possibilità di erogare contenuti formativi elettronicamente, attraverso reti Internet o reti Intranet. Per l'utente rappresenta una soluzione di apprendimento flessibile, in quanto facilmente personalizzabile e facilmente accessibile. L'e-learning copre un'ampia serie di applicazioni e processi formativi, quali *computer based learning*, *web-based learning* e aule virtuali» (Asfor 2003). Tali opportunità sono state ulteriormente arricchite dall'emergere del "Web 2.0", in cui l'informazione non è più solo letta, ma può essere creata, condivisa e riusata (web letto e scritto): attualmente lo scenario di riferimento è dunque il cosiddetto "e-learning 2.0" (Bonaiuti 2006).

L'affermazione di tali innovazioni didattiche trova principi teorici fondanti in quello che viene definito *collaborative learning*, ovvero uno dei filoni pedagogici che hanno maggiormente valorizzato la dimensione sociale dell'apprendimento: l'apprendimento viene visto come derivante da un processo di interazione che può avvenire in differenti modalità, una delle quali è legata al lavoro in gruppo (CNIPA 2007). Un gruppo collaborativo è formato da un insieme eterogeneo di persone con un progetto comune e quindi con la disposizione ad acquisire le competenze necessarie per il raggiungimento di un obiettivo condiviso. In tale ottica, il ruolo di tutor e docenti muta, in quanto essi non erogano concetti, ma progettano, stimolano e incentivano l'interazione; allo stesso modo le attività non sono basate sull'apprendimento di contenuti predeterminati ma sulla costruzione degli stessi. In particolare le attuali applicazioni di e-learning trovano una cornice di riferimento nel *computer supported collaborative learning*, che scaturisce da riflessioni sul paradigma appena descritto e propone di utilizzare gli strumenti della comunicazione digitale per sostenere lo sviluppo di attività didattiche collaborative. In quest'ottica, contraria a quella di tipo trasmissivo, le nuove tecnologie supportano sostanzialmente quattro obiettivi principali: distribuire materiale, distinguere i contenuti individuali, mediare l'interazione tra discenti, ottenere un progetto, un compito o un project work completato attraverso il lavoro collaborativo.

In questo ambito una valida modalità descrittiva dei possibili approcci metodologici che possono essere utilizzati nel campo dell'e-learning è quella che analizza le metodologie didattiche in base al livello di interattività tra gli attori in gioco, al livello di regia didattico-organizzativa, al grado di strutturazione e di flessibilità che esse consentono: i modelli più rappresentativi possono essere ricondotti a tre tipologie, che di seguito vengono brevemente richiamate:

1. primo modello: apprendimento individuale, basato su attività didattiche che prevedono lo studio individuale da parte dei discenti. La tipologia di interazione è collegata alla fruizione dei contenuti e degli strumenti a supporto delle attività. L'interazione è prevista tra discenti, tutor e docenti. I tutor e i docenti forniscono ai discenti supporto e assistenza sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici, sia sui contenuti e sulla metodologia. Il modello consente un alto grado di libertà e flessibilità nella gestione dei ritmi di fruizione (i percorsi dei singoli discenti sono personalizzati e non necessariamente preselezionati).
2. secondo modello: apprendimento collaborativo (wrap around). Il modello prevede che gruppi di discenti sviluppino attività di collaborazione e cooperazione: in tali gruppi le persone interagiscono per conseguire un obiettivo comune e, di conseguenza l'apprendimento individuale è concepito come il risultato di un processo di gruppo. In questo approccio assume grande rilevanza la figura del tutor, a cui è affidata la "mediazione didattica". Il focus dell'attività si sposta verso la costruzione della interazione tra i soggetti coinvolti, cioè tra discenti, tutor, docenti ed esperti. Flessibilità e libertà risiedono, in questo caso, nell'organizzazione delle attività all'interno dei gruppi e nella fruizione dei contenuti che diventano un supporto alle attività e possono essere più o meno consultati dal gruppo di discenti a seconda delle esigenze.
3. terzo modello: interazioni di gruppo (team-based o community-based). Il modello si caratterizza per una bassa regia didattico-organizzativa e per una elevata interazione tra gli attori in gioco (tra i quali si sviluppano meccanismi di interdipendenza e reciprocità). I contenuti strutturati non sono il centro delle attività progettuali, che invece si basano sulla creazione di una comunità attiva che interagisce costantemente e produce conoscenza sulla base dell'interazione. In questo modello la forma tipica che assumono i contenuti è quella atomica delle "pillole di conoscenza". Intorno ad esse si innesca il dibattito e si attiva un processo di socializzazione orientato al problem-solving. Il processo prevede lo sviluppo di nuove "pillole di conoscenza" a partire da quelle iniziali: il contenuto costituisce in questo caso l'input e l'output del processo.

In diversi dei suoi recenti lavori David Merrill (Merril 1998), al termine di un lavoro di comparazione tra i diversi più noti modelli didattici esistenti, giunge alla conclusione che tra i modelli più affermati esistono sostanziali

congruenze e che la ricerca sia in grado di definire in modo ragionevole alcuni principi basilari dell'attività di apprendimento:

1. Problem based: ossia l'apprendimento è facilitato quando chi apprende: è coinvolto nella soluzione di problemi reali; risolve una progressione di problemi; è guidato ad una esplicita comparazione dei problemi.
2. Activation: in cui l'apprendimento è facilitato quando: l'allievo è orientato a ricordare, relazionare, descrivere o applicare conoscenza da esperienza rilevante del passato che può essere usata come fondamento di nuova conoscenza; all'allievo è offerta esperienza rilevante che può essere usata come fondamento per nuova conoscenza.
3. Demonstration: in cui l'apprendimento è facilitato quando: all'allievo viene "dimostrato" esplicitamente che cosa va appreso (anziché semplicemente detto); la dimostrazione è coerente con gli obiettivi d'apprendimento (esempi e controesempi per i concetti; dimostrazioni per le procedure, visualizzazioni per i processi; modellizzazione per i comportamenti); agli allievi è provvista adeguata guida, includente indirizzamento verso informazioni rilevanti.
4. Application: in cui l'apprendimento è facilitato quando: all'allievo è richiesto di usare la sua conoscenza per risolvere problemi; l'allievo è messo in condizione di classificare, produrre compiti, elaborare ipotesi, cercare di predire attivamente conseguenze; l'attività di soluzione di problemi è consistente con gli obiettivi di apprendimento; all'allievo si mostra come individuare e correggere errori.
5. Integration: in cui l'apprendimento è facilitato quando: gli allievi sono incoraggiati a dare pubblicamente dimostrazioni della loro conoscenza o abilità: possono riflettere su, difendere, discutere e definire la loro conoscenza; possono creare, inventare ed esplorare nuovi e personali modi di usare la loro conoscenza.

L'impostazione di Merrill non è incompatibile con altri principi sottostanti che riguardano l'architettura didattica e le modalità implementative. Da questo punto di vista, ad esempio, la dimensione collaborativa enfatizzata negli approcci costruttivistici può essere vista ed impiegata, come lo stesso Merrill suggerisce, come una delle modalità di implementazione.

2. L'esperienza condotta: Archeologia Virtuale in Blended Learning

Tali presupposti metodologici costituisco la base delle sperimentazioni condotte negli ultimi anni nella applicazione delle nuove tecnologie didattiche al dominio della Virtual Archaeology. La cornice istituzionale delle esperienze condotte è costituita da corsi dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", Facoltà di Lettere e Filosofia, dove l'istituzione nel 1999 di un Laboratorio didattico e di ricerca di Informatica per l'archeologia, curato dalla dott. F. Cantone e

diretto dalla prof. G. Greco, ha costituito negli anni un punto di riferimento per lo sviluppo di iniziative nell'ambito della didattica e della ricerca sulla Virtual Archaeology. In particolare le esperienze condotte fanno riferimento a:

– LAUREE TRIENNALI. Cultura e Amministrazione dei Beni Culturali – Dal 2000/01: Laboratorio di Informatica applicata ai Beni Culturali (4CFU lettera f) (sperimentazione e-learning a partire dal 2005/06); Psicologia dei Processi Relazionali e di Sviluppo – 2008/09: Abilità Informatiche (2 CFU); Scienze e Tecniche Psicologiche – 2008/09: Abilità Informatiche (4 CFU)
– LAUREE SPECIALISTICHE. Archeologia e Storia delle Arti – 2006/07-2008/09: Modulo di Informatica (4 CFU); 2006/07-2008/09: Abilità Informatiche (4 CFU)
– TESI DI LAUREA SULLA VIRTUAL ARCHAEOLOGY. 2008-9: Cultura e Amministrazione dei Beni Culturali; 2008-9: Archeologia e Storia delle Arti.

Gli approcci didattici che via via si sono sperimentati hanno visto l'implementazione di una serie di strumenti di supporto tecnologico e metodologico al percorso di apprendimento. Tali scelte strategiche hanno determinato la compresenza di lezioni in aula, materiali fruiti in e-learning, attività di *project work* e interazione su supporto tecnologico a distanza. Particolare attenzione è stata posta alla possibilità di realizzare un repository unico che consentisse il riuso di contenuti caratterizzati da una struttura standard e modulare e da una estrema eterogeneità di formati e tipologie. Immediatamente è stata avvertita l'esigenza della creazione di materiali e-learning sulla Virtual Archaeology, che costituisse un supporto alle attività che via via si venivano sviluppando e il punto di partenza per ulteriori attività anche da parte dei discenti. Necessario è stato, inoltre, avvalersi degli strumenti e delle metodologie descritte per la gestione di tutte le attività didattiche: dalla gestione del repository, alla fruizione dei materiali, alla interazione tra i vari attori coinvolti e al tracciamento delle attività svolte.

3. Il progetto Instructional Designer Applications (IDEA) e la piattaforma Campus

Le sperimentazioni condotte sono state supportate da una serie di strumenti informatici sviluppati nell'ambito del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli, e nati con l'intento di facilitare la diffusione dell'innovazione didattica all'interno dell'Ateneo.

Il primo strumento utilizzato è stato l'Istructional DEsigner Applications (IDEA), sviluppato per fornire e diffondere in ambito accademico l'e-learning attraverso strumenti semplici per la analisi e strutturazione dei contenuti per i nuovi mezzi comunicativi (Chianese *et al.* c.s.). In particolare IDEA definisce un processo di generazione di contenuti per l'e-learning che interviene nel processo di produzione assolvendo a molte delle attività tipiche sia del progettista

Fig. 1 – Una unità formativa del corso "Laboratorio Informatica e Beni Culturali" in formato SCORM sulla piattaforma di fruizione.

che dello sviluppatore di contenuti. IDEA fornisce, da un lato, un insieme di strumenti automatici il cui fine è produrre LO (Learning Object) portabili avvalendosi degli standard attuali del settore e-learning quali lo SCORM, generando contemporaneamente sia materiali per il WBT (Web Based Training) che per il CBT (Computer Based Training); dall'altro, mira alla semplificazione dei processi di produzione e alla promozione della collaborazione tra gli autori. Obiettivo portante del progetto IDEA è quindi cercare di coinvolgere gli esperti di contenuti nel processo di produzione e assisterli, attraverso l'introduzione di strumenti di authoring semplici, nella realizzazione di corsi per l'e-learning, con i quali costituire il serbatoio di partenza di contenuti per la sperimentazione di processi di e-learning. Attualmente il software e la metodologia IDEA sono stati applicati nella realizzazione di un catalogo corsi molto vasto, con casistiche di uso differenziate per tipologia di discipline, tipo di e-learning supportato, target di riferimento, contesto e finalità didattiche: da corsi universitari a corsi per la formazione della pubblica amministrazione; da tipologie di e-learning "puro", attraverso la presentazione di materiali didattici senza interazione diretta in

aula, a esperienze "blended", con la realizzazione di corsi che hanno previsto l'interazione sia on-line che in presenza a partire da materiali didattici e percorsi predisposti, a modelli più erogativi, con la realizzazione di corsi o materiali di puro supporto alla didattica d'aula; per quanto riguarda la consistenza e la tipologia del target di riferimento, è possibile evidenziare esperienze che hanno riguardato studenti universitari e adulti occupati in formazione continua; la numerosità degli studenti coinvolti è variata dalle poche decine alle centinaia.

Con il software IDEA, dunque, è stato individuato, progettato e definito un modulo formativo di riferimento, intitolato "LABORATORIO DI INFORMATICA E BENI CULTURALI" (Fig. 1).

Il corso è stato suddiviso nelle seguenti unità didattiche:

– Informatica e Beni Culturali: aspetti metodologici delle varie forme di approccio ai Beni Culturali attraverso gli strumenti informatici.
– Cenni storici sulle metodologie e le tecniche di intervento informatico applicate ai Beni Culturali.
– Strumenti e metodi di archiviazione, gestione, analisi dei dati: DBMS; GIS; strumenti in rete.
– Documentazione foto/grafica 2D e 3D: fotografia scientifica; modellazione tridimensionale; realtà virtuale.
– Comunicazione, fruizione, divulgazione: multimedia; Musei Virtuali; Internet e Beni Culturali; e-learning e Beni Culturali.
– Tendenze e prospettive della ricerca in ambito internazionale: istituzioni e progetti attivi nell'applicazione delle tecnologie ICT ai Beni Culturali.

Il progetto ha comportato la definizione di una snella ed efficace filiera di ideazione, progettazione e produzione di percorsi e di contenuti multimediali per l'e-learning nell'ambito della Virtual Archaeology. I contenuti sono da subito organizzati come Learning Objects in forma modulare, riassemblabile, ricombinabile, riusabile, condivisa e in continuo aggiornamento. L'apprendimento è facilitato dalla presenza di esempi, figure, approfondimenti, riferimenti bibliografici, test di autovalutazione tracciabili. In particolare l'intero corso è concepito come integrato con gli incontri in presenza e le attività di costruzione del repository e di partecipazione attiva al forum: i contenuti, dunque, sono suggeriti ed elencati piuttosto che completamente ed esaustivamente trattati.

Per quanto riguarda le piattaforme di fruizione si è adottata la piattaforma "Campus", sviluppata anche essa nell'intento di diffondere l'innovazione nei servizi didattici dell'Ateneo "Federico II". In particolare sono sembrate particolarmente idonee alla sperimentazione alcune caratteristiche proprie della piattaforma, tra cui:

1. La creazione e gestione di repository distribuiti;
2. La gestione di gruppi di utenti (tali da supportare la costituzione di comunità di apprendimento sulla base del modello didattico di riferimento);

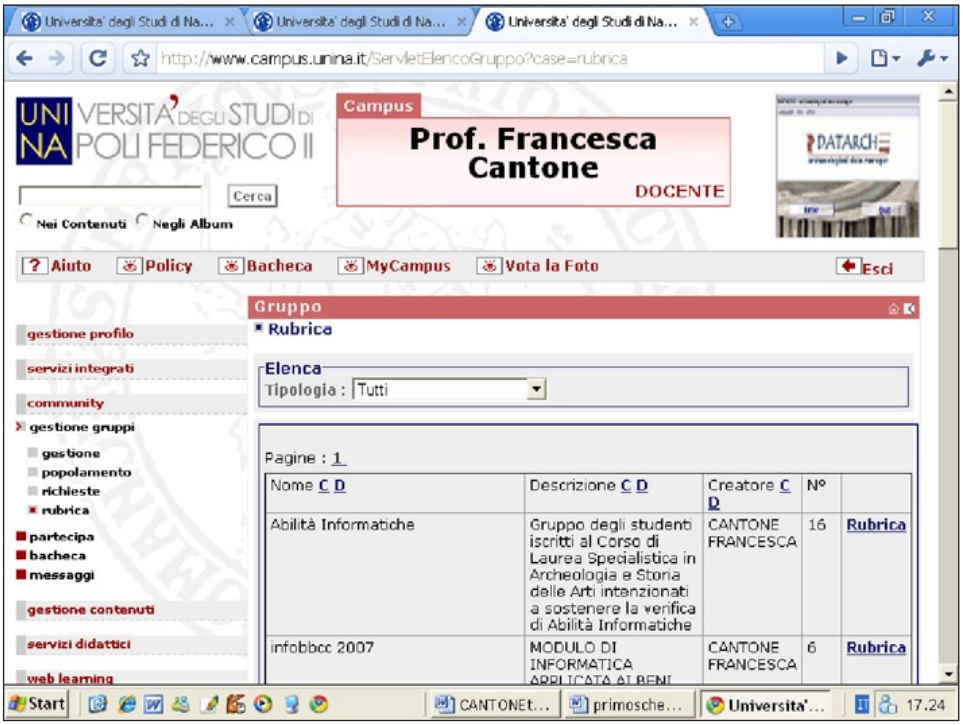


Fig. 2 – Uno screenshot di Campus: la gestione dei gruppi.

3. La presenza di strumenti di comunicazione asincrona interni ai gruppi, tra cui messaggistica/forum e bacheca (Fig. 2).

La piattaforma, con il software IDEA disponibile per il download gratuito, è on-line all'indirizzo: http://www.campus.unina.it/.

Dunque un aspetto di estremo interesse è stato il coinvolgimento attivo degli studenti nella costruzione di comunità di apprendimento: sulla base delle indicazioni emerse negli incontri frontali, gli studenti hanno via via animato dibattiti nel forum, condiviso e discusso materiali ed esperienze (come visite reali o virtuali a mostre o musei fisici o on-line) popolato un repository di contenuti su specifici temi relativi alla applicazione delle Nuove Tecnologie ai Beni Culturali. È possibile citare, ad esempio, il percorso sviluppato durante il Laboratorio di Informatica e Beni Culturali per la Laurea Triennale nell'aa 2007/08 sul tema "Web 2.0 e Beni Culturali", in cui gli allievi sono stati guidati, partendo da una panoramica di strumenti e applicazioni, a ricercare e schedare applicazioni presenti nel settore dei beni culturali e infine a immaginare e discutere possibili future ulteriori utilizzazioni. Gli studenti sono stati suddivisi in

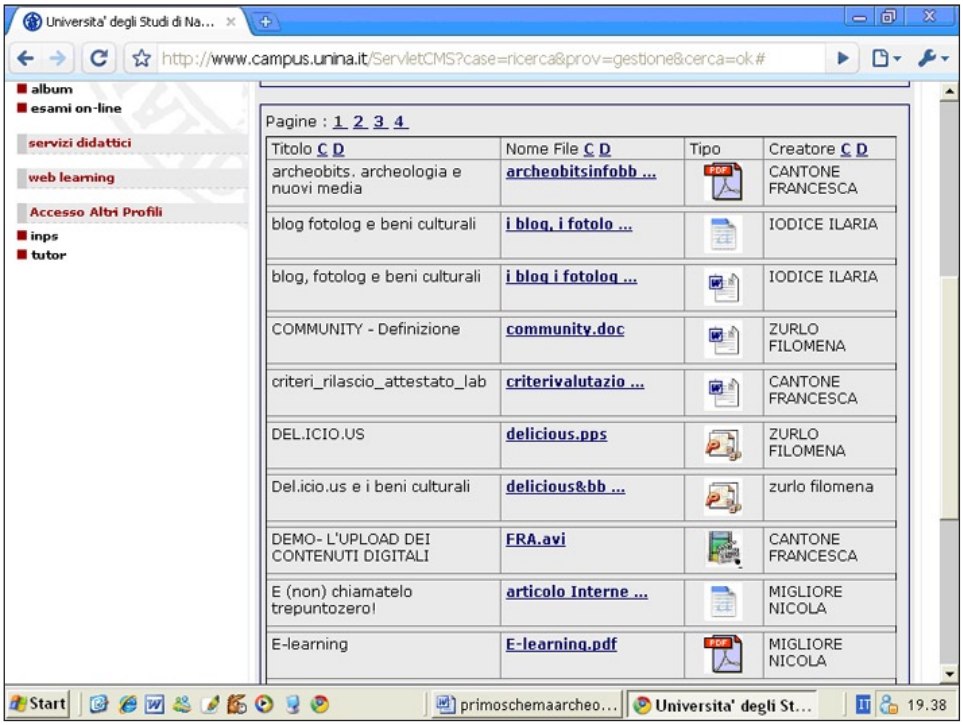


Fig. 3 – Uno screenshot della ricerca di contenuti relativi al gruppo informatica e beni culturali 2008 dal repository condiviso su Campus.

gruppi di ricerca su specifici temi ("social software", "social bookmarking", etc.) e spinti a produrre per ogni incontro materiale utile alla discussione: il materiale, caricato in repository nei giorni precedenti l'incontro, viene poi discusso da tutta la comunità, preludendo alla verifica finale nella quale il singolo studente è chiamato a relazionare e discutere su tutto il materiale prodotto dalla comunità. Le tipologie di materiali prodotti sono molto eterogenee e vanno dalla singola foto digitale di un'opera d'arte scattata dallo studente, all'indirizzo web di un museo virtuale, alla SLURL di una ricostruzione tridimensionale di un museo su Second Life, a documenti di sintesi redatti dagli studenti in Word su casi di studio di Web 2.0 nei Beni Culturali a documentazioni (ad esempio normative su aspetti specifici della protezione dei diritti su riproduzioni digitali di Beni Culturali) disponibili in rete in pdf, a presentazioni Powerpoint realizzate a supporto alle discussioni in aula (Fig. 3).

È opportuno evidenziare alcuni passaggi critici che si verificano con l'applicazione di tali approcci didattici: il rapporto docente-studente si modifica notevolmente e si verifica la costruzione di una comunità di apprendimento sulla

Virtual Archaeology, in cui il docente può assumere ruoli che vanno dal tutorato all'animazione delle attività, all'orientamento delle discussioni e delle interazioni, il discente diviene parte attiva nel processo di costruzione di contenuti, percorsi, attività, relazioni, condivisioni. Allo stesso modo il modello erogativo, in cui il docente propone al discente contenuti didattici, viene sostituito da un modello partecipativo, in cui docente e discenti cooperano per lo sviluppo di contenuti e il raggiungimento di obiettivi formativi specifici e in buona parte di volta in volta personalizzati sull'utenza. Una conseguenza di tale modalità di produzione di contenuti didattici è l'affiancamento o la completa sostituzione del materiale didattico erogato dal docente e fruito dai discenti con materiali creati dall'intera comunità e risultanti da ricerche, riflessioni, modifiche condivise. Tale notevole ribaltamento dello scenario didattico incide in maniera molto sensibile sulla qualità dell'intervento didattico: la valutazione di tale variazione si può effettuare anche in sede di esame, dove gli studenti mostrano di interiorizzare in maniera estremamente più profonda i concetti, ed inoltre appaiono soddisfatti, consapevoli delle competenze raggiunte, e partecipi del processo; inoltre è interessante notare come le comunità costruite appaiono mantenersi vive e creative anche successivamente al termine del corso universitario, successivamente, dunque, alla cessazione del vincolo istituzionale nei confronti del corso e del docente, con ulteriore inserimento di nuovi materiali, nuovi interventi nel forum, segnalazione di iniziative, convegni, pubblicazioni, a beneficio dell'intera comunità costruita; infine l'intervento è stato per ogni gruppo sottoposto a valutazione attraverso moduli anonimi, tesi a verificare tra l'altro il grado di soddisfazione generale (78,75% nei moduli di valutazione degli aa. 2007-08 e 2008-09), il grado di consapevolezza di apprendimento (73,75%), il grado di fiducia nella possibilità di applicare in futuro le abilità acquisite (100%), il desiderio di partecipare in futuro a simili esperimenti (100%), oltre a spunti di riflessione sull'esperienza condotta e suggerimenti liberi. Le maggiori criticità riscontrate riguardano la richiesta di miglioramento delle attrezzature in laboratorio per incrementare gli aspetti applicativi delle lezioni in presenza. Un ulteriore arricchimento è stato, infine, l'esperimento di fusione tra comunità diverse e in alcuni casi l'apertura all'esterno, in maniera da consentire ulteriori apporti alle conoscenze, una maggiore pubblicizzazione delle attività presentate, una stabilizzazione delle esperienze che venivano a costituire delle comunità stabili, dei punti di riferimento per discussioni e aggiornamenti disciplinari.

3. Archeologia Virtuale in blended Learning: considerazioni, prospettive di sviluppo, ulteriori scenari applicativi

Le esperienze maturate, seppure ancora ad uno stato iniziale e non consolidato, consentono di delineare linee guida per una applicazione delle nuove tecnologie della didattica per l'archeologia virtuale in maniera più

complessa, stabile e strutturale. È risultato evidente, infatti, come l'intervento realizzato abbia costituito un momento di profonda riflessione metodologica sulla necessità di un adeguamento della didattica accademica della archeologia virtuale agli scenari di riferimento attuali, con un sistema della conoscenza profondamente modificato, non più strutturato, in continuo e vorticoso aggiornamento. Uno dei principali outcomes è stata proprio la realizzazione di un primo prototipo di un "Repository Didattico Condiviso sulla Virtual Archaeology" e costituito da particelle di contenuto atomizzate strutturate in LO multimediali e interattivi, relativi ai principali temi di interesse. Nella prospettiva di utilizzazione futura è essenziale sottolineare il carattere aperto del sistema realizzato, pronto a continui interventi di aggiornamento e arricchimento, da parte di una comunità in espansione di autori, esperti, studenti, referenti (comunità di apprendimento sui Beni Culturali), già creato in nuce nell'ambito delle esperienze realizzate tra studenti di vari livelli. Ulteriori sviluppi riguarderanno, infine, il prototipo di corso "Laboratorio Informatica e Beni Culturali", per supportare attività didattiche di durata, target, livelli di approfondimento, tipologie di e-learning differenziati e per estendere gli ambiti disciplinari trattati ad altri settori dei Beni Culturali.

Francesca Cantone, Angelo Chianese, Vincenzo Moscato
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

BIBLIOGRAFIA

Asfor 2003, *Il Glossario e-Learning di ASFOR "Le parole dell'e-Learning©"*, «Lettera Asfor» 3/2003, 2-36.

Bonaiuti G. 2006, *E-Learning 2.0. Il futuro dell'apprendimento in rete, tra formale e informale*, «I quaderni di Form@re», 6.

Chianese A., Moscato V., Penta A., Vuolo G. c.s., *IDEA: Un Tool per la produzione di contenuti didattici*, in *Tecnologie digitali e competitivita: quale ricerca, quali professioni*, *Atti del Congresso Annuale AICA (Cesena, 21-22 settembre 2006)*, Firenze, Alinа, in corso di stampa.

CNIPA 2007, AA.VV., *Cnipa, Vademecum per la realizzazione di progetti formativi in modalità e-learning nelle pubbliche amministrazioni*, II edizione, «I Quaderni», 32, Aprile.

Merrill A.D. 1998, *Applying Component Display Theory to Design of Courseware*, in D.H. Jonassen (ed.) *Instructional Designs of microcomputers courseware*, Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 61-96.

Politis D. 2008, *E-Learning Methodologies and Computer Applications in Archaeology*, Hershey PA, IGI Global.

ABSTRACT

The rapid transformation of knowledge systems has changed methodologies and educational processes in a fast, continuous and substantial way. Among the various solutions, methodologies and technologies referred to by the term "e-learning", this article focuses on experiments in "Blended Learning" in which lessons are integrated by online interaction. In

particular, our experiment involved the preparation of a SCORM course of "Information Technology and Archaeology", created using the IDEA (Instructional DEsigner Applications) software for Learning Objects, written, and implemented through the "Federico II" Campus platform, according to the paradigms of Computer Supported Collaborative Learning. Restructuring Virtual Archaeology didactical topics as Learning Objects led us to reflect deeply on the contents to convey and on their new organization, which had to be modular, combinable and granular in order to ensure the best re-usability in various educational contexts and the possibility to be customized according to the characteristics of students. The test covered different levels of classes (three-year degree, two-year degree, laboratory) for three academic years (2005/6-2007/2008). The number of students was limited to between ten and twenty per class in order to improve and control interaction and active participation by students. This paper describes and offers for discussion the main results of the experiment that was conducted, results of which were very encouraging in terms of: educational performance, construction of thematic e-communities, methodological innovation, preparation of re-mixable and re-usable didactical contents, testing of software/methodology IDEA available for free downloading and able to encourage and support dissemination of new teaching methods in archaeology, supporting and facilitating authors in the multimedia production workflow.

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 321-324

ANALISI GEOSPAZIALI OS PER CAMBIAMENTI DI USO DEL SUOLO IN INDAGINI ARCHEOLOGICHE

1. General background

Il presente lavoro nasce da una ricerca iniziata nel lontano 1992-1993 nel quadro di Programmi ERASMUS e COMETT per analisi di territori siciliani ed inglesi. Risultati di alcune sperimentazioni condotte nell'ambito di corsi di laurea e di *post-graduate courses* presso l'Università degli Studi di Catania e Trieste hanno successivamente sottolineato l'importanza dell'utilizzo di software open source nella didattica. Le attività di ricerca sono state successivamente sviluppate per progettazione di *under-graduate courses, post-graduate courses*, di POF ed IFTS secondo i seguenti temi: introduzione alle tecnologie open source e relativi standard per l'analisi di Beni Culturali e Naturali; implementazioni di basi di dati; case-studies sull'uso del suolo in indagini archeologiche o per progettazione di corsi e-learning attraverso analisi del Programma Indire, WebTycho ed ESA. Per la progettazione delle lezioni frontali, ci si è anche serviti degli Atti della Conferenza Nazionale ASITA del 2008, come strumento per illustrare le molteplici applicazioni dei software GRASS OS ed ESRI sono stati considerati preziosi tool per implementare piattaforme complete per la creazione, l'utilizzo e la distribuzione dell'informazione geografica, da rendere disponibili anche in ambienti Desktop, Server e Mobile (Lo Tauro 2009, 151-156). È stata introdotta pertanto l'analisi di OS[1] da integrare successivamente ad elaborazioni GRASS capaci di aumentare sia la produttività, grazie ad una sempre più facilità di utilizzo ed alle notevoli capacità di integrazione con applicazioni di tipo business-oriented, quali ad esempio SAS e SAP, e con le nuove piattaforme web, quali ad esempio Google e Microsoft VE. Ciò consente di utilizzare varie applicazioni utilizzando diverse modalità di comunicazione. Contemporaneamente è stato presentato il programma CORINE Land Cover (CLC) (Colamonico *et al.* 1956-1980; Grillotti, Di Giacomo 2000) e dell'ESA Global land cover map (www.esa.int). Si è quindi selezionato il caso di studio sul quale incentrare la costruzione di un progetto GIS contenente le informazioni sull'analisi di uso del suolo e *change detection* con ausilio di *thermographic imaging*, su questo progetto si è poggiata la scelta della scala di *overlay* e dei fotogrammi per giungere all'analisi dettagliata del territorio accompagnata da rilievi laser scanner (Lo Tauro 2006) e ricerche su Internet. Si fa riferimento anche alle

[1] Si ringrazia il prof. G. Gallo (Università degli Studi di Catania) e dott. geol. N. Costa (http://www.rivistageomedia.it/).

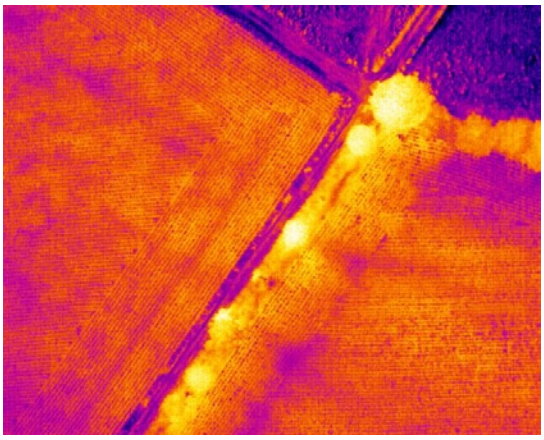


Fig. 1 – Analisi change detection con thermographic imaging.

recenti sperimentazioni condotte dall'Istituto Idrografico sulle integrazioni tra Multibeam, Lidar e GPS/INS per il rilievo delle coste, sopra e sotto il pelo dell'acqua (www.codevintec.it).

2. Scelta di OS, carte di uso del suolo e futuri sviluppi della ricerca

Implementando il concetto di "geomatic network", integrando tutti i dati raccolti nella piattaforma del progetto *GIS,* è stato possibile progettare un inventario 'multi-risorse' a scala europea, a partire da CLC, dall'ESA Global land cover map e thermographic imaging, integrando vari dati (raster e vettoriali) con dati forniti on-line dalla banca dati dei supporti audio e video conservati presso l'Archivio Laboratorio DemoEtnoAntropologico (ALDEA) dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (http://www.iccd.beniculturali.it/app/gestioneschede/), di Enti Locali (es. Castello Ursino) e banche dati IPSIA.

Il *project work* si basava su una serie di procedure e contenuti informativi finalizzati ad iniziare gli studenti all'utilizzo della nuova informazione geografica digitale. È stato importante analizzare le opzioni, nel campo degli OS selezionando un criterio di analisi per l'individuazione di key points: Nuovi strumenti per la gestione dei dati, come creare e visualizzare carte tematiche sempre più complete e performanti (*cache* e *prerendering*); analisi spaziali ovvero nuovi strumenti e nuove modalità di fruizione sia a livello desktop che server; utilizzo del Web per una distribuzione sempre più efficiente e veloce di mappe e funzionalità (Mashup e KML); interoperabilità e standard, ovvero una panoramica sui nuovi protocolli e formati; la Suite ESRI per il mobile GIS ed analisi di tutte

le novità; implementazioni con elaborazioni afferenti alla computer graphic. Sono stati inoltre analizzati prodotti della famiglia 'ArcExplorer' di ESRI, anche considerando che ne esistono molte versioni, tutte corredate di manuali d'uso e database per le esercitazioni. 'ArcExplorer' è un GIS *data viewer* dotato di molte funzioni di base del GIS. Alcune funzioni *identify*, *buffer, overlay*, *locate* e *query* hanno consentito di generare carte tematiche basate sugli attributi contenuti nel database annesso al software e di effettuare analisi statistiche ed updating, anche utilizzando CLC e ESA Global land cover map. Sono state completate esercitazioni di vario tipo: individuazione delle classi di vegetazione attraverso analisi di NDVI; costruzione di carte tematiche (ad esempio greenways, blue infrastructures ed aree urbanizzate); analisi *change detection* con supporto di immagini termografiche[2]. Rispetto ad altri software gratuiti, tuttavia, 'ArcExplorer' ha un discreto peso (da 22,9 a 78,3 MB a seconda delle versioni) che consente di effettuate prove di lettura ed elaborazione dei dati CLC e ESA Global land cover map. Un altro criterio di selezione si è basato sull'esistenza di recenti implementazioni, tra le quali uno studio pubblicato da "GIM International", ove si è sperimentato, con varie basi di dati, l'utilizzo di "Open Standards, Free Geodata and 3D" (Zipf 2008, 67), con software adatti alla gestione dei database geografici anche in caso di gestione dei rischi e disaster management, efficienti tool per la visualizzazione e l'interrogazione di informazioni geografiche, ma non solo. Tali software possono eseguire anche molteplici funzioni nelle analisi spaziali dei database geografici. Tali software possiedono funzionalità di gestione dei dati geografici sia nel formato vettoriale shape (.shp) che in formato raster (.bmp), ma anche per sviluppi SDIs per 3D (www.gdi-3d.de/). Le funzioni OS hanno consentito di effettuare operazioni di classificazione, sovrapposizione e buffer delle carte tematiche.

In questa fase, è stata sperimentata anche la possibilità di sviluppare nuove implementazioni e creazioni di tabelle utilizzando *free geodata* per DM, col quale gli studenti possono realizzare analisi 3D con visualizzazioni e classificazioni delle carte tematiche anche in formato shape; così si sono integrati i dati realizzati con varie classificazioni (unique, single e intervals) con modellazioni 3D. Sono state, infine, sperimentate anche altre funzioni; ad esempio la pubblicazione dell'informazione geografica attraverso l'analisi di nuovi protocolli per cartografie sia a contenuti statici che dinamici. Il citato studio ha, in molte fasi di studio, svolto la funzione di manuale d'uso, per l'analisi delle nozioni fondamentali di utilizzo di OS, dall'acquisizione dei dati fino alla loro rappresentazione tramite layout e geopublishing.

Questa progettazione didattica ha dimostrato come gli OS permettano di interrogare database OS per vari aspetti, nella pianificazione territoriale e

[2] Si ringrazia la FLIR System ed in particolare Roberto Rinaldi (www.flirthermography.com/).

nella gestione delle emergenze anche con l'ausilio di OpenStreetMap data e delle nuove implementazioni nel campo del posizionamento satellitare, protagonisti dell'universo dei Global Navigation Satellite Systems, delle applicazioni dello spazio, telecomunicazioni integrate (www.satexpo.it/).

Agata Lo Tauro
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

BIBLIOGRAFIA

Colamonico C., Corna Pellegrini G., Pracchi R., Beretta P., Migliorini E. (eds.) 1956, *Memorie illustrative della carta dell'utilizzazione del suolo*, 16 vol., Napoli, Centro di Studi per la Geografia Economica.

Grillotti Di Giacomo M.E. (eds.) 2000, *Atlante tematico dell'agricoltura italiana*, Roma, S.G.I.

Lo Tauro A. 2006, *La conoscenza del territorio mediante tecnologie laser terrestre*, in *Atti del Convegno Nazionale SIFET 2006 (Castellaneta, 14-16 giugno 2006)*, CD ROM.

Lo Tauro A. 2009, *Georeferencing of Cultural Heritage and Risk Chart: research of novel applications*, in *Proceedings of the Electronic Imaging & the Visual Arts (EVA) 2009 Florence Conference (29-30 April)*, Bologna, Pitagora, 151-156.

Zipf A. 2008, *Open Standards, Free Geodata and 3D*, «GIM International», 67.

ABSTRACT

The use and diffusion of Geodatabases for land use analysis in archaeological investigation cannot neglect innovative educational programmes. Furthermore, the principal problem of the use of Geodatabases is the cost of Geospatial analysis. In order to solve this problem, research provides methodologies for the elaboration of 2D and 3D thematic cartography and listing technologies using open source Geospatial analysis. As part of Project MONITOR (www.monitorproject.com/) of the Galileo Joint, the Innovative Educational and Research Programmes may involve experiments on GNSS real time positioning and innovative telecommunication applications by using various kind of almost wearable or PDA, TV – PCs and Smartphones as well GPS/PL/INS technologies. The Educational Programmes are structured in different phases: the analysis of the GIS project, the territorial sources and the case-study with the support of the ESA's global land cover map (www.esa.int) and thermographic imaging (www.flirthermography.com/). The data sources, challenges and possible improvements in the GIS project can serve not only as guidelines for future GIS research for environmental conservation and management plans for UNESCO Sites, but also point to rewarding research avenues for visualization of land vulnerability with the support of different technologies (Remote Sensing, Laser Scanning, Virtual Reference Stations, etc.).

Archeologia e Calcolatori
Supplemento 2, 2009, 325-327

CONCLUSIONI

Alla luce della ricchezza degli interventi proposti in questa sede, e con uno sguardo retrospettivo alle precedenti edizioni della medesima iniziativa, è anzitutto evidente lo sviluppo che questa ha assunto attraverso gli anni. Una giornata di studi a Grosseto, nel 2006, e a Genova, nel 2007; un giorno e mezzo a Padova (con mezza giornata dedicata alla divulgazione e non organica al convegno) nel 2008, per arrivare ai due giorni pieni (con la sessione parallela dell'Open Lab) dell'edizione romana del 2009, presso il CNR.

Questa crescita dei contenuti, che determina il dilatamento temporale dell'iniziativa, abbraccia non soltanto le dimensioni di quantità e qualità degli interventi, ma anche quella della varietà. Sta cioè accadendo, per l'Open Source in archeologia, ciò che caratterizza da sempre le discipline in rapido sviluppo, che partendo come singola materia di studio, si ramificano ben presto in diversi sottofiloni, la cui natura è strettamente legata ai diversi aspetti dell'interazione con l'intero processo di ricerca.

L'approccio "aperto" assume infatti oggi una particolare importanza nella sua duplice veste di fenomeno che riguarda sia i comportamenti che gli strumenti del ricercatore, e i contributi qui pubblicati vanno intesi come riflessioni in queste due direzioni. Proprio in ciò risiede forse una delle maggiori difficoltà (ma anche la profonda necessità) della divulgazione sull'argomento: nella presa di consapevolezza che Open Source è un concetto che ha ormai travalicato la mera dimensione tecnicistica relativa a una modalità di creazione-gestione-acquisizione di software, per proiettarsi definitivamente sul piano etico e sociale della necessità di condivisione e circolazione della conoscenza nelle sue accezioni più ampie.

Comportamenti e strumenti, dunque. Su queste due direttrici si possono allineare gli interventi del dibattito che ha accompagnato questa edizione. Sul primo fronte, i riferimenti sono evidentemente alle istituzioni, oltre che ai singoli ricercatori. Riemerge qui uno dei temi ciclici delle passate edizioni, cioè la riflessione sul comportamento delle Soprintendenze e delle strutture universitarie e di ricerca, spesso caratterizzate da evidenti diffidenze nella concessione dell'accesso ai dati. Con la medesima chiarezza va sottolineato che anche in questa edizione, come già negli anni passati, si sono segnalate in questo senso lodevoli eccezioni, che però spiccano nel panorama generale proprio in quanto tali, in una situazione che non ha paralleli con altri contesti d'oltrefrontiera, dove il dato archeologico è generalmente reso pubblico con naturale rapidità. Rimane dunque il diffuso malcontento per una mancata diffusione di informazioni e dati sul patrimonio culturale che – laddove non sussistano rischi di danneggiamento o sottrazione – è non soltanto ragionevole

ma doverosa da parte dello Stato, nelle sue emanazioni territoriali. Sul fronte etico, dunque, ancora una volta la discussione si è incentrata sulla necessità di sensibilizzazione istituzionale generalizzata.

Sul secondo aspetto, invece, quello più propriamente tecnico degli strumenti, le considerazioni si sono concentrate sul problema della comunicazione, un nodo ormai cruciale, data l'ampia diffusione delle tematiche inerenti l'Open Source in archeologia.

La constatazione più immediata riguarda infatti la quantità dei gruppi che operano su progetti specifici e la possibilità sempre maggiore che tali progetti finiscano per intersecarsi o sovrapporsi inconsapevolmente. A ciò si affianca la troppo frequente natura isolata di molte applicazioni, che potrebbero invece inserirsi all'interno di reti strutturate finalizzate alla raccolta ragionata di applicazioni per l'archeologia, reti e siti peraltro in parte già esistenti.

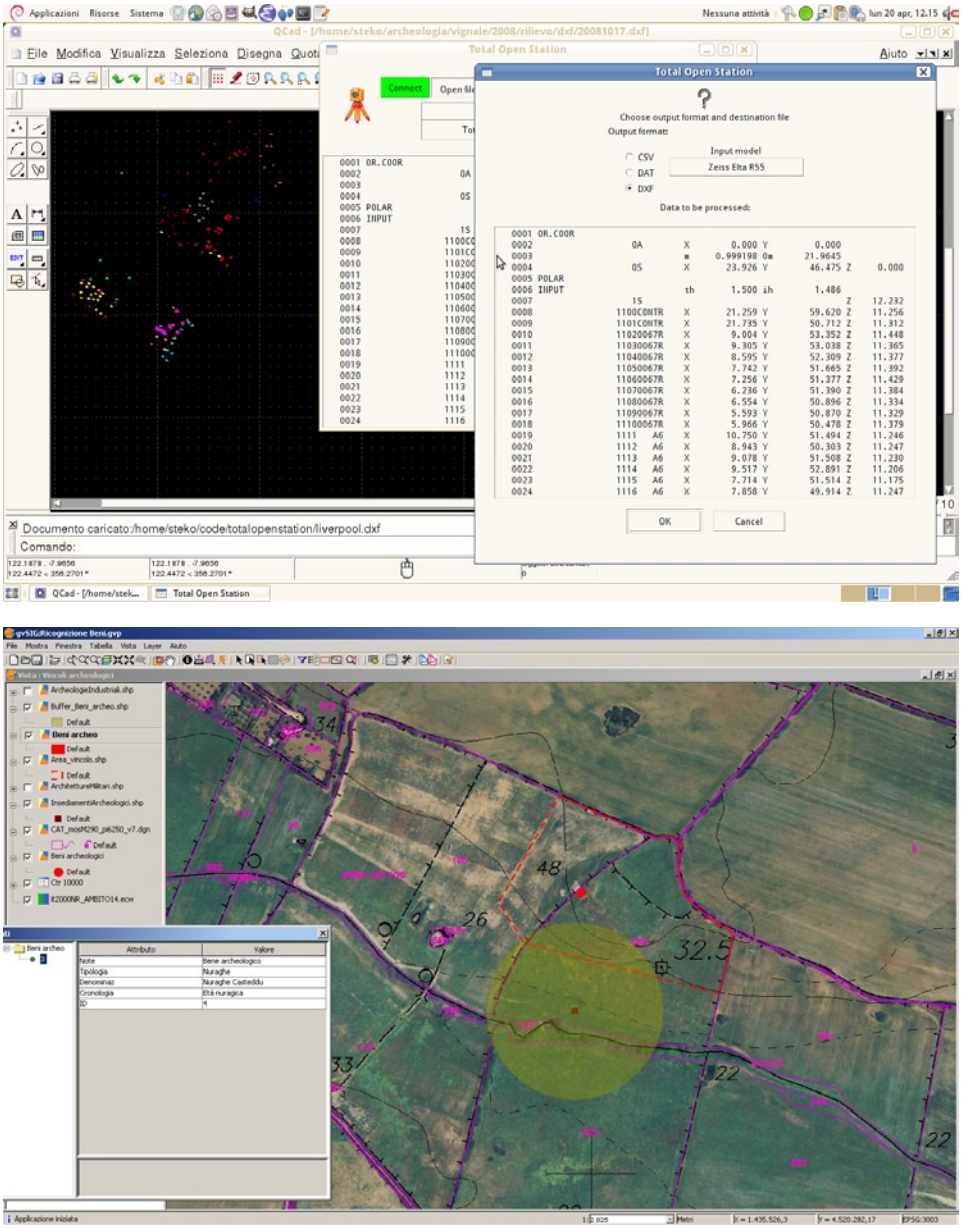
L'appello è quindi stato a un maggiore sforzo di integrazione fra i vari soggetti in gioco, soprattutto quelli che da anni seguono e organizzano questa iniziativa, nella direzione di strumenti vari (CMS, forum, siti web dinamici, etc.), che siano in grado di sopperire quanto possibile a questo tipo di inconvenienti.

Il panorama è ovviamente tale da rendere perfettamente possibile, almeno sul piano tecnico, il funzionamento di questi meccanismi di coordinamento. Il piano organizzativo è certo meno semplice da gestire, ma la sfida si può raccogliere, anche alla luce della sempre maggiore attenzione che i temi dell'Open Source raccolgono col tempo. È infatti da sottolineare come, dopo molti anni in cui istituzioni anche di rilievo si sono distinte per dichiarazioni di principio rimaste sostanzialmente sulla carta, altre istituzioni stiano ora realmente, con meno clamore, trasferendo le proprie piattaforme operative verso software Open. Valga per tutti, tornando agli interventi del congresso, l'esempio dell'Università di Verona.

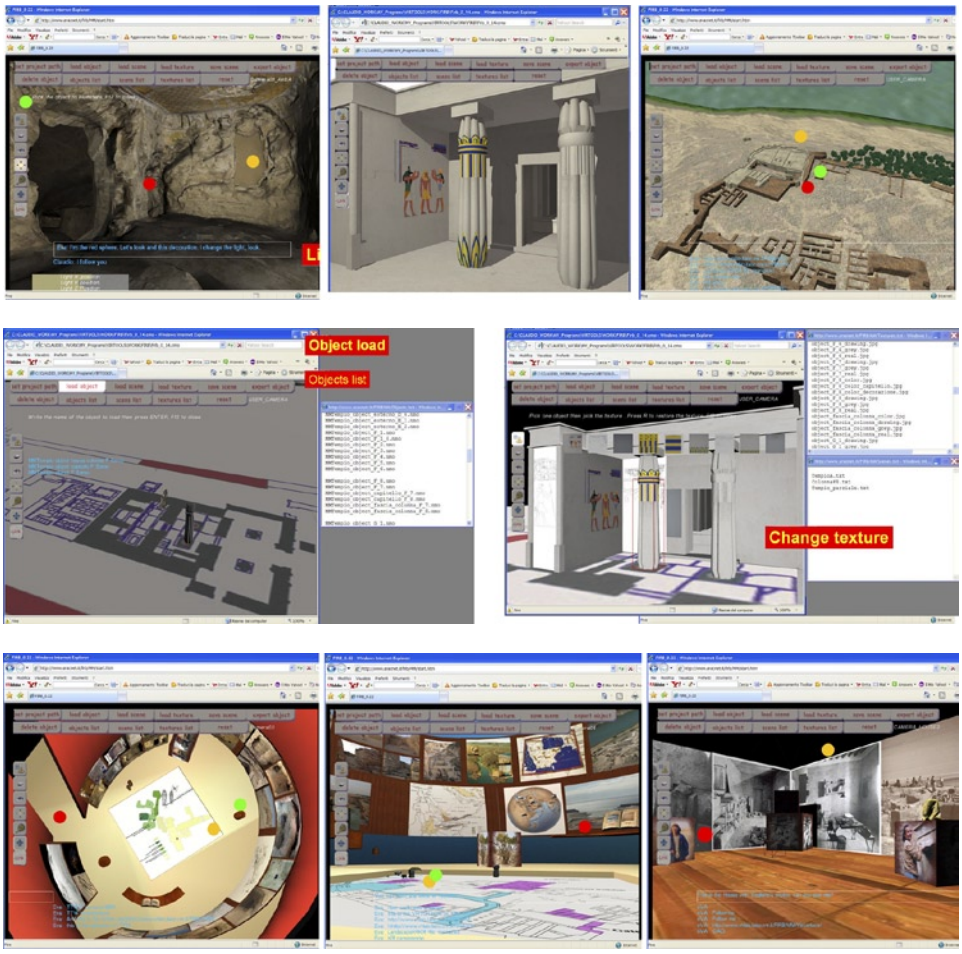
A fronte di quest'ottimismo, non infondato, vi è però un altro ordine di considerazioni di cui tener conto nella valutazione dei tempi e dei modi per una diffusione più generalizzata della consapevolezza di strumenti e comportamenti, e cioè quello anagrafico. È qui inevitabile, per l'ennesima volta, sottolineare l'anomalia italiana di un mancato turn-over generazionale, che vede i protagonisti di quell'innovazione tanto spesso invocata e celebrata come necessità, confrontare i propri lavori svolti in condizioni autonome, non strutturate in un impiego istituzionale, prive del semplice riconoscimento di un ruolo professionale. Ancora una volta, la grande maggioranza dei contributori di questo convegno annuale, certamente uno spaccato significativo della parte tecnicamente e metodologicamente più consapevole dei ricercatori impegnati nel campo, è costituita da studiosi (ormai non più solo giovani) che a fronte di titoli e meriti plurimi non riesce a trovare una collocazione profes-

sionale che consenta a loro e al Paese di trarre il meglio dalle proprie risorse. Evitando di scendere nei meandri di un problema certamente complesso per cause e dinamiche, è però facilmente prevedibile che, per un Paese che ha nel patrimonio culturale una delle proprie maggiori risorse, questa dissipazione di competenze rischia di essere pagata cara, in termini di consapevolezza, ricchezza e benessere collettivo.

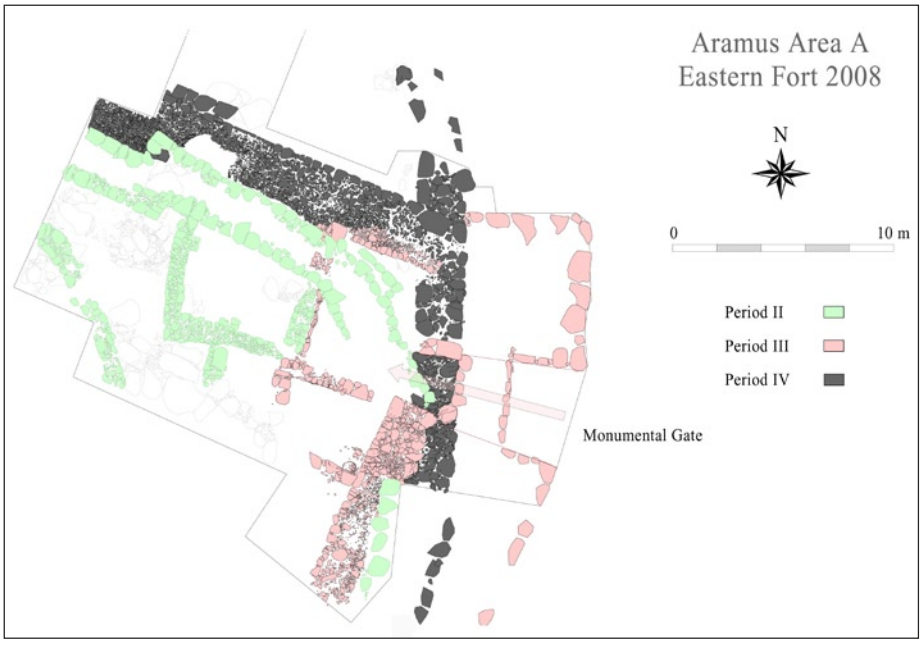
Augusto Palombini
CNR - ITABC – Roma



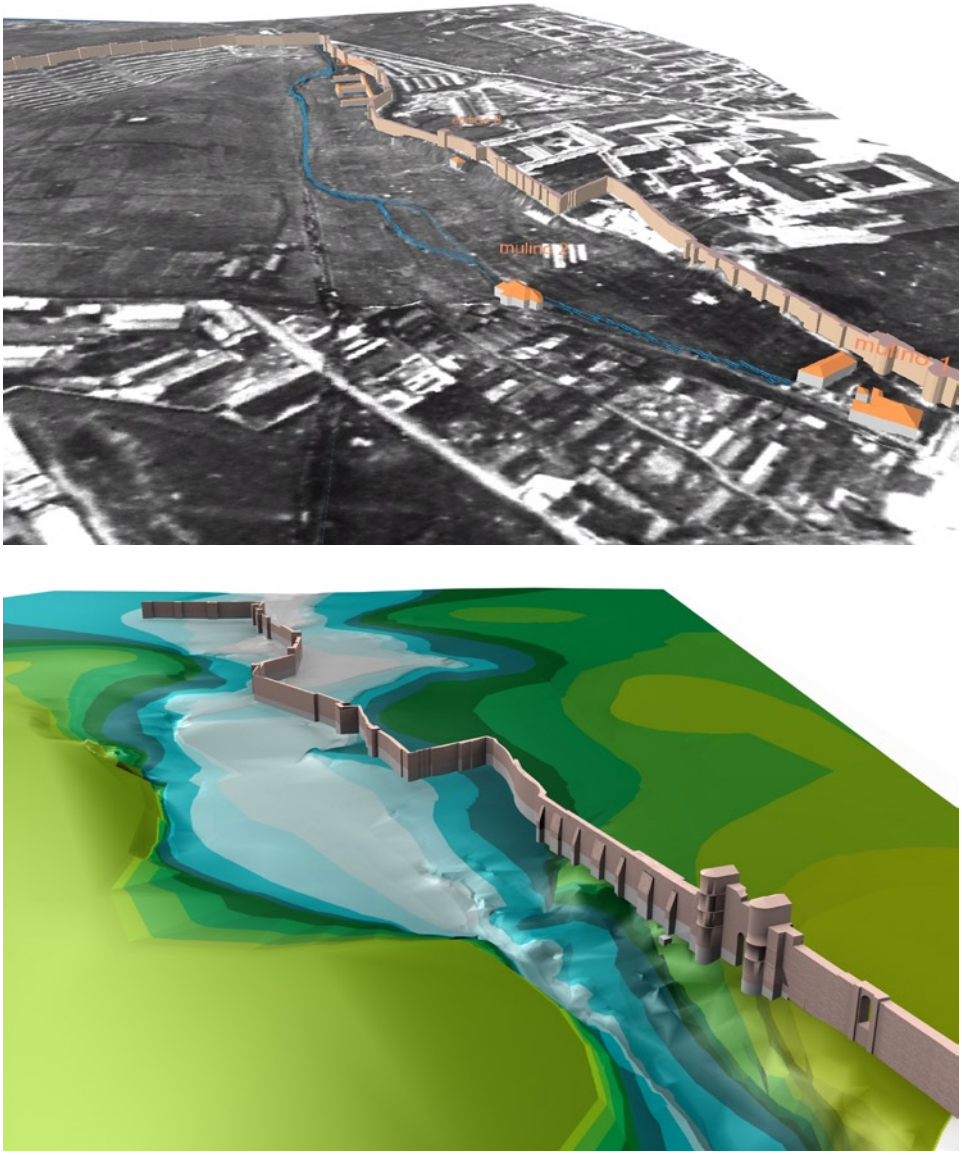
Tav. I – a: Una schermata di Total Open Station. Sullo sfondo i dati esportati in formato DXF visualizzati nel programma QCAD (Costa *et al.*, p. 19).
b: Piano Paesaggistico Regionale della R.A. Sardegna, Nuraghe Casteddu nella sua reale posizione (a Nord, compresa nell'area di tutela) e nella posizione proposta dal Piano regionale con la costruzione di un'area buffer pari a 100 m; in viola la sovrapposizione della mappa catastale (elab. con software gvSIG) (Tedeschi, Scanu, p. 30).



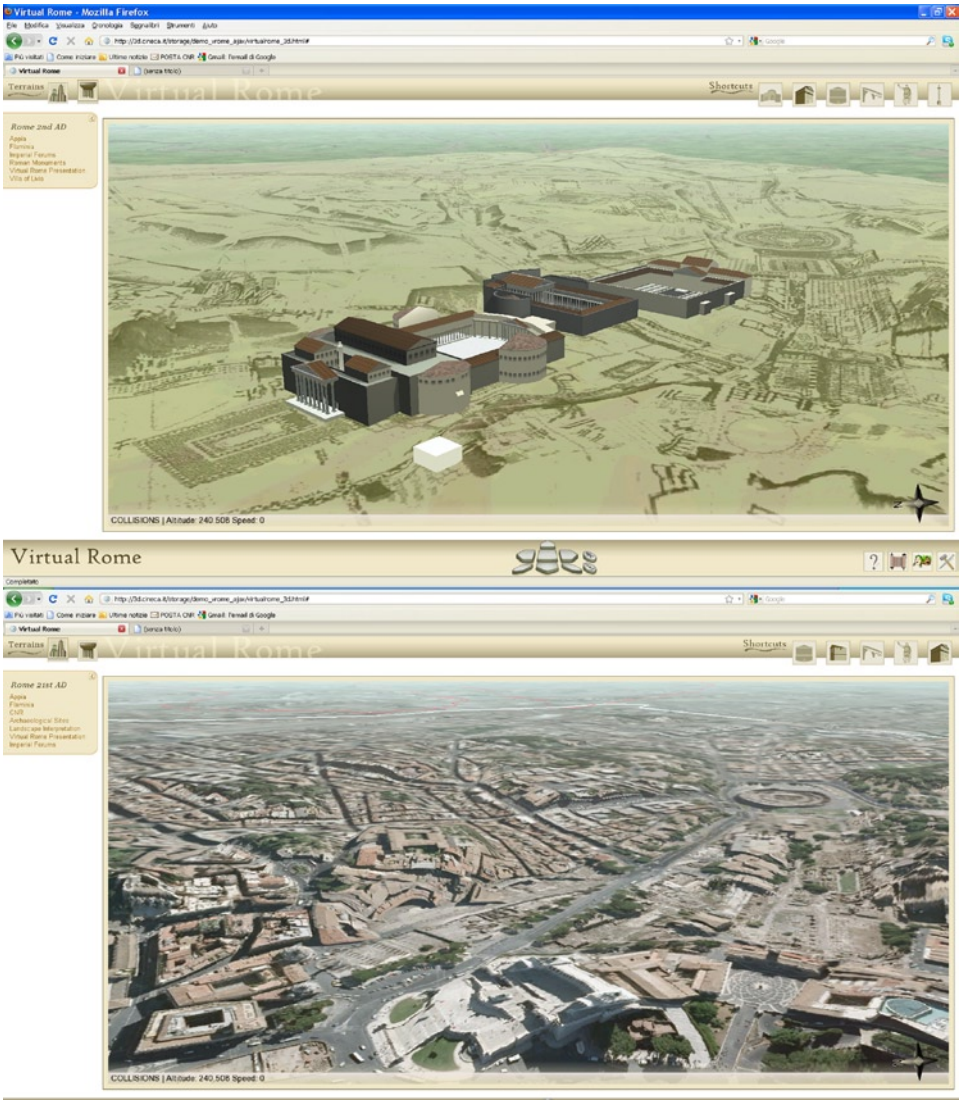
Tav. II – a: Ricostruzione 3D di siti e loro fruizione all'interno di un'applicazione di Realtà Virtuale (Pietroni, p. 79).
b: Esempi di strumenti ed operazioni di editing nella scena 3D (Pietroni, p. 80).
c: "Virtuoteca", spazio immaginario personalizzabile per sessioni didattiche in multiutenza (Pietroni, p. 81).



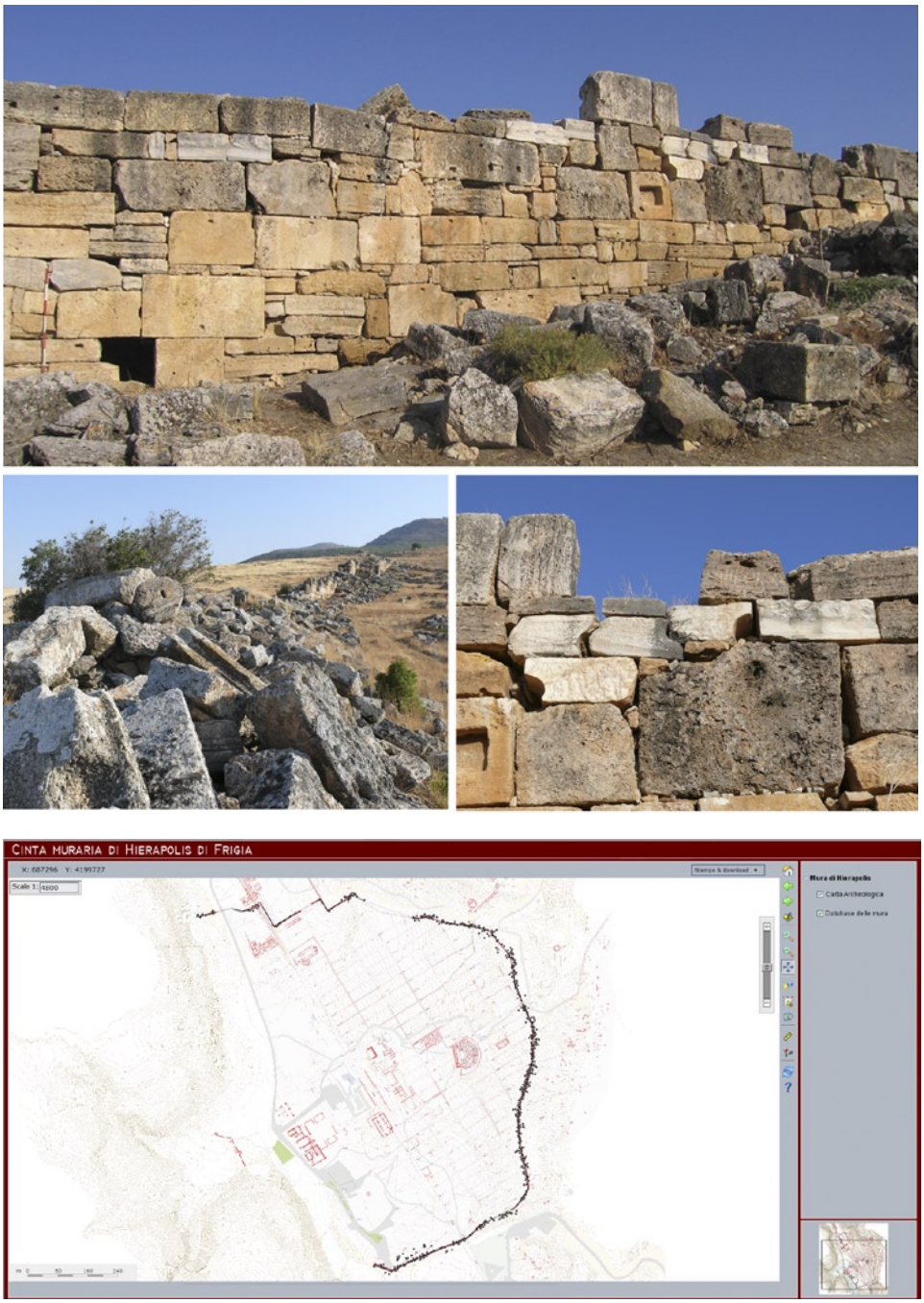
Tav. III – a: Aramus. Collina con vista sul forte occidentale (Kuntner, Heinsch, p. 85).
b: Aramus. Mappa palinsestica dei periodi IV-II del forte orientale (semplificata) (Kuntner, Heinsch, p. 88).



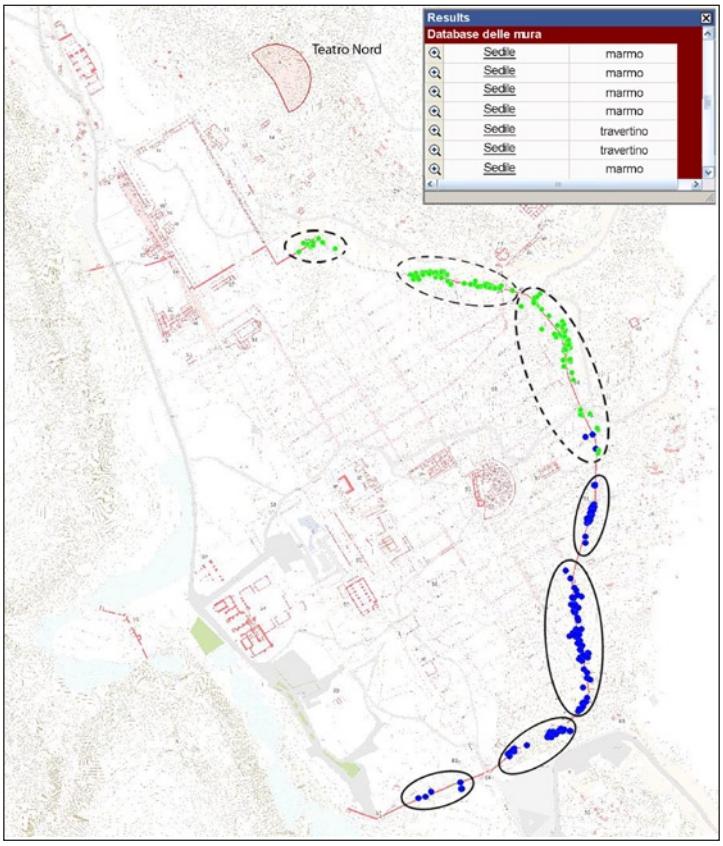
Tav. IV – a: Roma. Il territorio tra Porta Maggiore e Porta Metronia, restituzione 3D dello stato dei luoghi agli inizi del XX secolo (altimetria da IGM 1906 su foto aerea Alberto Nistri 1919) (Demetrescu, Fontana, p. 103).
b: Roma. Il territorio tra Porta Maggiore e Porta Metronia, restituzione 3D dell'interfaccia non antropica (Demetrescu, Fontana, p. 104).

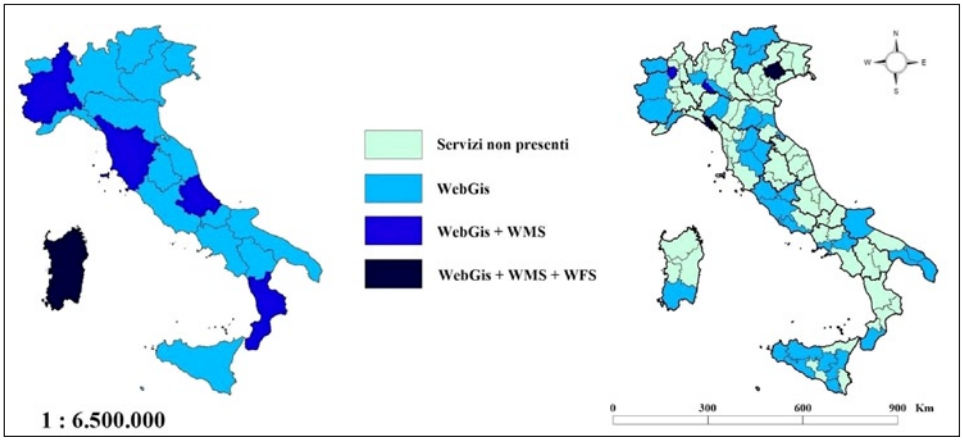


Tav. V – Virtual Rome: front end. Esplorazione della zona dei Fori come appare oggi sulle foto aeree e come fu descritta dal Lanciani nella sua *Forma Urbis* (Pescarin *et al.*, p. 124).

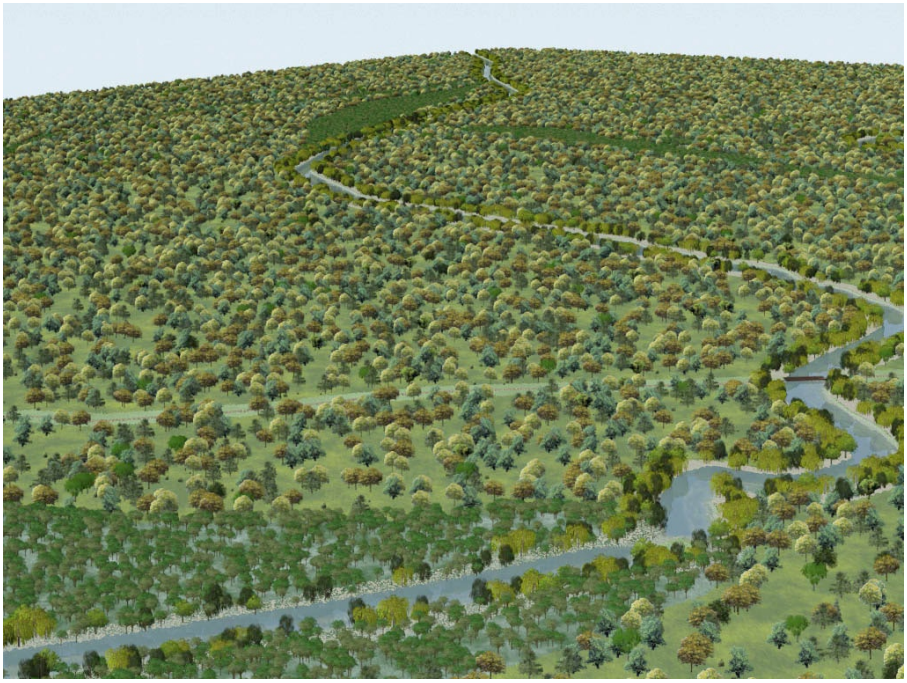


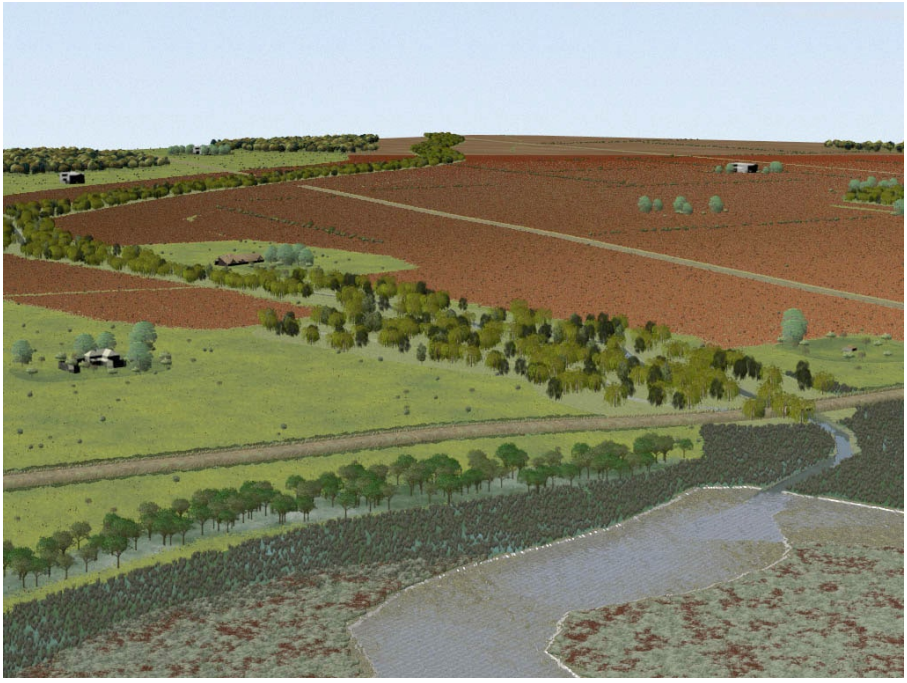
Tav. VI – a: Alcune vedute della cinta muraria proto-bizantina di Hierapolis: da notare la quantità di materiali di reimpiego e la sistemazione dei sedili in marmo provenienti dalla demolizione del Teatro Nord (Di Giacomo, Scardozzi, p. 141).
b: *Atlante di Hierapolis*. Localizzazione dei materiali architettonici di reimpiego rilevati con GPS differenziale lungo il circuito delle mura proto-bizantine (Di Giacomo, Scardozzi, p. 139).





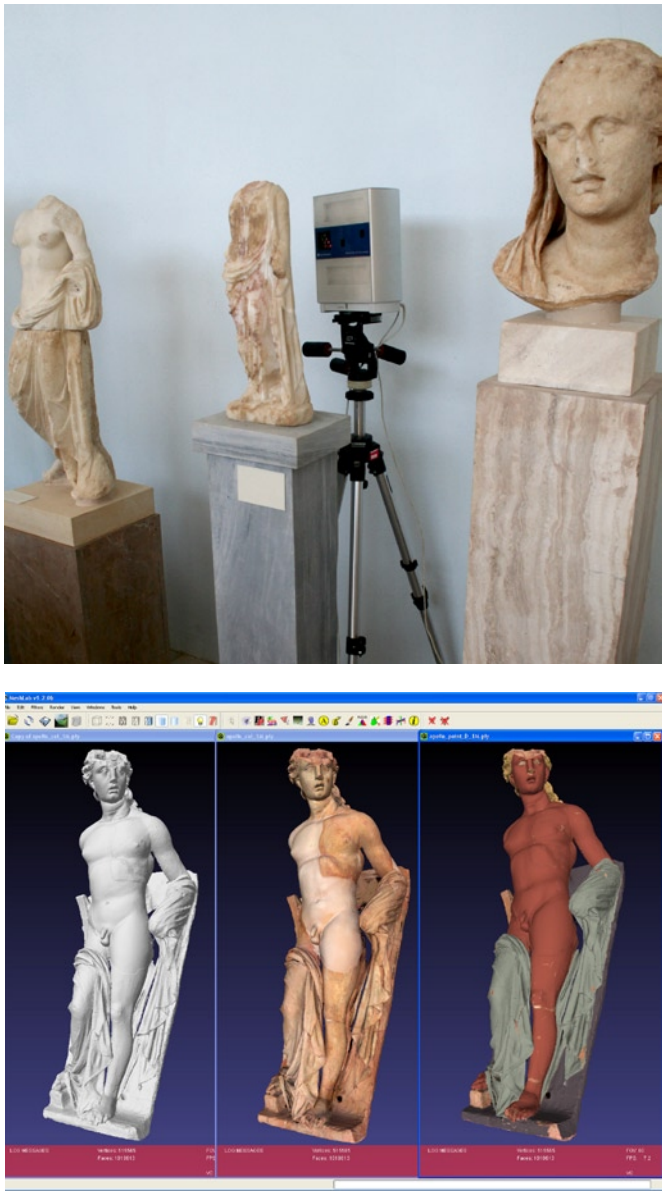
Tav. VII – a: *Atlante di Hierapolis*. Localizzazione dei sedili in marmo (linea continua) ed in travertino (linea tratteggiata) del Teatro Nord reimpiegati lungo la cinta muraria (Di Giacomo, Scardozzi, p. 142).
b: Servizi Web-GIS e specifiche OGC nelle Regioni e nelle Province italiane (Mazzei *et al.*, p. 148).





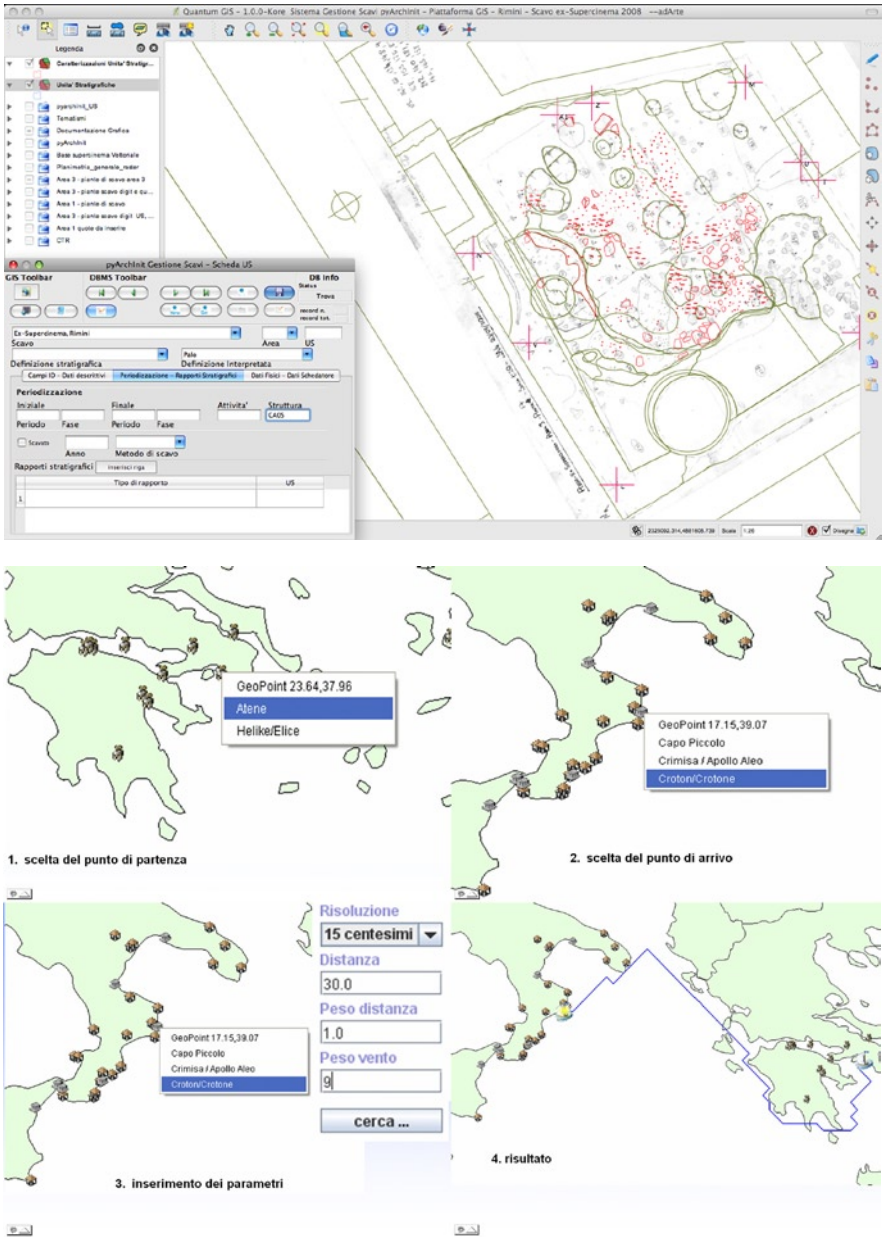
Tav. VIII – a: Ca' Tron. Paesaggio virtuale durante l'Età del Bronzo in una navigazione a volo d'uccello (Cerato, Vassallo, p. 155).
b: Ca' Tron. Paesaggio virtuale durante la fase romana in una navigazione a volo d'uccello (Cerato, Vassallo, p. 157).

Tav. IX – a: Sito PICA. Home Page (Demarchi *et al.*, p. 171).
b: Sito PICA. Sistema cartografico (Demarchi *et al.*, p. 172).

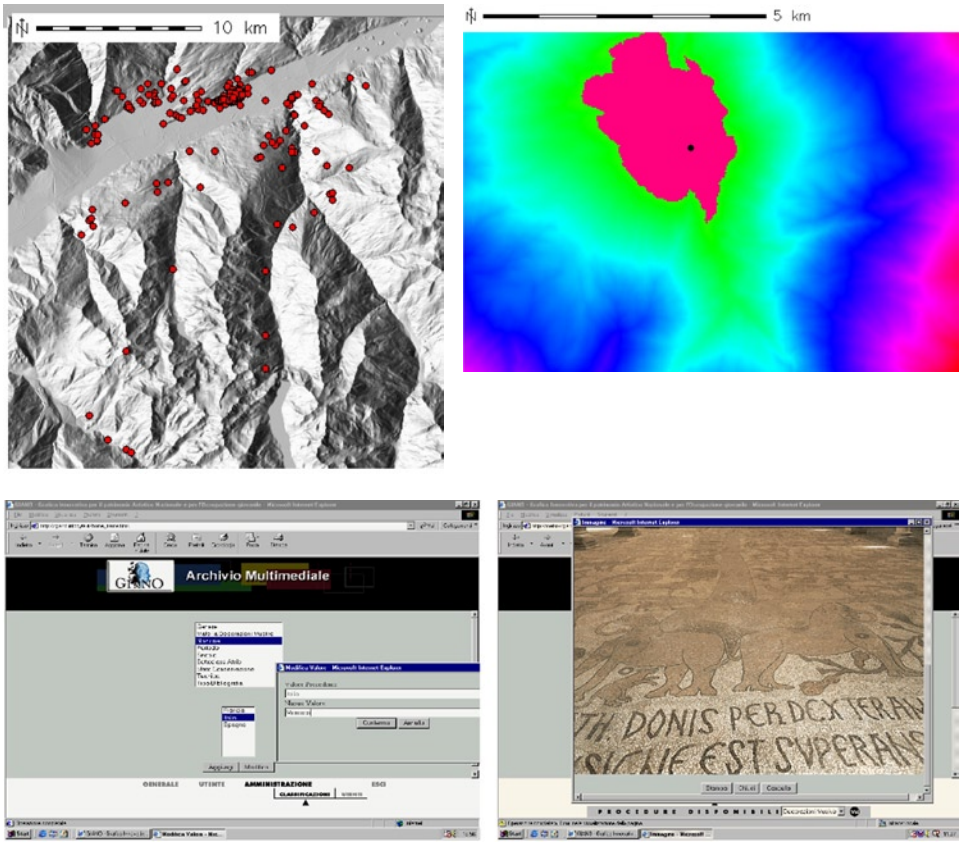


Tav. X – a: Lo scanner NextEngine al lavoro (Callieri *et al.*, p. 179).
b: Il software MeshLab (Callieri *et al.*, p. 181).

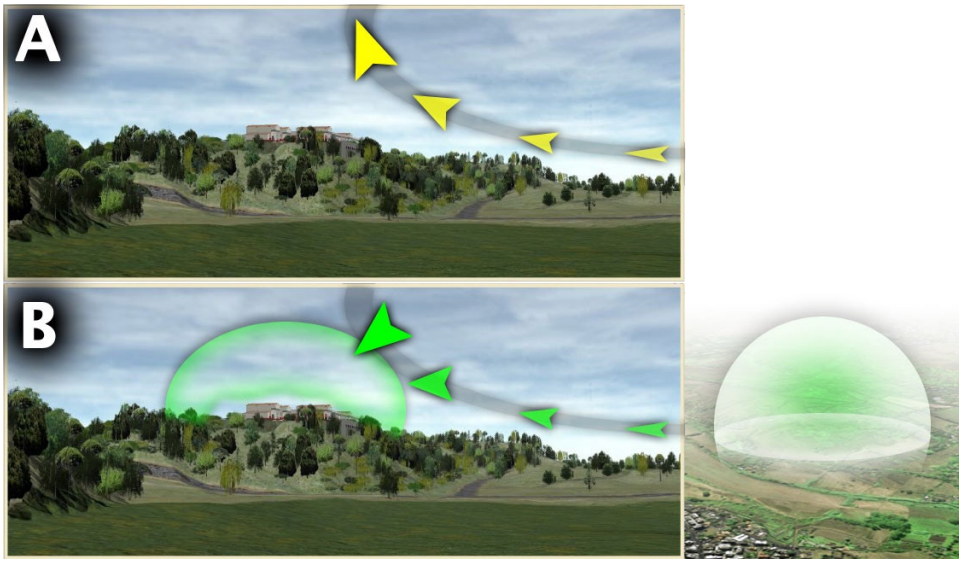
Tav. XI – a: DTM dell'area di Monte Sole con simboli relativi agli eventi verificatisi sul territorio (Felicori *et al.*, p. 201).
b: Fermo immagine della ricostruzione 3D di una casa degli anni '30 (Felicori *et al.*, p. 205).



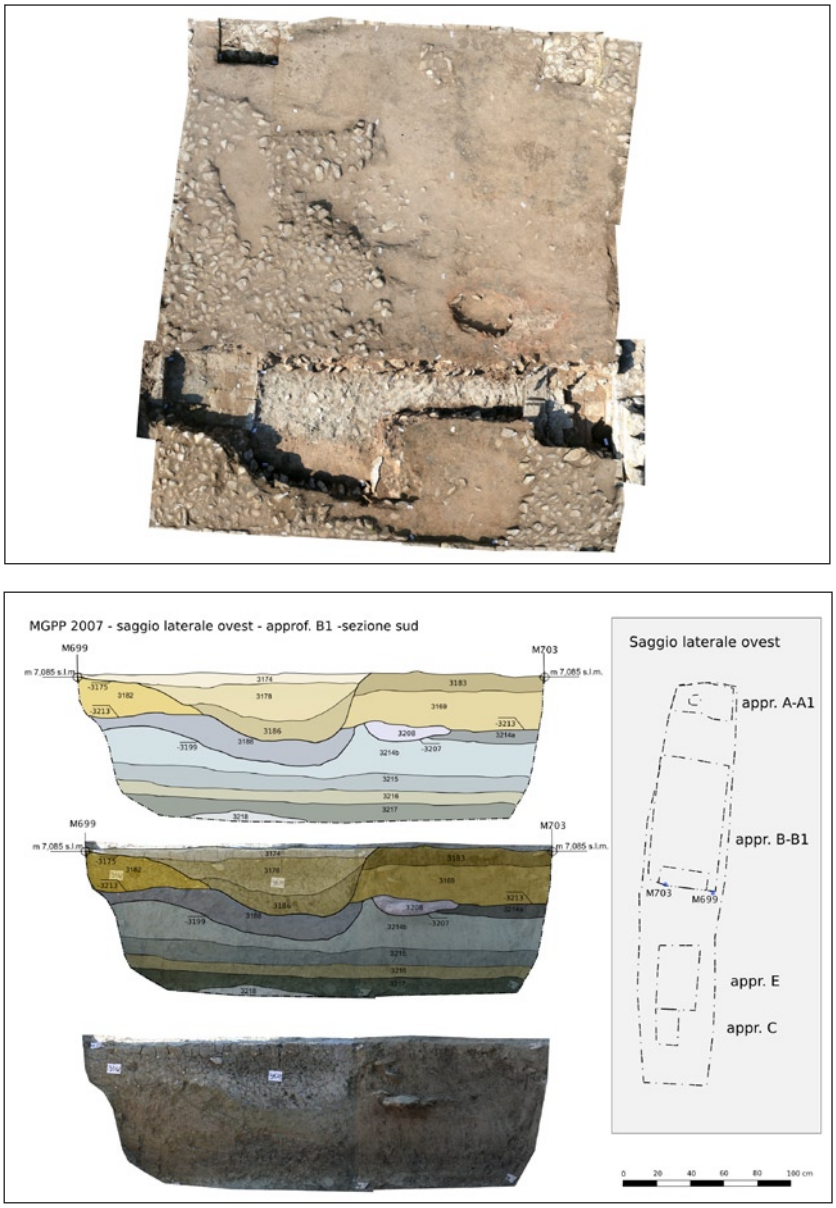
Tav. XII – a: Impostazione della ricerca in pyArchInit (Mandolesi, p. 219).
b: Progetto V.I.R.A.Vista delle procedure di ricerca di una rotta (Laurenza *et al.*, p. 233).



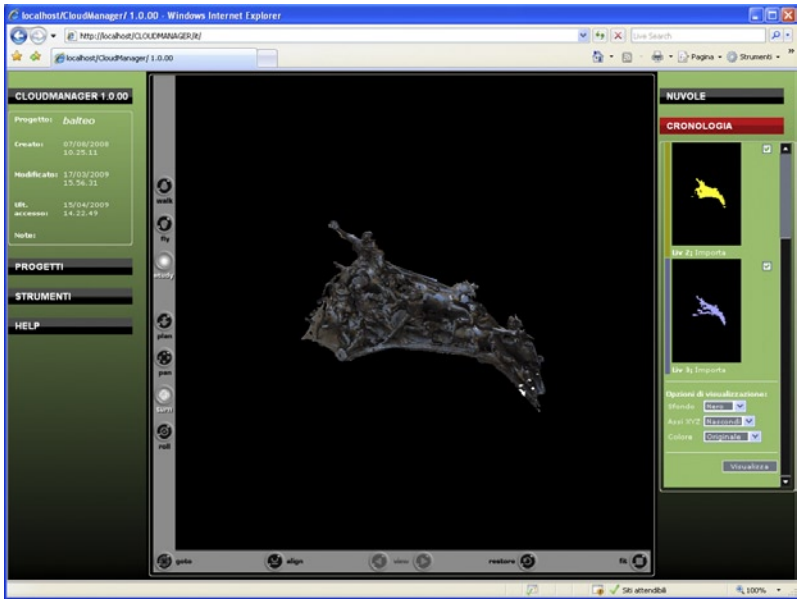
Tav. XIII – a: Hérens, alta Valle del Rodano. DTM con siti archeologici (campione) della zona considerata e buffer creato con il modulo r.catchment intorno ad abitato (altitudine: 840 m; fasi: neolitico-età del bronzo-età del ferro) (Polla, pp. 266-268).
b: Schermate introduttive del 'museo virtuale' del mosaico (Maino, Massari, p. 275).

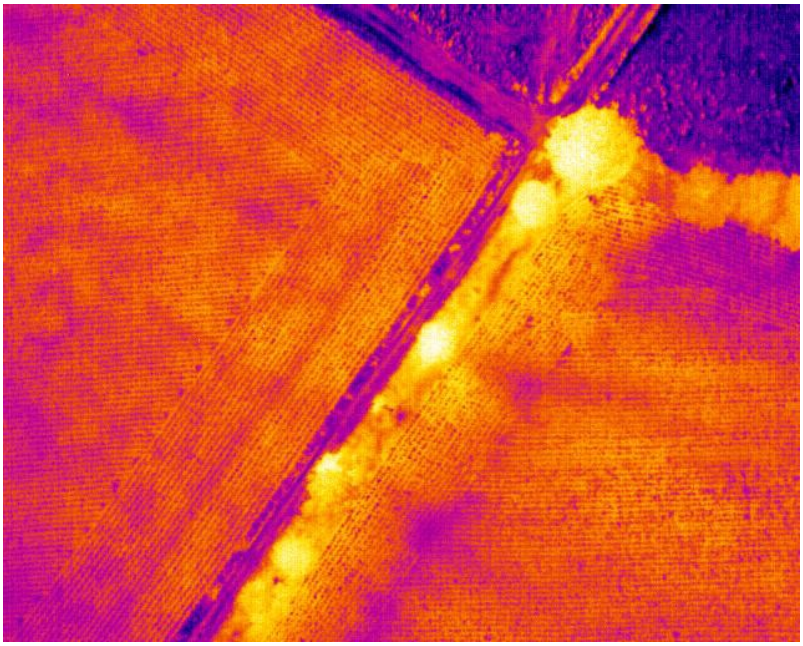


Tav. XIV – a: ViRo. Prossimità con il modello del Ponte Milvio ricostruito (visualizzazione real-time all'interno del plugin OSG4Web) (Fanini, p. 282).
b: Navigazione libera (A), e navigazione assistita con nodi magnetici (B) (Fanini, p. 284).



Tav. XV – a: Montegrotto Terme. Fotomosaico dal Saggio Ex SAV 90-92 (Grossi *et al.*, p. 295).
b: Montegrotto Terme. Sezione dal Saggio Lat W. Elaborazione per pubblicazione (Grossi *et al.*, p. 297).





Tav. XVI – a: Cloud Manager. Interfaccia generale dell'applicazione (Pozzi, Salonia, p. 303).
b: Esempio di analisi change detection con thermographic imaging (Lo Tauro, p. 322).