

Iz blata k zvezdam ali računalnik v arheološki sondi

1. UVOD

Široko razširjen predsodek, da je arheologija popolnoma nezdružljiva z računalništvom, se počasi podira. Informacijska revolucija pogojuje postopne spremembe tudi v arheološkem raziskovalnem delu. Tako danes celo v slovenski arheologiji uporaba računalniške tehnologije ni več redkost. Trenutno so najbolj številne aplikacije na področju specialističnih raziskav skupin artefaktov. Presenetljivo malo zaostajamo tudi na področju avtomatizacije založništva. Verjetno je samo še vprašanje časa, kdaj bodo vsi avtorji pošiljali uredništvom svoje prispevke kar na disketah; to je gotovo tudi področje, ki bo prvo povsem avtomatizirano.

Čeprav je v arheologiji kjučnega pomena faza terenskih arheoloških raziskav, pa avtomatska obdelava podatkov morda še najhitreje prodira v muzeje, zaenkrat predvsem kot sistem za registriranje muzejskih fondov - zbirk. Na drugi strani si nedestruktivnih terenskih raziskav oz. njihovih tehnik danes ne moremo več predstavljati brez uporabe računalnika. Logika informacijske tehnologije namreč zahteva vnos podatkov v računalniške medije na samem mestu njihovega zbiranja, to je v našem primeru na terenu samem.

Seveda pa ne smemo pozabiti, da računalnik ne zna izkopavati in je tako kakovost postopkov in zapisa, ne glede na izbiro tehnike, odvisna predvsem in edino od arheologa. Zmotno predstavo, da 'prisotnost računalnika' pomeni sodobno izkopavanje, moramo zamenjati s spoznanjem, da nam ta na terenu omogoča predvsem hitrejši, lažji in kvalitetnejši nadzor nad zbranimi podatki in lajša strateške odločitve.

Na Oddelku za arheologijo ljubljanske Univerze smo se leta 1988 lotili raziskav računalniškega dokumentiranja arheoloških izkopavanj. Osnovni cilj raziskav je bilo ugotoviti možnosti sodobnega načina izdelave pisnih in slikovnih dokumentov izkopavanj. Starejši poizkusi računalniškega dokumentiranja so se večinoma izjalovili, za kar je potrebno iskati vzroke v neuveljavljenih standardih terenskih postopkov, predvsem dokumentiranja. Pogosto so nekritično in neargumentirano spreminjani med samimi izkopavanji ali pa so odvisni od individualnega razumevanja in poznavanja; neredko so slika popolne avtonomnosti nekaterih terenskih specialistov (risarjev, fotografov). Tak zapis primarnih podatkov pa

povzroča tako interpretacijske probleme kot njihovo skromno primerljivost s podatki iz drugih najdišč.

V stratigrafskem procesu izkopavanja stratifikacijo raziskovalnega prostora razbijemo ali razstavimo na njene elemente (SE), ki jim individualno lažje in objektivneje dokumentiramo mejne površine in sestavo. Zato je velik pomen omenjene tehnike tudi v bistveno lažjem izboljševanju dokumentacijskega sistema. Nivo interpretacije v zapisu je zmanjšan na minimum oz. je skorajda izključen, standardiziran način zapisa pa je dejansko uporaben na poljubnem najdišču. Prav zato smo se odločili, da določene faze podpremo z uporabo računalnika.

V prvem delu prispevka je prikazan razvoj računalniškega sistema pisne dokumentacije, ki je po nekajletnih testiranjih in modifikacijah postal že popolnoma operativen. Drugi del predstavlja raziskave digitalnega fotogrametričnega sistema za dokumentiranje individualnih površin depozitov, kombinacijskih tlorsov, kontrolnih profilov in načrtov izkopavanj. Na žalost bo na njegovo popolno operativnost potrebno še počakati.

2. PISNA DOKUMENTACIJA

Opisni obrazci, ki smo jih na Oddelku izdelali za dokumentiranje posameznih elementov, so prirejeni stratigrafskim izkopavanjem (tako kot so obrazci pri arbitrarnem izkopavanju prilagojeni dokumentiranju arbitrarne enote t.j. režnja-stratuma in njegovih mejnih površin - planuma in preseka) in jih kot takšne lahko uporabljamo le pri tehniki, za katero so bili razviti. Poudariti moramo, da sami obrazci niso naš izum. Z razvojem stratigrafskih izkopavanj se jih je pojavila cela vrsta, ki so jih določene izkopavalne skupine razvile za svoje potrebe (Barker 1982). Ob kratkem pregledu le-teh, smo z dovoljenjem avtorjev uporabili osnovo obrazcev, ki jih je razvil angleški Trust for Wessex Archaeology. Zanje smo se odločili, ker smo ocenili, da so najenostavnejši in najprimernejši za veliko večino slovenskih najdišč in jih je povsod mogoče uporabljati brez kakršnihkoli modifikacij.

Obrazci, ki jih uporabljamo so :

- obrazec SE - opis površin in sestave depozita (Sl. 1), njegovi stratigrafski odnosi z elementi, s katerimi je v

fizičnem stiku, njihov prepis v obliko matrike in risba njegovih meja in reliefa;

- obrazec NSE - na njem so po vrstah, snoveh in grobi časovni opredelitvi obravnavani količinski odnosi med vsemi najdbami enega depozita; na terenu ga izpolnjujemo le, če je prisotna tudi skupina za primarno obdelavo najdb, sicer pa šele v postizkopavalnem procesu (Sl. 2),

ter indeksi/seznami (Sl. 3):

- obrazec SSE - pregled vseh obravnavanih depozitov
- obrazec SR - seznam vseh risb ali fotoskic izdelanih med procesom izkopavanja

- obrazec SF - seznam posnetkov; vsak obrazec predstavlja zapis o vseh posnetkih enega filma
- obrazec SPN - seznam vseh posebnih najdb in obrazec G, kot poseben dodatek seznama SPN na katerem v shemo označujemo identificirane kosti človeškega skeleta in njihov način hranjenja
- obrazec V - seznam vseh zbranih vzorcev z njihovo nadaljnjo posebno obravnavo
- obrazec S/F - seznam celotne sejane oz. flotirane prostornine depozitov

Univerzalnost obrazcev in jasno določeni cilji dokumentiranja nam omogočajo računalniško podporo samega

FF/ODDELEK ZA ARHEOLOGO		STRATIGRAFSKA ENOTA	
Koda najdišča	Sek. / Kv.	Akces. št.	SE
Oblika (loris)	Oblika (profil)	Dolžina	Vrsta
Definicija		Širina	P N K
Darva		Premier	Faza
Konzistentnost		Vilma/globina	Koord.
Setava			Gl.
Grobe sestavine			
Opis			
Pod (prekrija)			
Nad (prekrija)			
Koncija od			
Zgodnja od			
Isis			
Podbina (enaka)			
Prečkana			
Sika			
Sestavni del			
Zapelnjena			
Ob			
Nalaganje se na			
Nanjo se nastanja			
Vešana			
Sestavljen iz			
Zveza z SE			
Nedoločljiva/ocisna			
Interpretacija			Vzorec št.
Titris št.			№ sejaneja
Liti št.			Metoda
Profil št.			Izkopavalec
Liti št.			Datum
Foto (zob)	Foto (b)	Pregledal	Nadaljevanje
			Liti od listov

Matrika / Osnove	
[Empty grid for matrix/outline data]	

Sl. 1

procesa. Odločili smo se, da bomo najpogosteje uporabljane obrazce prenesli na računalnik tako, da bo mogoče podatke zapisati že ob samem izkoptnem polju.

Postopoma smo se lotili programske opreme. Potrebnovali smo predvsem primerno računalniško bazo podatkov, ki bi jo lahko strukturirali glede na lastne potrebe. Na razpolago smo imeli celo vrsto različnih komercialnih produktov, za katere pa je ponavadi značilno, da jih je precej težko prilagoditi specifičnim arheološkim potrebam. Jasno je, da smo želeli programsko opremo, ki bi bila relativno enostavna za strukturiranje baze podatkov in preprosta za učenje in uporabo. Obvezno naj bi omogočala shranjevanje in razvrščanje podatkov, ki so

različno zapisani in včasih celo pomanjkljivi, hkrati pa naj bi bila tudi racionalna glede izrabe računalniškega spomina. Odločili smo se, uporabljati računalniški programski paket MINARK, ki je izpolnil vse naše zahteve.

MINARK obstaja že od leta 1984 dalje (Johnson 1984). Je baza podatkov, napisana posebej za potrebe arheološkega uporabnika. Njegova velika prednost pred drugimi tovrstnimi paketi je v tem, da je strukturiranje baze izredno enostavno. Medtem, ko delo na programih kot je npr. DBase in podobnih lahko traja od nekaj dni do nekaj mesecev, je mogoče enako nalogo z MINARKOM narediti v nekaj urah. Program podpira tako šte-

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						NAJDBE SE	
Koda najdišča		Sek. / Kv.		Akces. št.		SE	
Vrsta	Kom.	% Obr.	Količ.	Teta	Opombe		
Novci							
Biskrena zlitina							
Železo							
Svinec							
Zlato							
Ostale kovine							
Keramika	eeol						
	bd						
	fd						
	rim						
	zsv						
	sv						
	nv						
	neofol						
	TTL						
Pipe iz gline							
Kamen							
Oljan kremen							
Obletan kamen							
Kamen-vojek							
Oljan kausen							
Škrilavec							
Kamnit steklovec							
Kamnit steklenik							
Keramizni steklovec							
Keramizni steklenik							
Opeka (ruba)							
Oljana glina							
Omet							
Srebno							
Malta							
Mavec							
Človeška kost							
Živalska kost							
Obletana kost							
Uvoj							
Fluorina							
Štekljke							
Bavilone							
Imekiti							
Oplje							

Sl. 2

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEZNAM SE	
Koda najdišča		Akces. št.					
SE	SESTAVNI DEL / ZAPOLNJENA Z	SEK. KV.	TLORIS	PRESEK	KOORD.	OPIS	

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEZNAM RISB/FS						
Koda najdišča		Akces. št.										
RISBA	LIST	SEK. /	OPIS			TLORIS	PRESEK	PRESEK	MERILO	DATUM	AVTOR	
ŠT.	ŠT.	KV.	ŠT.	ŠT.	ŠT.	na št.						

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEZNAM FOTO						
Koda najdišča		Film št.	Vrsta	z&h	b	Akces. št.		Neg./KK				
DATUM	FOTO	SEK. /	OPIS			POGLED	H/M	OPTIKA	AVTOR			
ŠT.	ŠT.	KV.	ŠT.	ŠT.	ŠT.							

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEZNAM POSEBNIH NAJDB					
Koda najdišča		Akces. št.									
P.N.	SEK.	SE	KOORD.	GL.	OPIS		RISBA	FOTO	SHRAM.		
ŠT.	KV.						ŠT.	In situ			

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEZNAM VZORCEV					
Koda najdišča		Akces. št.									
VZOREC	SEK. /	SE	TIP VZORCA / RAZLOG		KOORD.	GL.	KOLIČ.	SHRAM.	POST.		
ŠT.	KV.		ŠT.	ENOT							

FFODDELEK ZA ARHEOLOGUO						SEJANJE/FLOTACIJA														
Koda najdišča		Akces. št.																		
SE	%	Vzorec	ŠT.	cc.	METOD.	Opombe														
	sejanega	št.	ENOT	volumen																

Sl. 3

vilčne kot besedne spremenljivke. Izrednega pomena je tudi to, da za shranjevanje podatkov potrebujemo minimalno količino prostora. Z drugimi besedami, če imamo predvideno dokumentiranje določene spremenljivke, ki jo v nekem primeru izpustimo, potem za to ne potrebujemo nič računalniškega spomina. To omogoča izredno dober izkoristek enot zunanega spomina. Vnos je lahko popolnoma interaktiven, možen pa je tudi prenos podatkov iz drugih računalniških paketov; podatke lahko razvrščamo in statistično obdelamo. Pomemben del programskega paketa je varnostni sistem. Vsak uporabnik dobi geslo za vstop, ki mu ga določi upravljalec baze in mu s tem določa dostop do podatkov in kaj z njimi lahko dela. S tem nekaterim omogočimo vnos in manipulacijo podatkov, drugim le vpogled, do določenih spremenljivk pa je lahko dostop povsem preprečen. MINARK ima seveda tudi pomanjkljivosti, saj predvsem zaradi svoje enostavnosti nima tolikšne moči kot nekateri drugi sistemi.

Dokumentacijo smo v računalniški obdelavi priredili tako, da smo zbrane podatke razvrstili najprej v več med seboj povezanih datotek, ki jih lahko uporabljamo skupaj ali ločeno; obrazca SE in NSE oz. SPN in G tvorita skupni datoteki, vsi ostali sezname pa samostojne. V datotekah so informacije razdeljene v nekaj skupin, kamor interaktivno vnašamo podatke.

Pri opisu SE:

- o najdišču (s kodo najdišča in akcesijsko številko bodočega kuratorja dokumentacije in gradiva)
- o definiciji (oznaka SE, ime, vrsta, oblika, faza)
- o sestavi (sestavine, konsistenca, barva itd.)
- o legi (položaj v prostoru),
- o odnosih z drugimi SE (pod, nad, seka, zapolnjuje, se naslanja itd.)
- o zvezah (dodatne vrste obravnave in ostale vrste zapisov)
- o vseh najdbah SE (količina, stanje ohranjenosti, vrste najdb, snov, časovna delitev)

Pri seznamih:

- o najdišču
- o vrsti zapisa (risba, fotokica, film)
- o vsebini (znak enote, količina, vsebina, tehnični podatki, avtor)

Celoten sistem smo razvili in ga prvič testirali na izkopa-

vanjih v Simonovem zalivu, ki sta jih vodila M. Stokin iz MZVNKD v Piranu in G. Labud iz Univerze v Lundu (Švedska). Sistem se je izkazal kot precej učinkovit, lahek za učenje in dobro varovan. Celotno pisno dokumentacijo (ene sezone) kompleksnega najdišča smo shranili na eno samo disketo. Nekatero slabosti in nedoslednosti sistema so bile odkrite in odpravljene že na tem izkopavanju.

Naslednjic smo tako razvito bazo uporabili na izkopavanjih v cerkvi Sv. Klare v Koprju, pri katerih smo vnos podatkov opravili po končanem delu na terenu. Stalno preverjanje operativnosti in hitrosti vnosa, razvrščanja in tudi obdelave podatkov nas je vzpodbudilo k spremembi večine besednih spremenljivk v drugo obliko, predvsem nominalno (številčna koda z besedno razlago), kar nam je dovoljeval že na obrazcih uporabljen standardiziran opis (vnaprej definirani opisni vzorci). Poleg tega smo v datoteki opisa SE povsem opustili vnašanje skupin podatkov o zvezah, saj jih lahko neposredno črpamo iz seznamov.

Glavno dopolnilo bazi, ki ga načrtujemo, je avtomatizacija izdelave stratigrafske matrike. Pri izkopavanju v Sv. Klari, kjer imamo za 810 elementov stratifikacije približno 6500 registriranih odnosov, je 'ročna' izdelava stratigrafske sekvence raziskanega prostora zamudna in potrebna večkratnega preverjanja. Analizo je danes že mogoče izdelati z računalnikom; zanj smo v imenovanem primeru porabili več dni, računalnik pa bi jo, glede na svoje lastnosti, izdelal v času od 28 min do 1 min 4 sek. (Herzog in Scollar 1991, 59).

Želimo poudariti, da so ti, sicer skromni dosežki vsem zainteresiranim na razpolago.

3. SLIKOVNA DOKUMENTACIJA

Slikovna dokumentacija ponavadi vzame veliko časa. Zato smo želeli postopke na eni strani olajšati, na drugi pa omogočiti večjo natančnost. Pomembne so izboljšave dr. Šribarja (Šribar 1974, 1977, 1989), ki se je ukvarjal predvsem z razvojem različnih stativov za dvig kamere nad izkopno polje pri vertikalni fotografiji. Oddelek za Arheologijo pa je v sodelovanju z Oddelkom za Geodezijo Ljubljanske Univerze (Slapšak et al. 1983; Stančič 1989a; Stančič in Šivic 1989) izdelal celoten proces sliko-

vnega dokumentiranja, torej od priprave kontrolnih točk do izdelave končnega načrta. Skupaj smo razvili sistem slikovne dokumentacije, ki temelji na analogni fotogrametriji, to je snemanju najdišča s fotografsko mersko ali nemersko kamero in nato izdelavo načrta na analognem restitucijskem instrumentu.

Razvoj računalniške in video tehnologije je omogočil bistvene posodobitve posameznih operacij v fotogrametrični dokumentaciji, posebno v fazi snemanja, obdelave in shranjevanja podatkov. Tako se videotehnika že nekaj let uporablja za zapis dogodkov na arheoloških izkopavanjih, predvsem za propagandne namene, kulturni marketing in kot pedagoško sredstvo (kongres Theoretical Archeology Group, 1987 in poročilo o njem Novaković et al. 1987). Pomembnejšo uporabo predlaga Julian (1988), ki vidi video kamero v kombinaciji z računalnikom, kot sredstvo sistematičnega dokumentiranja arheoloških izkopavanj. V tem procesu naj bi z video kamero najdišče posneli, nato bi takšno sliko prenesli v računalnik, jo tam avtomatično obdelali in izdelali načrt arheološkega najdišča. Računalnik bi tako nadomestil restitucijski instrument in celo operaterja na njem.

Takšen nov način izdelave načrtov imenujemo digitalna fotogrametrija. Seveda se celoten sistem bistveno razlikuje od dosedanjih, zato si na kratko oglejmo digitalno fotogrametrično linijo. Celoten proces razdelimo:

- zajem podatkov
- obdelava podatkov
- prezentacija - izhod

3.1. Zajemanje podatkov

Fazo zajemanja podatkov razdelimo na podfaze:

- elektrooptično snemanje
- prenos slikovnih podatkov
- A/D pretvorba
- shranjevanje slike

V idealnih pogojih naj bi vse postopke opravila kvalitetna digitalna kamera. Ker pa tovrstne kamere šele razvijajo in so zato zelo drage, uporabljamo analogne video kamere, ki sliko zapišejo kot analogni elektronski video signal. Glede na način pridobivanja slike, jih razdelimo na kamere z video cevmi (sliko pridobimo na podlagi zunanega fotoelektričnega efekta - fotoemisije) in kamere s fotodetektorji (sliko pridobimo na podlagi

notranjega fotoelektričnega efekta - fotoprevodnosti). Proces pridobivanja slike pri slikovni video cevi je obraten procesu pridobivanja slike pri televiziji. Pri kamerah s fotodetektorji je celotno področje slike razdeljeno na diskretne svetlobno občutljive elemente, ki temeljijo na silikonskih čipih ali na fotodiodah. V primerjavi s kamerami z videocevmi (ki jih je tudi nekaj različnih zasnov), imajo kamere s fotodetektorji naslednje prednosti (Gruen 1988, 218):

- stabilna geometrija slike
- širok spektralni pas snemanja
- kvalitetnejše barve
- manjša poraba energije
- majhna, lahka in robustna konstrukcija
- ob preosvetlitvi ne prihaja do poškodb
- magnetska neobčutljivost
- so cenejše

hkrati pa tudi naslednje pomanjkljivosti:

- manjša svetlobna občutljivost
- manjša ločljivost
- manjša hitrost zajemanja slike

Bistvena prednost kamer s polprevodniško strukturo pri fotogrametrični uporabi je dejstvo, da so senzori s časom stabilni, tako pozicijsko, kot tudi po občutljivosti. Kamero je torej možno s pridom laboratorijsko kalibrirati (El-Hakim 1986). Tovrstne kamere razdelimo glede na način odčitavanja električnega naboja na CID (Charge Injection Device) in CCD (Charge Coupled Device), pri čemer so se slednje za fotogrametrične namene najbolj uveljavile. Slike imajo ponavadi sestavljeno iz najmanj 500×500 slikovnih elementov. Detaljnejši prikaz CCD kamer in njihovega delovanja je podal Gruen (1988).

Slika iz video sensorja je analogna. Za računalniško obdelavo je takšno sliko potrebno digitalizirati. Delo opravi analogno/digitalni (A/D) pretvornik, ki ob sami digitalizaciji sliko tudi shrani. Ta ima lahko različno ločljivost, ponavadi pa je slika sestavljena iz najmanj 246×256 do 1024×1024 slikovnih elementov. Seveda moramo A/D pretvornik izbrati tako, da bo kompatibilen z enoto za obdelavo - procesiranje slike.

3.2. Obdelava podatkov

Če si najprej ogledamo strojno zasnovano sistema vidimo,

da digitalizirano sliko procesiramo v računalniku. Ta nadomesti restitucijski instrument in delno tudi operaterja. Načeloma lahko uporabimo vsak računalnik, vendar moramo upoštevati, da je število posameznih aritmetičnih operacij pri obdelavi slike, ki je sestavljena iz npr. 250 000 slikovnih elementov, ogromno. Kadar je potrebna velika hitrost obdelave, se praviloma uporabljajo grafične postaje, ki temeljijo na procesorjih Motorole 68010 ali 68020. Če takšna oprema ne zadošča, je za posamezne fotogrametrične operacije, ki se praviloma rešujejo softwarsko, potrebno izdelati posebne hardware module. Specialno razvit hardware je lahko celo 100 do 1000 krat hitrejši, vendar tudi vsaj tolikokrat dražji od softwarskih rešitev (El-Hakim 1985). Programska oprema je praviloma izdelana v jezikih C in FORTRAN ali assemblerjih.

Poglejmo si na kratko proces obdelave digitalne slike. Najprej je potrebno izboljšati kakovost digitalne slike. To naredimo z vrsto tako imenovanih digitalnih filtrov (Čeh et al. 1989). Sledi faza segmentacije in ekstrakcije oblik, ki omogočata detekcijo objektov na posnetku. Ko objekte tudi razpoznamo in opišemo, jih moramo locirati v prostoru. Računalnik avtomatično odkrije kontrolne točke na posnetku in določi njihove koordinate. Na podlagi teh podatkov poteka določanje položaja in orientacije kamere v prostoru. Nato sledi izdelava končnega rezultata izvedenja - načrta.

3.3. Prezentacija - izhod

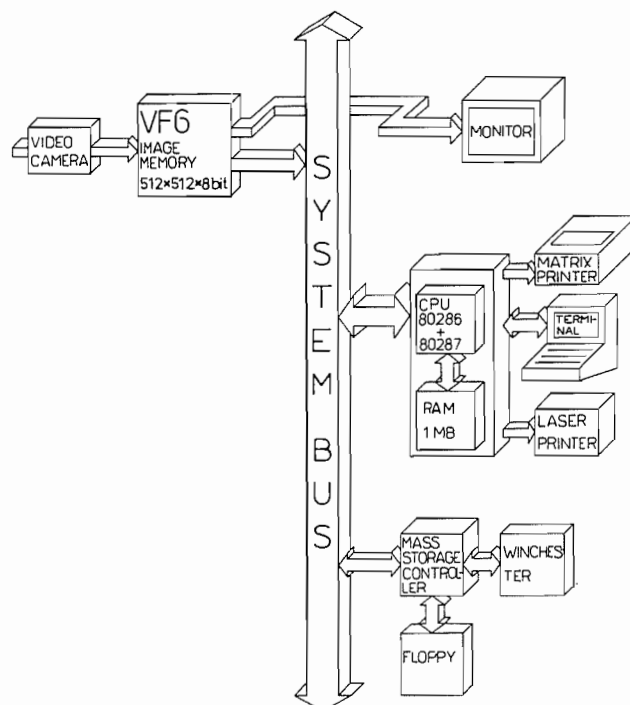
Izdelan načrt shranimo na poljubnem računalniškem mediju, ga prikazemo na zaslonu ali izrišemo. Za shranjevanje se danes uporabljajo skoraj izključno magnetni mediji. Prikaz slike za potrebe nadaljnje obdelave in za samo interaktivno delo naj bo na barvnem zaslonu visoke ločljivosti. Za izris načrta lahko uporabimo že preprost matrični tiskalnik, ki pa le redko zadošča potrebam glede kakovosti slike. Bistveno boljše rezultate omogoča laserski tiskalnik, ki lahko načrt izriše z natančnostjo $\pm 0,1\text{mm}$.

3.4. Testna snemanja in rezultati

Sistem digitalne dokumentacije arheoloških najdišč naj bi temeljil na zasnovah digitalnega ortofota (Kosmatin Fras 1988). Z analogno video kamero bi posneli arheolo-

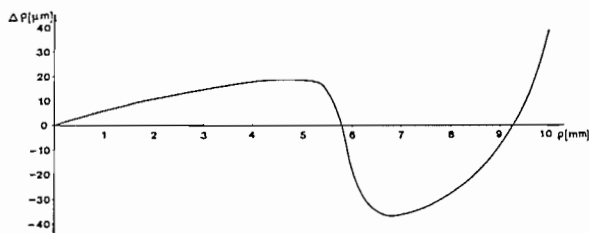
ško najdišče, nato bi ta signal po digitaliziranju obdelali v računalniku. Na podlagi izmerjenih podatkov o distorciji kamere, bi sliko korigirali za radiometrične in geometrične pogoške. Ob predpostavki, da bi ob snemanju lahko zagotovili primerno vertikalnost slikovne osi, se računske operacije izvedenja slike poenostavijo. To nam omogoča A stativ za fotogrametrično snemanje arheoloških izkopavanj, ki ga je konstruiral Šribar (1989). Vertikalnost slikovne osi v mejah $\pm 0,5$ stopinj povzroča pogoške v preslikavi, ki so manjši od $\pm 10\text{cm}$ v naravi oziroma $\pm 0,5\text{mm}$ v merilu 1:20. Posnetke s tega stolpa lahko zato za naše potrebe vzamemo za vertikalne. Še vedno pa moramo pri izvedenju upoštevati višinske razlike v izkopnem polju. Celoten proces tovrstne dokumentacije je podrobneje predstavljen drugje (Stančič 1989b).

S testnimi snemanji smo želeli ugotoviti, kakšno natančnost lahko dosežemo s tovrstno opremo in kako hitro je mogoče v laboratorijskih pogojih izdelati načrt najdišča. Strojna oprema je predstavljena na Sl. 4.



Sl. 4

Kljub številnim prednostim sodobnih kamer, smo bili prisiljeni uporabiti kamero z video cevjo zato, ker druge, sodobnejše kamere nismo imeli. Uporabili smo kamero JVC GZ - S3, ki ima sliko sestavljeno iz 625 vrstic, vsaka vrstica pa ima med 250 in 320 slikovnih elementov. Zanimala nas je geometrična natančnost takšne video slike. Zato smo testno snemali kvadratno mrežo iz večjih razdalj in pozicij nastavitve zooma. Geometrični pogoški so prikazani na Sl. 5, kjer je na vertikalni osi prikazan geometrični pogošek kamere, na horizontalni pa oddaljenost od slikovnega centra.



Sl. 5

Za digitalizacijo analognega video signala smo uporabili A/D pretvornik VFG podjetja Visiometric Inc. Ta je prirejen za osebne računalnike PC XT/AT in omogoča precej natančno digitalizacijo slike in prikaz slike s tehniko, ki jo lahko imenujemo 'false colour'. V tej tehniki se različnim sivim vrednostim slikovnih elementov pripiše določena barva. Tako namesto črno bele slike dobimo umetno barvno sliko, ki omogoča lažjo interpretacijo objekta.

Kot osnovno računalniško opremo za procesiranje smo uporabili IBM PC AT kompatibilni računalnik, ki se je izkazal za dovolj močnega. Izdelan načrt smo nato izrisali na laserskem tiskalniku Hewlett Packard Laser Jet II.

Po testnih snemanjih za potrebe analize geometričnih deformacij kamere, smo se lotili snemanja testnega trodimenzionalnega modela v obliki piramide brez vrha. Tako s hitrostjo kot tudi z natančnostjo digitalne obdelave posnetka smo bili zadovoljni. Prednosti pred standardnim postopkom analognega fotogrametričnega izvedenja so jasno razvidne:

- skrajšanje časa med snemanjem in pridobitvijo dokumenta
- izognemo se dvem fazam dela - izdelavi fotografije za arheološko interpretacijo (fotoskico) in linijskega načrta za potrebe postizkopavalnih procesov
- izvedenja je v primerjavi z uporabo analognih restitucijskih instrumentov cenejše
- postopek je avtomatiziran
- obstaja možnost 'false colour' in infrardečih snemanj

Slaba stran digitalne fotogrametrične dokumentacije je v nujnosti uporabe digitalne predstavitve reliefa objekta, kar moramo za zdaj zagotoviti še z eno od klasičnih geodetskih metod. Slabost predstavlja tudi faza prezentacije podatkov. Medtem ko vse postopke od snemanja do obdelave lahko izpeljemo na terenu samem s pomočjo prenosnega računalnika, v katerega je vgrajen A/D pretvornik, pa je laserski tiskalnik najbolj občutljiva točka sistema, saj lahko deluje le v kolikor toliko laboratorijskih pogojih.

Glede na ugotovitve lahko z gotovostjo pričakujemo veliko uporabnost te metode za potrebe izdelovanja slikovne dokumentacije arheoloških izkopavanj. Kljub temu bomo na popolno operativnost tega sistema morali še počakati.

4. ZAKLJUČEK

Trditev, da je računalnik na terenu nujno potreben, ni več provokativna temveč realna. Zakaj? Standardizirane izkopavalne tehnike in njihovo dokumentiranje nam na eni strani omogočajo njegovo uporabo; na drugi strani so možnosti, ki nam jih ponuja očitne: nadzor nad ogromno količino zbranih podatkov, njihova sprotna obdelava kot osnova za strateške odločitve na terenu samem, predvsem pa hitrost - vse, kar ne le smemo temveč tudi moramo zahtevati od kakovostnega izkopavanja. Kakšen bo prehod iz enega načina dokumentiranja v drugega je nenazadnje odvisno od mnogih dejavnikov. Standardne oblike zapisa (pisnega in slikovnega) bodo gotovo še nekaj časa služile kot osnova, ki pa jo tudi v samem izkopnem polju že lahko povsem zamenja računalnik - primer Heselton Parish Survey (Barker 1986,109). Druga sprememba, ki jo prinaša prisotnost računalnika na terenu, je nov član ekipe - operater - ter

Od steklenic radenske do severno afriške amfore (Sv. Duh - kompleksno urbano najdišče)

njegovo smiselno vključevanje v proces dela.

Z ustrezno strojno opremo, ki ni več razkošje temveč potreba, dobro izvedbo in našo miselno prožnostjo bomo lahko hitreje in lažje zlezli iz dna sonde čez gomilo izkopane zemlje in zagledali zvezde.

Zahvala

Zahvaljujemo se Lorraine Mapham iz Trust for Wessex Archaeology za dovoljenje za uporabo njihovih dokumentacijskih obrazcev. Fakulteta za elektrotehniko nam je posodila video opremo, Oddelek za geodezijo pa je omogočil uporabo njihovih fotogrametričnih instrumentov. Bojan Zakeršnik je sodeloval pri testnih snemanjih in izračunih geometričnih pogreškov kamere. Študenti Oddelka za arheologijo iz Ljubljane in Univerze v Lundu so računalniški sistem pisne dokumentacije praktično preizkusili in dali veliko koristnih predlogov in kritik. Končno se še posebej zahvaljujemo potovalni agenciji YUGOTURS, ki nas je brezplačno popeljala na Archaeological Sciences 1989 konferenco v Bradford, kjer smo dokumentacijske tehnike tudi predstavili.

*Darja Grosman
Zoran Stančič*

Članek nima namena predstaviti rezultatov štirinajstmesnega izkopavanja v notranjosti in okoli cerkve Sv. Duha v Črnomlju, pač pa v njem skušam prikazati, kako stratigrafske tehnike izkopavanja lahko izvajamo v razmerah, ko so na voljo relativno skromna finančna sredstva ter minimalni sodobni tehnični pripomočki in majhna strokovna izkopavalna ekipa.

Stratigrafsko izkopavanje že dolgo izvajajo v anglo-skandinavski arheološki šoli, to se pravi na severno atlantskih obalnih področjih Evrope. Vsekakor je stratigrafija osnovno načelo za razumevanje vseh arheoloških najdišč širom po svetu, kar ji tudi vsi priznavajo. Glavna dihotomija se pojavlja v pristopu k najdiščni stratigrafiji - ali naj se plasti odstranijo v strogem sosledju glede na njihovo depozicijo ('zadnja noter - prva ven') kot pri stratigrafskem izkopavanju, ali pa naj bo najdišče izkopano s serijo arbitrarnih režnjev ali stratov iste debeline, npr. 20 cm, in naj se torej stratigrafsko obravnavajo le glavni elementi, pri čemer je stratigrafija v veliki meri dokumentirana s preseki po izkopavanju. Vsi arheologi v večji ali manjši meri upoštevajo stratigrafijo. Glavna novost stratigrafskih izkopavanj pa je v metodologiji dokumentiranja ter v strogi privrženosti izkopavanju glede na stratigrafsko sosledje na najdišču, ki je navadno predhodno ugotovljeno s poskusnim izkopavanjem.

Terensko izvedbo tako opisanih tehnik v veliki meri opravljajo raziskovalne ustanove, ki so opremljene tako z relativno številno strokovno ekipo kot tudi s tehnologijo, ki sicer ni bistvena za uspešno izvedbo stratigrafskih tehnik, gotovo pa je, če jo imamo na voljo, lahko koristna - npr. računalniška tehnologija in dokumentacijski sistemi ter fotogrametrija. Izvedba uspešnega stratigrafskega izkopavanja bo neizogibno vključevala zelo velik skup podatkov, ki se jih ne bo dalo obvladovati samo s terenskim dnevnikom; dokumentiranje bomo torej izpeljali z vrsto obrazcev. V nadaljevanju bom najdišče Sv. Duha uporabil za primer, kako lahko tako stratigrafsko izkopavanje izvedemo brez pomoči računalniške tehnologije in velike ekipe.

Primerno je navesti okoliščine, v katerih se je začelo izkopavanje v Sv. Duhu. Najdišče samo lahko opišemo kot poznogotsko cerkev z njeno neposredno okolico. Čeprav je temeljna struktura gotska, je doživela znatne