

Miroslav Vuković, dipl. archaeol., viši tehničar, Odsjek za arheologiju, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Ivana Lučića 3, 10000 Zagreb, e-mail: mivukovic@ffzg.hr

FOTOGRAMETRIJSKI 3D MODELI U ARHEOLOGIJI

SAŽETAK: U ovome članku donosimo kratki uvod u arheološku primjenu fotogrametrijskih 3D modela. Njihova primjena postaje sve lakša i proširenija, a u arheološkom smislu kvaliteta dokumentacije ili prezentacije samo raste. U svrhu produblivanja znanja te razmjene iskustava i informacija, organizirana je fotogrametrijska radionica na Filozofskom fakultetu u Zagrebu na kojoj su sudjelovali studenti arheologije i geodezije. Obrađena su dva aspekta primjene modela u arheologiji – izrada 3D modela lokaliteta i izrada 3D modela arheoloških artefakata. Model jednog predmeta na kraju je i animiran u specijaliziranom softveru te je na taj način obrađeno i područje arheološke prezentacije.

Ključne riječi: arheologija, fotogrametrija, 3D model, PhotoScan, bespilotna letjelica, zračna arheologija

Photogrammetric 3D Models in Archaeology

ABSTRACT: This paper was envisioned as a short introduction to the application of photogrammetry in archaeology. The image-based models have vastly improved and accelerated archaeological documentation and presentational potential. Aiming to exchange experiences and information between archaeology and geodesy, a workshop was organized at the Faculty of Humanities and Social Sciences of the University of Zagreb. The workshop offered the students of archaeology and geodesy an opportunity to work together on practical examples, ranging from entire sites to individual artifacts. One of the 3D models was animated in a specialized software and used to demonstrate the potential for archaeological presentation.

Keywords: archaeology, photogrammetry, 3D model, Photoscan, UAV, aerial archaeology

1. UVOD

Arheološka je dokumentacija jedno od najbitnijih područja arheologije. Ona direktno utječe na interpretaciju i uz njezinu pomoć možemo rekonstruirati situaciju na terenu koja je neizbježno uništena arheološkim iskopavanjima. Razvojem novih tehnologija, pogotovo na području softvera, danas je moguće uz vrlo precizne SfM (*Structure from Motion*) algoritme generirati trodimenzionalne modele lokaliteta, predmeta ili čitavih područja. Premda postoji veliki broj programa koji koriste ovakve napredne algoritme, pa čak i neki otvorenog tipa, kroz praksu u struci pokazalo se da Agisoftov PhotoScan daje najbolje rezultate. Ova je činjenica dodatno potvrđena kroz literaturu (Neitzel, Klonowski, 2011) i prilikom suradnje s kolegama s geodetskog fakulteta na fotogrametrijskoj radionici održanoj na Filozofskom fakultetu u travnju 2015. godine. Primjena fotogrametrijskih 3D modela u arheološkoj dokumentaciji predstavlja značajan korak unaprijed koji zbog svoje kvalitete i brzine ubrzano postaje standard, kako na arheološkim istraživanjima tako i u dokumentaciji materijala.

U sklopu već spomenute fotogrametrijske radionice pod stručnim vodstvom prof. Dubravka Gajskog i dr. sc. Ine Miloglav obrađena su dva područja arheološke primjene fotogrametrijskih modela. Prvi se dio radionice bavio problematikom dokumentacije jednog arheološkog lokaliteta, dok je u drugom dijelu bio fokus na dokumentiranju pojedinih predmeta. Radionice su uz kratka predavanja vodile studentice Geodetskog fakulteta Ružica Kozčić, Đana Adžić i Monika Barilar te Miro Vuković - viši tehničar s Odsjeka za arheologiju.

2. DOKUMENTACIJA LOKALITETA

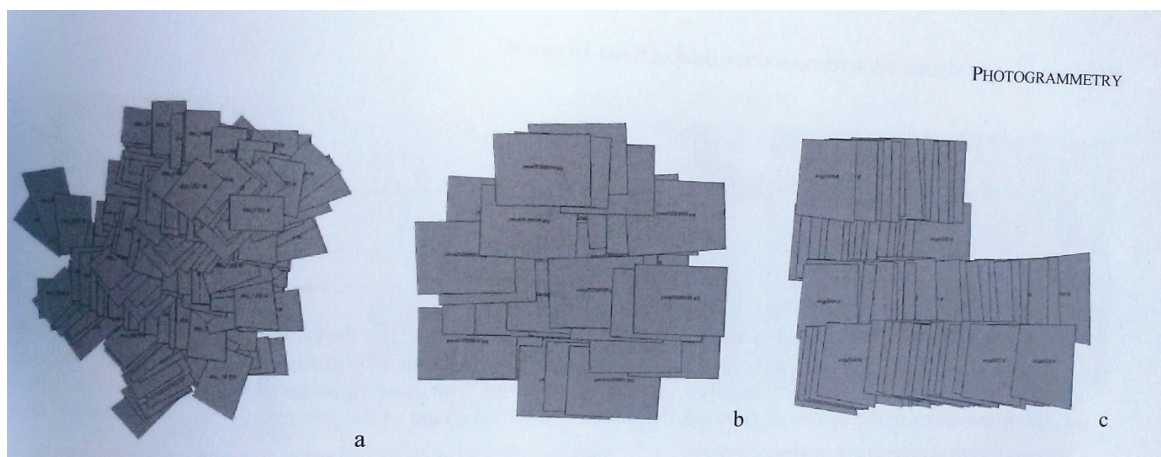
Svrha arheološke dokumentacije jest da u što većoj mjeri sačuva podatke o originalnom stanju lokaliteta. Ona je neophodan dio svakog istraživanja, ali je isto tako i teret na svakom projektu u smislu vremena i sredstava. U

interesu je svakog arheologa da ona što vjernije prikaže originalnu situaciju na terenu, a da pritom vrijeme snimanja podataka potrebnih za izradu dokumentacije bude što kraće. Upravo se iz tog razloga u posljednje vrijeme u arheologiji proširila upotreba rotornih bespilotnih letjelica.



SLIKA 2. 1. Bespilotna letjelica u letu: DJI Phantom, s GoPro kamerom

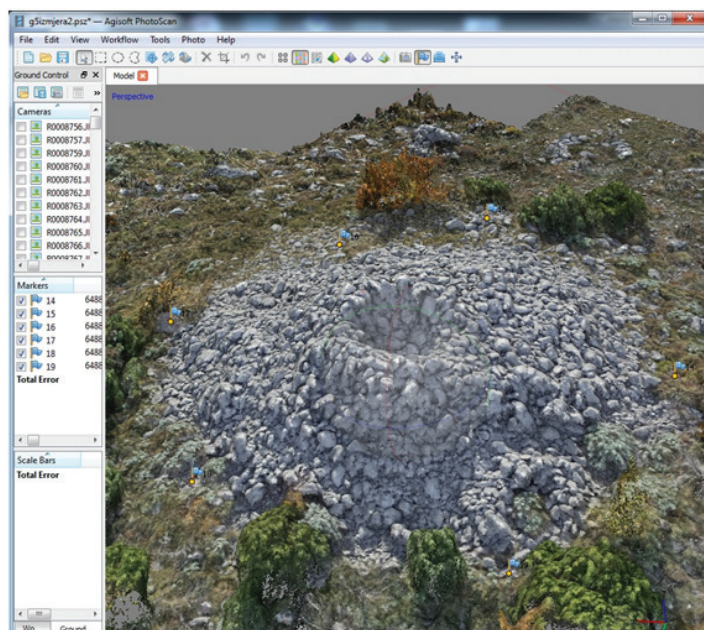
One nam svojom jednostavnošću i odličnim manevarskim sposobnostima znatno umanjuju vrijeme koje je potrebno za snimanje lokaliteta za potrebe izrade modela. Jednostavnim i brzim preletima na niskim visinama iznad lokaliteta snimaju se nizovi fotografija potrebni za izradu 3D modela (F. Nex, F. Remondino, 2014).



SLIKA 2. 2. Grafički prikaz različitih modaliteta snimanja: a) let u manualnom modu i snimanje po pravilnim vremenskim intervalima; b) autonomni let s navigacijskim sustavom niže kvalitete; c) autonomni let s vrlo preciznim navigacijskim sustavom više kvalitete; preuzeto iz:

F.Nex, F.Remondino, UAV: Platforms, Regulations, Data acquisition and processing, p. 73–86, BAR Int. 2598, 2014

Prije početka obrade podataka potrebno je izdvojiti fotografije koje nisu odgovarajuće kvalitete, nakon čega se one unose u softver i pokreće se postupak izrade 3D modela. Finalni poligonalni model dobiven iz gustog oblaka točaka najprije teksturiramo pa potom georeferenciramo. Georeferenciranje modela izvodi se uz pomoć prethodno postavljenih točaka koje su snimljene totalnom stanicom. Finalni je proizvod potpuno mjerljiv te je iz njega moguće „izvući“ detaljne vertikalne i bočne poglede za isrtavanje nacrt lokaliteta.

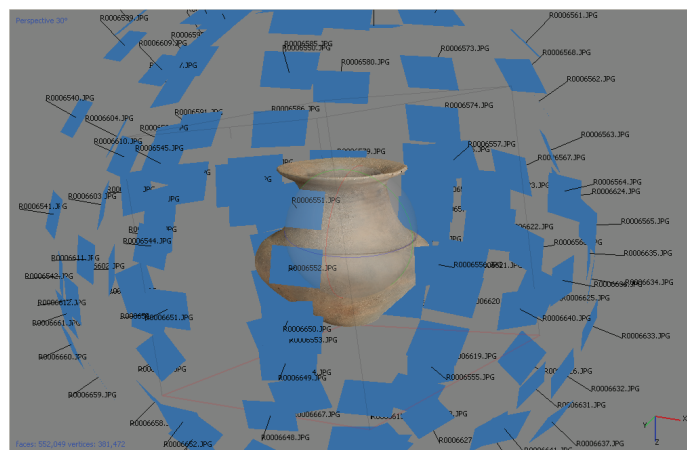


SLIKA 2. 3. Georeferencirani model gomile G5, Mravinjica, Dubrovačko primorje; izvor: Dubrovački muzeji, dr. sc. Domagoj Perkić

Generiranje trodimenzionalnih prikaza u svrhu dokumentacije može nam biti od iznimne koristi na višeslojnim lokalitetima na kojima je moguće u digitalnom obliku rekonstruirati stratigrafski kompleksne situacije. Takvu je vrstu dokumentacije naknadno mnogo lakše iščitati te je moguća čak i reinterpretacija podataka.

3. DOKUMENTACIJA ARHEOLOŠKIH ARTEFAKATA

Bilo da se radi o vrlo rijetkim, vrlo vrijednim, vrlo krhkim ili o sasvim običnim arheološkim artefaktima, njihova je digitalizacija iznimno važna. Jednom digitaliziran i pravilno pohranjen 3D model artefakta uvijek je moguće naknadno koristiti za objave i reinterpretacije ili za izložbe i prezentaciju. Naravno ovakva vrsta dokumentacije najvažnija je kod predmeta koji su skloni propadanju, gdje nam izrada fotogrametrijskog 3D modela omogućava očuvanje originalnog stanja predmeta. Za razliku od dokumentiranja lokaliteta, gdje su nam pretežito važne vertikalne fotografije s dobrim preklapom, kod dokumentiranja predmeta taktika nam se mijenja. Preklap fotografija je i dalje ključan, međutim kod snimanja predmeta najčešće se sam predmet pomiče, a fotografira se tako da se formira svojevrsna kupola od fotografija oko predmeta.



SLIKA 3. 1. Taktika fotografiranja za izradu modela predmeta; izvor: CPI, dr. sc. Hrvoje Potrebića

Koristeći neutralnu crnu ili bijelu podlogu nestaje potreba za prethodnim maskiranjem svake pojedine fotografije, na što je inače otpadao dobar dio ukupnog vremena digitalizacije predmeta (Štuhec, S., 2012). Primjenom markera izrađenih pomoću samog PhotoScana i preciznim izmjerama svih točaka na plohi na kojoj stoji predmet moguće je dobiti precizno skaliran i orijentiran predmet u digitalnom obliku. Pri digitalizaciji predmeta posebno treba obratiti pozornost na osvjetljenje te na materijal samog predmeta. Sjajne i reflektivne površine često stvaraju velike probleme samom softveru, koje je u nekim slučajevima moguće riješiti projiciranjem slike s projektor na sjajnu površinu.

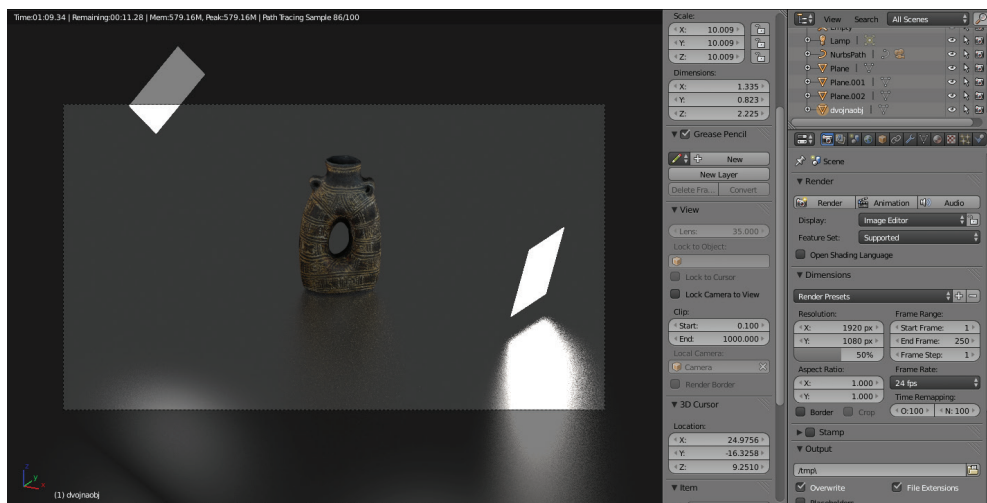


SLIKA 3. 1. Rekonstrukcija prapovijesne kuće u Alilovcima; izvor: Lupercal d.o.o., FFZG, dr. sc. Janja Mavrović Mokos

Osim dokumentacijske vrijednosti 3D modeli predmeta imaju veliku ulogu u arheološkoj prezentaciji. Modele predmeta u nekim je situacijama moguće iskoristiti i prezentirati unutar digitalne rekonstrukcije objekta, kao što je na primjer prapovijesna ili rimska kuća. Na taj način se može prikazati njegova osnovna funkcija i na atraktivan način dočarati okruženje u kojem je on nastao i bio korišten.

4. ZAKLJUČAK

Korištenje 3D modela kao dokumentacijskog alata u arheologiji predstavlja znatan tehnološki iskorak u struci. Po prvi je puta moguće detaljno



SLIKA 4. 1. Dvojna vučedolska posuda animirana u programu Blender u sklopu fotogrametrijske radionice na FFZG-u 2015. godine

dokumentirati lokalitet ili predmet u tri dimenzije, a da pritom nije potrebna iznimno skupa i komplicirana oprema. S obzirom na to da se radi o relativno novim tehnologijama pojavila se potreba za organiziranjem radionice koja bi na jednom mjestu objedinila studente geodezije i arheologije. U sklopu radionice uspješno je izrađen i georeferenciran

BAR Int. 2598, 2014.

+ F. Neitzel, J. Klonowski: *Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22, Zurich, 2011.

model jednog lokaliteta koristeći prethodno odabrane zračne fotografije.

Nakon toga je izrađen i animiran fotogrametrijski model dvojne keramičke posude koja pripada vučedolskoj kulturi. Svrha radionice bila je razmjena informacija, znanja i iskustava o primjeni fotogrametrijskih 3D modela u arheologiji. Radionica je protekla vrlo uspješno s nizom novih poznavstava i razmjena ideja, te su stvoreni temelji za suradnju među studentima i profesorima s obaju fakulteta.

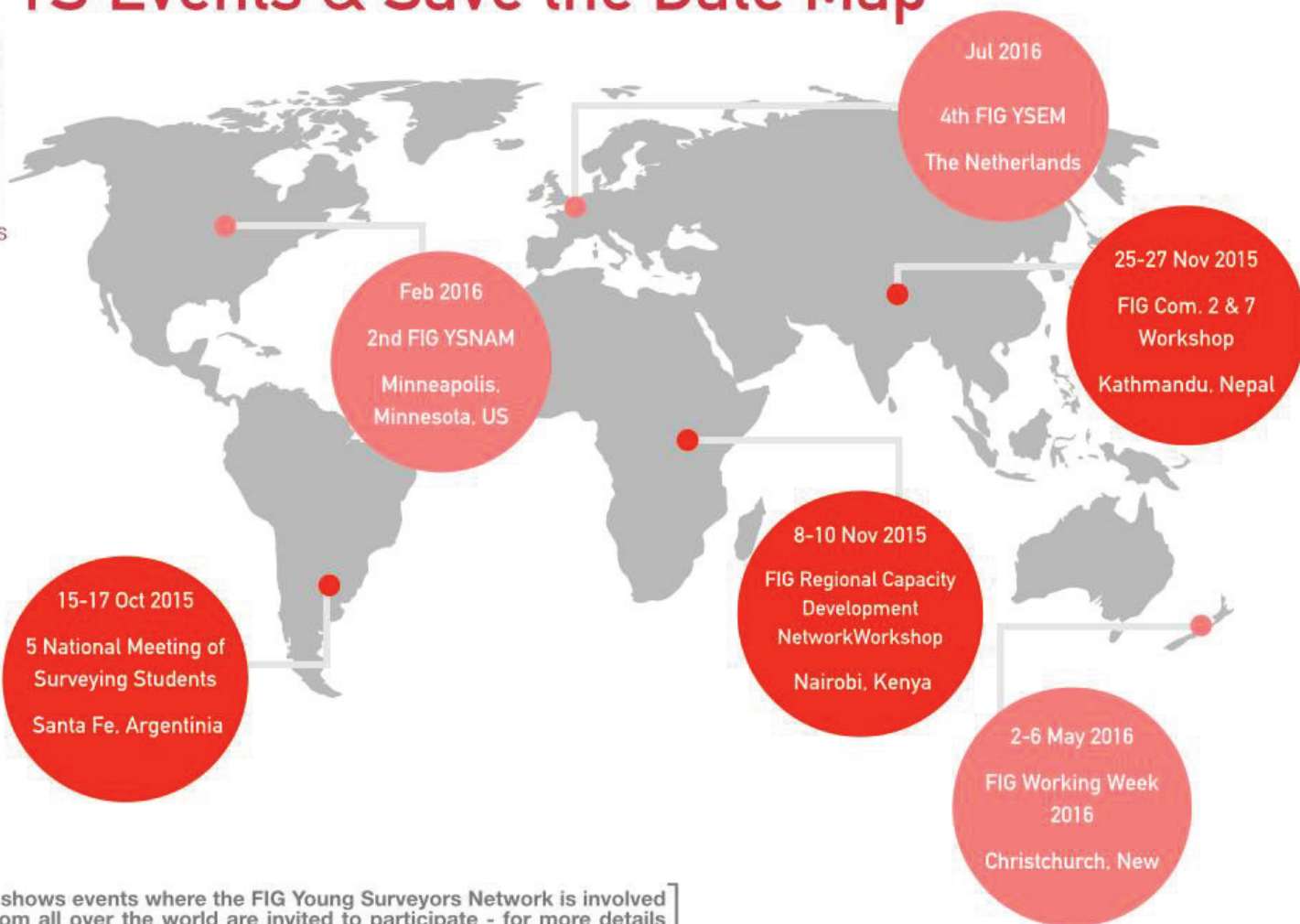
LITERATURA

+ Štuhec, S., 2012.: *Dvoipolrazsežnostna (2,5D) in trirazsežnostna (3D) vizualizacija artefaktov*, Master thesis, Ljubljana

+ F. Nex, F. Remondino: *UAV: Platforms, Regulations, Data acquisition and processing*, p.73-86,



YS Events & Save the Date Map



This map shows events where the FIG Young Surveyors Network is involved and YS from all over the world are invited to participate - for more details have a look on the event description pages.