

RECENSIONI

J. CONOLLY, M. LAKE, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge 2006, Cambridge University Press.

Il nuovo manuale proposto da Conolly e Lake vuole offrire agli archeologi, utenti generici e non specialisti di software GIS, una guida agile e pratica che permetta loro di trarre il massimo vantaggio dall'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici nell'attività quotidiana di ricerca o di gestione dei beni culturali.

Nel capitolo introduttivo, gli autori si propongono di spiegare non solo "come" ma anche "perché" si applicano determinati processi e procedure. Un utilizzo inconsapevole dei software GIS può comportare, infatti, alcune ingenuità nella raccolta, gestione o manipolazione dei dati che può inficiare il risultato finale dell'analisi. L'intenzione, quindi, è di formare un utente che sappia trovare le procedure adatte per rispondere a problemi storico-archeologici ben determinati, anche se questo comporta uno sforzo un pochino maggiore del semplice "spingi il bottone/ottieni il risultato".

Offrendosi come "manuale d'uso" da tenere a portata di mano, vicino al computer, il libro è diviso in capitoli tematici che possono essere consultati anche separatamente a seconda degli specifici bisogni ed interessi del lettore. Per rispettare l'organizzazione e lo scopo del volume anche questa recensione è organizzata per capitoli.

1. *Introduction and Theoretical Issues in Archaeological GIS*. Dopo la presentazione del contenuto del volume e della sua organizzazione, il manuale affronta alcuni problemi teorici imprescindibili nell'utilizzo dei GIS (pp. 3-10).

I Sistemi Informativi Geografici permettono di descrivere la realtà attraverso due tipi di dati fondamentali: gli attributi di un determinato oggetto (numerici o descrittivi) e la sua localizzazione geografica (latitudine, longitudine, quota, rispetto ad un sistema di riferimento relativo o assoluto). La localizzazione in particolare, precisano Conolly e Lake, distingue i GIS da altri tipi di database relazionali. Questo implica la definizione di cosa si intenda per spazio e come lo si voglia descrivere.

Gli autori introducono due concetti fondamentali dello spazio: un concetto assoluto, che vede lo spazio come contenitore dei diversi oggetti, esistente indipendentemente da essi e dominato dalle leggi newtoniane del movimento; un concetto relativo, che definisce lo spazio come la relazione esistente fra i vari oggetti, per cui in assenza di questi mancherebbe il concetto stesso di spazio.

A questi concetti fondamentali si riportano i due tipi fondamentali di strutturazione dei dati GIS (i dati raster, che corrispondono al concetto di spazio assoluto, e i dati vettoriali, che corrispondono al concetto di spazio relazionale) e alcune procedure comuni nella pratica archeologica: il noto diagramma di Harris (il matrix archeologico), ad esempio, applica concetti di topologia, mentre il computo dei frammenti ceramici per quadrati, durante un survey, applica un concetto assoluto di spazio basato sulle geometrie euclidee. Altri problemi teorici affrontati dal Conolly e Lake in questo capitolo sono: il dilemmatico problema se il GIS costituisca uno "strumento" (per cui sarebbe soggetto a diversi problemi teorici se usato in discipline umanistiche o scientifiche) oppure una "scienza" (per cui sarebbe assimilabile al modello del sapere scientifico); e la recente polemica suscitata da critiche post-processualiste circa un pericoloso e rinnovato ritorno dei sistemi GIS al cieco positivismo "processuale".

In questa prospettiva, Lake e Conolly evidenziano gli spunti e i possibili sviluppi della ricerca offerti dal GIS in senso “fenomenologico” come l'utilizzo della *cost-surface*, le sperimentazioni nei vari campi percettivi (visivo e recentemente anche uditivo e olfattivo), nonché le prospettive di ricerca aperte dalla realtà virtuale e dai modelli *agent-based*.

2. *First Principles*. Il secondo capitolo (pp. 12-32) è dedicato alla trattazione dei principi basilari dei Sistemi Informativi Geografici. Il GIS non si limita a produrre buone cartografie, ma permette di produrre nuove informazioni, nuovi concetti e nuove teorie basate sull'analisi spazio-temporale di dati geografici e di attributi alfanumerici.

Come osservano giustamente gli autori, l'abilità del GIS di associare dati spaziali e non spaziali permette di indagare “caratteristiche spaziali” di dati non spaziali come ad esempio la relazione fra determinate caratteristiche di un manufatto e la loro distribuzione geografica. Elementi fondamentali di un GIS sono il software, l'hardware, ma soprattutto l'operatore umano, che deve partecipare alla progettazione e gestione del progetto di ricerca sin dalla sua prima formulazione.

Rispetto alle cartografie tradizionali (statiche, bi-dimensionali, piatte, rigide, difficili da aggiornare e difficili da relazionare a dati non geografici), il GIS offre il vantaggio di archiviare le diverse informazioni in livelli tematici, che possono essere interrogati e analizzati singolarmente oppure in relazione gli uni con gli altri.

Il resto del capitolo è dedicato alla spiegazione di concetti geografici importanti nelle applicazioni GIS (coordinate geografiche, proiezioni e dati geodetici) e delle caratteristiche e delle differenze fondamentali fra i due tipi basilari di rappresentazione digitale (*data model*) dei dati spaziali reali (dati raster verso dati vettoriali).

3. *Putting GIS to Work in Archaeology*. Il terzo capitolo (pp. 33-50) presenta una panoramica delle più comuni applicazioni GIS in diversi ambiti del campo archeologico (gestione dei beni culturali, scavi, archeologia del paesaggio, modelli di simulazione spaziale) con la presentazione e la discussione di casi di studio concreti.

I vantaggi dell'utilizzo di applicazioni GIS nella gestione dei beni archeologici sono enormi (gestione, monitoraggio, modelli predittivi) anche se i costi della migrazione da vecchi sistemi, come i database descrittivi, a nuovi database georeferenziati possono essere enormi in termini di acquisizione di dati spaziali, start-up, implementazione e manutenzione del sistema e formazione del personale. In Inghilterra, come in altri paesi, vi sono stati casi pilota che hanno dimostrato le potenzialità del GIS nella gestione dei beni culturali. Quello che manca, come giustamente suggeriscono Lake e Conolly, sono direttive generali (impartite sia a livello nazionale che europeo) sulla omogeneizzazione e standardizzazione dei dati, sui requisiti e gli standard minimi richiesti, in modo da avere una gestione dei beni archeologici veramente integrata e moderna, basata sulla comunicazione e la collaborazione fra i vari enti e istituzioni.

La diffusione di laptop a basso costo ha sicuramente favorito il crescente utilizzo della stazione totale e del GPS per la raccolta di dati digitali durante l'attività sul campo (scavi e ricognizioni). La disponibilità di elaborazione immediata dei dati, già durante l'attività sul campo, ha parzialmente accorciato la tradizionale distanza temporale fra la raccolta dei dati e la loro interpretazione (attività di scavo e attività di post-scavo, che rimane comunque una differenza concettuale importante). La nuova frontiera delle applicazioni GIS all'attività di scavo rimane la rappresentazione tridimensionale dello spazio, che finora è praticata solo a livello sperimentale, anche se si stanno diffondendo diversi programmi per la visualizzazione dei dati spaziali in tre dimensioni

(cfr. ad es. il software *Paraview*: <http://www.paraview.org/HTML/Copyright.html>). Un altro campo di applicazione molto promettente in questo senso è rappresentato dalle elaborazioni tramite realtà virtuale.

La ricognizione archeologica è un altro campo di applicazione naturale degli strumenti GIS. Conolly e Lake, però, mettono in guardia da errori comuni sia a livello di acquisizione dati che di interpretazione: a) bisogna sempre misurare e tenere in considerazione il margine di errore sia nella registrazione delle coordinate tramite GPS, sia nella digitalizzazione di dati cartografici (anche la differenza di scala va sempre tenuta presente); b) l'utilizzo della tecnologia GIS non assicura una comprensione totale e onnicomprensiva del paesaggio antico, ma l'interpretazione ottenuta tramite lo strumento GIS va sempre commisurata e confrontata con altre fonti di informazione ed altri tipi di interpretazioni (etnografica, storica, etc.).

L'ultima applicazione del GIS all'archeologia, presentata da Conolly e Lake, è la simulazione spaziale tramite modelli digitali. Come spiegano gli autori, la modellazione spaziale si riferisce all'utilizzo di dati geospaziali per la comprensione di una relazione complessa, la predizione di un particolare output o l'analisi di un problema. Rientrano in questa categoria molteplici applicazioni, dalla semplice correlazione statistica della regressione lineare all'elaborazione di complessi modelli predittivi (basati sull'associazione fra determinati siti e certe caratteristiche morfologiche e locazionali – ad esempio elevazione, *slope*, *aspect*, distanza dai corsi d'acqua) per elaborare carte di rischio archeologico. Altri esempi di simulazioni spaziali sono gli studi sulla visibilità, studi sul movimento attraverso il paesaggio, modelli ecologici o analisi quantitative sulla distribuzione dei manufatti per definire i diversi usi dello spazio abitativo. Altro campo di applicazione dei modelli, attualmente in rapido sviluppo (e di cui Lake, in particolare, è uno dei massimi specialisti), è rappresentato dall'uso di modelli di simulazione per comprendere comportamenti decisionali degli uomini del passato di fronte a determinate variabili ambientali (*agent-based simulation models*).

4. *The Geodatabase*. Il quarto capitolo (pp. 51-60) fornisce informazioni sui Sistemi di Gestione dei Dati (DBMS, ossia i software per l'archiviazione, gestione e manipolazione dei dati), necessarie per la creazione di un *geodatabase*, cioè un sistema di archiviazione e manipolazione di dati spaziali e di attributi correlati.

La prima parte del capitolo descrive i diversi tipi di struttura dei database (semplici, relazionali o *object-oriented*) e si sofferma sui database relazionali, e in particolare sulle regole di normalizzazione (eliminazione di ridondanze e dati nulli) e sui successivi passaggi necessari alla creazione di un database relazionale contenente attributi (ideazione del modello concettuale; implementazione; creazione di un'interfaccia per l'utente; decisioni sul sistema di archiviazione fisica delle informazioni).

La seconda parte del capitolo è dedicata alla definizione e distinzione fra dati raster e vettoriali e alle modalità di archiviazione dei diversi tipi di dati, anche se la struttura dei database di dati spaziali generalmente rimane nascosta “dietro le quinte” nei più comuni pacchetti GIS e non può essere manipolata direttamente dall'utente.

5. *Spatial Data Acquisition*. Il quinto capitolo (pp. 61-89) ha un intento prettamente tecnico, in quanto esamina le diverse modalità di acquisizione e strutturazione dei dati in modo da utilizzare al massimo le potenzialità di visualizzazione e di analisi del GIS.

Conolly e Lake distinguono fra dati acquisiti in modo primario (dati acquisiti sullo scavo tramite stazione totale, in ricognizione tramite GPS o immagini acquisite

tramite remote sensing) o secondario (dati da mappe cartacee o digitali). Nel capitolo vengono così descritte le caratteristiche e le modalità di acquisizione dei dati primari e secondari e viene illustrato come combinare i due diversi tipi di dati, minimizzando al massimo gli errori dovuti all'integrazione di dati di origine diversa (primaria e secondaria).

6. *Building Surface Models*. Il sesto capitolo (pp. 91-109) è dedicato alle tecniche di elaborazione dei modelli tridimensionali della superficie terrestre (*DEM, Digital Elevation Model*) a partire da diversi tipi di dati (curve di livello, dati di elevazione con distribuzione random, etc.) tramite la tecnica di interpolazione più adatta ai dati di partenza e ai risultati che si vogliono ottenere dall'analisi.

Fra i metodi di interpolazione globale, gli autori presentano la *trend surface analysis* «in which a mathematical surface is fitted to a spatial distribution of quantitative attribute values». Questo metodo è utile per evidenziare trend generali nei dati, ma produce valori scarsamente predittivi sulle variazioni locali, per cui corre il rischio di semplificare con troppa approssimazione fenomeni più complessi. Per una trattazione più approfondita di questa tecnica di interpolazione e del suo uso nell'analisi dei dati archeologici, Conolly e Lake rimandano a Hodder e Orton (*Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge 1976, 155-174) e ad alcuni casi esemplificativi.

Più adatti per ottenere dati corretti a livello di variazione locale sono i metodi di interpolazione locale, come l'interpolazione lineare con peso inverso alla misura della distanza o il metodo cosiddetto degli *splines*. Si tratta di due metodi di interpolazione che operano a livello generale (e gli *splines* in particolare producono un *DEM* esteticamente apprezzabile); il loro svantaggio è che non è possibile quantificare esattamente l'aderenza del modello alla realtà effettiva. Nel caso di una scarsa autocorrelazione positiva fra i punti e di una densità e distribuzione irregolari, il metodo più adatto è quello cosiddetto del *kriging*. In questo caso metodi geostatistici per stimare il grado di variazione spaziale e di autocorrelazione aiutano a impostare i parametri più adatti per ottenere il risultato più corretto e calcolano un valore di errore associato ad ogni singolo valore predetto. Anche in questo caso Conolly e Lake forniscono utili riferimenti a trattazioni più approfondite del tema e a diversi casi applicativi in campo archeologico.

Il resto del capitolo propone diversi metodi per giudicare l'accuratezza di un *DEM* e suggerisce alcune tecniche e alcuni software specifici per derivare un *DEM* da curve di livello: il *TIN* o *Triangulated Irregular Networks*, l'interpolazione lineare tramite GRASS GIS, e l'algoritmo TOPOGRID di ArcInfo.

7. *Exploratory Data Analysis*. Il capitolo settimo (110-148) esamina alcuni metodi di interrogazione e analisi dei dati geospaziali (*Exploratory Data Analysis*) sulla base della loro localizzazione e dei loro attributi: a) la query o selezione di un sottogruppo di dati sulla base di determinati criteri selettivi; b) la classificazione, che fa riferimento al raggruppamento di dati all'interno di determinate categorie, sulla base di comuni caratteristiche quantitative o qualitative; c) alcuni metodi di classificazione di immagini multispettrali satellitari (remote sensing).

Le query possono essere di attributi, topologiche o di distanza. Il linguaggio più comune per costruire query di attributi è il linguaggio SQL, mentre le query topologiche e di distanza generalmente vengono eseguite tramite apposite interfacce grafiche. Dopo averne illustrato i principi fondamentali, Conolly e Lake offrono un esempio pratico in cui query di attributi e query spaziali vengono usate per analizzare dati archeologici. Un ausilio importante nell'analisi dei dati è offerta dai test statistici che permettono di analizzare, chiarificare e verificare la significatività delle eventuali

correlazioni osservate fra le variabili. In particolare, gli autori presentano alcuni test non parametrici (*Chi-squared test*, *Wilcoxon (Mann-Whitney) Test*, *Kolmogorov-Smirnov test*), che non implicano alcuna conoscenza dei parametri di distribuzione della variabile in esame nell'ambito della popolazione data, e un test parametrico (lo *Student's test*), che invece implica una distribuzione normale del campione preso in esame.

Nella parte finale del capitolo vengono presentate alcune tecniche di classificazione qualitativa (mappe di dispersione in base a particolari attributi, modelli basati sulla riclassificazione di dati qualitativi in classi di intervalli ordinati) e quantitativa (classificazioni in base ad una sola variabile e classificazioni multivariante, con esempi specifici di applicazione alle immagini multispettrali).

8. *Spatial Analysis*. Nel capitolo ottavo (pp. 149-186) viene presentata una rassegna di metodi di analisi spaziale, partendo da quelli più tradizionali (regressione lineare, autocorrelazione spaziale, *cluster analysis*), per arrivare a più recenti applicazioni specifiche per l'archeologia (*Ripley's K*, *kernel density estimates*, *linear logistic regression*). L'ultimo paragrafo del capitolo è dedicato ai modelli predittivi, ossia al metodo di elaborare carte di probabilità di presenza di siti archeologici in aree non ancora investigate, sulla base di analisi quantitative delle caratteristiche locazionali di siti di un'area sottoposta a ricognizione.

9. *Map Algebra, Surface Derivatives and Spatial Processes*. Il nono capitolo (pp. 188-206) esamina diverse operazioni che si possono compiere su dati raster (dati a struttura continua), come la *map algebra*, il calcolo di superfici derivate (vengono presentate non solo derivate ormai tradizionali di primo ordine come *slope* e *aspect*, ma anche derivate di secondo ordine come *profile and plan-convexity*, che possono offrire nuovi utili spunti ad investigazioni più "fenomenologiche" del paesaggio antico), e infine l'applicazione di filtri spaziali (*smoothing*, *edge detection*).

Nella parte finale del capitolo viene discussa la costruzione di un modello innovativo per simulare un processo di erosione del suolo, che potrebbe essere particolarmente utile per usi archeologici.

10. *Regions: Territories, Catchments and Viewsheds*. Nel decimo capitolo (pp. 208-233) Lake e Conolly affrontano il problema delle "regioni", in particolare di come sia possibile definire delle regioni i cui confini non sono noti *a priori* prima dell'analisi.

Regioni geometriche possono essere ottenute mediante *buffers*, *tessellation*, etc. Questi tipi di partizioni dello spazio rappresentano partizioni ideali e sono state criticate perché non tengono conto delle caratteristiche reali del terreno. Un modo per ovviare a questo limite è quello di attribuire un "peso" ai punti di una "tessellazione", in base ad esempio alla popolazione dei centri o alla presenza di un centro religioso. Il GIS permette anche di tenere conto delle caratteristiche del terreno (tramite il calcolo di *cost-surfaces*) in modo da ottenere quelle che Conolly e Lake chiamano regioni topografiche.

Un'altra funzione divenuta molto comune nell'uso dei GIS è l'applicazione delle analisi di visibilità (*single viewshed*, *multiple viewshed*, *cumulative viewshed*); esse comportano una serie di problemi (computazionali, sostanziali e teorici) che vengono puntualmente analizzati dagli autori nel loro manuale.

11. *Routes: Networks, Cost Paths and Hydrology*. Il tema affrontato nel capitolo undicesimo (pp. 234-262) è quello della comunicazione e delle interconnessioni fra i vari nodi di un sistema complesso (network). Nell'ambito di un network è possibile

analizzare i flussi commerciali o le vie di comunicazione; è possibile inoltre misurare il grado di connessione del network stesso o il grado di centralità dei diversi nodi.

Il calcolo di percorsi che tengano conto della morfologia del suolo e delle difficoltà di attraversamento (*least-cost path*) può essere utile per individuare possibili percorsi antichi fra due punti noti o per completare il tracciato di percorsi parzialmente conosciuti. L'analisi dell'idrologia prevede, invece, non solo le semplici analisi che usano i corsi dei fiumi come dati vettoriali, ma anche analisi più complesse basate sul calcolo di mappe di "drenaggio" (*Local Drainage Direction: LDD*) che tengano conto della direzione di spostamento dell'acqua.

12. *Maps and Digital Cartography*. Il capitolo dodicesimo (pp. 263-278) affronta un problema di non secondaria importanza come la presentazione dei dati e delle analisi attraverso appropriate convenzioni cartografiche. Vengono illustrate le caratteristiche essenziali di una mappa efficace (titolo, scala, legenda, orientamento) e vengono presentate diverse tipologie di cartografie tematiche (*choropleth*, distribuzione continua, mappa a simboli proporzionali, densità di punti e isaritmica). Infine gli autori esaminano i vantaggi e gli svantaggi della pubblicazione di cartografie interattive tramite modalità multimediali (CD-ROM e Internet).

13. *Maintaining Spatial Data*. Il tredicesimo e ultimo capitolo (pp. 279-288) fornisce indicazioni e standard per la compilazione di appropriate informazioni che illustrino la natura e la struttura dei dati prodotti (metadati). Questi forniscono all'utente informazioni essenziali sulla natura dei dati, quando sono stati creati, le modalità di aggiornamento, l'autore, le fonti originali dei dati e come è possibile ottenere ulteriori informazioni.

Il mantenimento di questo tipo di informazioni è essenziale per assicurarne la longevità e consentirne un corretto utilizzo e una coerente interpretazione.

Il manuale di Lake e Conolly presenta una ricchezza e una varietà tematica notevole, anche se a volte lo spazio dedicato a ciascun tema appare piuttosto ridotto. La ricchezza di citazioni e rimandi bibliografici permette comunque di ovviare a questo problema, offrendo numerose possibilità di approfondimento su singole tematiche. Alcuni aspetti risultano poi più approfondite di altri, forse in base agli specifici interessi di ricerca degli autori (per esempio gli *agent-based models* rispetto ai *neural network models*, per cui si può rimandare agli studi di J.A. Barceló), ma nel complesso i temi sono ben bilanciati e ben presentati.

Il manuale è ricco non solo di approfondimenti teorici, ma anche di particolari tecnici e casi applicativi che mostrano gli effettivi vantaggi dell'applicazione dei GIS all'archeologia. Pur tenendo conto di un lettore non specialista, il linguaggio è inevitabilmente tecnico-scientifico, ma la ricchezza dei casi applicativi e un utile glossario costituiscono un grosso aiuto per il lettore comune. Nel complesso il volume è riuscito nel suo intento: offrire un agile manuale di consultazione per introdurre il lettore all'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici in archeologia, mettendolo in guardia da rischi e pericoli e offrendo molti spunti di riflessione per ulteriori approfondimenti.

Rispetto ad altri manuali recentemente pubblicati (M. Forte, *I Sistemi Informativi Geografici in archeologia*, Roma 2002, MondoGIS; D. Wheatley, M. Gillings, *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Application of GIS*, London 2002, Taylor & Francis), il volume di Conolly e Lake costituisce una buona vetrina delle applicazioni esistenti nel panorama internazionale, di cui offre un ricco apparato di riferimenti bibliografici.

FRANCESCA FULMINANTE

S. CAMPANA, R. FRANCOVICH (eds.), *Laser scanner e GPS: paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1, Atti del I Workshop (Grosseto 2005)*, Firenze 2006, Edizioni All'Insegna del Giglio.

Il volume ospita gli atti di un nuovo ciclo di workshop promosso dal Dipartimento di Archeologia e Storia delle arti dell'Università di Siena intorno al tema "Paesaggi archeologici e Tecnologie digitali". Nell'introduzione S. Campana e R. Francovich esprimono in modo efficace come, alla prima fase di assimilazione dei GIS come strumento di gestione del dato archeologico, debba ancora seguire una seria e approfondita riflessione sulle potenzialità di tali sistemi come strumenti di analisi. Neppure sull'uso dei GIS per la gestione del dato, però, come viene ricordato dagli stessi organizzatori, c'è ancora chiarezza sui metodi e sui contenuti.

A tal proposito mi preme sottolineare che, se da una parte vi è chi ancora guarda con sospetto alle tecnologie applicate all'archeologia, dall'altra, purtroppo, vi è anche chi aderisce in modo superficiale ad istanze innovative senza che, però, se ne sia compreso appieno il potenziale informativo e scientifico. Non basta usare un software GIS per dire che si dispone di un sistema GIS: la componente I (informativa) spesso manca o è mal strutturata e quanto alla componente G (geografica) più volte è imprecisa per il metodo di rilevamento adottato. Conforta vedere espressa (p. 17) con tanta autorevolezza la preoccupazione che riguarda il presente e l'immediato futuro di tanti sistemi GIS proprio in relazione alla scarsa affidabilità geografica di dati inseriti al loro interno e alla mancanza di metadati.

Il primo incontro, svoltosi presso la sede di Grosseto, ha avuto per oggetto proprio uno dei problemi menzionati, ovvero la correttezza di misurazioni e posizionamento assicurate anche dal ricorso a dispositivi come il laser scanner e il GPS, specie se usato in modalità differenziale, rimandando al prossimo futuro la discussione su contenuti e metodologie dei sistemi informativi territoriali di tipo archeologico.

Applicazioni laser scanner

Nonostante la complessità dell'argomento affrontato, la scelta e l'assortimento dei contributi di questa sezione offrono al lettore, con gradualità, i mezzi per comprendere il funzionamento di tali dispositivi, nonché una buona panoramica dello stato dell'arte in Italia che possa fungere da stimolo per ricerche future. La disamina dei casi studio spazia dalla scansione tridimensionale di manufatti, al rilievo architettonico – la maggior parte delle applicazioni illustrate riguarda proprio tale settore – al rilievo stratigrafico per arrivare fino alla modellazione tridimensionale dei paesaggi. È sempre ben evidenziato come, vista la complessità di gestire e trattare nuvole di milioni di punti, al passaggio di scala sia sempre opportuno avvalersi di altre tecniche di rilevamento utilizzando il laser scanning essenzialmente per il rilievo di strutture e monumenti di particolare importanza o interesse storico-archeologico. Andando al di là del rilievo per esigenze scientifiche si ritiene che, nell'immediato, un campo di applicazione sicuramente fortunato del laser scanning sarà di fornire le basi per ricostruzioni tridimensionali e realtà virtuale.

La sessione è aperta da due contributi che fungono da introduzione alla tematica, affrontandola il primo sotto l'aspetto concettuale-scientifico e il secondo sotto l'aspetto tecnico-applicativo. M. Forte (*Tra conoscenza e comunicazione in archeologia: considerazioni in margine alla terza dimensione*) ripercorre le dinamiche dei processi cognitivi, i rapporti esistenti tra conoscenza e comunicazione e ribadisce l'importanza della percezione della terza dimensione nella conoscenza dell'ambiente circostante. Indagando questi temi lo studioso illustra, tra le altre cose, come, in maniera speculare a quanto accade

nel mondo reale, modelli digitali tridimensionali possano veicolare un maggior numero di informazioni e, pertanto, accelerare i processi di apprendimento. Alla realizzazione di tali modelli contribuiscono in fase di input tecniche di documentazione e modellazione tridimensionale, in fase di output tecnologie di realtà virtuale. Per mantenere intatto il potenziale informativo di tali modelli è indispensabile non spezzare il processo univoco e multidisciplinare che lega la conoscenza alla comunicazione.

Molto utile sotto il profilo tecnico e metodologico è il saggio di R. Scopigno dell'ISTI del CNR (*Gestione efficiente dei dati prodotti dai sistemi di scansione tridimensionale*). Dopo aver chiarito cosa si intende con modello 3D e aver illustrato caratteristiche tecniche e funzionamento dei principali dispositivi hardware di scansione 3D, l'autore passa alla trattazione del *focus* principale del contributo: i passaggi necessari all'elaborazione dei dati grezzi al fine di ottenere un modello digitale tridimensionale di un oggetto reale. L'ISTI ha sviluppato un software dedicato (*Easy3Dscan*) e una serie di moduli aggiuntivi funzionali all'allineamento delle *range maps* (ovvero le matrici 2D dei punti rilevati), alla semplificazione geometrica del modello 3D ricavato dalla fusione delle *range maps* e, infine, a rendere "l'apparenza visiva" del modello il più possibile conforme alla realtà. L'applicativo si è dimostrato molto più veloce e potente, in termini di gestione di grosse quantità di dati, rispetto ai software commerciali. Il saggio si conclude con una disamina delle possibili applicazioni di queste tecnologie nel campo dei beni culturali, ad esempio nella visualizzazione interattiva – per la quale sono stati sviluppati dall'ISTI due software dedicati *Easy3D View* e *Virtual Inspector* – nella catalogazione ma, soprattutto, in altri due settori di grande attualità: il restauro e la ricostruzione virtuale.

Con il contributo successivo (*3D laser scanner in integrated analyses of archaeological sites*) cambia la "scala" di intervento. C. Alessandri e F. Uccelli illustrano le potenzialità del 3D laser scanning nella messa a punto di modelli tridimensionali di aree o monumenti archeologici. Attraverso le esperienze discusse (Pompei e Benevento), viene sottolineata la velocità e la precisione dei rilievi effettuati e la possibilità di disporre, oltre che di dati metrici corretti, di una banca dati digitale consultabile ai fini del restauro e della conservazione. La natura eterogenea degli interventi condotti a Pompei ha permesso di definire i parametri di accuratezza nell'acquisizione dei dati a seconda dell'oggetto della scansione (griglia a passo più ampio per rilievi a scala urbana, a passo più piccolo per rilievi di tipo architettonico, inferiore a mezzo millimetro per il rilievo di dettagli decorativi). Nel rilievo dell'Arco di Traiano a Benevento si è scelto di usare due laser scanner differenti (Cyrax HDS 2500 e Vivid Minolta VI-900) per avere la soluzione tecnica di volta in volta più adeguata alle limitazioni imposte da condizionamenti esterni. In parallelo alla scansione del manufatto si sono effettuate analisi spettrofotometriche delle superfici litiche, integrando le due classi di dati in un modello altamente qualificato per le esigenze conservative.

Il laser scanner è solo una delle varie tecniche e strumentazioni impiegate in maniera integrata dall'équipe dell'ITABC del CNR coordinata da M. Forte (*Dal laser scanner alla realtà virtuale: metodologie di ricostruzione per il paesaggio archeologico*, M. Forte, E. Pietroni, S. Pescarin, C. Rufa) nell'ambito del Progetto Appia antica. Il lavoro è improntato a due finalità precipue: il rilevamento topografico e architettonico dei monumenti anche ai fini del censimento entro un sistema GIS e la creazione di applicazioni di realtà virtuale per "comunicare" al pubblico il paesaggio archeologico in modo efficace e scientificamente valido. Nel contributo viene illustrato il ricorso a tecniche e strumentazioni di volta in volta differenti a seconda delle caratteristiche tecniche e dell'importanza storico-archeologica del monumento da rilevare, ma anche in virtù del livello di dettaglio (LDQ) da raggiungere per una determinata classe di "oggetti" piuttosto che per un'altra. È così che nel caso di realtà meno complesse si è

fatto ricorso alla fotomodellazione 3D piuttosto che al laser scanning, procedendo in maniera più spedita e ottenendo modelli più leggeri e più agevolmente “navigabili” entro un sistema real-time o un browser web. Rilievi tramite laser scanner, stazione totale e fotogrammetria terrestre sono stati, invece, effettuati nel caso di strutture più importanti, come il Ninfeo di Egeria e la Chiesa di S. Urbano/Tempio di Cerere e Faustina. Tutti i modelli ottenuti sono stati trattati all’interno di un programma di grafica 3D (*3D Studio Max*) insieme al modello digitale del terreno elaborato in ambiente GIS. A partire da questa base, tramite software OpenGL, si è costruito un modello virtuale del paesaggio archeologico di una porzione del Parco che fornisce contenuti culturali differenti a seconda della scala di visualizzazione prescelta. Il “Museo narrativo” offre al visitatore la possibilità di interrogare i monumenti accedendo ai relativi contenuti scientifici e permette di navigare nel modello limitatamente a taluni manufatti (come il Ninfeo di Egeria), cambiando il livello di dettaglio delle informazioni e dei dati visualizzati.

Nel contributo seguente (*Il rilievo delle archeologie monumentali: esperienze del laboratorio di rilievo della Sezione Architettura e Disegno di Firenze*), attraverso la messa a confronto di due esperienze di rilievo differenti per tempo a disposizione, complessità e accessibilità dei monumenti, M. Bini e G. Verdini dimostrano come architetti e tecnici rilevatori siano stati ormai indotti a ripensare anche ai metodi classici di rilievo proprio dall’introduzione di strumenti così potenti come il laser scanner. I risultati più interessanti ottenuti a seguito di una serie di sperimentazioni condotte a riguardo dal Dipartimento di Progettazione dell’Architettura dell’Università di Firenze sono, sicuramente, l’estrazione di immagini bidimensionali dalla nuvola di punti – di rapida esecuzione ed efficace in termini di comunicazione – e il ricorso ad una nuvola di punti rada eseguita nel rilievo topografico che funga da riferimento per l’allineamento delle varie scansioni.

Ricco di spunti il saggio *‘Prima della sbazzatura’. Modelli numerici per l’interpretazione dei sistemi produttivi dell’edilizia medievale amiatina: la cava di pietra di Gravidona (Monte Amiata-Toscana)* di M. Nucciotti, D. Peloso, E. Pruno. Il caso studio dei sistemi produttivi dell’edilizia medievale del Monte Amiata dimostra come un’équipe di archeologi, una volta assimilata una nuova tecnologia, possa trasformarla in utile strumento di ricerca finalizzato a rispondere a quesiti di tipo storico ed archeologico. Attuando una strategia di rilievo differenziata per “classi di oggetti” differenti, il gruppo di ricerca è riuscito ad utilizzare al meglio le potenzialità informative del laser scanner impiegandolo per l’analisi e lo studio dei siti estrattivi. Le tracce negative lasciate dall’attività di cava possono essere documentate in maniera oggettiva ed esaustiva proprio tramite laser scanning e solo in seguito venire riconosciute e studiate. Si è avviata anche la sperimentazione dell’uso integrato di rilievi effettuati con laser scanner e della fotogrammetria nello studio di *markers* cromatici osservabili sui materiali da costruzione in opera per individuare le aree da cui gli stessi sono stati cavati ottenendo, in via indiretta, una datazione indiziaria della cava stessa.

Già matura e ben articolata l’esperienza attuata nel campo delle applicazioni laser scanner dal LIAAM (Laboratorio di Informatica Applicata all’Archeologia Medioevale) dell’Università di Siena che si conferma tra i più importanti punti di riferimento nell’applicazione, ma soprattutto nella sperimentazione di nuove tecnologie nell’indagine archeologica. M. Peripimeno ne offre una panoramica (*Sperimentazione di tecniche 3D laser scanning in archeologia: l’esperienza senese*): partendo dalla documentazione tridimensionale di manufatti archeologici realizzata con laser scanner 3D Minolta VI-900, passa ad illustrare, tramite una serie di casi studio, l’uso di un altro strumento, a lunga gittata (iQsun della casa tedesca iQvolution) per il rilievo di strutture architettoniche e di stratigrafie archeologiche. A riguardo viene fornita una serie di considerazioni tecni-

che sull'efficacia dello strumento in presenza di diverse condizioni di luce, nonché utili suggerimenti sulla pianificazione del rilievo e sul trattamento delle nuvole di punti. I dati così rilevati sono stati adoperati per realizzare ricostruzioni virtuali tramite il software 3D Maya utili a comunicare in maniera più efficace i risultati dell'indagine archeologica.

L'ultimo intervento di questa sessione del workshop (*Acquisizione 3D e modellazione di un grande plastico di Roma Antica*) di G. Guidi, B. Frischer, M. De Simone, M. Russo, L. Loredana Micoli, A. Spinetti, L. Crosso è dedicato ad un progetto di cooperazione internazionale che ha avuto per oggetto la realizzazione di un modello digitale tridimensionale del plastico di Roma antica conservato presso il Museo della Civiltà Romana. Il modello, di grande precisione, ha fornito il "paesaggio virtuale" entro cui inserire i modelli digitali di alcune aree e monumenti romani di particolare rilievo (Colosseo, Circo Massimo, etc.). La digitalizzazione del plastico presentava non pochi problemi, primo fra tutti il fatto di svilupparsi per una grande estensione con edifici alti pochi cm. ma ricchi di dettagli e, in secondo luogo, l'essere collocato in una posizione che ha condizionato fortemente le attività di rilevamento. Gli autori espongono in modo analitico gli algoritmi, gli strumenti e le procedure seguite per fronteggiare tali difficoltà.

In sede di pubblicazione, i curatori del volume hanno voluto inserire l'interessante contributo di S. Crutchley (*Using Lidar in archaeological contexts: The English Heritage experience and lessons learned*), non presente al workshop, perché venissero illustrate le straordinarie prospettive aperte dall'impiego di laser scanner aviotrasportati nell'analisi del paesaggio. A partire dal 2001 si è reso, infatti, disponibile per usi civili il Lidar (Light detection and ranging), un dispositivo in grado di misurare le distanze in base al tempo impiegato dal laser a raggiungere un target e a tornare indietro. Tale strumento è in grado di raggiungere precisioni submetriche e riesce anche a neutralizzare l'effetto di schermatura della morfologia indotto da coperture vegetative abbastanza dense. Dopo la fotointerpretazione e il remote sensing, il Lidar si propone come una metodologia innovativa nello studio della geomorfologia del terreno e nell'individuazione di tracce da sopravvivenza come illustrato da alcuni dei casi studio discussi dall'autore. L'utilità di questa strumentazione è innegabile; dalla lettura del contributo non si evince, però, se si tratti di una tecnologia trasportabile in altri contesti e a fronte di quali costi.

Applicazioni GPS

Nonostante i dispositivi GPS siano disponibili sul mercato da tempo, in Italia l'uso nel campo delle ricerche topografiche stenta ancora ad affermarsi. La sessione dedicata alle applicazioni GPS contiene indicazioni tecniche, disamina di casi studio differenti per metodi di intervento, per complessità e problemi affrontati: tutti strumenti che permettono al lettore di formarsi un'idea sulle potenzialità – molte – e i limiti – pochi – del ricorso a tali dispositivi nel rilevamento topografico. Con la massiccia implementazione di dati all'interno di sistemi GIS condotta negli ultimi anni, talora in modo acritico, diviene sempre più urgente la necessità di un approccio orientato ai dati e alla loro condivisione. Una soluzione per garantire la correttezza del rilevamento nonché il recupero del patrimonio informativo pregresso ("re-survey") può essere anche il ricorso al DGPS (GPS con correzione differenziale del dato rilevato). Si tratta di un dispositivo che garantisce precisione nel posizionamento e nelle misurazioni, assicurando agilità, velocità e praticità nell'uso, non sempre consentite da altri tipi di strumentazioni. In più occasioni viene, comunque, dimostrata l'opportunità, da tempo già ribadita nella letteratura scientifica, di padroneggiare le principali tecniche di rilevamento, curandone l'integrazione.

A tal proposito, si vuole sottolineare che, mentre è indubbia l'efficacia del DGPS nella realizzazione di micro-modelli tridimensionali del terreno (specie laddove non si disponga di cartografie di base aggiornate e ad una scala adeguata di rappresentazione,

come è accaduto per alcuni dei casi studio esaminati in questa sede) tramite il rilievo in modalità cinematica, non si ritiene, invece, che al momento tale dispositivo possa sostituire l'efficacia della fotorestituzione finalizzata all'individuazione delle anomalie del terreno e alla realizzazione del microrilievo supportata dalla stazione totale.

La sessione in esame si apre con un contributo di carattere introduttivo (*Il sistema GPS per il rilevamento del territorio: potenzialità e limiti dei diversi metodi di acquisizione*) a cura di F. Colosi, R. Gabrielli e A. Lazzari dell'ITABC del CNR, in cui vengono esposti i risultati di una serie di verifiche sistematiche condotte al fine di rilevare accuratezza ed efficacia dei sistemi GPS per il rilevamento di posizione e quote relativamente a tre fattori: classi di prodotto (GPS palmare o GPS topografico); metodo di posizionamento (assoluto o differenziale); modalità di acquisizione (statico, statico rapido, cinematico, etc.). Purtroppo, nel commentare le figure che ripropongono su base cartografica gli scarti nelle misurazioni – illustrati eloquentemente anche nelle tabelle di coordinate – si fa riferimento a colori e a gradazioni di grigio poco percepibili nella resa a stampa. Nel raffrontare i dati si evidenziano costi e benefici di sistemi, metodi e modalità differenti in modo da agevolare la scelta delle soluzioni più efficaci a seconda delle finalità della ricerca. In tutti i casi studio discussi, emerge sempre, anche quando è sussidiaria all'impiego di altre tecnologie, l'importanza del sistema DGPS come strumento che garantisce precisione e velocità di rilevamento (cfr. mura di Cuma e/o ancoraggio alle coordinate geografiche del mosaico di foto aeree finalizzate alla restituzione del castello di al-Wu'ayra, Giordania).

Ruota solo in parte attorno all'impiego del DGPS l'intervento successivo (*Sentieri di Guerra e 'Archaeology of the mind': percorsi per vecchi scarponi e per la mente...*) di A. De Guio, A. Betto, P. Kirschner, V. Manzon, D. Zambon che si occupano, con entusiasmo, delle nuove frontiere aperte dall'"Archeologia della guerra", soprattutto adesso che anche le normative nazionali e locali riconoscono il valore storico della Grande Guerra e promuovono la tutela e la valorizzazione del paesaggio bellico. Il contributo, un po' appesantito da digressioni di carattere storico e di strategia militare, risulta interessante dal punto di vista metodologico. L'impiego di tecniche d'indagine squisitamente archeologiche (microrilievo tramite GPS, remote sensing, fotointerpretazione e fotorestituzione, survey, emiscavo) in una serie di "scenari" di tipo e complessità differenti, ha dimostrato la piena efficacia di queste metodiche per l'analisi, la conservazione e la valorizzazione di paesaggi di grande rilievo storico e culturale. Particolarmente interessante è l'interazione tra il microrilievo GPS e l'analisi e la restituzione finalizzata del ricco materiale aerofotografico, che ha permesso di validare il lavoro svolto sul campo, di interpretare anomalie e colmare lacune di conoscenza dovute alla mancata conservazione di manufatti e infrastrutture belliche.

Segue l'intervento dell'organizzatore del workshop, S. Campana (*DGPS e Mobile GPS per l'archeologia dei paesaggi*), che offre una panoramica delle pluralità di intervento e di approccio al rilevamento del paesaggio archeologico che prevedono l'uso del GPS, essenzialmente in modalità differenziale. In modo chiaro vengono sintetizzate le procedure di correzione differenziale: post-processamento oppure real time tramite la trasmissione dei dati dalla stazione reference al rover oppure tramite segnale GSM/GPRS; nell'ultimo caso la praticità è data dal disporre di un unico dispositivo che riceve, elabora e corregge i dati. Vengono poi analizzate le performance di GPS a frequenza singola e doppia in relazione all'ampiezza della *base line* delle stazioni di riferimento (una stazione fissa è stata impostata anche presso il Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena). Ne vengono poi sottolineate le potenzialità di strumento di rilevamento agevole e flessibile ben integrabile con altre tecnologie e metodiche, ricordandone l'efficacia nei seguenti settori: survey;

localizzazione geografica di archivi fotografici; rilievo effettivo del percorso tenuto in ricognizione; localizzazione di elementi di interesse nel corso di ricognizioni aeree; georeferenziazione di carotaggi o di test stratigrafici; localizzazione di rilevamenti geofisici; realizzazione di micro modelli digitali del terreno.

Un paragrafo è poi dedicato all'utilità del *mobile* GIS nelle ricognizioni di superficie, ovvero alla possibilità di avvalersi di un PDA contenente il sistema informativo territoriale normalmente disponibile presso il laboratorio. È così possibile effettuare rapidamente il censimento dell'evidenza archeologica individuata, ivi compresa l'ubicazione in coordinate assolute se il sistema è integrato con un dispositivo GPS; in tal caso il ricognitore ha anche la possibilità di seguire una griglia digitale di campionamento tramite la sovrapposizione alla cartografia di uno shape file creato in precedenza e in relazione alla posizione al momento rilevata dal ricevitore satellitare. Per l'acquisizione di dati geofisici su larga scala e in breve tempo, tra quelle sperimentate si è rivelato più interessante il sistema MULTICAT – Foerster Group – che contestualmente al rilevamento delle misure gradiometriche fornisce le coordinate geografiche (x, y, z); un software di navigazione restituisce tutto in tempo reale su un Tablet PC.

Il contributo di D. Giorgetti, J. Franzò, G.A. Orofino (*Applicazioni e limiti delle strumentazioni GPS in campo archeologico. I casi di Alcamo (TP) e di Kafir Kala' (Samarqanda, Uzbekistan)*) si apre con una riflessione sul rapporto tra conoscenza e nuove tecnologie e sulla necessità di mantenere la consapevolezza dei processi cognitivi. Nella semplificazione delle procedure indotta dal ricorso alla tecnologia applicata si corre il rischio di ridurre l'archeologo da soggetto "pensante" a semplice "agente" (N. Lamboglia). Sono presentati due casi studio – Alcamo (TP) e Kafir Kalà (Uzbekistan) – interessanti in quanto si avvalgono di strumentazioni GPS diverse rispetto a quelle consuete (Leica e Trimble). Si tratta di un sistema GPS (Navcom technologies) ad una sola antenna rover integrata con un palmare, alla quale la rete di satelliti Star Fire (detta anche GSBAS) – che così agisce da reference – fornisce i dati per la correzione. Il dispositivo, che ad Alcamo è riuscito a raggiungere precisioni paragonabili a quelle ottenute con il DGPS, in Uzbekistan, a causa di problemi tecnici e locali, ha portato a rilevamenti erronei, specie per quanto concerne l'altimetria. Quanto all'area archeologica di contrada Foggia ad Alcamo, il dispositivo GPS è stato adoperato per "costruire" micro-modelli digitali del terreno ma anche per elaborare piante di strato. Il progetto prevede l'implementazione all'interno dello stesso sistema di un GIS intra-sito e di un GIS inter-sito, anche se non viene spiegato come si intende gestire le differenze di "scala" concettuale esistenti tra uno scavo archeologico e una ricognizione topografica.

Quanto alla possibilità di indagare relazioni areali e spaziali all'interno della stratigrafia archeologica tramite software GIS, a mio avviso andrebbe usata maggiore prudenza in quanto né la bidimensionalità dei moduli standard, né la tridimensionalità dei moduli aggiuntivi possono rendere conto della dimensione "tempo". Si dovrà, pertanto, procedere a confrontare solo gli strati antropici che l'archeologo ha già distinto in origine come confrontabili, mentre il software GIS come strumento di analisi potrà essere usato solo in seconda battuta in via subordinata al discernimento dello scavatore.

Partendo dalla constatazione che la tecnologia rende solo apparentemente uniformi approcci, metodologie e processi operativi profondamente differenti (*Da Pitagora al DGPS: uno strumento fondamentale per la lettura e la comprensione del paesaggio archeologico*), S. Laurenza e A. Palombini sottolineano l'inutilizzabilità di larga parte dei dati provenienti da ricognizioni per costruire framework su scala macroregionale a causa della disomogeneità nella loro acquisizione e dell'essere passati attraverso il filtro interpretativo prima di essere inseriti in un sistema GIS, perdendo così purezza e neutralità. Il lavoro svolto a Parafa, in Egitto, limitato alla localizzazione di elementi geomorfologici

e di evidenze archeologiche secondo la reale estensione, viene quindi proposto come stimolo al trattamento di dati grezzi e, in quanto tali, confrontabili. Il contributo è particolarmente interessante per questi assunti ma anche perché discute il metodo adoperato per recuperare in una dimensione più precisa i dati cartografati con tecniche differenti nella tante campagne condotte a partire dal 1991. È ben illustrata anche la progressione seguita nel trattamento dei dati che ha permesso di procedere per “riferimenti relativi”, ottenendo un modello complessivo dell’area in coordinate assolute. Ancora una volta il DGPS si è rivelato utile per ancorare rilevamenti pregressi, per impostare modelli digitali del terreno – usato in modalità cinematica – ma anche, con la funzione *go to*, per rintracciare punti individuati in passato con un GPS palmare e per ripeterne il posizionamento in maniera più accurata. Metodiche simili potrebbero essere anche adoperate per recuperare in una dimensione topografica corretta rilevamenti condotti in maniera erronea risolvendo, in parte, il problema lamentato nella premessa.

L’esperienza condotta da R. Castelli e C. Putzolu (*DGPS e paesaggi archeologici: il caso di studio della necropoli di Fewet (Libia)*) è l’occasione per ribadire l’efficacia del DGPS nella realizzazione di rilevamenti a media scala. Rispetto alla stazione totale, si riesce ad ottenere una buona accuratezza nelle misurazioni ed una maggiore velocità di esecuzione grazie al fatto che l’antenna rover può funzionare in un raggio d’azione abbastanza lontano dal reference e, inoltre, anche non in diretta intervisibilità con esso. I dati così rilevati, insieme ad immagini satellitari Ikonos – preziose in assenza di cartografie di dettaglio per quest’area – e alla schedatura dei monumenti sono stati inseriti all’interno di un GIS che ha permesso agli studiosi di verificare in itinere il lavoro svolto di giorno in giorno.

Il contributo conclusivo (*Importanza della localizzazione e dell’identificazione del contesto applicativo nelle applicazioni archeologiche in ambienti mobili: il progetto Agamemnon*) di M. Ancona e A. Traverso suggerisce un possibile uso “secondario” del patrimonio informativo rilevato in fase di ricerca. La disponibilità di banche dati geografiche in formati condivisi può essere sfruttata anche per diffondere informazioni culturali tramite la telefonia mobile grazie alla diffusione di *smart phones* che nell’immediato futuro si prevede massiccia. Il Progetto Agamemnon esalta la versatilità di questa nuova generazione di telefonini veicolando contenuti culturali in modalità nuove e più accattivanti per il pubblico giovane e consentendo di personalizzare i percorsi di visita in modo interattivo. Il riconoscimento dei monumenti tramite il raffronto delle immagini scattate con *smart phone* con quelle disponibili in archivio è una soluzione stimolante ai fini di orientare il visitatore all’interno di un’area archeologica. È facile prevedere, però, che la rapida evoluzione tecnologica renderà preferibili *smart phones* integranti GPS (il cui costo, attualmente, si aggira attorno ai 500 euro circa). Tali dispositivi, a mio avviso, potrebbero essere più efficaci nella localizzazione di un monumento rispetto alle immagini inviate via UMTS dai visitatori che, per essere processate dal software di riconoscimento, devono essere realizzate in particolari condizioni di esposizione e di ripresa non sempre assicurabili.

Molto felice l’idea – già avviata a corredo di precedenti workshop promossi dal Dipartimento di Archeologia e Storia delle arti dell’Università di Siena – di concludere il volume con una pratica ed utile rassegna ragionata di siti web dedicati alle tematiche affrontate nel workshop (*Laser scanner e GPS in archeologia: geografia dei servizi e delle risorse in Internet*, di S. Campana e M. Sordini). Mancando, al momento, motori di ricerca dedicati, questo strumento si rivela quanto mai prezioso per evitare di perdersi nei meandri della rete e per aiutare gli utenti inesperti a familiarizzare con tecnologie dal forte contenuto innovativo.

LAURA PETACCO