

SHAPE FROM MOTION: DALLE SEQUENZE FILMATE
ALLA MODELLAZIONE TRIDIMENSIONALE.
PROGETTO PER L'ELABORAZIONE 3D DI IMMAGINI VIDEO
ARCHEOLOGICHE *

1. INTRODUZIONE

L'acquisizione di informazioni archeologiche durante le fasi di esplorazione sul campo e la relativa descrizione costituiscono un problema fondamentale per l'elaborazione e la visualizzazione dei dati. Tipicamente l'acquisizione e la traduzione grafica dei contesti avviene attraverso disegni bidimensionali, elaborati grafici convenzionali, oppure attraverso fotografie o riprese filmate; anche l'eventuale elaborazione delle immagini di tipo raster (video o foto) avviene tipicamente nelle due dimensioni. È evidente che per arrivare ad una completa ricostruzione dell'ambiente di esplorazione (scavo archeologico, survey o altro), la definizione e descrizione della terza dimensione risulta l'elemento guida alla corretta riproduzione del contesto senza soverchianti interventi arbitrari o soggettivi. L'elaborazione e la visualizzazione 3D delle informazioni devono essere intese come un laboratorio di ricerca permanente che permetta, anche a distanza di tempo, di poter verificare oggettivamente la qualità cognitiva dei dati acquisiti sul campo e la progressiva interpretazione. A questo scopo è stato avviato uno specifico progetto di ricerca per la modellazione e riproduzione tridimensionale di sequenze filmate riprese da telecamera, il progetto *Shape from motion*.

Il progetto *Shape from motion* ha preso il via grazie a un rapporto di collaborazione scientifica intrapreso fra il Laboratorio di Visualizzazione Scientifica del CINECA e il CALTECH, Californian Institute of Technology (USA) per iniziativa e con il supporto dell'AIACE (Associazione Internazionale di Archeologia Computazionale), allo scopo di creare una piattaforma comune di competenze specifiche sull'acquisizione ed elaborazione di sequenze filmate in formato digitale. In questo campo il CALTECH ha prodotto sperimentazioni avanzatissime lavorando ad un software appositamente dedicato e che si ritiene, nel prossimo futuro, di poter mettere a disposizione della ricerca interdisciplinare.

* Il progetto *Shape from motion* è stato avviato da AIACE (Associazione Internazionale di Archeologia Computazionale), con il fondamentale sostegno della clinica universitaria ORL e del Gruppo Zuffellato Computers di Ferrara. La fase di sperimentazione scientifica è stata avviata presso il Laboratorio di Visualizzazione Scientifica del CINECA con il contributo tecnico-scientifico del dr. Luigi Calori, dell'ing. Alex Sarti e dei laureandi in Ingegneria Silvio Simani e Federico Fraticelli.

2. IL PROGETTO INFORMATICO

La ricostruzione di modelli tridimensionali tramite tecniche di visione artificiale ed elaborazione dell'immagine costituisce un problema ampiamente trattato nella letteratura scientifica degli ultimi 10-15 anni. Le tecniche utilizzate per la ricostruzione sono molte e la scelta dell'una o dell'altra dipende in primo luogo dalla natura dei dati da cui si parte per eseguire la ricostruzione. Se, ad esempio, si hanno a disposizione set di dati costituiti da punti rilevati sulla superficie dell'oggetto da ricostruire, il problema della ricostruzione è relativamente semplice e consiste nella determinazione della superficie che meglio approssima l'insieme dei punti. Se si ha invece a disposizione una sola immagine dell'oggetto da ricostruire, in cui si conosce con precisione l'ambiente di illuminazione (tipo di sorgente luminosa, tipo di superficie riflettente, posizione e numero delle fonti luminose, ecc.), si potrebbero utilizzare tecniche di *shape from shading*, associando una forma tridimensionale alle strutture rappresentate nell'immagine in buon accordo con l'andamento dell'ombreggiatura. Ancora, se si dispone di una coppia di immagini che rappresentano lo stesso oggetto osservato da due punti differenti con posizione nota nello spazio, si potrebbero adottare tecniche di *stereo-vision*.

Infine, consideriamo il caso di avere a disposizione l'intera evoluzione temporale di una scena osservata (cioè una sequenza di immagini acquisite ad esempio da una telecamera) in cui la scena è stazionaria, ma gli oggetti appaiono (sul supporto magnetico) in movimento a causa del moto dell'osservatore (è il nostro caso). Naturalmente, l'analisi dei cambiamenti nel tempo della struttura dei livelli di grigio o di colore registrati dai sensori implica l'elaborazione di segnali a 4 dimensioni (3D + tempo). La complessità indotta dalla mole di dati da trattare è stato uno dei motivi per cui solo recentemente l'analisi di sequenze di immagini ha potuto compiere significativi progressi.

Il problema della ricostruzione della struttura volumetrica e del moto di sequenze temporali pone nuove difficoltà teoriche rispetto al trattamento di immagini statiche, poiché, oltre ad estrarre le parti di interesse da ogni singola immagine, occorre integrarle ed interpretarle in maniera coerente. Inoltre occorre ancora notare che questo problema, ed in generale il problema di ricavare informazioni 3D da proiezioni 2D, appartiene alla categoria dei problemi inversi che risultano 1) malposti, cioè non è garantita l'esistenza e l'unicità della soluzione; 2) malcondizionati, cioè la soluzione presenta approssimazioni nei dati di partenza. In altri termini, a causa del processo di inversione (2D→3D), variazioni anche molto piccole nei dati si ripercuotono amplificate in errori significativi nei risultati, se non vengono presi adeguati accorgimenti correttivi. In questo campo ampio spazio è dedicato all'analisi della sensibilità dei metodi di soluzione, non che alle procedure di regolarizzazione orientate ad ottenere tecniche di inversione robusta.

Tra le tecniche disponibili risulta di particolare interesse quella propo-

sta dal Californian Institute of Technology (CALTECH), che permette di ricostruire il movimento di camera e la struttura tridimensionale, seguendo nel tempo un certo numero di punti presenti sul piano immagine. La tecnica è molto complessa e per essere correttamente applicata richiede l'utilizzo di un software appositamente sviluppato presso il CALTECH.

3. RICOSTRUZIONE DI MODELLI TRIDIMENSIONALI DA SEQUENZE VIDEO DIGITALIZZATE

Recenti ricerche nel campo della computer vision hanno portato alla definizione di algoritmi che consentono in linea teorica la ricostruzione di modelli tridimensionali euclidei a partire da semplici sequenze video digitalizzate.

La ricostruzione euclidea 3D (cioè la valutazione di coordinate spaziali xyz) basata su sequenze video digitali integrata con l'utilizzo di tecniche di computer grafica, image processing e CAD apre numerosi ed interessanti spazi applicativi in vari settori quali l'architettura, la bioingegneria, la realtà virtuale, ed in generale si può rivelare di estremo interesse in tutti i settori nei quali sia utile la ricostruzione di modelli tridimensionali o la possibilità di fare valutazioni metriche spaziali a partire da sequenze di immagini 2D (bidimensionali).

Il trasferimento di tecnologia e competenze di questo tipo di tecniche di computer vision può essere particolarmente efficace in campo archeologico in quanto consente lo sviluppo di una tecnologia innovativa da utilizzare sul campo. Condizione essenziale perché ciò si realizzi è l'ingegnerizzazione di tutto il sistema di algoritmi, la creazione di un'interfaccia utente user friendly e la standardizzazione di procedure di acquisizione delle sequenze video e di settaggio della telecamera affinché gli algoritmi di ricostruzione possano dare risultati ottimali.

4. CONSIDERAZIONI GENERALI SULL'EFFICACIA DEGLI ALGORITMI DI STRUTTURA-DA-MOTO

La letteratura sulla visione computazionale è vastissima nel campo della ricostruzione di strutture da sequenze di immagini. Dal punto di vista applicativo, una prima classificazione può essere effettuata sulla base delle primitive utilizzate. In particolare la letteratura propone diversi schemi per la stima del moto e della struttura. Tra questi citiamo:

- 1) ricostuzione da **point-features** cioè da punti salienti dell'immagine caratterizzati da elevato contrasto e dalla possibilità di essere riconosciuti da un'immagine all'altra;
- 2) ricostuzione da **optical-flow**: in sostanza simile al punto precedente, ma anziché calcolare lo spostamento di un numero ridotto di punti localizzati, si considera la velocità dei pattern di luminosità in un numero prefissato di locazioni nell'immagine (per esempio una griglia): più adatto per interni di edifici e scene artificiali;

3) ricostruzione da contorni di occlusione (cosiddette *silhouettes*).

Tra questi schemi, gli unici che sinora hanno dimostrato un certo grado di robustezza su immagini reali sono quelli basati su *point-features/optical-flow*. Gli schemi cosiddetti "diretti" possono essere ricondotti a schemi basati su *optical flow*, mentre la stima della struttura da *silhouettes* richiede al momento la conoscenza esatta del moto della telecamera in 3D. Ci sono, tuttavia, primitive totalmente diverse che possono essere utilizzate per ricostruire la struttura da immagini (cioè da una singola immagine alla volta), per esempio le ombre (*shape-from-shading*) e la tessitura delle superfici (*shape-from-texture*).

5. LIMITAZIONI DELL'APPROCCIO POINT-FEATURES

Nel caso della stima della struttura da moto, il prodotto finale sarà, nella migliore delle ipotesi, la posizione nello spazio 3D di un numero di punti della scena che corrispondono alle *point-features* selezionate durante la prima fase del lavoro. Per ottenere un modello 3D della struttura da ricostruire di interesse resta da fare un'interpolazione della superficie oppure un rendering di luminosità. Questi sono aspetti che trascendono lo scopo della visione e riguardano piuttosto quello della rappresentazione e della presentazione del prodotto finale.

Va detto che tra i risultati finali della stima della struttura da moto vi è anche la stima completa del movimento della telecamera: quest'operazione può essere utile qualsiasi sia la tecnica alternativa che si voglia sperimentare successivamente (per esempio calcolo della struttura da *silhouettes*, oppure da tessitura).

6. OPERAZIONI NECESSARIE PER LA RICOSTRUZIONE DI UNA STRUTTURA TRIDIMENSIONALE 3D

Le operazioni per effettuare, in linea di principio, la ricostruzione di una struttura 3D in maniera completa possono essere riassunte come segue:

1) selezione e digitalizzazione di una sotto-sequenza di immagini da analizzare. La sequenza deve essere scelta sulla base delle caratteristiche di illuminazione, risoluzione, apertura focale, distanza dalla struttura, distanza inter-frame etc.;

2) inseguimento (*tracking*) di un certo numero di *features* lungo la sequenza di immagini selezionata. L'inseguimento delle *features* viene in prima istanza effettuato automaticamente con algoritmi sviluppati da Lucas e Kanade (LUCAS, KANADE 1981). Questi algoritmi sono stati poi perfezionati nel tempo fino alla versione sviluppata da Stefano Soatto del CALTECH (SOATTO 1995). In caso di fallimento del *tracking* automatico delle *features*, questo può essere effettuato in maniera semi-automatica;

- 3) calibrazione della telecamera che ha ripreso la sequenza video. Questo passo è necessario per poter effettuare valutazioni metriche dalle immagini;
- 4) ricostruzione della struttura da moto (Figg. 1-3; Tavv. XIV, a-b);
- 5) interpolazione della struttura con una superficie e creazione di un modello CAD;
- 6) rendering della struttura così ricostruita;
- 7) creazione di un modello 3D completo dotato eventualmente di texture mapping e fruibile in modo interattivo (VRML).

Il completamento di questo schema può presentare alcune difficoltà essenzialmente legate alle condizioni di illuminazione o alla telecamera. Le condizioni di illuminazione non costante impediscono l'uso degli algoritmi automatici di inseguimento delle features (passo 2 nello schema precedente). Nel caso in cui la presenza di superfici lisce renda impossibile l'identificazione di point features, tale ostacolo può essere aggirato effettuando la ripresa con luci strutturate.

È necessario inoltre provvedere sempre alla calibrazione della telecamera: il fatto di non poter disporre della telecamera che ha effettuato le riprese rende ovviamente impossibile la calibrazione. Un'altra limitazione è legata al fuoco della telecamera: se la sequenza non è effettuata a fuoco fisso, è impossibile una ricostruzione completa dei parametri di calibrazione. Gli algoritmi sono stati implementati da Stefano Soatto con Matlab e sono funzionanti sulla piattaforma *sirio* SGI Challenge L del CINECA, in particolare il funzionamento degli algoritmi di feature tracking è descritto in dettaglio nel rapporto tecnico "Implementation and uncertainty analysis of a feature tracking algorithm" (SOATTO 1995).

7. NOTE SULLA CALIBRAZIONE DELLA TELECAMERA

La calibrazione è un'operazione necessaria per stabilire una corrispondenza tra unità simboliche su un'immagine (matrice di righe e colonne) con unità di distanze ed angoli reali nell'ambiente 3D. La calibrazione di un sistema ottico consiste nella stima dei parametri geometrici della telecamera, in particolare la posizione del centro ottico, le dimensioni dei pixel e la lunghezza focale. Tutti questi parametri possono variare nel corso di una ripresa a causa della messa a fuoco (che varia sia la posizione del centro ottico sia le dimensioni della focale) o a causa di riprese con zoom. Le dimensioni dei pixel possono cambiare in condizioni diverse di temperatura, degrado della telecamera, etc. Per generare una sequenza adatta ad effettuare la calibrazione è necessario acquisire almeno un'immagine di una **griglia di calibrazione** immediatamente prima o dopo aver acquisito la sequenza di interesse a fuoco fisso (escludendo l'autofocus).

La calibrazione viene effettuata riprendendo un'immagine di un ogget-

to di struttura nota. Per esempio una griglia di calibrazione, oppure un pavimento piastrellato, oppure una scacchiera. Le caratteristiche di una griglia di calibrazione sono la presenza di un pattern ripetitivo e regolare che copra una porzione più estesa possibile del campo visivo.

Quindi per effettuare una sequenza calibrata è necessario fissare il settaggio della telecamera, effettuare le riprese, e poi acquisire immagini di una griglia di calibrazione, ripresa nelle stesse condizioni. In assenza di calibrazione non è possibile ricostruire la struttura euclidea della scena, ovvero è impossibile ricostruire distanze ed angoli tra diversi punti della scena. È possibile effettuare invece una ricostruzione proiettiva della scena, cioè stimare le coordinate omogenee di ogni punto riferito ad una base arbitraria dello spazio 3D immerso nello spazio proiettivo tridimensionale. Tale ricostruzione permette di generare nuove viste della scena, ma non permette di ottenere un modello tridimensionale in senso proprio.

8. SCELTA ALGORITMI DI STIMA DEL MOTO

Una volta acquisita la sequenza, effettuata la calibrazione e realizzato il feature tracking, è necessario procedere alla stima del moto. La letteratura propone decine di metodi diversi che possono essere utilizzati in diverse condizioni. Nel caso la scena sia vista attraverso un angolo di apertura piccolo (inferiore ai 10 gradi di campo visivo), è solitamente impossibile ricostruire interamente moto rigido e struttura euclidea. Ci si limita quindi a ricostruire il moto affine oppure parte del moto rigido con metodi di fattorizzazione (TOMASI, KANADE 1991). In questo caso la proiezione prospettica viene approssimata da una proiezione ortografica oppure affine, mentre gli effetti prospettici vengono considerati "disturbi". Questi algoritmi funzionano quando la scena occupi un campo visivo ridotto e non abbia uno sviluppo tridimensionale significativo.

Nel caso il campo visivo sia ampio (superiore ai 30 gradi) e gli effetti prospettici significativi, come nel caso di rilievi aerei, non è possibile approssimare la proiezione prospettica con un'ortografia, è quindi necessario effettuare la ricostruzione prospettica. Se la parallasse tra due immagini successive è particolarmente ampia (almeno 5 gradi) e il feature tracking particolarmente accurato (almeno al decimo di pixel) è possibile utilizzare algoritmi di ricostruzione da due viste, basati sulla geometria epipolare, sia in forma chiusa (LONGUET-HIGGINS 1981), sia iterativa.

Vi è quindi la ricerca di compromesso tra il feature tracking che predilige piccoli spostamenti tra due immagini e la stima del moto da due viste più efficace con spostamenti significativi. In tal caso la soluzione migliore consiste nell'utilizzare algoritmi ricorsivi per la stima del moto che utilizzano tutta la sequenza a disposizione. Tali algoritmi possono essere basati sia sulla geometria epipolare sia su concetti di proiezione su sottospazi (SOATTO, PERONA 1994).

La stima del moto indipendente dalla struttura è particolarmente conveniente perché permette di integrare informazione di moto nel tempo anche quando la vita media delle features sia particolarmente breve, per esempio nel caso di occlusioni, comparsa e scomparsa di features etc. Nel caso si possa controllare l'esperimento in modo da mantenere le features il più possibile entro il campo visivo, può essere conveniente stimare simultaneamente la struttura ed il moto, come fatto in AZARBAYEJANI *et al.* 1993. In tal modo è possibile stimare non solo la velocità relativa tra la scena e la telecamera, ma anche il loro assetto relativo (configurazione). Questo non è possibile in sequenze in cui la vita media delle features sia breve (inferiore a 10 frames). Queste considerazioni devono fare riflettere sull'importanza della scelta dell'algoritmo di stima in funzione delle caratteristiche della sequenza video disponibile.

9. LA SPERIMENTAZIONE

La complessità dei problemi posti già in fase di approccio metodologico e di implementazione algoritmica e computazionale, ha sino ad ora rallentato le necessarie analisi di sperimentazione e di comparazione dei risultati. Pertanto si è per ora concentrata la sperimentazione soprattutto sulla fase di input video, cercando di perfezionare le condizioni di acquisizione delle immagini e della calibrazione delle stesse allo scopo di ottenere i migliori risultati dal feature-tracking. Le sequenze video attualmente in corso di elaborazione riguardano alcune riprese effettuate dalla RAI nella grotta di Altamura¹ (Fig. 1) e altre riprese realizzate sull'acropoli etrusca di Marzabotto, in corrispondenza del tempio D. Nel primo caso¹ i dati analogici erano privi di calibrazione, mentre nel secondo caso si sono utilizzate riprese appositamente effettuate con telecamera calibrata.

Per quanto riguarda Altamura il filmato analizzato riguardava in particolare il cranio scoperto recentemente e battezzato, assieme agli altri elementi anatomici, "uomo di Altamura", e classificabile con ogni probabilità come preneardertaliano (Fig. 1, Tav. XIV, a). Le condizioni di giacitura del reperto, completamente ricoperto di concrezioni calcaree, l'instabilità delle fonti di illuminazione (trattandosi di una ripresa in grotta cambiavano continuamente), e la mancata calibrazione della telecamera hanno fortemente compromesso, anche se siamo ancora ad una fase preliminare di sperimentazione, la ricostruzione di un modello geometrico complesso. Una prima implementazione degli algoritmi effettuata con MatLab, infatti, ha comportato il riconoscimento di un sovrannumero di points-feature in corrispondenza della parte

¹ La sperimentazione è stata avviata grazie all'iniziativa del prof. Marcello Piperno e la collaborazione della Soprintendenza Archeologica della Puglia.

² Le riprese che ci sono state fornite non erano dedicate e quindi non hanno tenuto conto di tutti i fattori indispensabili per una corretta elaborazione computazionale.

inferiore del cranio, quella più incrostata, e al contrario un'insufficienza di points-feature sulla sommità della calotta cranica, a causa della diffusione dell'illuminazione e della mancanza di marcatori che evidenziassero la geometria della superficie (ex. luce strutturata). Ciò non ostante il risultato di questa prima sperimentazione in condizioni non ideali è comunque incoraggiante (Tav. XIV, b): infatti anche ad un'implementazione random degli algoritmi (cioè priva di criteri standard o specifici), il feature tracking ha comunque riconosciuto circa il 70 % della superficie del cranio nelle tre dimensioni, identificando nelle features gli elementi di discontinuità che ne caratterizzano la geometria 3D.

Nel caso invece delle riprese effettuate sul tempio D di Marzabotto³ si è operato con telecamera calibrata e con dei marcatori (carta colorata adesiva) collocati sugli elementi significativi della struttura. L'utilizzo dei marcatori nel feature tracking consente una descrizione puntuale delle superfici selezionando preliminarmente le caratteristiche strutturali da acquisire sulla base delle discontinuità cromatiche e di luce. Una prima implementazione di algoritmi di feature tracking sulle riprese di Marzabotto ha restituito una descrizione esaustiva della struttura per nuvole di punti (Figg. 2-3) che, ad una prima analisi, appare sufficientemente dettagliata per una riproduzione geometrica in scala. Nelle successive fasi di elaborazione (che sono attualmente in corso) si procederà, con sistemi CAD, ad una selezione dei punti descrittivi secondo polilinee tridimensionali e primitive grafiche in modo tale da completare il modello solido tridimensionale in versione wire-frame (a griglia di ferro).

10. CONCLUSIONI

La possibilità di traduzione automatica o semiautomatica (in ogni caso interattiva) di sequenze video in modelli tridimensionali in scala, dischiude per l'archeologia prospettive di indagine e di visualizzazione estremamente promettenti. Se infatti oggi nella maggior parte dei casi l'acquisizione delle informazioni archeologiche acquisibili sul campo avviene bidimensionalmente (piante, sezioni, prospetti, ecc.), prevedendo la terza dimensione soltanto in episodiche proposte ricostruttive, in futuro possiamo pensare di acquisire direttamente i dati in 3D.

Le sperimentazioni sino ad ora effettuate e quelle in corso, sebbene indichino un percorso metodologico ancora lungo per approdare ad una definitiva standardizzazione del sistema, risultano particolarmente incoraggianti e decisamente affidabili. I modelli ricostruiti perdono poche informazioni nel corso dell'elaborazione e sono piuttosto precisi e definiti (e questo dipen-

³ Si ringrazia per la cortese collaborazione la Soprintendenza Archeologica dell'Emilia Romagna, il direttore del Museo di Marzabotto dr. Enzo Lippolis e l'assistente di scavo sig. Sergio Sani.

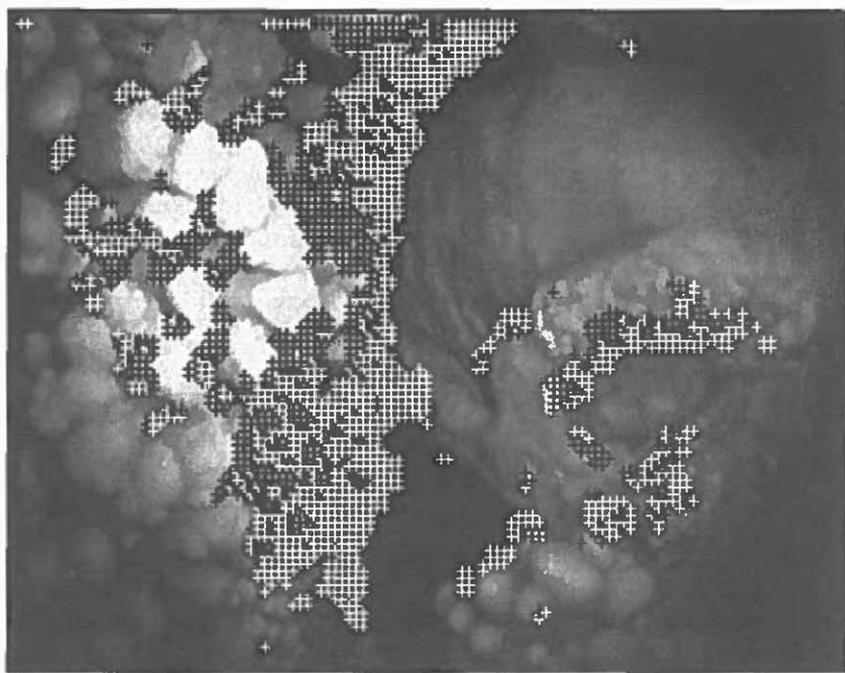


Fig. 1 – Immagine del cranio di Altamura (digitalizzata da riprese RAI) e in sovrapposizione identificazione delle features (rappresentate dalle crocette) nello spazio euclideo tridimensionale.

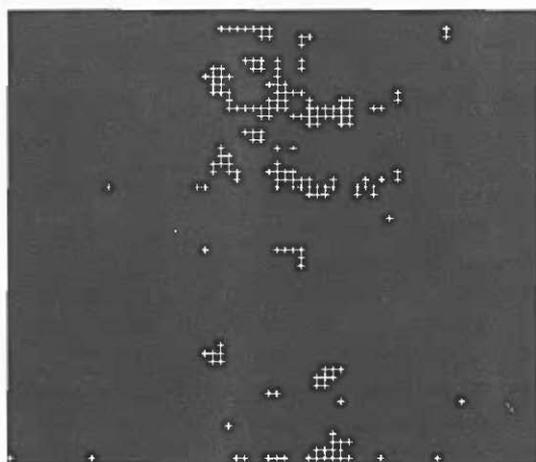
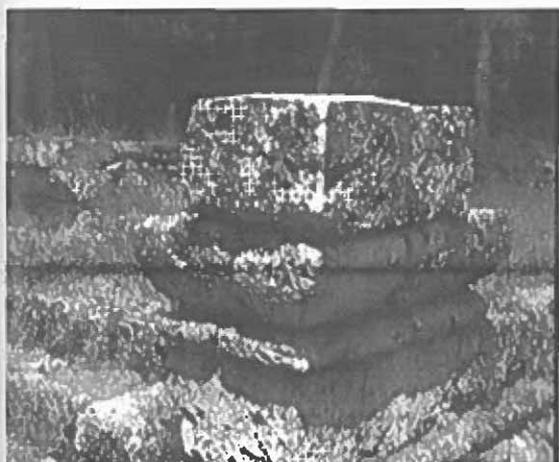


Fig. 2 – Immagine del particolare architettonico del tempio D di Marzabotto con sovrapposte le features determinate dall'algoritmo di optical flow.

Fig. 3 – Features estratte da una immagine della sequenza del particolare architettonico.

de in gran parte anche dalla qualità delle riprese video), suggerendo come ipotesi operativa di potersi affidare anche a sequenze in movimento per il rilievo puntuale direttamente tridimensionale. Il dato in sé ci indica che da un'unica ripresa in input potremo avere in output semi-automaticamente piante, sezioni, prospetti, assonometrie, ecc., senza alcun carico di lavoro nel corso dell'esplorazione sul campo (e contenendo di conseguenza i costi e le risorse).

Questa particolare realizzazione di modelli tridimensionali può così costituire forse il primo fondamentale passo per una vera e propria ricostruzione virtuale integrale dello scavo e delle ricerche archeologiche, sia per le prioritarie finalità scientifiche che per la divulgazione didattica dei risultati.

MAURIZIO FORTE
ANTONELLA GUIDAZZOLI
CINECA, AIACE
Bologna

BIBLIOGRAFIA

- AZARBAYEJANI A., HOROWITZ, PENTALND A. 1993, *Recursive estimation of structure and motion using realtive orientation constraints*, New York, Proc. CVPR.
- LONGUET-HIGGINS H.C. 1981, «Nature», 293, 133-135.
- LUCAS, KANADE 1981, *Performance of Optical Flow Techniques*, Proc. DARPA IU Workshop 8, 121-130.
- SOATTO S., PERONA P. 1994, *Recursive 3-D Visual Motion Estimation Using Subspace Constraints*, CDS Technical report CIT-CDS 95-006, California Institute of Technology.
- SOATTO S., PERONA P. 1995, *Implementation and Uncertainty Analysis of a Feature Tracking Algorithm*, Notes for EE148: Selected Topics in Vision.
- TOMASI, KANADE 1991, *Shape and motion from image stream: a factorization method - 3 detection and tracking of point features*, CMU - CS 91-132, School.

ABSTRACT

Information retrieval of archaeological data during the excavations and their description is a fundamental question for visualization and processing. Typically this acquisition of data includes conventional 2D drawings, photos, graphic reproductions and videos. Moreover we must consider that for reconstructing the archeological context (monuments, buildings, stratigraphic layers) it is very important to describe the 3rd dimension. Processing and visualization of 3D information may be considered as a virtual research lab, in which it is possible recreate all the phases of excavation. In order to obtain these results, we have implemented the Shape from motion Project, for modelling and 3D reconstruction of digitized and calibrated analogic video data. The project has been undertaken in scientific cooperation with CINECA, CALTECH (California Institute of Technology, USA) and AIACE (International Association of Computing in Archaeology).