LA VIDEO-DOCUMENTAZIONE ELETTRONICA DELLO SCAVO ARCHEOLOGICO (V.M.D.) STUDI ED ESPERIENZE PER IL PROGETTO DI UNA PERIFERICA DEDICATA

La rapida innovazione nel campo dell'integrazione multimediale tra basi di dati disomogenee, sia per formato sia per contenuto, fa prevedere che nei prossimi anni l'asse del confronto-dibattito tra informatica e ricerca archeologica si sposterà dall'analisi dei contenuti applicativi ad una più approfondita riflessione metodologica sui processi della ricerca.

Se da un lato la complessità analitica del modo di operare dell'archeologo costituisce, nell'insieme, uno dei più vasti e stimolanti campi di applicazione delle tecnologie informatiche, dall'altro l'utilizzo del mezzo elettronico impone all'archeologo un proficuo e continuo sforzo di revisione della correttezza dei processi logici e metodologici utilizzati nella propria attività di ricerca. Lo strumento elettronico impone codificazione e regole, secondo processi di scomposizione e ricomposizione per aggregazioni di unità che pongono l'archeologo dinanzi ad una sorta di griglia analitica di riferimento entro cui verificare la coerenza o contraddittorietà delle proprie scelte metodologiche, la correttezza delle tecniche di acquisizione dei dati, dei processi logici di loro correlazione ed interpretazione.

Al crescere del grado di complessità dei legami ammissibili tra le informazioni (*links*), l'elaboratore diviene sempre più strumento virtuale di simulazione di processo e ci pone nuovi quesiti sul significato delle relazioni tra i dati, oltre che sul loro contenuto. Nell'immediato futuro il punto di maggior interesse del confronto tra informatica e ricerca archeologica risiederà dunque nell'analisi di quei processi di integrazione, sia tecnologici che concettuali, che consentiranno di ricondurre il quadro frammentato delle singole esperienze applicative al progetto di un *Sistema Informativo per l'Archeologia*, intendendo con ciò la realizzazione di un sistema privo di "strozzature" funzionali nei processi di acquisizione, elaborazione ed edizione dei dati. Ciò richiederà una più approfondita riflessione sul patrimonio di esperienze acquisite, ma, ancor più, un rinnovato sforzo di codificazione dei metodi e delle procedure della ricerca per quanto riguarda le tecniche di acquisizione delle informazioni sul campo, problema che rimanda alle metodologie della documentazione e al progetto di periferiche dedicate.

* *

*

1. La documentazione dello scavo: aspetti qualitativi e quantitativi

Le condizioni tecnologiche per l'attuazione di tale programma si legano alla crescente predisposizione degli elaboratori al dialogo tra sistemi operativi diversi, al processo di standardizzazione dell'interfaccia utente (oramai orientato al modello iconico *windows*), al miglioramento delle potenzialità di gestione di suoni e immagini, nonché al progredire delle applicazioni ipertestuali e dei linguaggi *object-oriented*. Ciò comporta un costante accrescimento del "peso" delle informazioni, in termini sia quantitativi che qualitativi, a cui deve corrispondere un proporzionale adeguamento dell'hardware in termini di prestazioni. Obbiettivi a brevissimo termine, la maggior diffusione di elaboratori a basso costo con processori indirizzati a 32 bit e frequenza di clock tra i 25 e i 50MHz, l'ulteriore espansione delle memorie RAM (oggi assestate sui personal computer di punta intorno ai 5-8 Mb), l'abbattimento dei costi delle memorie di massa ad alta densità (tecnologia ottico magnetica- HD 600 Mb, videodischi), la diffusione di sistemi di acquisizione dell'immagine da sorgente video (DVO: *Digital Video Overlay*) con risoluzione colore a 24 bit/pixel (16.777.216 di colori contemporanei) e frequenza di digitalizzazione superiore a 1/24 di secondo.

Se nell'immediato ciò significa gestione integrata dell'immagine elettronica nei processi di acquisizione, processamento e archiviazione (senza "strozzature" funzionali hardware né software), non vi è dubbio che in termini concettuali ciò costituisce il primo passo di un più esteso processo di apertura del supporto elettronico agli aspetti qualitativi dell'informazione.

La massiccia introduzione dell'immagine e del suono sul supporto elettronico, strumento privilegiato delle scienze "esatte", consentirà di spogliarsi del complesso del numero, del non quantificato, del non misurato né misurabile, ancora insito nel confine ambiguo tra "rilievo" e "documentazione" archeologica, per affermare, senza vergogna, che in archeologia è ancora dominante l'informazione qualitativa su quella quantitativa, e cioè gli aspetti descrittivi e comparativi deducibili dall'esperienza autoptica sulla "misura" delle cose. Qualitativo, dunque, non più nel concetto riduttivo e squalificante di informazione priva di contenuto analitico, ma al contrario di un dato che racchiude in sé una forma di conoscenza ad elevatissimo contenuto informativo, i cui processi di scomposizione e ricomposizione riconducono non solo alle entità misurabili dell'insieme, ma, ancor più, alle relazioni logiche tra di esse.

Nella sua accezione più alta l'informazione qualitativa costituisce la descrizione di un evento a più alto potenziale informativo, intendendo con ciò che in essa vi possono essere contenuti livelli interpretativi diversi, comunque recuperabili a posteriori. Ciò non può essere inteso indipendentemente dal modo in cui l'informazione è stata acquisita, ed è proprio l'abitudine alla "rigidità" ana-

litica del lavoro al computer che insegna come da un dato non si possa estrarre alcuna informazione che non vi sia stata in precedenza inserita o che comunque non fosse insita nelle modalità di acquisizione. Ciò che è stato spesso interpretato come "stupidità" del supporto elettronico va, in sostanza, oggi inteso come una forma di "onestà" e coerenza procedurale, che costituisce un modello metodologico a cui riferirsi.

Acquisire dati per via elettronica significa ricondurre la complessità del quadro d'insieme alle regole di aggregazione di "celle" unitarie di processamento (bits, pixels), ed è dunque un'operazione di scomposizione analitica del tutto simile al lavoro di ricognizione del deposito archeologico che opera l'archeologo nel corso dello scavo. L'informazione elettronica costituisce una *descrizione virtuale* dell'evento, a cui cioè non ci si può ricondurre se non riaggregando i dati secondo le regole di scomposizione. Allo stesso modo l'archeologo non ha mai una visione d'insieme del documento archeologico oggetto dello scavo, ma è obbligato a documentare e rimuovere ogni sua parte per accedere a quelle via via successive e in questa operazione procede cercando una strategia che coincida con le regole di formazione del deposito stesso. La riaggregazione del documento avverrà ricucendo le relazioni spaziali documentate, e, ancor più, formulando un'interpretazione di quelle regole di formazione del deposito che sono la radice della sua storia.

Vi è in tutto ciò una sorta di analogia processuale dei due ambiti disciplinari, per cui il modo di operare dell'elaboratore può divenire la "traccia" dei processi di analisi del documento archeologico o, meglio ancora, il comune "linguaggio iconico", multi-ipermediale, con cui poter descrivere in forma inequivoca relazioni tra fenomeni altrimenti non descrivibili (De Guio 1991).

La descrizione di un evento è, di fatto, un'operazione di scomposizione e codificazione per parti giudicate dall'operatore significative, per cui il contenuto informativo del dato risultante non dipende dall'oggetto in sé, ma dai codici da noi utilizzati per la sua descrizione. In termini tecnologici ciò significa che la qualità del dato in entrata è strettamente legata agli strumenti di acquisizione. Gli attributi di una immagine elettronica non dipendono dall'oggetto rappresentato, ma dal potere risolutivo degli strumenti di acquisizione e di processamento quali, appunto, la risoluzione video e la risoluzione colore. Allo stesso modo il potenziale informativo della documentazione di scavo dipende dal "potere risolutivo" dell'archeologo, in termini sia quantitativi che qualitativi. Nessuna informazione raccolta sul campo può prescindere dalle continue scelte interpretative che la scomposizione distruttiva del deposito archeologico impone di volta in volta; scelte che comunque amplificano taluni dati e ne discriminano altri, e che sono già insite nella strategia di scavo adottata, nel "come" e nel "quando" l'operatore decide di documentare le evidenze archeologiche e, in

ogni caso, da quali "codici" interpretativi egli fa dipendere di volta in volta le proprie scelte.

Se dunque il principale "strumento" di acquisizione, all'interno dei processi di analisi del dato archeologico, è lo scavo, è dunque qui che si condiziona irreparabilmente l'esito complessivo della ricerca, sia per quanto riguarda il contenuto delle singole informazioni sia per quanto riguarda le possibilità a posteriori di stabilire legami tra di esse.

Il principale "malessere" dell'archeologo dipende proprio da tale consapevolezza. Scavare "bene" significa adottare una strategia di rimozione delle evidenze archeologiche consona alle dinamiche di sovrapposizione stratigrafica, ma tali dinamiche risultano via via più chiare solo scavando. È necessario cioè scavare sapendo cosa si sta scavando, e il superamento della ovvia contraddizione richiede un processo di continua revisione delle ipotesi formulate sulla base delle evidenze emerse. Tutto è dunque nelle mani della professionalità dell'operatore, in termini di onestà, esperienza e rigore metodologico e l'importanza della cultura stratigrafica è stata appunto quella di cercare un "lessico" comune, una metodologia standard delle procedure dello scavo e della documentazione, con come soggetto e "codice" interpretativo l'unità stratigrafica, intesa come evidenza di un "evento".

Il problema centrale resta comunque il complesso dei documenti che l'archeologo produce sul campo, che è, di fatto, tutto ciò che rimarrà a testimonianza del suo lavoro. Il grado di "selettività" e di "onestà" delle scelte operate in tal senso costituisce il vero "collo di bottiglia" dell'intero processo.

2. La Video-documentazione: una periferica dedicata

Come regola generale, si potrebbe osservare che se è vero che il risultato di un esperimento scientifico viene considerato valido dalla comunità dei ricercatori in relazione alla sua ripetibilità, così la documentazione dello scavo archeologico, unica testimonianza di un "esperimento" di carattere per lo più distruttivo, dovrebbe essere impostata in modo tale da poter garantire una ricostruzione a posteriori dell'intero procedimento di ricerca adottato. Chiunque dovrebbe cioè poter operare un'analisi a posteriori dei dati raccolti sul campo, indipendentemente dalle interpretazioni date da chi vi ha lavorato, e ciò significa potersi dotare di strumenti di acquisizione molto vicini all'esperienza autoptica, e dunque *non selettivi* e ad elevata risoluzione sia spaziale che temporale.

Quando nel 1986, al convegno « Informatica e archeologia classica », prospettai una possibile soluzione a tale problema nell'utilizzo generalizzato sullo scavo archeologico di apparecchiature video interfacciate al computer (Gottarelli 1987), mi fu obiettato che la risoluzione dell'immagine da telecamera non

era in nessun caso comparabile alla resa fotografica, sottolineando così la maggior imprecisione derivante da un suo utilizzo "metrico". Si poneva arbitrariamente in primo piano la precisione del dato numerico-quantitativo, problema, per la verità, del tutto marginale rispetto agli argomenti proposti. Il problema non si pose a suo tempo, né si pone oggi, nei termini di un incremento della precisione del rilievo, né del dettaglio fotografico della documentazione, ma piuttosto nel senso di un innalzamento del potenziale informativo dei dati raccolti e di un opportuno bilanciamento tra aspetti qualitativi e quantitativi della documentazione.

I principali vantaggi dell'acquisizione di immagini per mezzo di telecamera derivano infatti dall'elevato potenziale informativo della ripresa filmata e della traccia sonora ai fini della documentazione, a cui si aggiungono le potenzialità complessive insite nella gestione dell'immagine elettronica, sia in fase di acquisizione che di elaborazione dei dati. Nel primo caso, le specifiche principali riguardano le possibilità di diretto interfacciamento con l'elaboratore elettronico, il controllo in tempo reale via monitor della correttezza della sequenza delle inquadrature e la più generale predisposizione delle apparecchiature video, per grado di automatismo e possibilità di controllo a distanza, all'automazione delle procedure di ripresa. Nel secondo, fanno riferimento alle estese possibilità di trattamento e processamento dell'immagine elettronica (image enhancing/image processing) ai fini della ricerca.

Inoltre, lo scopo principale di quell'intervento era quello di prospettare una ulteriore evoluzione dei processi di informatizzazione della ricerca archeologica nella realizzazione di periferiche dedicate alla raccolta dei dati sul campo, a completamento del processo di integrazione delle procedure della ricerca su supporto elettronico.

Nel vasto panorama delle esperienze informatiche legate alla visualizzazione dei dati in archeologia, ancora oggi — se si escludono le applicazioni legate alla prospezione geofisica e al rilevamento topografico (Reilly 1990) — il progetto di periferiche dedicate per l'archeologia è argomento poco trattato. Le esperienze di più lunga tradizione riguardano la documentazione automatica dei materiali, con applicazioni specifiche nel campo dei sistemi di visione da parte di U. Kampffmeyer dell'Università di Karlsruhe (sistema ARCOS-1) e dei suoi collaboratori (per un'ampia bibliografia vedi Krinzinger, Schick, Teegen 1990). Per il rilievo automatico *vettoriale*, con applicazioni che vanno dalle tematiche generali del rilievo dello scavo al caso specifico della documentazione della stratigrafia muraria, resta un "unicum" il progetto e la realizzazione di un *pantografo elettronico tridimensionale* promossi dal Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena (Spalla 1988).

Per quanto riguarda l'utilizzo di sistemi di video rilevamento dello scavo in

grafica *Raster* e dunque non selettivi, non vi è dubbio che lo studio di fattibilità proposto nel 1987 delinea un percorso pressoché obbligato per la definizione di una periferica che garantisca l'automazione delle procedure di acquisizione dei dati e la completa interattività con l'elaboratore. Su quella stessa traccia si è mosso, a partire dal 1989, il Laboratoire d'Archéologie de l'Ecole Normale Supérieure de Paris e del CNRS diretto da Olivier Buchsenschutz con il progetto ARKEOPLAN (Buchsenschutz 1989; Gruel, Buchsenschutz 1990) e ciò fa prevedere il moltiplicarsi nei prossimi anni delle applicazioni basate su tali procedure (Stančič 1990).

3. Rilievo vettoriale selettivo

Le principali innovazioni concettuali di tale tecnologia riguardano la possibilità di ottenere — con tecnica non selettiva — il miglior rapporto tra potenziale informativo della documentazione e sua risoluzione temporale, intendendo con quest'ultimo parametro il tempo che la tecnica utilizzata fa intercorrere tra due operazioni di rilevamento successive in funzione della velocità di acquisizione dei dati.

Volendo riproporre l'analogia tra ricerca archeologica e processamento elettronico, si può dire che le abituali tecniche di rilevamento operano sui principi della "grafica vettoriale" *object-oriented*: il rilievo avviene nell'estrazione dei contorni planimetrici di "oggetti" giudicati significativi (siano essi reperti o unità stratigrafiche positive e negative), ove il dato quantitativo è costituito dalle coordinate dei punti sul piano, e quello qualitativo dalla loro regola di aggregazione, e cioè la "forma". Si opera così una "scontornatura" planimetrica per gli oggetti pressoché piani, e una "scontornatura", per la verità alquanto arbitraria, lungo la massima dimensione orizzontale, per gli oggetti a tutto tondo. A livello grafico non è certo un'abitudine diffusa attribuire alle entità così descritte il secondo, in ordine d'importanza, tra i dati qualitativi, e cioè il "colore", anche perché risulterebbe tecnicamente impossibile una restituzione al vero. Per il completamento del livello qualitativo della descrizione ci si affida abitualmente alla documentazione fotografica, mentre tutti i restanti possibili parametri vengono descritti per via alfanumerica (schede di US, schede materiali, relazione di scavo etc.).

La vettorializzazione per "scontornatura" opera dunque una *selezione a priori* del contenuto dell'informazione, per cui ciò che rimarrà documentato non sarà ciò che era di fatto documentabile sullo scavo, ma ciò che si è ritenuto utile documentare. Tale rilievo non è dunque mai rappresentazione "oggettiva" della realtà, ma è piuttosto un'interpretazione che possiede un grado più o meno elevato di oggettività a seconda del grado di sintesi prescelto per la rappresentazio-

ne. Ciò rimanda al concetto di *risoluzione* degli strumenti di acquisizione prima esposto, per cui — trattandosi nel suo insieme di una documentazione spaziale ottenuta per somma di più documenti per lo più riferiti al piano orizzontale — si avrà una *risoluzione sul piano orizzontale* (non qui intesa nel suo abituale significato tecnologico), relativa a "cosa" abbiamo deciso di rilevare, e una *risoluzione sul piano verticale*, relativa a "quando" abbiamo deciso di farlo.

Il fattore "tempo" gioca nei due casi un ruolo determinante, per cui le lunghe pause imposte da un eccessivo dettaglio della documentazione grafica tendono a diminuire la frequenza dei rilievi nel corso dello scavo. Il problema è stato posto a suo tempo da Harris quando osservò come ad una documentazione basata su piante composite di dettaglio era spesso consigliabile una documentazione per piante di strato, l'unica che potesse garantire la necessaria continuità di documentazione su siti stratigraficamente complessi.

Il problema non è in realtà da porsi nei termini di una maggiore o minore correttezza metodologica delle procedure adottate, ma di una scelta obbligata derivante dai limiti pratici della tecnica di rilevamento utilizzata. La vettorializzazione a priori implica tempi di elaborazione sul campo assai lunghi, per cui l'eccesso di risoluzione sul piano orizzontale viene ad essere di fatto a scapito della risoluzione su quello verticale, con gravi conseguenze sulle possibilità di reale comprensione a posteriori della topografia del sito e dei suoi rapporti stratigrafici.

L'atteggiamento contrario porta comunque ad una riduzione del potenziale informativo dei dati raccolti, in quanto l'incremento della risoluzione verticale implica una consistente riduzione del dettaglio e obbliga ad un maggiore sinteticità della rappresentazione. Il rischio è, in questo caso, che si giunga ad una pressoché assoluta coincidenza tra la documentazione dello scavo e la sua edizione, per cui la massa dei dati raccolti sul campo non costituisce, come dovrebbe, la principale fonte di informazioni su cui intraprendere la ricerca, ma la descrizione di un procedimento interpretativo che ne è, di fatto, l'esito.

4. Rilievo raster non selettivo

La video-documentazione, al pari della fotografia, è tecnica non selettiva, e l'eventuale vettorializzazione è rimandata alla fase del processamento e della restituzione grafica dei dati. La risoluzione spaziale è dunque indipendente dalla complessità dell'oggetto da rilevare, per cui i tempi complessivi di lavoro sul campo coincidono con i tempi di acquisizione dei fotopiani. Il grande vantaggio della video-documentazione rispetto alla fotografia dipende proprio da quest'ultimo fattore, essendo la tecnica che consente la più elevata *risoluzione spaziale* alla massima *risoluzione temporale*.

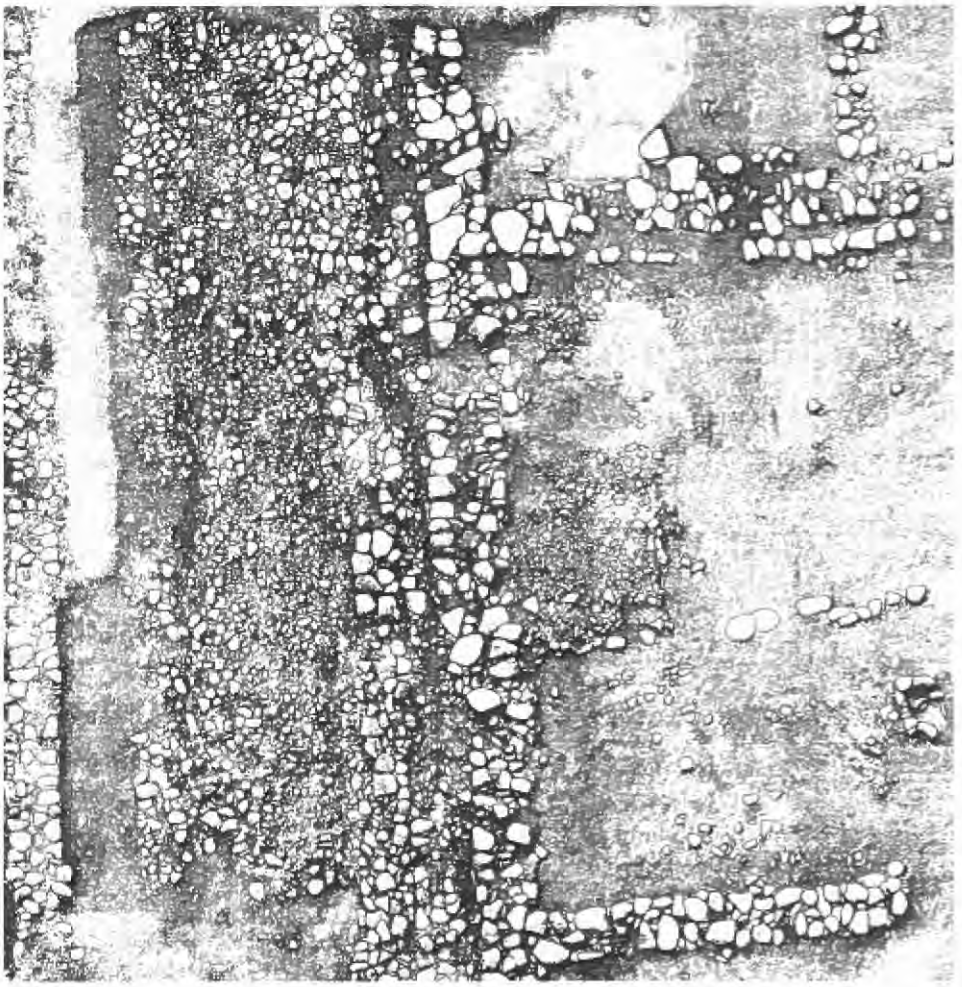
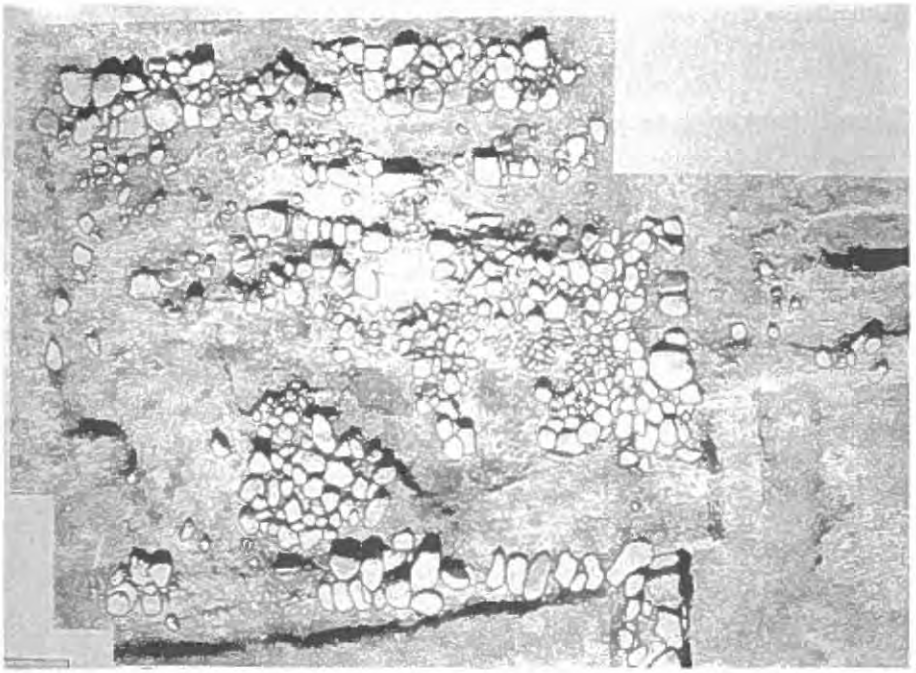
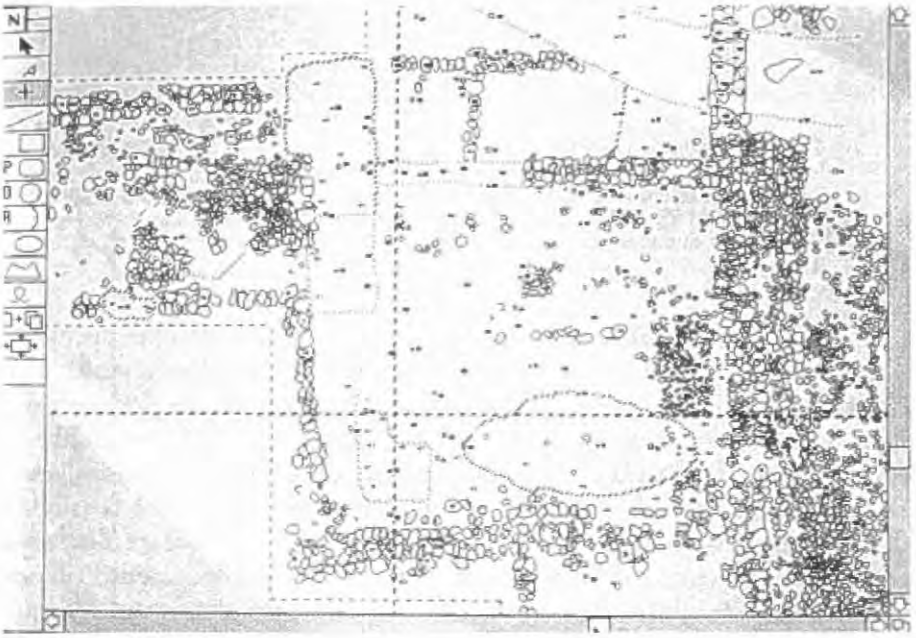


Fig. 1 — Piano di Misano (Comune di Marzabotto-Bologna): particolare del settore IV, isolato 2 (Settembre 1989). Direzione degli scavi Giuseppe Sassatelli. Dati ripresa: supporto a giraffa; altezza dal piano di posa 250 cm, focale 8.5 mm, rapporto di scala in digitalizzazione 1:5 (risoluzione 640x480 pixel), n.fotogrammi 98, tempo di ripresa 194 minuti. Digitalizzatore MacVision: risoluzione 1 bit; processamento su Apple Macintosh SE (2 Mb RAM, 40 HD); montaggio su Canvas 2.0; dimensione 1100 Kbyte.

Nel caso di riprese zenitali statiche su limitate superfici di scavo, la documentazione filmata può avvenire in tempo reale per tutto lo svolgimento del lavoro sul campo, senza interferire con le operazioni di scavo. Non vi è dubbio che tale operazione costituisce la tecnica di documentazione a più elevato potenziale informativo, la più vicina all'esperienza autoptica e la meno selettiva, sia



A



B

Fig. 2 — A: Piano di Misano, settore IV, isolato 2. Particolare dell'area cortilizia (Settembre 1989). Dati ripresa: supporto a giraffa; altezza dal piano di posa 250 cm, focale 8.5 mm, rapporto di scala in digitalizzazione 1:5 (risoluzione 640x480 pixel), n.fotogrammi 60, tempo di ripresa 116 minuti. Digitalizzatore MacVision: risoluzione colore 8 bit; processamento su Apple Macintosh SE (2 Mb RAM, 40 HD); montaggio su Photoshop 1.0.7; dimensione 647 Kb.
B: Piano di Misano, settore IV, isolato 2. Quadro d'unione dell'area cortilizia in grafica vettoriale (Novembre 1989). Elaborazione vettoriale da documento raster su MacDraft 1.2b; dimensione 340 Kb.

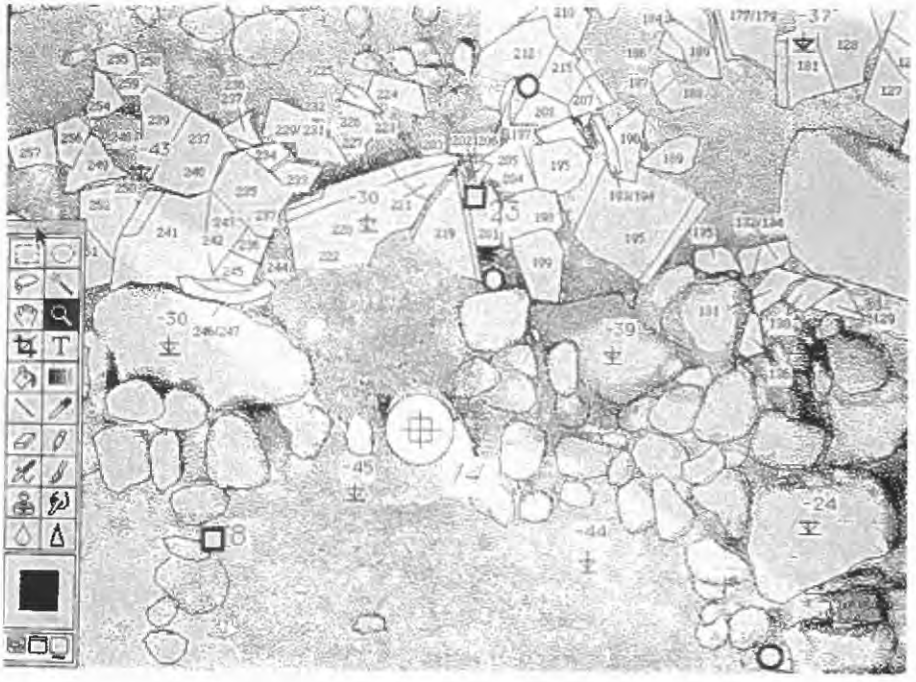


Fig. 3 — Piano di Misano, settore IV, isolato 2, plateia B, zona Ovest. Dettaglio del rilievo della canaletta lungo il muro Nord, con particolare del piano in ciottoli della muratura e frammenti di embrici utilizzati per la copertura della canaletta (videata di parte del documento in Photoshop 1.0.7). In fase di ripresa, il commento sonoro ha consentito il rilievo, la numerazione e la descrizione di 963 frammenti di embrici nel tempo di 210 minuti.

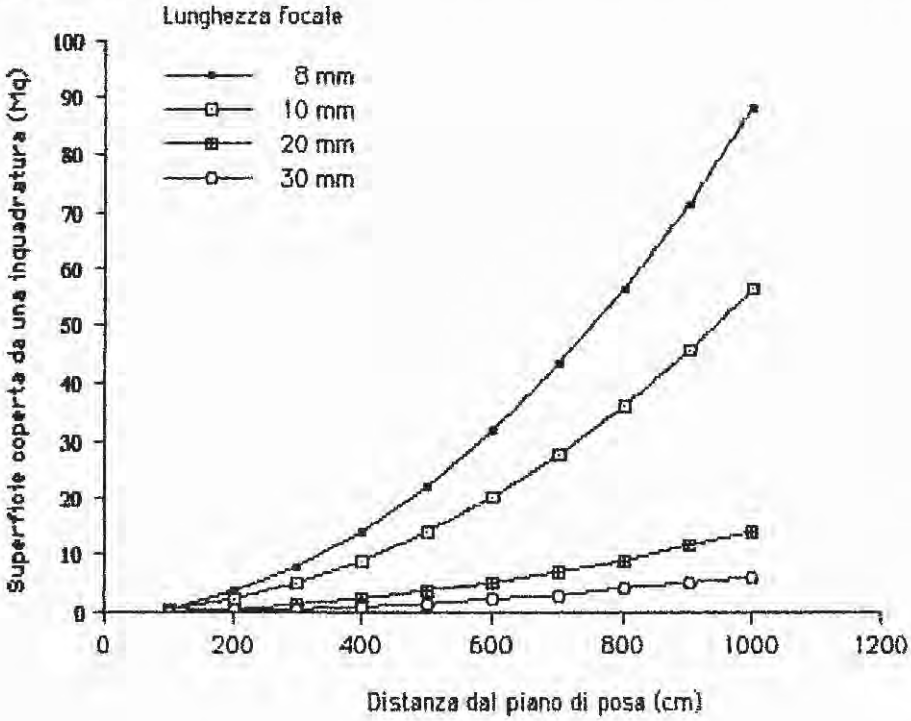
dal punto di vista spaziale che temporale. La base "oggettiva" del documento non è infatti vincolata a priori da fattori interpretativi perché ha per soggetto il lavoro stesso dell'archeologo e le sue scelte metodologiche. La documentazione non si limita al risultato delle operazioni di scavo e cioè all'insieme delle evidenze archeologiche via via messe in luce, ma ha per oggetto il "divenire" stesso del processo di scomposizione del deposito archeologico, per cui è possibile rimandare le decisioni relative al "quando" e al "cosa" documentare alla fase restitutiva e al momento dell'analisi in moviola dell'intero documento filmato.

In termini di fattibilità, tale operazione comporta, per altro, costi di acquisizione e archiviazione del tutto abbordabili, se si pensa che per uno scavo della durata di cinque settimane (200 ore di lavoro complessive: 50 videocassette E240 - 13.824.000 fotogrammi acquisiti) le spese di registrazione si aggirano per eccesso intorno alle 600.000 lire, pari a 1/3-1/4 del costo, a parità di ore, di un operaio addetto al movimento terra.

Nel caso più generale di riprese su estese superfici di scavo, per cui è richiesta l'acquisizione di più strisciate contigue, i tempi di ripresa variano notevolmente in relazione al grado di automazione del supporto utilizzato e al rapporto di scala impostato in acquisizione (rapporto tra la distanza dal piano di posa della videocamera e la lunghezza focale dell'obbiettivo).

Nel supporto a giraffa, descritto oltre, il fattore tempo, a parità di superficie da rilevare, è determinato dal numero delle inquadrature necessarie al ricoprimento (funzione del rapporto di scala) per il tempo di posizionamento dello stativo ad ogni singola inquadratura. Valori dedotti dall'esperienza sul campo indicano tempi medi di ripresa per 100 mq di copertura che si aggirano sui 100/120 minuti, con telecamera a 3 metri di altezza e lunghezza focale di 8.5 mm. La copertura utile di ogni singolo fotogramma, escludendo cioè la percentuale di sovrapposizione tra fotogrammi contigui (60%), è di circa 2.8 mq, per cui l'intera superficie viene suddivisa in 36 inquadrature.

Il grafico che segue fornisce la superficie coperta da ogni fotogramma in relazione alla distanza dal piano di posa e alla lunghezza focale (8/30mm). Per il calcolo delle inquadrature necessarie a coprire una data superficie va ricordato di considerare un fattore di riduzione di tali valori pari alla percentuale di sovrapposizione dei fotogrammi.



5. Documentazione audio delle riprese

Il tempo di ripresa può inoltre variare in funzione della necessità di commentare via audio le emergenze oggetto della documentazione.

La possibilità di associare in tempo reale alle immagini il commento sonoro di quanto ripreso è prerogativa esclusiva della video-documentazione. Durante le riprese l'archeologo può in ogni momento intervenire sul contenuto dell'inquadratura per aggiungervi tutte quelle informazioni che non risulterebbero altrimenti deducibili dalla lettura dell'immagine. La dotazione dell'apparecchiatura di registrazione di monitor portatile (Panasonic TC-MC3U da 3 pollici) e di relative uscite audio (cuffie con microfono incorporato) permette il controllo e l'interscambio di informazioni via cuffia tra l'addetto alle riprese e l'addetto alla documentazione. In questa fase l'archeologo "entra in scena" e, indicando di volta in volta l'oggetto del commento, fornisce una descrizione che è al tempo stesso vocale e gestuale: in fase di elaborazione, ciò consente la *vettorializzazione* a posteriori del contenuto del fotomosaico e l'associazione spaziale immediata tra i componenti del documento archeologico e i parametri ad essi attribuiti (numero di US, rapporti stratigrafici, numero dei reperti, tipologia etc).

Di fatto, con tale operazione, oltre a poter descrivere particolari non distinguibili nelle inquadrature (oggetti di dimensione inferiore al potere risolutivo dell'immagine, contorni di unità stratigrafiche non riconoscibili visivamente, etc), è possibile produrre una scomposizione analitica del documento archeologico senza che ciò comporti una selezione a priori del potenziale informativo della documentazione grafica: la descrizione commentata, che è scomposizione e codificazione per parti giudicate significative, si sovrappone cioè ad una base comunque oggettiva, che è l'immagine dell'evidenza fisica del documento.

6. Tecniche di ripresa

Le specifiche dei supporti con cui movimentare la videocamera, sono vincolanti ai fini di una corretta impostazione metrica dell'insieme delle inquadrature, influendo, inoltre, sulla risoluzione spaziale della documentazione — relativamente alla minima dimensione degli oggetti — e sulle possibilità di automatizzazione delle operazioni di ricomposizione del fotomosaico in fase di digitalizzazione.

L'esperienza applicativa maturata sul campo tra il 1987 e il 1990 in situazioni di scavo fortemente differenziate, ha portato a riconoscere che non esiste una configurazione del supporto di validità generale. La soluzione adottata è oggi impostata su un kit di componenti modulari che consente una certa flessibilità di assemblaggio, a partire dalle due configurazioni base relative al rilievo in

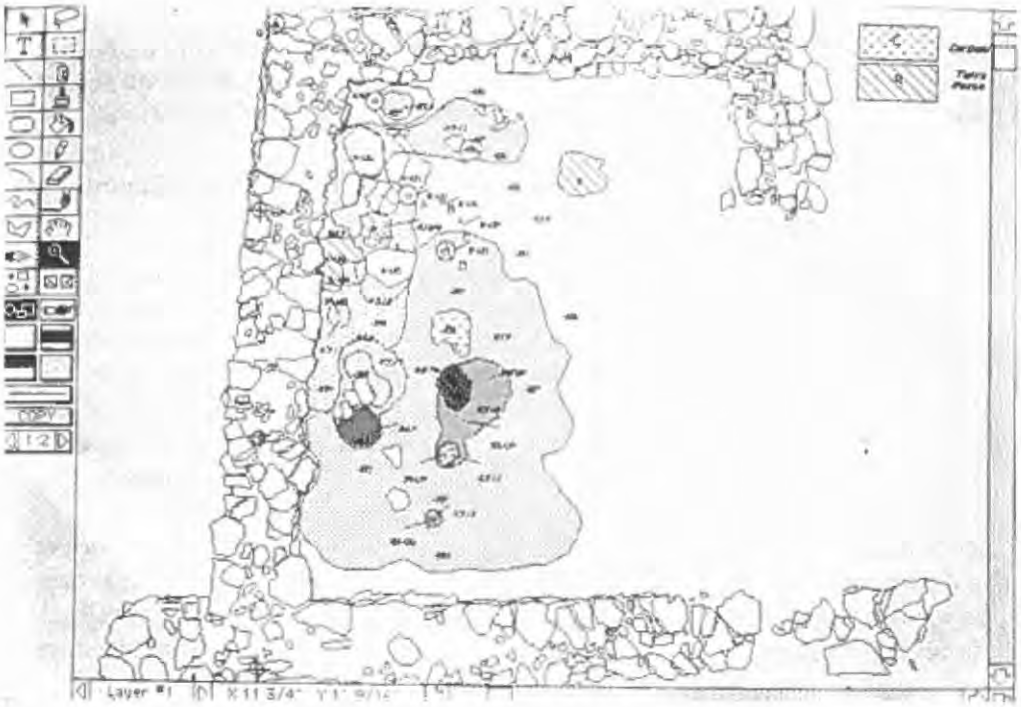


Fig. 4 — Monte Bibele (comune di Monterenzio, Bologna). Abitato di Pianella di Monte Savino, casa 3 (Luglio 1986). Direzione degli scavi Daniele Vitali. Mura perimetrali e documentazione dei materiali e delle unità stratigrafiche relative al piano di vita (Luglio 1986). Dati ripresa: supporto a giraffa, altezza dal piano di posa 210 cm, focale 8.5 mm, rapporto di scala in digitalizzazione 1:4.3 (risoluzione 640x480 pixel), n.fotogrammi 48, tempo di ripresa 95 minuti. Digitalizzatore MacVision, risoluzione colore 8 bit; processamento su Apple Macintosh SE (2 Mb RAM, 40 HD); montaggio su MacDraft 1.2b; vettorializzazione su Canvas 2.0; dimensione 91 Kb.

pianta e di prospetto. Il modulo principale è costituito da una rotaia in alluminio a doppia "T" della lunghezza di 5 metri, estendibile a 10, su cui è installato un carrello a sei ruote comandato da un arganetto elettrico disposto ad una estremità della rotaia. L'attacco del carrello con il piatto porta telecamera consente una rotazione di quest'ultimo di 90° sul piano verticale al fine di mantenere l'asse ottico della camera in posizione *zenitale* per il rilievo in pianta e in posizione *azimutale* per quello di prospetto.

In entrambi i casi la movimentazione dello strumento di ripresa deve avvenire lungo un piano parallelo al piano teorico di giacitura delle evidenze archeologiche, in modo tale che il sistema proiettivo si approssimi ad una proiezione

centrale con fulcro coincidente con il punto focale. L'aggiustamento della distorsione radiale si ottiene, con buona approssimazione, garantendo un fattore di sovrapposizione complessivo delle inquadrature prossimo al 60% , per cui la ricomposizione del fotomosaico avviene utilizzando il restante 30-40% della superficie centrale di ogni singolo fotogramma.

Lo stativo è studiato per assumere tre configurazioni base con differenti caratteristiche funzionali (Fig. 5):

Supporto a giraffa - Per le riprese zenitali statiche l'asta viene posizionata con un'angolazione compresa tra i 25 e i 35 gradi rispetto all'asse verticale della telecamera, in modo tale che l'estremità inferiore del supporto, a seconda della focale utilizzata e della conseguente ampiezza del fascio ottico, non compaia nell'inquadratura. Tale configurazione consente di impostare le riprese ad altezze considerevoli, diminuendo così il rapporto di scala dell'immagine che è funzione della distanza da terra e della focale utilizzata (scala = d/f). La conseguente diminuzione del numero delle inquadrature, a parità di superficie rilevata, rende più speditiva la ricomposizione del fotomosaico, per cui tale tecnica è indicata per la documentazione di grandi superfici. Per contro, tale operazione richiede l'apprestamento sul terreno di una rete di appoggio di dimensioni note i cui capisaldi devono risultare ben visibili da fotogramma a fotogramma e ciò introduce nelle inquadrature un elemento di disturbo del tutto estraneo all'oggetto della documentazione. Inoltre, la completa libertà di movimentazione dell'asta, se da un lato favorisce la praticità del supporto in termini di trasportabilità e maneggevolezza, dall'altro rende impossibile l'automazione delle procedure di acquisizione e montaggio dei fotopiani.

Supporto a colonna - Per il rilievo di prospetto l'asta viene disposta in verticale con l'asse della telecamera in posizione azimutale. L'arganetto elettrico consente il trascinamento del blocco carrello-telecamera secondo parametri preimpostati su apposita centralina di comando. Per la misura della traslazione verticale viene utilizzato un distanziometro ad ultrasuoni modello Sonin 250, con trasmettitore piazzato alla base dell'asta e ricevitore montato sul blocco carrello.

La movimentazione in continuo costituisce un ulteriore punto di forza della documentazione filmata rispetto alle tecniche fotogrammetriche zenitali. Queste implicano l'acquisizione per strisciate contigue discontinue, costituite cioè da un numero finito di inquadrature, conseguente alla *scelta a priori* della cadenza di ripresa: la ripresa filmata permette invece l'acquisizione di strisciate continue, costituite cioè da un numero di "mire" sulla verticale che è in funzione della velocità di movimentazione, e ciò permette di rimandare la scelta della cadenza dei fotogrammi, e dunque la percentuale di ricoprimento tra fotogramma e fotogramma, alla fase restitutiva.

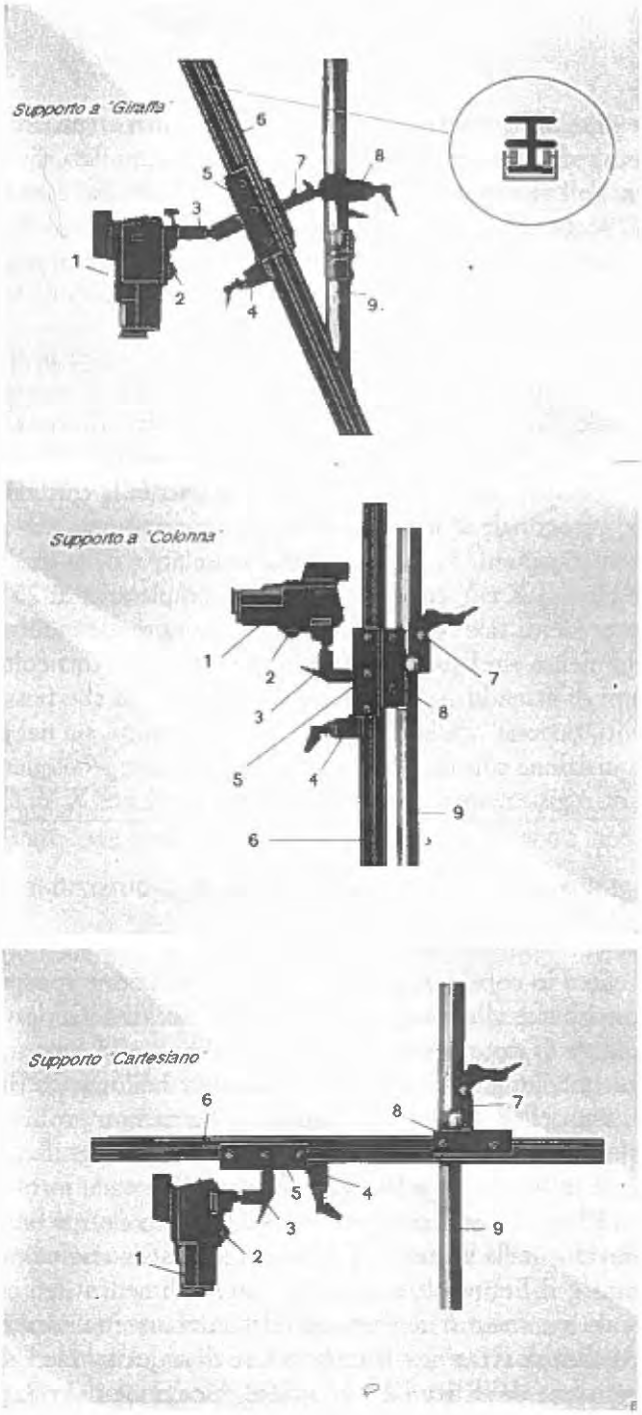


Fig. 5 — Configurazioni del supporto. 1) Videocamera; 2) Piatto porta telecamera; 3) Giunto carrello; 4) Blocco carrello; 5) Carrello a 6 ruote; 6) Rotaia; 7) Giunto rotaia-montante; 8) Attacco montante; 9) Montante.

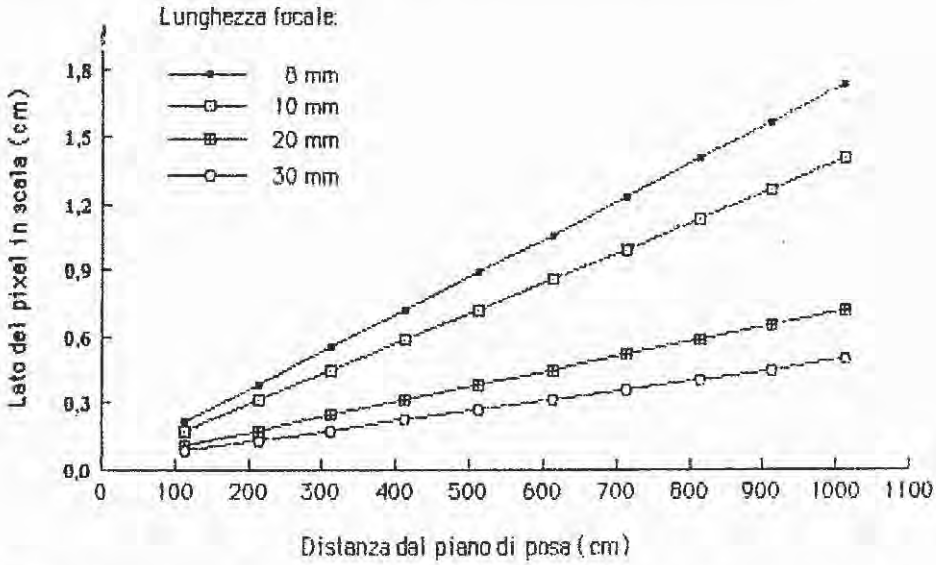
Al termine di ogni "strisciata" l'intero supporto viene traslato in orizzontale, parallelamente al piano di posa, di una misura prestabilita, per cui risultano note al termine dell'operazione le coordinate del piede dell'asse ottico di ogni fotogramma. L'acquisizione di tali valori consentirà, in fase di digitalizzazione delle immagini, di impostare la ricomposizione automatica del fotomosaico tramite elaboratore.

Supporto cartesiano - La medesima funzionalità si ottiene per le riprese zenitali ruotando di novanta gradi il supporto sopra descritto, e cioè con la rotaia in posizione orizzontale. In tale configurazione la rotaia su cui è istallato il blocco carrello-telecamera è vincolata per mezzo di carrelli a due rotaie di 5 metri ad essa ortogonali. Un secondo arganetto elettrico consente la traslazione dell'intera asta in senso ortogonale al movimento della videocamera, per cui è possibile controllare automaticamente la sequenza delle strisciate e delle traslazioni dell'asse ottico lungo gli assi X e Y con una copertura complessiva di 25 mq. Rispetto alle soluzioni precedenti tale configurazione, che comprende montanti, aste orizzontali di irrigidimento e relativi giunti, comporta maggiori difficoltà di trasporto e maggiori tempi di assemblaggio sul campo, ma è l'unica che possa garantire la completa "robotizzazione" delle procedure di rilevamento, sia dal punto di vista qualitativo (acquisizione automatica dei fotopiani) sia da quello quantitativo (possibilità futura di registrazione automatica delle coordinate X,Y,Z).

7. Rapporto di scala e risoluzione spaziale in acquisizione

Nei diversi casi l'impostazione delle operazioni di acquisizione dei fotogrammi deve tenere in considerazione la ridotta risoluzione spaziale dell'immagine elettronica rispetto alla fotografia per cui, in relazione al dettaglio metrico richiesto, già in fase di ripresa è necessario ben calibrare il fattore di scala e dunque il rapporto tra la lunghezza focale e la distanza dall'oggetto. La risoluzione orizzontale dei sensori CCD delle telecamere di fascia non professionale o semi professionale può variare tra le 250 e le 460 linee, il che significa che la risoluzione ottenibile è inferiore a quella di un'immagine digitale a tutto schermo su monitor RGB 13″ a 72 punti per pollice (640x480 pixels). Il fattore di equilibrio tra la risoluzione dello strumento di acquisizione e la risoluzione dell'immagine digitalizzata è il limite oltre il quale l'ingrandimento dell'immagine non comporta un reale incremento nel dettaglio della documentazione. La dimensione del pixel è costante e il fattore di scala in fase di acquisizione è dunque vincolante per la precisione del rilievo e per la determinazione del più piccolo dettaglio rappresentabile, di cui è un indicatore la dimensione in scala del punto costituente l'immagine.

Il grafico che segue fornisce un'indicazione del variare di quest'ultimo valore al variare della distanza della videocamera dal piano di posa, con lunghezze focali comprese tra 8 e 30 mm: il rapporto di scala considerato è relativo ad una risoluzione dell'immagine di 640x480 pixels a 72 punti per pollice (28.4 pixels circa per centimetro). Tali valori sono del tutto indicativi e possono variare considerevolmente, a parità di parametri, da telecamera a telecamera.



8. Digitalizzazione delle immagini e composizione del fotomosaico

Il dettaglio "metrico" del documento, e più in generale il suo contenuto informativo, non può dunque prescindere dal rapporto tra la risoluzione spaziale degli strumenti di acquisizione e la risoluzione degli strumenti utilizzati per la conversione dell'immagine dal formato analogico a quello digitale.

I parametri da considerare per la determinazione dimensionale e qualitativa del contenuto informativo della documentazione sono relativi al rapporto tra *risoluzione spaziale* e *risoluzione colore* (profondità cromatica dell'immagine) e, nel caso di riprese mosse o effettuate in movimento, dal tempo di elaborazione del digitalizzatore.

L'apparecchiatura attualmente utilizzata per il trasferimento da videoregistratore ad elaboratore è basata su computer Apple Macintosh IIci (processore Motorola 68030 con clock a 25 MHz, 512 Kb di ROM) con 5 Mb di RAM, hard disk interno da 80 Mb e drive esterno con cartucce rimovibili da 45 Mb. Per la digitalizzazione viene utilizzata la scheda NuVista della Truevision con

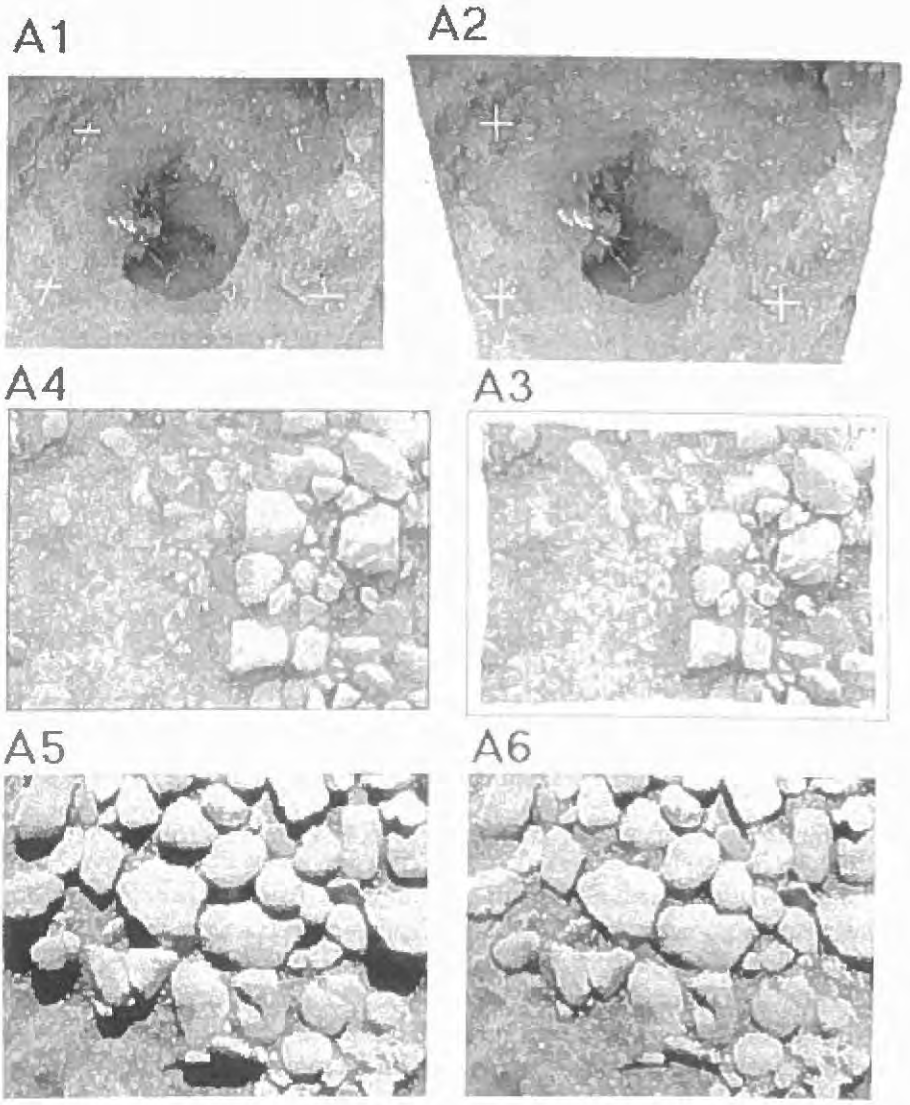


Fig. 6 — A1-A2: Monte Bibele: abitato di Pianella di Monte Savino. Particolare di buca di palo della casa 2: raddrizzamento prospettico di veduta in scorcio; programma Studio8 (comando *Define Perspective*).
A4-A3: Pian di Misa, Marzabotto. Particolare di mura di fondazione in ciottoli: raddrizzamento della distorsione radiale del fotogramma (prospettiva centrale); programma Photoshop 1.0.7 (comando "Effetto lente"-20%).
A5-A6: Pian di Misa, Marzabotto. Particolare di piano stradale in ciottoli: ritocco fotografico; esempio di eliminazione delle ombre (programma Photoshop 1.0.7).

1 Mb di RAM, espandibile a 4 Mb, che in tale configurazione garantisce il processamento dell'immagine in 1/25 di secondo con risoluzione colore a 16 bit (65536 colori contemporanei) e risoluzione spaziale di 640x480 pixels. Questa scheda consente di acquisire ed esportare immagini da sorgenti video sia in standard NTSC che PAL ed è dotata di circuito Genlock in grado di creare effetti speciali su qualsiasi prodotto video in qualunque formato, RGB o VideoComposito, sovrapponendo ad esempio immagini in input da apparecchi esterni su immagini grafiche già create. Per sfruttare al meglio tali possibilità il monitor utilizzato è un Mitsubishi Eum 1281 da 15 pollici a multisincronizzazione automatica, con cui è possibile lavorare in simultanea su segnale RGB e Video Analogico.

Le procedure di aggiustamento in input dei fattori di luminosità, contrasto e crominanza (*hue* e *saturation*), di digitalizzazione ed eventuale composizione del fotomosaico, sono regolate via software da apposita applicazione *stand-alone* realizzata in SuperCard, attualmente il più potente ipertesto in ambiente Macintosh (per le caratteristiche del programma vedi nel precedente volume: De Guio 1991; Bianchimani, Parra 1991), e costituisce un modulo interno all'applicazione dedicata all'archiviazione su base ipertestuale degli elaborati grafici.

Per il controllo delle funzionalità della scheda NuVista, tale modulo utilizza apposite External Command (XCMD) fornite dalla Truevision per lo sviluppo di applicazioni dedicate in SuperTalk (il linguaggio di programmazione di SuperCard) e in HyperTalk (il linguaggio di programmazione di Hypercard): è inoltre possibile, per mezzo di appositi External Object (XOBJ), l'utilizzo interattivo del programma di animazione MicroMind Director 2.0 direttamente in fase di aquisizione dei fotogrammi.

Avviato il VCR, il programma consente di impostare la digitalizzazione per singoli fotogrammi o in forma completamente automatica, nel caso le riprese siano state impostate utilizzando supporti che consentono l'aquisizione automatica delle strisciate (*supporto cartesiano*, *supporto a colonna*). Il comando "Cattura" (XCMD Capture) permette di impostare la digitalizzazione ad una risoluzione specificata dall'operatore attraverso l'inserimento delle proprietà *Width* e *Height* del *rect* di ogni immagine digitale: ciò consente di regolare il rapporto di scala in input come fattore di riduzione della risoluzione spaziale a partire dalla risoluzione massima di 640x480 pixels. Inserito il rapporto di scala desiderato, il calcolo del fattore di riduzione può avvenire seguendo due procedure: richiamando preventivamente un singolo fotogramma e misurando a video due lunghezze lungo X e lungo Y presenti nell'inquadratura e di cui sono note le dimensioni reali (tool "Scala immagine"), oppure inserendo direttamente i parametri "Distanza" (distanza dal piano di posa) e "Focale" (lunghezza focale utilizzata).

L'avvio della procedura automatica di composizione del fotomosaico richiede l'inserimento della velocità di traslazione del blocco carrello-videocamera del supporto utilizzato e la percentuale di sovrapposizione da fotogramma a fotogramma, parametri necessari a calcolare la cadenza di digitalizzazione compatibile con il ricoprimento richiesto. Inseriti tali parametri il programma esegue in continuo le seguenti operazioni: attesa in rapporto alla cadenza; digitalizzazione del fotogramma alla risoluzione calcolata (inserimento nel *clipboard*); calcolo delle coordinate del piede dell'asse ottico (centro del fotogramma) e "incollaggio" sul foglio di lavoro (*paste* sul *background*) alla *location* specificata (coordinate del centro dell'immagine rispetto all'origine del *background*); riduzione della superficie dell'immagine in rapporto alla percentuale di ricoprimento (variazione delle proprietà *TopLeft* e *BottomRight*).

9. Processamento dell'immagine

La precisione ed omogeneità del risultato finale, in termini sia quantitativi che qualitativi, può essere influenzata da diversi fattori. Per quanto riguarda il corretto posizionamento spaziale della sequenza dei fotogrammi, si può spesso incorrere in distorsioni prospettiche e spostamenti radiali derivanti da un non corretto posizionamento dei supporti o dell'apparecchio di ripresa. Più frequentemente il "fotomosaico digitale" presenta leggere, ma evidentissime, variazioni nei parametri di luminosità, contrasto e tonalità di colore tra fotopiani contigui, conseguenza del variare delle condizioni di luce e di illuminazione al momento della ripresa.

In entrambi i casi è richiesto il trasferimento dell'elaborato su applicazioni dedicate al trattamento dell'immagine, oggi numerose e per lo più dotate di estese e sofisticate funzionalità che vanno dal ritocco fotografico alle trasformazione geometriche e, più in generale, ai processi di "image enhancing"/"image processing".

Il programma Studio8 mette a disposizione svariati algoritmi per la rotazione e deformazione dell'immagine in grafica raster. Tra le funzioni principali quelle di rotazione oraria-antioraria libera o per angoli con incrementi di un grado (*Rotate*), di deformazione prospettica con un solo punto di fuga lungo gli assi X o Y (*Quick Perspective*), di deformazione angolare con lati dell'inquadratura non deformabili (*Shear*) o liberi (*Distort*), oppure di distorsione curvilinea lungo uno, due o quattro lati (*Bend 1*, *Bend 2*, *Bend 3*). Particolarmente sofisticate le funzioni di deformazione o raddrizzamento prospettico del comando *Define Perspective*, che permettono il controllo e la variazione angolare del piano dell'immagine sui piani XY, XZ e YZ, secondo valori impostati dall'utente (Fig. 6: A1-A2).

Sempre in relazione agli algoritmi di trasformazione spaziale dell'immagine, un'interessante possibilità è data dal filtro "Effetto lente" (*pinch*) presente nel programma Adobe Photoshop (versione 1.0.7), che consente il raddrizzamento delle deformazioni prospettiche radiali (prospettiva centrale con obiettivi grandangolari) su base percentuale (Fig. 6: A3-A4)

Quest'ultimo programma viene inoltre utilizzato per le operazioni di ritocco fotografico e di "omogeneizzazione" cromatica tra le parti del fotomosaico digitale, ed è sicuramente la più potente applicazione oggi presente in ambiente Macintosh che unisca insieme tutti gli strumenti di maggiore utilità per la correzione grafica, il processamento e l'edizione di immagini con risoluzione colore fino a 32 bit e dimensione indirizzabile in memoria virtuale fino a 300 Mb. La regolazione dei fattori di luminosità, contrasto, bilanciamento colori (selettivo su ombre, toni alti e mezzetinte), tonalità e saturazione (Tav. VIIc), sull'intera immagine, per parti selezionate e per singoli canali RGB, consente la correzione e omogeneizzazione cromatica differenziata sui componenti del fotomosaico (Tav. VIa). Sofisticati strumenti "paint" di selezione e ritocco permettono di intervenire sul contenuto del fotomosaico nel caso si renda necessaria l'eliminazione, la correzione o attenuazione di particolari non rilevanti ai fini della rappresentazione, quali ombre, riferimenti metrici a terra, picchetti etc. (Fig. 6: A5-A6). È inoltre possibile operare per sfumatura e miscelazione delle profondità cromatiche di pixels contigui (strumento "sfumino"), per diluizione delle stesse con fattori di accentuazione o attenuazione (strumento "goccia"), per duplicazione e ricostruzione di parti (strumento "timbro") e, in tutti i casi, è possibile controllare svariati parametri relativi agli strumenti e alle relative modalità d'uso, quali la forma e la grandezza della superficie d'azione, la "spaziatura", la "ripetizione", la "pressione", l'"opacità" e la "tinteggiatura".

Più orientato alle funzioni di "image enhancing" e "image processing", lo strumento di selezione "magic wand" consente la ricerca e la selezione areale di livelli cromatici affini per parametri di "tolleranza" e "sfuocatura" preimpostati dall'utente. Con il comando "Riempi" è possibile produrre in automatico diversi gradi di tematizzazione dell'immagine attraverso la campitura o scontornatura delle aree selezionate con differenti opzioni di "opacità" o spessore di linea (Tavv. VIc e VIId). Ulteriori possibilità di "enfatizzazione" del contenuto dell'immagine sono dovute alle funzioni di inversione del colore (negativo-Tav. VIIb), di "normalizzazione", di controllo sulla profondità cromatica ("posterizzazione"), sui livelli di input/output, su quelli di "sogliatura" e sulla "curva del colore" (Tav. VIIIb) e, più in generale, da un'estesa rassegna di convoluzioni spaziali (filtri) con matrici di formato da 3x3 a 5x5, con coefficienti standard o definiti liberamente dall'utente.

Insieme a tali funzionalità la possibilità di operare sequenze di operazioni

aritmetiche o logiche di confronto tra due o più immagini ("somma", "sottrazione", "moltiplicazione", "ponderazione", "combinazione", "differenza", "costante" etc.) avvicinano tale prodotto ad applicazioni di livello professionale quali Optilab (De Guio 1991), ove ai tradizionali algoritmi di "image enhancing" si sommano estese possibilità di analisi qualitativo-quantitativa, quali: l'elaborazione morfologica per mezzo di serie di funzioni standard come "erosione", "dilatazione", "apertura" e "chiusura", "assottigliamento", "ispessimento" etc; le trasformazioni avanzate come "apertura" e "chiusura" propria, "riempimento buchi", "scheletrizzazione", "struttura interna" ed "esterna", distribuzione e dispersione di particelle; la misurazione morfologica di 40 parametri espressi in unità fisiche, tra cui, perimetro, superficie, diametro, baricentro, matrice d'inerzia, direzione, fattore di forma, compattezza e allungamento.

In futuro è da prevedersi che al potenziamento e alla diffusione di tali applicazioni si associ la tendenza alla creazione di algoritmi di "image processing" sempre più specializzati alle singole problematiche della ricerca e ciò fa prevedere ampie ricadute sui contenuti e sulle metodologie di interpretazione dell'"immagine" archeologica (Haigh, Ipson 1989; Buck, Cavanagh, Litton 1989). L'analisi degli aspetti applicativi di tali tecnologie sui contenuti della documentazione "visiva" dello scavo archeologico è di fatto un campo di ricerca a sé stante, con vastissime implicazioni di ordine pratico e concettuale e non può che essere rimandata ad altra sede. Valga qui la considerazione che la reale estensione di tale ambito di ricerca dai campi tradizionali del telerilevamento aereo e satellitare al microrilevamento della documentazione di scavo, ha come condizione la sostanziale revisione delle tecniche e delle metodologie di acquisizione dei dati sul campo: problema che, come detto, non può prescindere dal progetto e dalla realizzazione di periferiche dedicate.

Antonio Gottarelli
Dipartimento di Archeologia
e Storia delle Arti
Università di Siena

BIBLIOGRAFIA

Bianchimani A., Parra M.C. 1991, *NIKE: progetto di una base di dati archeologica*, « Archeologia e Calcolatori », 2, 179-205.

Buck C.E., Cavanagh W.G., Litton C.D. 1990, *Image segmentation methods for archaeological field survey data*, in A. Voorrips, B.S. Ottaway (edd.), *New Tools from Mathematical Archaeology. Proceedings of the Fifth International Symposium on Data Management and Mathematical Methods in Archaeology, Mogilany/Krakov 1989*, Warsaw, 55-68.

BUCHSENSCHUTZ O. 1989, *Méthodes de recherche. Expérimentations sur le site du Mont Beuvray*, « Le courier du CNRS », 73, 30.

DE GUIO A. 1991, *Archeologia e calcolatori: un progetto per gli anni '90*, « Archeologia e Calcolatori », 2, 25-78.

GOTTARELLI A. 1987, *Tecniche di documentazione dello scavo archeologico: introduzione alla videometria digitalizzata*, in F. D'ANDRIA (ed.), *Informatica e archeologia classica. Atti del Convegno (Lecce 1986)*, Galatina, Congedo Editore, 63-90.

GOTTARELLI A. 1989, *Rilievo archeologico e documentazione di strato: applicazioni della Videometria digitalizzata*, in *Conservazione e manutenzione di manufatti edilizi ridotti allo stato di rudere*, Firenze, 19-21.

GRUEL K., BUCHSENSCHUTZ O. 1990, *Informatique et archéologie*, « Les dossiers de l'archéologie », 153, 80-85.

HAIGH J.G.B., IPSON S.S. 1989, *Image processing in archaeological remote sensing*, in S. RAHTZ, J. RICHARDS, *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1989*, Oxford, 99-109.

KRIZINGER F., SCHICK M.,TEEGEN W.R. 1990, *Un calcolatore disegna e registra ceramica antica: il sistema ARCOS-1 negli scavi di Velia, Comune di Ascea (Salerno)*, « Archeologia e Calcolatori », 1, 179-209.

REILLY P. 1990, *La visualizzazione dei dati in archeologia*, « Sistemi & Impresa », 314, 783-792.

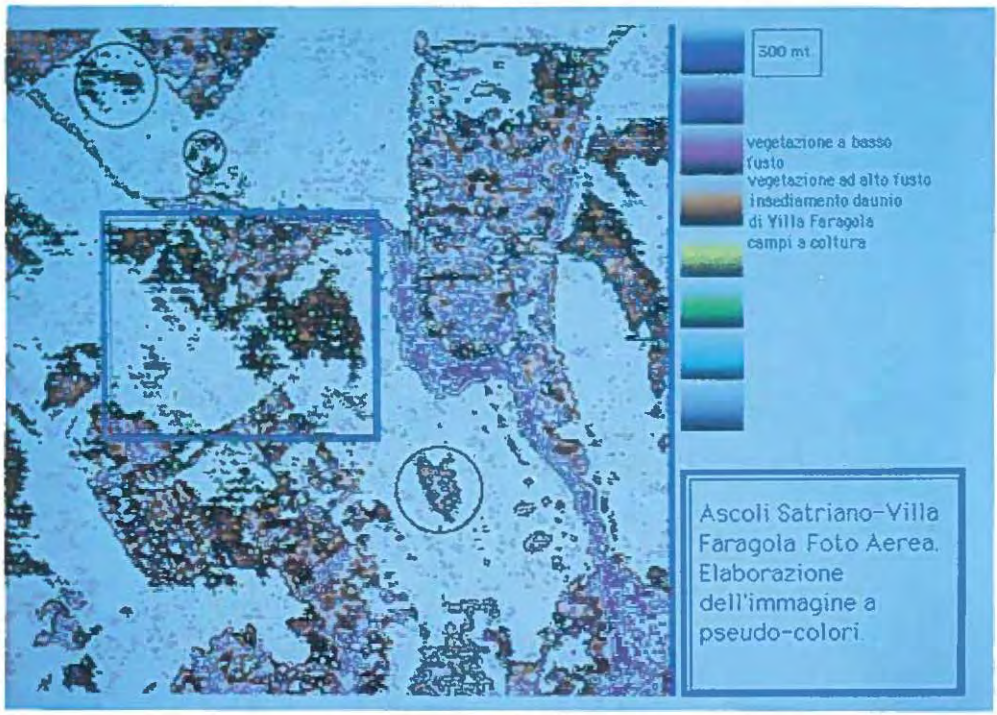
SPALLA P. 1988, *Rilevatore tridimensionale*, in *Archeologia e restauro dei monumenti. I ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia. Certosa di Pontignano (Siena 1987)*, Firenze, 347-368.

STANČIČ Z. 1990, *Computervision: A tool for intra-site plan production*, in A. VOORRIPS, B.S. OTTAWAY (edd.), *New Tools from Mathematical Archaeology. Proceedings of the Fifth International Symposium on Data Management and Mathematical Methods in Archaeology (Mogilany/Krakov 1989)*, Warsaw, 83-90.

ABSTRACT

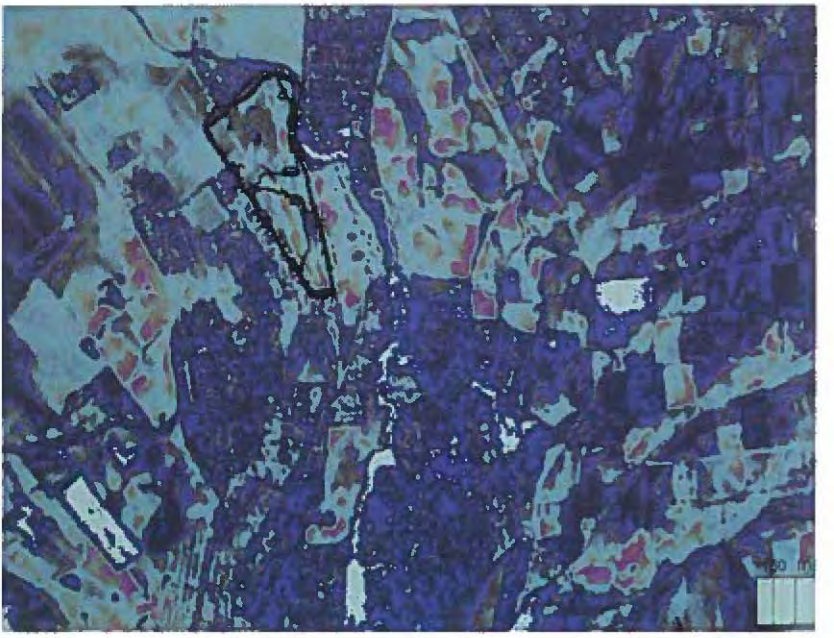
The main advantages of archaeological excavation electronic Video-Documentation are to be found in the high informative potential of recording shooting and sound with respect to documentation and in the whole potentiality of electronic image management, both in data acquisition and processing. In the first case, main specifics deal with the possibility of direct computer interfacing, the real-time control (through the monitor) of exactness of frames sequence, and, more in general, the good tendency of video devices to be automated in shooting procedures. In the second case, main specifics deal with the extended possibilities of electronic image enhancing and processing, that can be efficiently used in archaeological research.

a

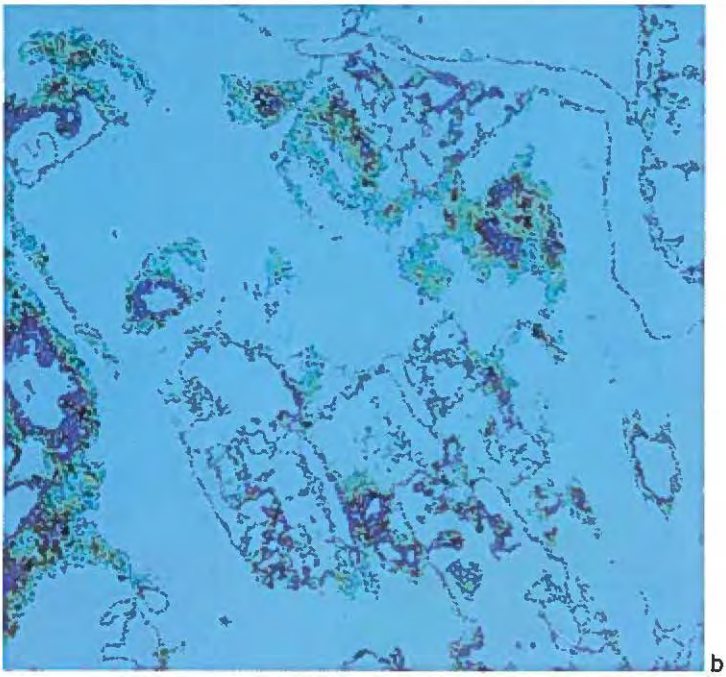


b

Tav. I — a: Porzione della foto aerea originale di Ascoli Satriano elaborata digitalmente a pseudo colore a scala più dettagliata.
b: Look up table dedicata all'accentuazione e trasformazione della discontinuità dei livelli di grigio/colore.

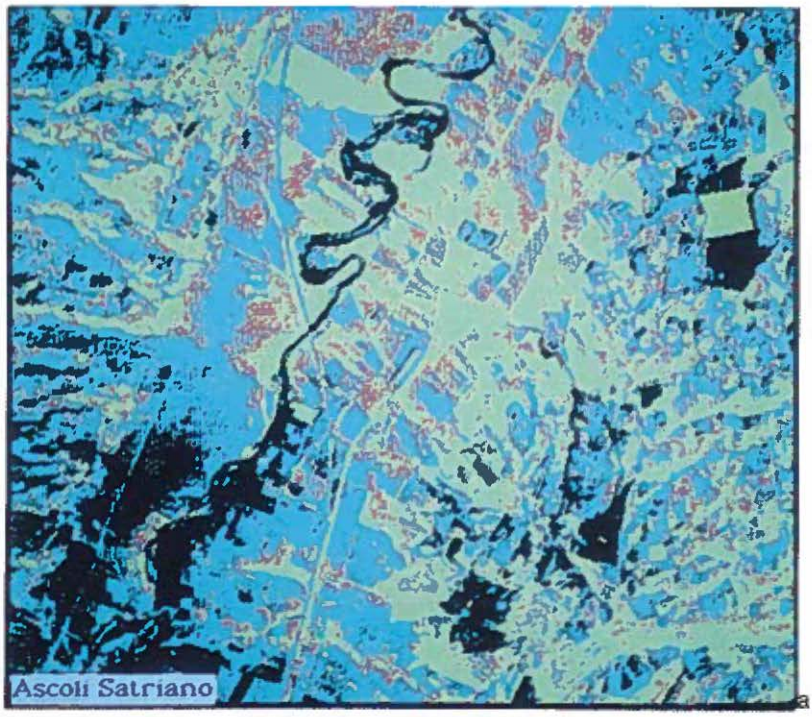


a



b

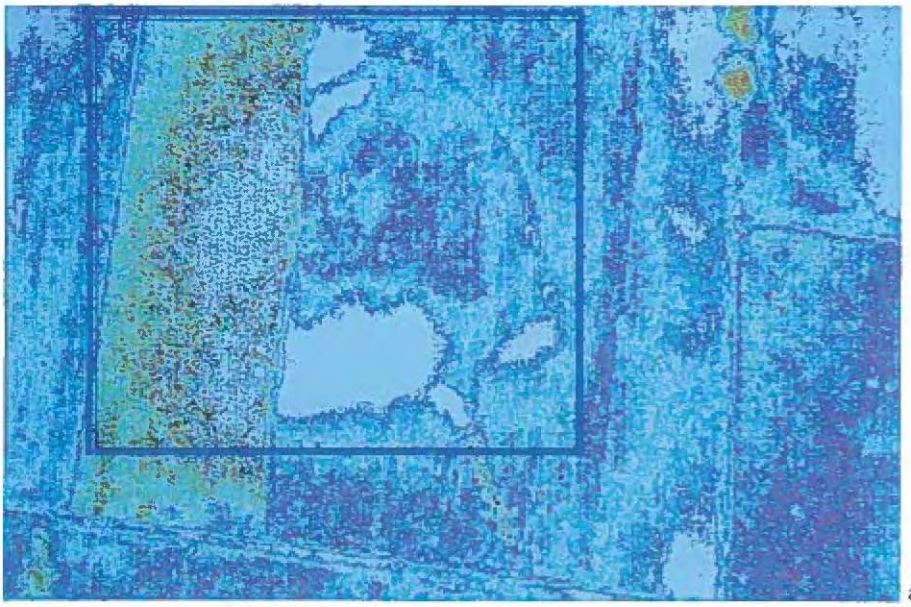
Tav. II — a: "Overlay" del rilievo del sito completato sul campo sulla elaborazione digitale dell'immagine.
b: Analisi a soglie della foto aerea sul sito daunio di Villa Faragola.



a

b

Tav. III — a: Carta Archeologica Predittiva del territorio di Ascoli Satriano in base al contenuto della foto aerea digitalizzata.
b: Foto aerea della terramara di Gaione (PR).

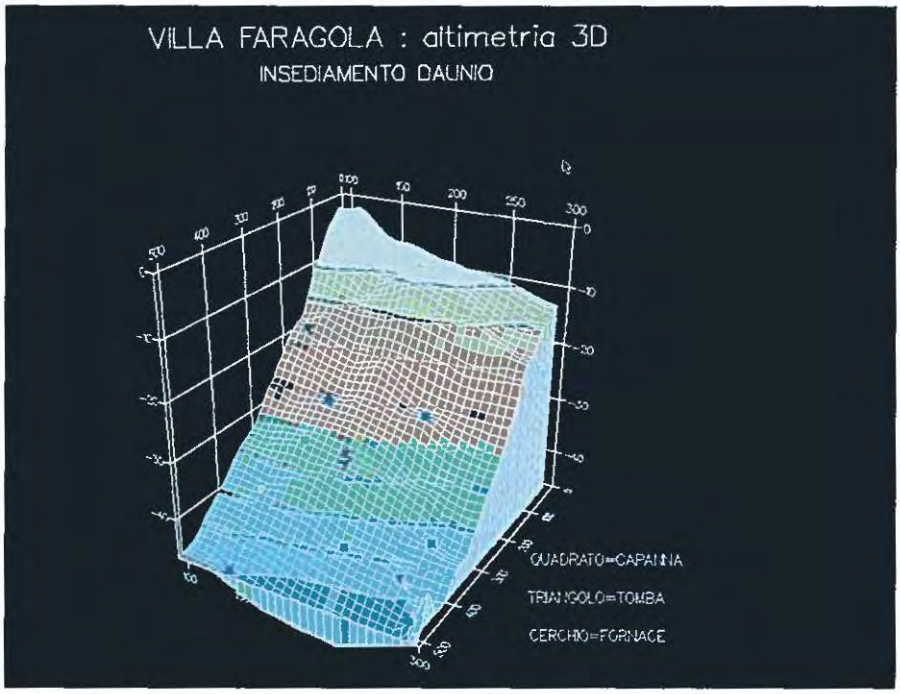


a

b

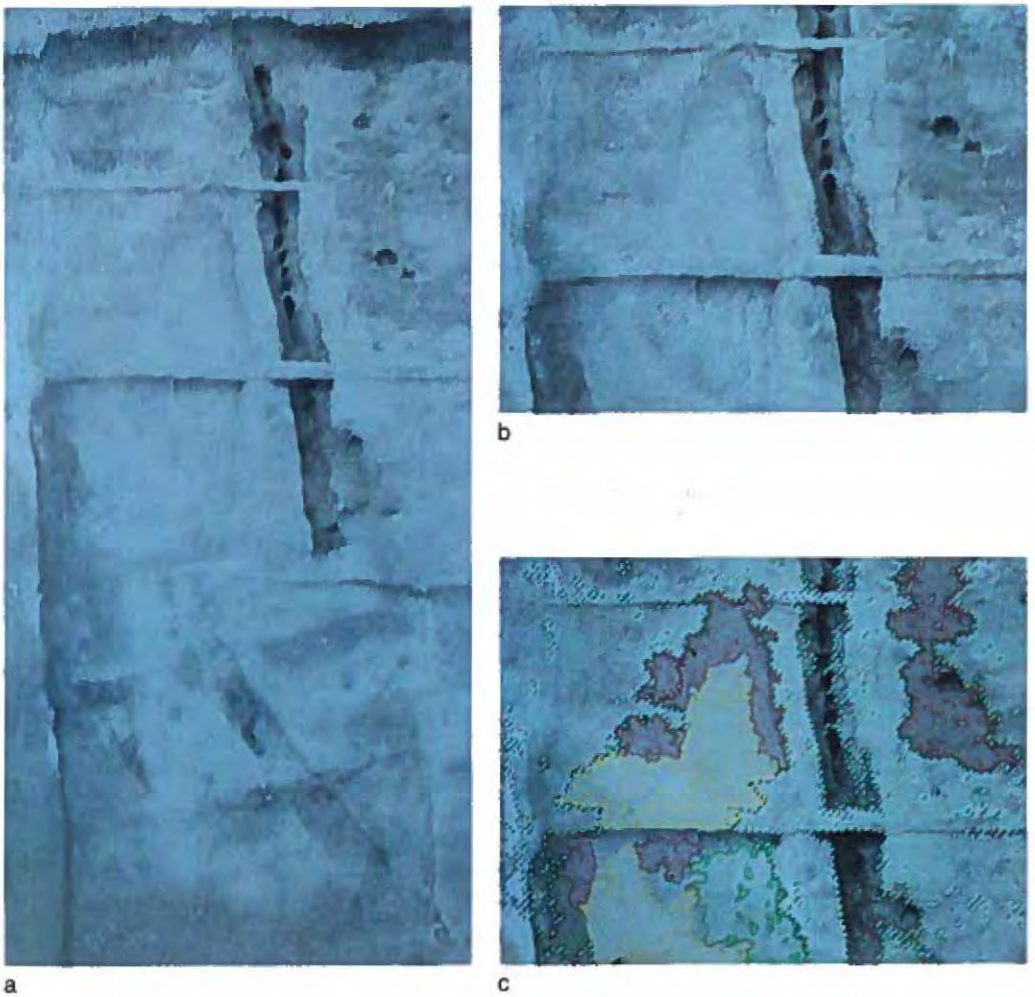
Tav. IV — a: Elaborazione della foto aerea della terramara di Gaione (PR).
b: Texture mapping di un'immagine satellitare relativa ad una regione del Colorado.

a

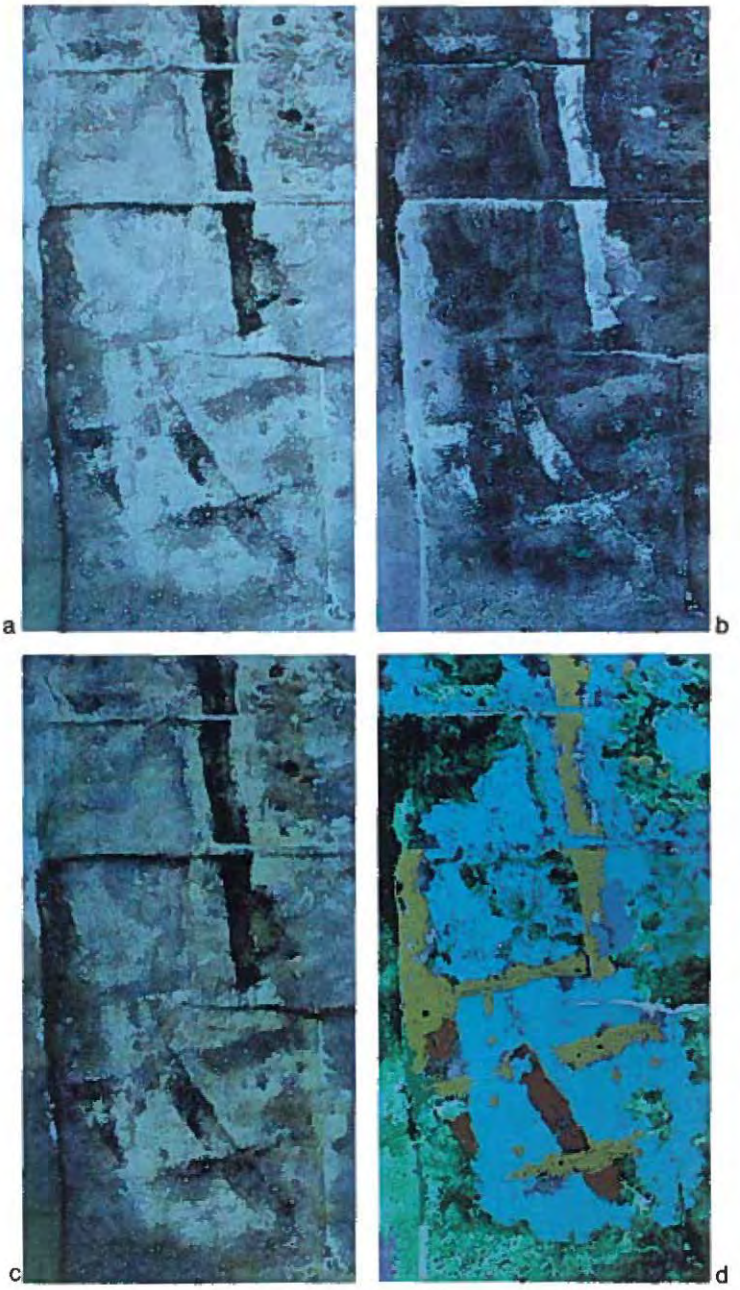


b

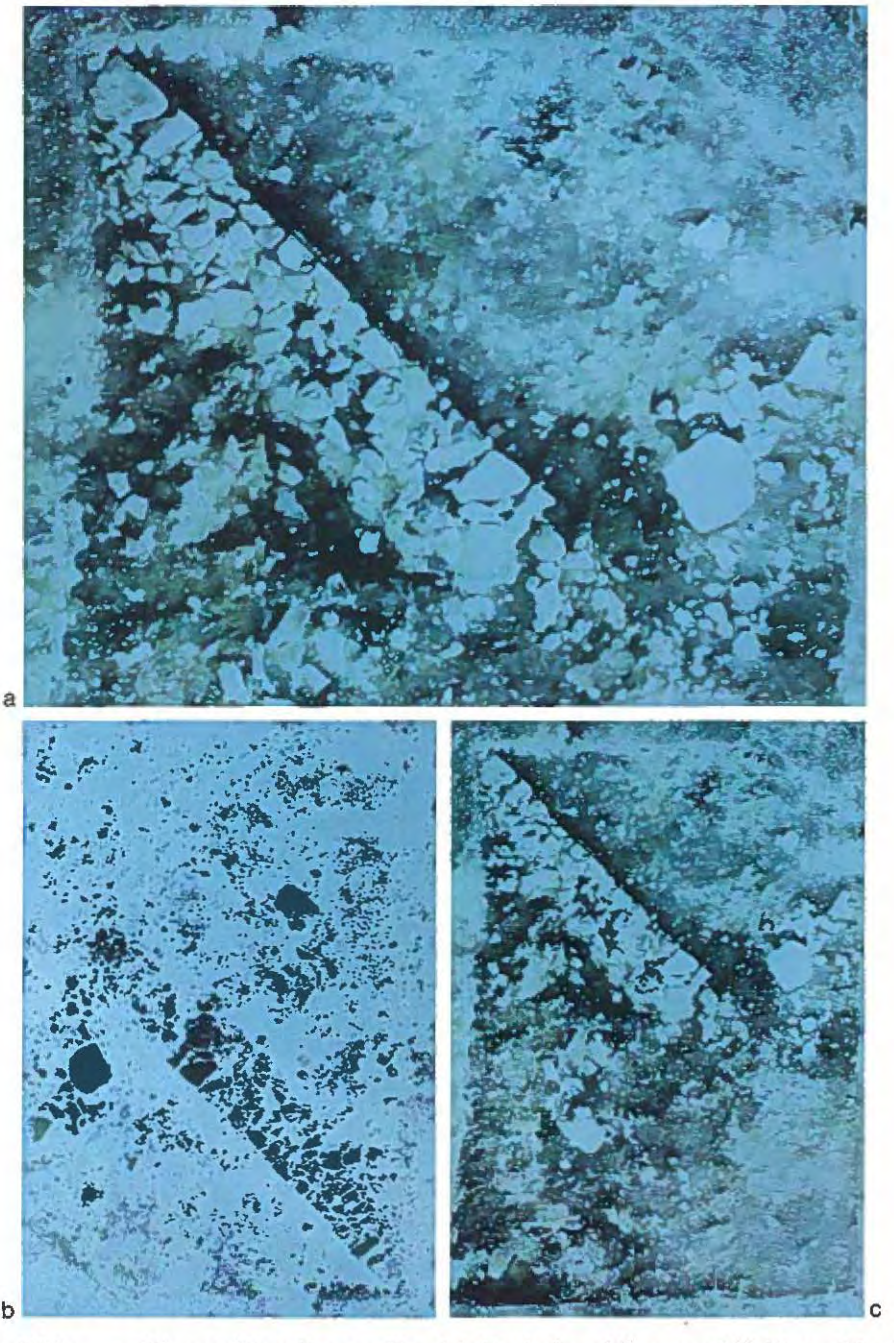
Tav. V — a: Modello 3D del territorio di Ascoli Satriano secondo un'altra prospettiva.
b: Microrilievo e modello 3D dell'insediamento daunio di Villa Faragola con posizionamento delle strutture archeologiche rinvenute sul terreno.



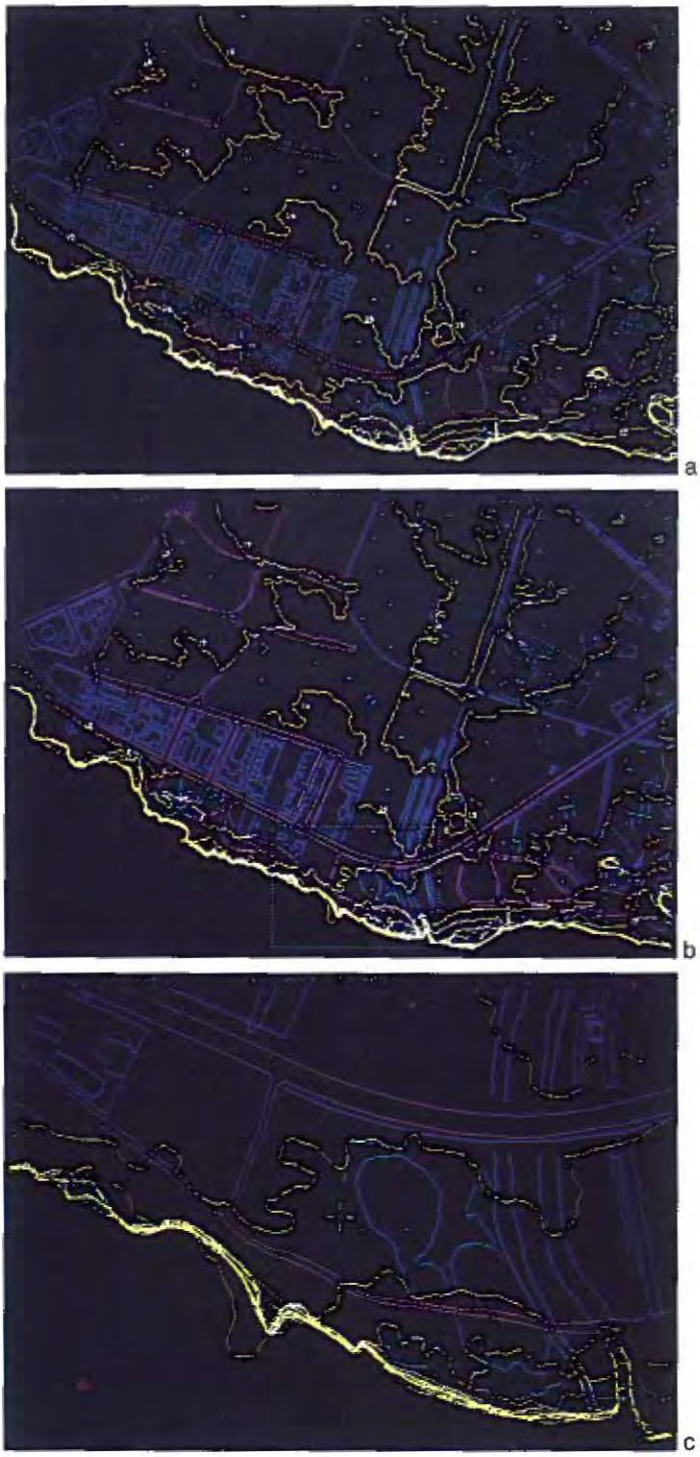
Tav. VI — a: Frattesina (Fratta Polesine-Rovigo); quadranti W5-Y5 (Ottobre 1989). Direzione degli scavi Anna Maria Bietti Sestieri. Dati ripresa: supporto a giraffa; altezza dal piano di posa 250 cm, focale 8.5 mm, rapporto di scala in digitalizzazione 1:5 (risoluzione 640x480 pixel), n.fotogrammi 85, tempo di ripresa 170 minuti. Digitalizzatore: scheda NuVista (1Mb RAM); risoluzione colore 16 bit; processamento su Apple Macintosh IIci (5 Mb RAM, 40 HD); montaggio su Photoshop 1.0.7; dimensione 2340 Kb.
b: Frattesina (Fratta Polesine-Rovigo); dettaglio del quadrante Y5 su programma Photoshop 1.0.7.
c: Esempio di ricerca ed evidenziazione automatica di regioni dell'immagine per fattori di similarità cromatica, su programma Photoshop 1.0.7 (strumento "magic wand": "tolleranza" 10; "sfuocatura" 64).



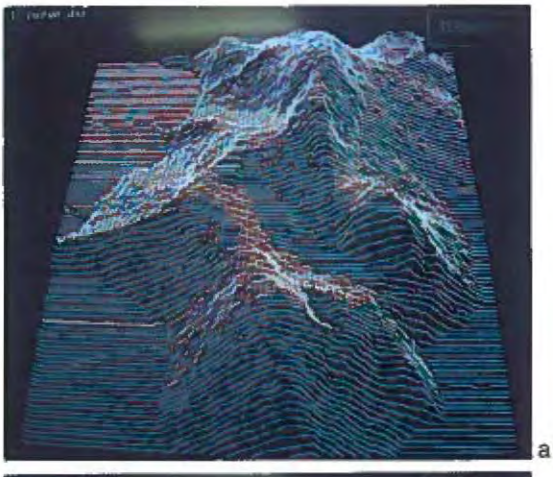
Tav. VII — Frattesina (Fratta Polesine-Rovigo); quadranti W5-Y5.
a-b: Passaggio al negativo (Photoshop 1.0.7: comando "inverti").
c: Variazione del livello di saturazione (comando "saturazione" + 65).
d: Esempio di enfatizzazione cromatica per campiture.



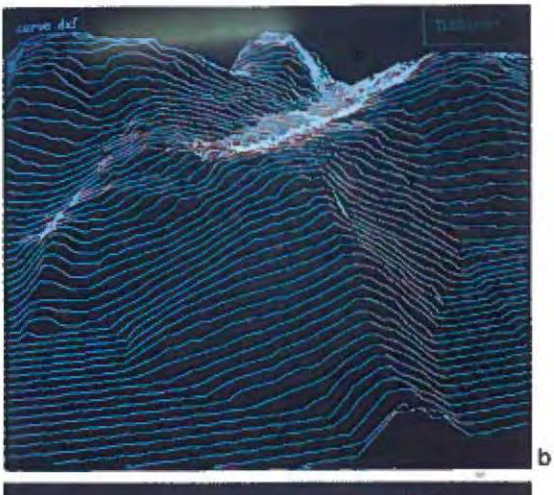
Tav. VIII — a: Bibracte (Mont Beuvray-Francia). Particolare dello scavo dell'abitato. Direzione Daniele Vitali (Agosto 1989).
b: Filtraggio e mappatura delle murature e dei materiali mobili (programma Photoshop 1.0.7).
c: Particolare della muratura.



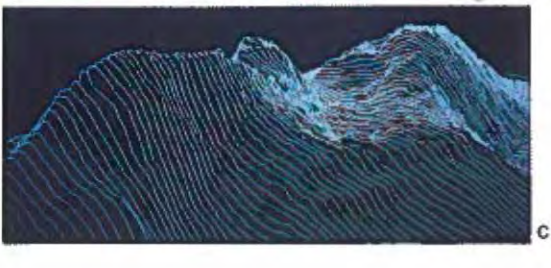
Tav. IX — a: tracciamento analitico di altimetria su planimetria di sfondo; b: elaborato planoaltimetrico con finestra indicante il settore da ingrandire; c: ingrandimento del settore evidenziato.



a

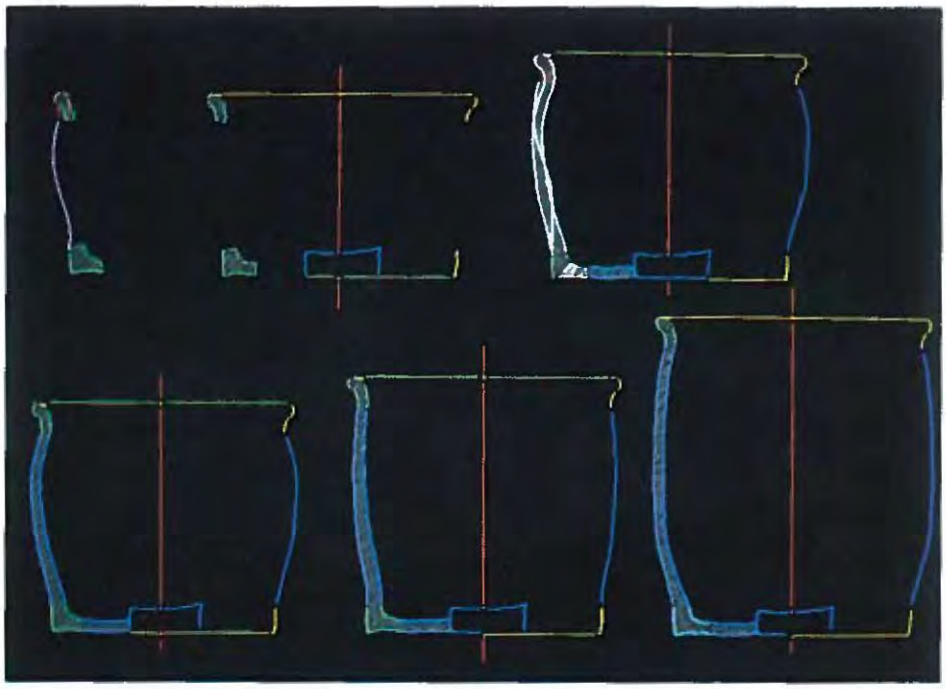


b

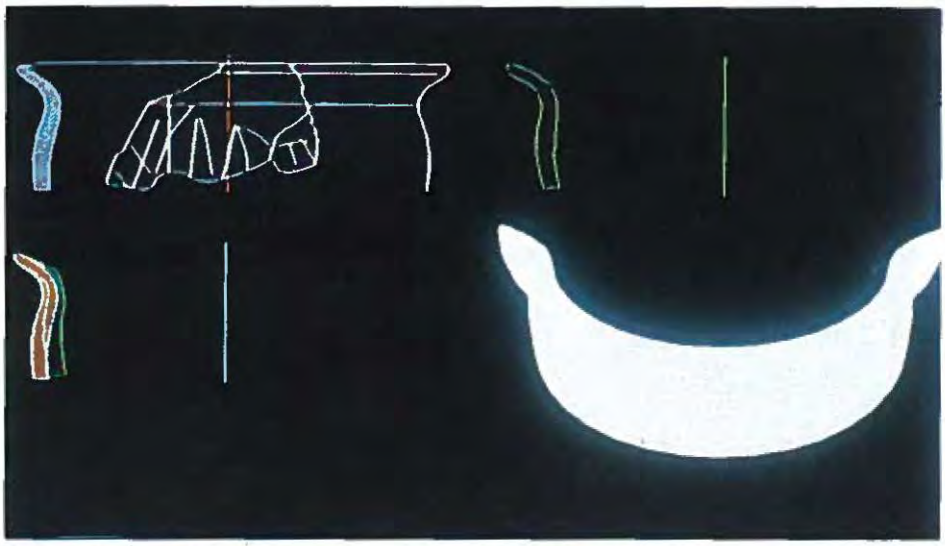


c

Tav. Xa-c — Alba Fucens, vedute prospettiche ottenute dalla elaborazione della restituzione fotogrammetrica.

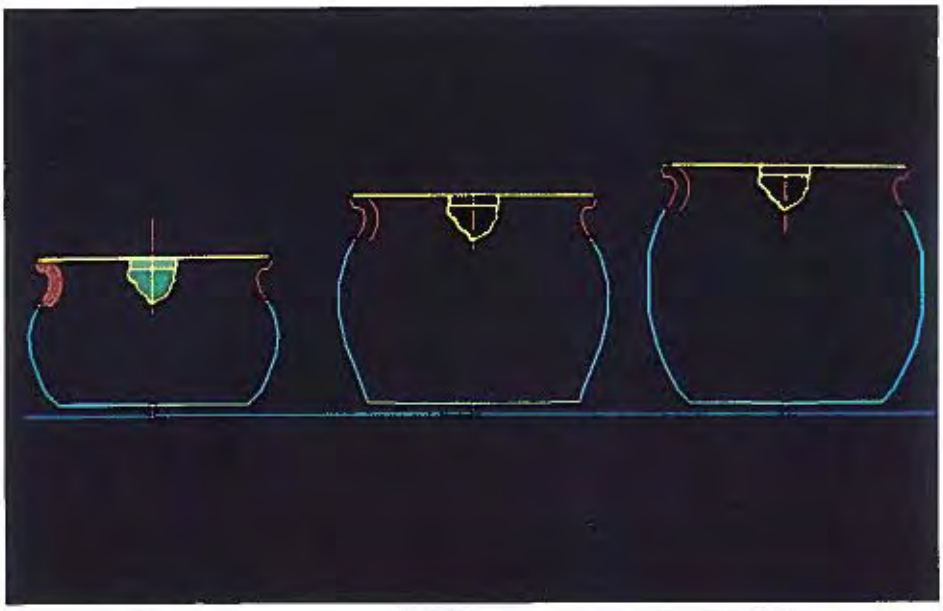


a



b

Tavv. XI-XII — Le fotografie riportate esemplificano le rappresentazioni ottenibili con l'uso di vari software e di varie stazioni grafiche. Tali immagini illustrano le potenzialità di rappresentazione ottenibili con il disegno interattivo, potenzialità che sono associate ad una capacità di archiviazione ed interrogazione delle immagini stesse attraverso l'uso della strumentazione e delle metodologie informatiche.



a

b

Tav. XII