

## ARCHAEOSECTION: UNO STRUMENTO “ARTIGIANALE” PER IL RILIEVO DELLE SEZIONI ARCHEOLOGICHE

### 1. LE SEZIONI IN ARCHEOLOGIA

La sezione archeologica può essere definita come un taglio verticale attraverso il deposito stratigrafico, utile a decifrare la successione degli eventi determinatisi in uno specifico luogo. Pur con il ben noto limite di mostrare solo la parte di stratificazione corrispondente al piano di sezione, essa costituisce una componente basilare della documentazione di scavo, al pari delle piante, delle fotografie e delle schede di Unità Stratigrafica (US). Ritenuta «di sommo aiuto» già dal Boni (BONI 1901), la sezione divenne «regina della documentazione» nello scavo per quadrati di Wheeler, ridimensionando poi la sua importanza nello scavo di tipo “open area”, dove le piante acquisirono un valore pari o superiore alle stesse sezioni (HARRIS 1990, 99-105; CARANDINI 2000, 105). Anche nell’archeografia moderna la sezione archeologica resta fondamentale, pur nel mutare delle tecniche di acquisizione e rappresentazione, oggi sempre più gestite dagli strumenti informatici. In generale si possono distinguere le seguenti tipologie di sezione (CARANDINI 2000, 105-112; MEDRI 2003, 137-139):

- in “parete”: sezione rilevata lungo i bordi dello scavo, del saggio o dei testimoni lasciati all’interno del cantiere;
- “cumulativa”: stabilita una linea di sezione, si scava lo strato fino ad essa, si rileva e caratterizza la sottile parete verticale così creata e successivamente si asporta il resto dell’unità; il procedimento è ripetuto per tutte le US sottostanti (BARKER 1996, 106-110);
- “volante”: lungo una linea di sezione prestabilita si rilevano le quote della superficie dello strato che viene poi interamente asportato. L’operazione è ripetuta su tutte le unità stratigrafiche sottostanti in modo tale che, alla fine, la successione verticale di tutti i profili di strato rilevati mostrerà la stratificazione del deposito lungo la predetta linea di sezione.

In questa sede tratteremo principalmente delle sezioni volanti che, utilizzate forse per la prima volta da Lamboglia nel primo dopo-guerra (CARANDINI 2000, 107-108), costituiscono, a nostro avviso, il metodo più rapido e duttile per documentare la dimensione verticale di uno scavo: esse infatti possono essere impostate in qualsiasi punto del cantiere e possono essere rilevate velocemente, tanto più oggi, grazie all’ausilio dei moderni strumenti hardware e software. ArchaeoSection nasce proprio come mezzo per automatizzare ed ottimizzare la documentazione delle sezioni volanti, ma come vedremo può essere applicato anche alle altre tipologie di sezione.

## 2. IL RILIEVO DELLA SEZIONE “VOLANTE”

Le tecniche per il rilievo della sezione volante sono diverse a seconda degli strumenti e delle metodologie applicate: esistono, infatti, soluzioni che potremmo definire “bottom” e altre che potremmo definire “top”. Le prime corrispondono ai metodi di rilievo tradizionali e sostanzialmente manuali: da una fettuccia metrica tesa orizzontalmente tra due picchetti infissi nel terreno si misura mediante un metro rigido perpendicolare alla cordella o, nella versione più evoluta, mediante livello ottico e stadia centimetrata la distanza verticale tra la fettuccia medesima e la superficie dello strato di cui bisogna prendere il profilo (MEDRI 2003, 138; MASCIONE 2006, 94-97); la misura darà l'esatta posizione di ciascun punto del profilo rispetto alla quota altimetrica nota della fettuccia, nel primo caso, o del livello ottico, nel secondo caso (Fig. 1a).

I metodi “top”, invece, si caratterizzano per l'impiego delle tecnologie digitali e il presupposto consiste nell'acquisizione in tre dimensioni della superficie di ciascuno strato, obiettivo quest'ultimo oggi facilmente raggiungibile grazie soprattutto alle tecniche di Structure From Motion (BEZZI, BEZZI, DUCKE 2011). Una volta acquisiti i dati ed elaborato il Digital Elevation Model (DEM) dello strato, è possibile mediante applicativi GIS o attraverso software di 3D data visualization tracciare il profilo dello strato in qualsiasi punto della sua superficie, moltiplicando – potenzialmente all'infinito – le linee di sezione e superando, in tal modo, il limite di rappresentare solo la porzione di strato passante per la linea di taglio predefinita (Fig. 1b). Partendo sempre dai DEM delle superfici, inoltre, è possibile ricostruire virtualmente l'intero volume degli strati grazie alla grafica “voxel” (BEZZI *et al.* 2006) e sezionarlo secondo un qualsiasi piano di taglio, verticale o inclinato: il risultato sono delle sezioni che in qualsiasi punto dello strato offrono la rappresentazione piena e volumetrica della potenza e del contenuto del deposito (Fig. 1c).

Tra le soluzioni “top” e le soluzioni “bottom” esiste anche una terza via che, pur senza raggiungere i livelli di completezza delle prime, è certamente più veloce e precisa delle seconde: si tratta del rilievo strumentale basato su stazione totale. Una volta posizionato lo strumento all'interno di un sistema di riferimento relativo o assoluto, si registrano le coordinate x, y, z di una serie di punti presi sulla superficie dello strato, lungo una linea di sezione prestabilita (Fig. 2); rimosso lo strato, la stessa operazione viene ripetuta per quello sottostante e così via fino all'esaurimento della stratigrafia indagata (MASCIONE 2006, 97). Per ogni strato rilevato, le triplette di coordinate scaricate dalla stazione e visualizzate mediante un software GIS o CAD appariranno come un allineamento di punti più o meno rettilineo a seconda della precisione con la quale è stata seguita la linea di sezione dall'operatore che muoveva il prisma riflettente. L'allineamento di punti costituisce chiaramente la visione in pianta delle misure prese lungo la sezione di interesse e sarà quindi

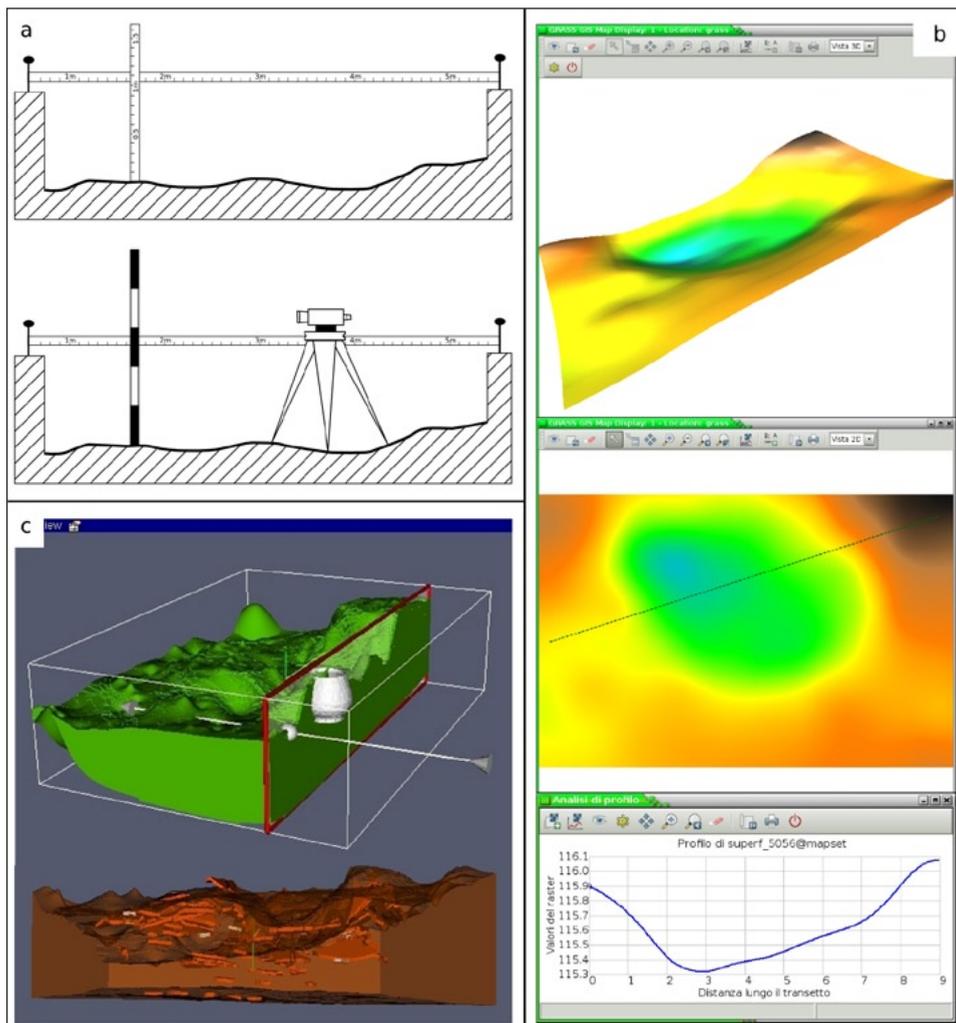


Fig. 1 – Metodi “bottom”: a) rilievo di sezione volante con fettuccia metrica e metro (sopra), con livello ottico e stadia centimetrata (sotto). Metodi “top”: b) profilo su DEM in GRASS e c) sezione tracciata sui voxel (BEZZI *et al.* 2006).

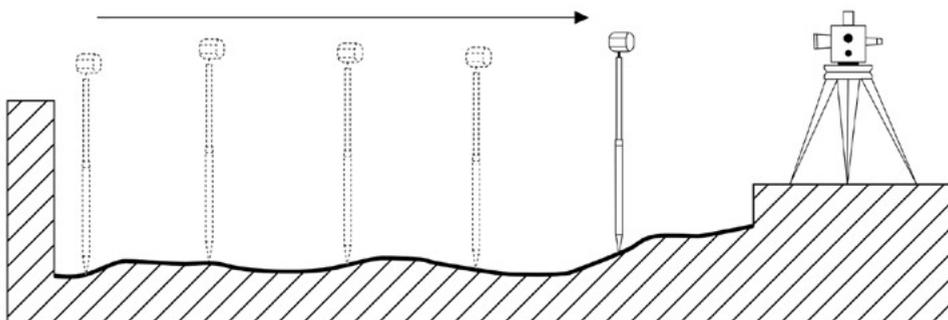


Fig. 2 – Rilievo di sezione volante con stazione totale e prisma riflettente.

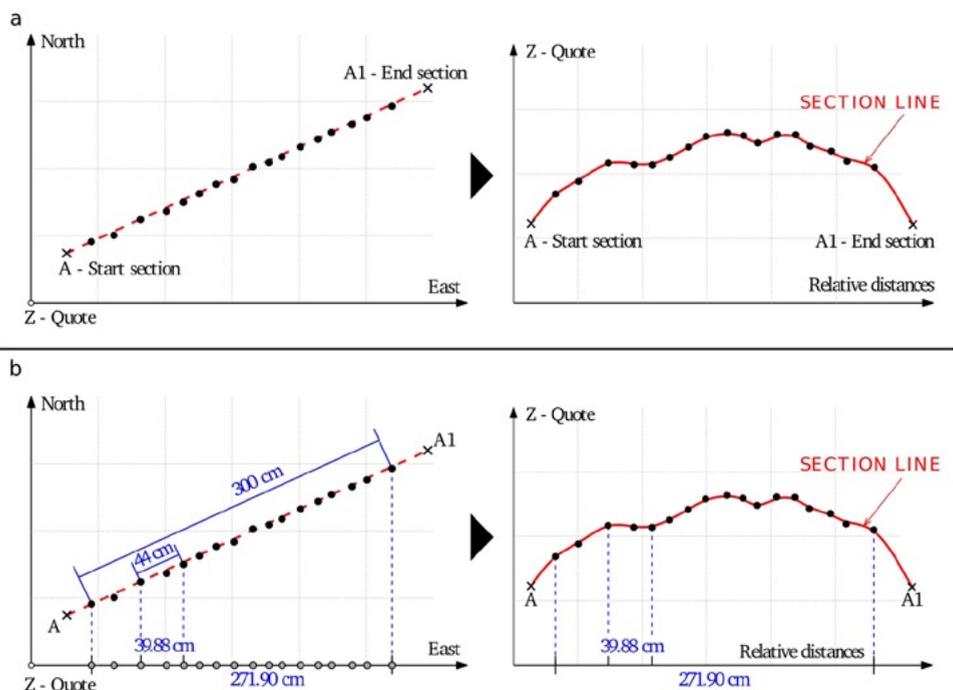


Fig. 3 – a) Rotazione dei punti di sezione dal piano orizzontale al piano verticale; b) schematizzazione dell'errore prodotto dalla sostituzione della coordinata y con la quota z: una sezione di 3 m si riduce ad una lunghezza di circa 2,71 m.

necessario “ribaltare”, per così dire, questi punti dal piano orizzontale ad un piano verticale, mantenendo però invariate le loro distanze relative; a questo punto sarà possibile unirli con una linea ed ottenere così il profilo superiore di ciascuno strato misurato (Fig. 3a).

Quest'operazione – all'apparenza banale – è in realtà molto delicata e talvolta laboriosa: per proiettare i punti dal piano orizzontale a quello verticale, infatti, non è sufficiente eliminare una coordinata del piano X-Y e sostituirla con la quota z. Questo escamotage funziona solo se la linea di sezione è ortogonale al sistema di riferimento, mentre se essa è obliqua, il risultato sarà la modifica delle distanze relative tra i punti, che pertanto non corrisponderanno più alle distanze reali, bensì alla loro proiezione sull'asse X o Y, a seconda della colonna eliminata. La linea di sezione risulterà, dunque, più corta e l'entità dell'errore varierà in funzione della lunghezza della sezione e dell'angolo di inclinazione rispetto agli assi X e Y (Fig. 3b).

Per ovviare a questo inconveniente, esistono almeno due soluzioni: creare in cantiere più sistemi relativi paralleli alle varie linee di sezione, in

modo tale che queste risultino sempre ortogonali al sistema di riferimento, oppure ruotare manualmente i punti, una volta caricati in ambiente GIS o CAD, portandoli su una normale rispetto agli assi X o Y. Entrambi i metodi presentano comunque diversi inconvenienti, tra i quali il principale è sicuramente la lentezza e la laboriosità delle procedure, sia quelle da mettere in atto sul campo sia quelle da realizzare via computer, e in questo secondo caso indipendentemente dall'utilizzo di software GIS o CAD (MASCIONE 2006, 97-98). L'onere del lavoro aumenta, ovviamente, nei casi in cui le linee di sezione siano molteplici o sia necessario mantenere associato a ciascun punto il proprio numero di ID (cosa questa fondamentale per distinguere le diverse US all'interno di una o più linee di punti). ArchaeoSection rappresenta una terza soluzione per accelerare e semplificare la rototraslazione e la riproiezione dei punti, evitando imprecisioni o perdite di dati.

### 3. ARCHAEOSECTION: CARATTERISTICHE E FUNZIONAMENTO

L'obiettivo di ArchaeoSection v. 0.1 è quello di automatizzare il rilievo delle sezioni volanti, passando con pochi click dalle coordinate registrate per mezzo della stazione totale ai punti caricati in ambiente GIS e disponibili per il tracciamento dei profili di strato (Fig. 4). A livello tecnico, l'applicativo è scritto in linguaggio Python con l'implementazione di alcune linee di codice SQL; il software utilizza PyQt4 per le interfacce utente e i widgets e pysqlite2 per la connessione con Spatialite, l'estensione spaziale del RDBMS SQLite. Infatti, il vero motore di ArchaeoSection è il geodatabase (DB) SQLite/Spatialite: i pulsanti dell'interfaccia utente inviano i comandi al DB che si occupa di raccogliere i dati, di processare le coordinate mediante funzioni spaziali e trigonometriche e di produrre le geometrie dei punti visualizzabili in un programma GIS. Il software è disponibile in codice sorgente e in pacchetto Debian – ottimizzato per ArcheOS v. 4 (BEZZI *et al.* in questo volume) – entrambi disponibili nella sezione “programming” del sito <http://uselessarchaeology.com/>.

L'utilizzo è molto semplice e i passaggi essenziali sono suddivisi nelle quattro sezioni in cui è distinta l'interfaccia del programma:

- Create New Database: se già non esiste un DB SQLite/Spatialite è possibile crearne uno selezionando il percorso di destinazione del file e il nome dello stesso, con estensione automatica .sqlite.
- Database Connection: quando viene creato un nuovo DB, in automatico viene anche attivata la connessione ad esso; nel caso in cui invece si utilizzi un DB già esistente questo va selezionato per la connessione.
- Coordinates File: in questa sezione si indica il nome della tabella che raccoglierà le coordinate dei punti e si seleziona il file di testo in formato .txt o .csv in cui esse sono registrate. La formattazione di questo file deve rispettare

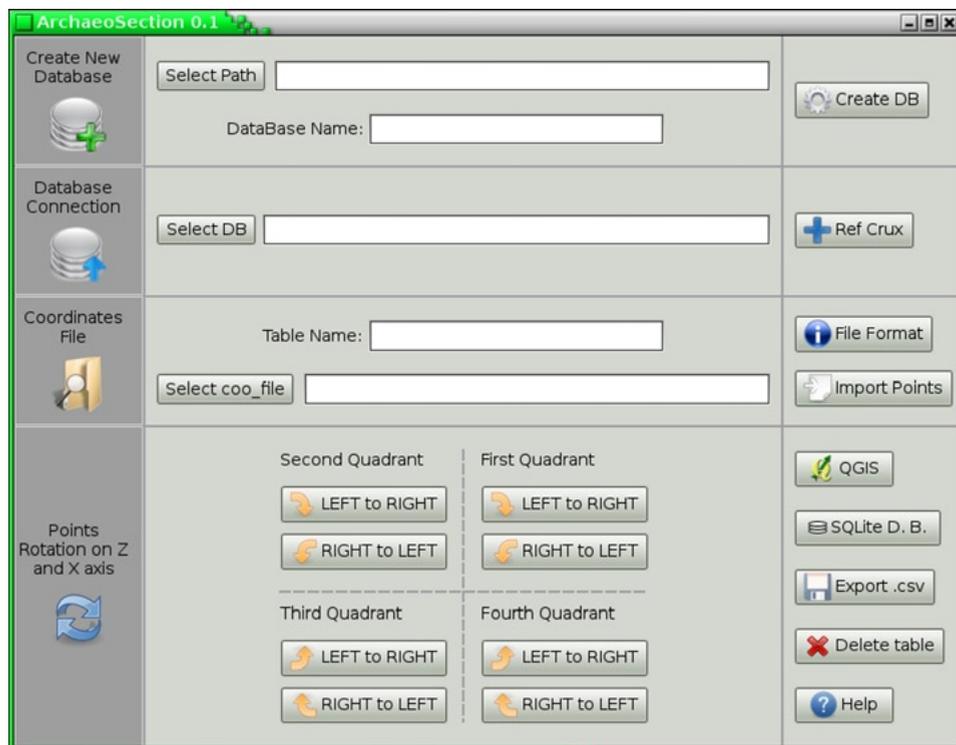


Fig. 4 – Interfaccia di ArchaeoSection v. 0.1.

alcune specifiche indicate nella guida o dal pulsante “File Format”. Il comando “Import Points” invia una serie di istruzioni al DB, il quale crea la tabella, importa le coordinate del file di testo e produce una prima elaborazione spaziale e trigonometrica dei dati.

– Points Rotation on Z and X axis: a questo punto si può visualizzare in QGIS il risultato finora raggiunto, caricando tramite il tool di connessione con SpatiaLite i punti e la croce di riferimento che divide lo schermo in 4 quadranti, crea in automatico dal programma o col pulsante “Ref Crux”; in tal modo, si può osservare dove cadono i punti in pianta e in che modo sia necessario ruotarli rispetto all’asse Z: la linea di punti può essere ruotata da sinistra a destra, o viceversa, a seconda del quadrante in cui cade e a seconda del punto di osservazione della sezione. Una volta scelta la direzione si clicca su uno degli otto pulsanti di rotazione: i punti vengono ruotati sull’asse Z e contestualmente ne vengono ricalcolate geometria e coordinate, subendo infine una seconda rotazione sull’asse X o Y mediante la sostituzione della coordinata

z, rispettivamente, alla y o alla x. Il risultato finale sarà una sequenza di punti ad altezze diverse in base alla quota, con distanze relative corrette e con codici identificativi associati, pronti per essere uniti da una linea che rappresenterà il reale profilo dello strato lungo la linea di sezione stabilita.

#### 4. GLI ALTRI AMBITI DI APPLICAZIONE DI ARCHAEOSECTION

Oltre alle sezioni volanti, il software ArchaeoSection può trovare applicazione anche nel rilievo delle altre tipologie di sezione, in particolar modo quelle documentate tramite fotogrammetria. Infatti, le sezioni in parete o quelle cumulative – così come i prospetti murari – possono essere rilevate con fotografie successivamente rettificate. Le coordinate delle mire che servono alla rettificazione risentono, tuttavia, degli stessi problemi delle coordinate dei punti delle sezioni volanti, necessitano cioè della doppia rotazione sugli assi Z e X oppure Y per il passaggio dal piano orizzontale al piano verticale. ArchaeoSection consente di produrre un file .csv delle coordinate ruotate, mediante il pulsante “Export .csv”, da utilizzare in qualsiasi programma di rettificazione (ad esempio E-Foto). Grazie al collegamento tra il DB SQLite/SpatiaLite e QGIS, è possibile anche sfruttare il plug-in di georeferenziazione di quest’ultimo e rettificare le immagini usando direttamente i punti elaborati da ArchaeoSection.

Esistono poi situazioni “estreme”, come canali o trincee molto strette, dove l’unico metodo non manuale per il rilievo delle sezioni in parete è quello di registrare i limiti delle diverse unità a stazione totale. Anche in questo caso, il risultato sarà costituito da diverse linee di punti che in pianta si sovrapporranno lungo la linea della parete rilevata e che tramite ArchaeoSection possono essere elaborate e ruotate correttamente su un piano verticale, per il successivo disegno delle linee vettoriali dei diversi strati.

Infine, ArchaeoSection può essere integrato anche con i metodi “top” menzionati sopra. Estrarre dai vari DEM le linee di sezione desiderate e assemblarle nell’ordine stratigrafico corretto può risultare molto laborioso; tuttavia, trasformando la linea tracciata sul DEM in un listato di coordinate e passando questi dati in ArchaeoSection, è possibile facilitare e velocizzare la costruzione della sezione stratigrafica complessiva.

#### 5. I VANTAGGI

Oltre ad automatizzare l’elaborazione dei dati, un altro grande vantaggio nell’utilizzo di ArchaeoSection consiste nella sua integrazione in un ambiente geodatabase/GIS (Fig. 5). Ciò permette, ad esempio, di importare i punti elaborati da ArchaeoSection direttamente dal DB SQLite/SpatiaLite in QGIS, distinguendoli con diversi simboli e colori in base al numero di US

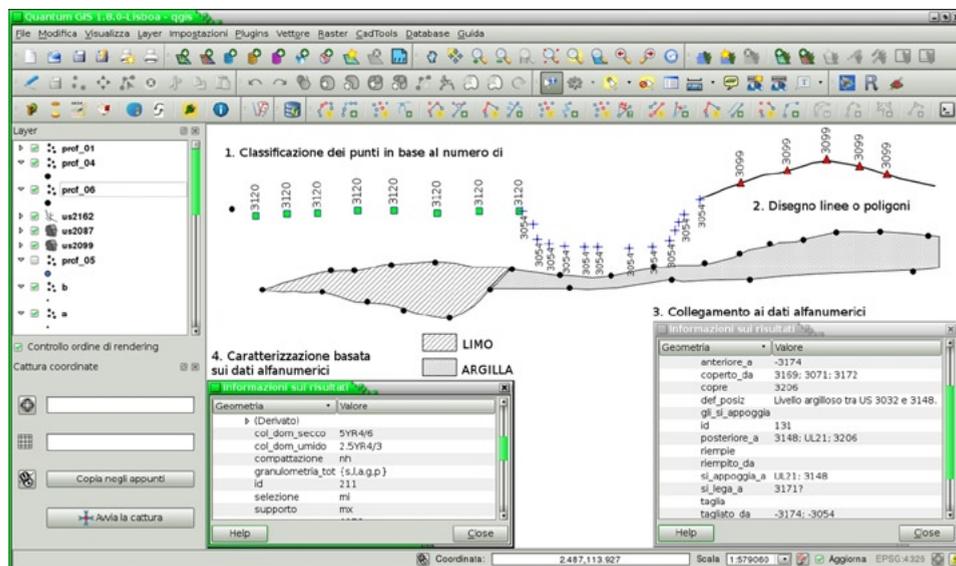


Fig. 5 – Benefici di una gestione in ambiente geodatabase/GIS della sezione elaborata in ArchaeoSection: classificazione dei punti, disegno degli strati, collegamento alle tabelle del DB e caratterizzazione in base ad attributi in esse presenti.

o in base ad altri attributi presenti nella tabella collegata. In tal modo, l'elaborazione dei vari profili risulta notevolmente facilitata, tanto più nei casi in cui le linee di sezione siano numerose e comprendano molte US. I tool di disegno e di stampa di QGIS consentono inoltre di tracciare gli strati come entità di tipo linea o poligono, di caratterizzarli e di presentarli in scala e in un efficace layout grafico.

La gestione in ambiente geodatabase/GIS offre anche la possibilità di connettere le linee o i poligoni della sezione a tutti gli altri record della banca dati, attraverso view o join tra tabelle. In tal modo, cliccando su un punto qualsiasi della sezione, è possibile ottenere tutte le informazioni relative ad una specifica US, recuperando anche i dati dalla tabella dei materiali, ad esempio, oltre che dalla scheda di unità stratigrafica; sfruttando il medesimo "bacino" di informazioni si possono tematizzare, inoltre, le diverse US con colori e riempiimenti differenti in base a uno specifico valore della tabella collegata (materiali contenuti, composizione, etc.) oppure selezionare all'interno della sezione gli strati in base a specifici criteri (ad esempio, tutte le US a dominante argillosa).

Questa gestione integrata facilita anche l'analisi statistica dei dati. Infatti il DB SQLite/Spatialite può essere connesso tramite il pacchetto RSQLite con il software di analisi statistica R, mediante il quale è possibile selezionare e analizzare particolari set di dati sia per validare la correttezza della sezione (ad

esempio, la valutazione dell'errore nella registrazione delle coordinate) sia per produrre ulteriori elaborazioni partendo dalle informazioni contenute nel DB.

## 6. SVILUPPI FUTURI

Il software è attualmente alla versione 0.1 e necessita quindi di una fase di testing e di pulizia del codice, per la quale l'apporto della comunità sia archeologica che informatica è ritenuto fondamentale. Per il futuro sono già previsti degli sviluppi, primo fra tutti una riscrittura parziale del programma con la sostituzione di `pysqlite2` con `SQLAlchemy`, strumento molto più potente e versatile per la connessione tra linguaggio Python e istruzioni SQL. Inoltre, la scelta di affiancare ad *ArchaeoSection* il software QGIS non è casuale: a differenza di GRASS o di altri GIS di tipo FLOSS, QGIS risulta sicuramente più user friendly e più adatto alle necessità di semplice visualizzazione, editing e stampa delle sezioni; tuttavia il motivo principale della scelta è l'idea di trasformare, in futuro, *ArchaeoSection* da applicativo stand-alone a plug-in implementato in QGIS. Da qui, dunque, la preferenza per un linguaggio di scrittura e un formato facilmente trasferibile alla nuova veste del programma.

## 7. L'APPROCCIO ARTIGIANALE

In conclusione, è opportuno rendere ragione del titolo o, meglio, di quell'aggettivo “artigianale” che qualifica e in qualche modo legittima la costruzione di *ArchaeoSection*. L'applicativo, infatti, nasce da un'esigenza operativa del tutto personale e per una finalità molto specifica; è stato realizzato dall'autore, di formazione umanistica, senza particolari basi di programmazione informatica: partendo dall'esempio di altri applicativi scritti nel medesimo linguaggio e studiando il loro codice reso disponibile dalle licenze libere, è stato possibile in poco tempo realizzare un prodotto capace di assolvere dignitosamente ai compiti per cui era stato concepito. Il programma vuole essere, quindi, un ulteriore esempio di come il software libero consenta, anche ad archeologi privi di una specifica formazione di tipo informatico, di costruirsi i propri strumenti di lavoro, magari non perfetti sul lato tecnico, ma funzionanti sul lato pratico e convenienti dal punto di vista economico. Un comportamento che richiama quello dei vecchi artigiani, come il fabbro che si costruiva il martello con cui avrebbe battuto il ferro o il falegname che realizzava da sé il banco su cui avrebbe lavorato i propri manufatti.

Questo approccio artigianale all'archeologia da un lato garantisce notevoli risparmi in termini economici in un settore disciplinare e professionale sempre più povero di finanziamenti e praticamente privo di aziende che producano strumenti hardware e software specifici per tutte le peculiari esigenze operative della disciplina; dall'altro, consente di avere il pieno controllo sui propri “attrezzi

del mestiere”, che costituiscono parte integrante della metodologia di lavoro nella ricerca archeologica moderna. Su questo versante, dunque, il codice aperto e disponibile per tutti, la possibilità di imparare da sé guardando, copiando e modificando il prodotto altrui, la condivisione dei problemi, delle soluzioni e dei risultati tramite la rete, l'utilizzo di linguaggi relativamente semplici ed intellegibili anche da parte di utenti non particolarmente esperti rendono il software FLOSS il miglior alleato di questa figura nuova, e allo stesso tempo antica, dell'“archeologo-artigiano”.

DENIS FRANCISCI  
Dipartimento dei Beni Culturali,  
Archeologia, Storia dell'arte, del cinema e della musica  
Università degli Studi di Padova

#### BIBLIOGRAFIA

- BARKER P. 1996<sup>4</sup>, *Tecniche dello scavo archeologico*, Milano, Longanesi.
- BEZZI A., BEZZI L., DUCKE B. 2011, *Computer Vision e Structure From Motion, nuove metodologie per la documentazione archeologica tridimensionale: un approccio aperto*, in G. DE FELICE, G. SIBILANO, *ArcheoFOSS. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del V Workshop (Foggia 2010)*, Bari, Edipuglia, 103-111.
- BEZZI A., BEZZI L., FRANCISCI D., GIETL R. 2006, *L'utilizzo di voxel in campo archeologico*, in *7<sup>th</sup> Italian GRASS users meeting proceedings (Genova 2006)*, «Geomatic Workbooks», 6, Como, Politecnico di Milano - Polo territoriale di Como (<http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n6/list.php>; ultimo accesso 08/01/2013).
- BONI G. 1901, *Il metodo negli scavi archeologici*, «Nuova Antologia di Lettere, Scienze ed Arti», s. IV, 94 (luglio-agosto), 312-322.
- CARANDINI A. 2000<sup>5</sup>, *Storie dalla terra. Manuale di scavo archeologico*, Torino, Einaudi.
- HARRIS E.C. 1990<sup>3</sup>, *Principi di stratigrafia archeologica*, Roma, La Nuova Italia Scientifica.
- MASCIONE C. 2006, *Il rilievo strumentale in archeologia*, Roma, Carocci.
- MEDRI M. 2003, *Manuale di rilievo archeologico*, Roma-Bari, Laterza.

#### ABSTRACT

ArchaeoSection is a software for drawing archaeological sections. Its goal is to automatically rotate section points measured with total station and to insert them in a geodatabase and GIS: this software is supposed to be a “third way” between traditional techniques and the most advanced digital systems of section record. This paper presents the technical properties of ArchaeoSection, how it works, its usage for different types of section and the advantages of a geodatabase/GIS management of archaeological sections. ArchaeoSection is also an example of the potential of FLOSS, that allows archaeologists without programming experience to build their work tools on their own, like an ancient craftsman.