

Ana Bodrožić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: abodrozic@geof.hr
 Dana Adžić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: daadzic@geof.hr
 Katarina Milec, univ. bacc. ing. geod. et geoinf., diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: kamilec@geof.hr

PRIPREMA ZA FOTOGRAMETRIJSKO SNIMANJE I FOTOGRAMETRIJSKO SNIMANJE ARTEFAKATA

SAŽETAK: Pri prikupljanju snimaka za izradu mjerljivog 3D modela pomoću Agisoft Professional softvera potrebno se pridržavati određenih pravila i procedura kako bi i digitalne kamere (nemjerne) poslužile toj svrsi. Za modeliranje je korištena dvodijelna posuda s utvrđenim relativnim koordinatama fotogrametrijskih signala na podlozi. Prije snimanje posude iz svih smjerova provedena je ekranska kalibracija korištene kamere (Nikon D90). Da bi dobili optimalne rezultate, potrebno je koristiti preporučene postavke kamere i uzeti u obzir karakteristike predmeta i scene koja se snima.

Gljučne riječi: kamera, kalibracija, fotogrametrijski signali, dvodijelna posuda, Agisoft Lens

Preparation for Photogrammetric Measurement and Artifact Photogrammetric Measurement

ABSTRACT: When collecting images for creating a measurable 3D model using Agisoft Professional software, there are certain rules and procedures we want to abide by if we want to count digital cameras as reliable. The two-chamber bowl with determined relative coordinate codes at the cradle was used for modeling. Before shooting the bowl from all directions, we performed screen calibration of the used NIKON D-90 camera. In order to get optimal results, recommended camera settings should be used and one should take into account the features of the capturing object, as well as of the taken frame.

Keywords: camera, calibration, markers, two-chamber bowl, Agisoft Lens

1. UVOD

Objekt proučavanja, snimanja i kasnijeg 3D modeliranja na radionici, u suradnji s Odsjekom za arheologiju Filozofskog fakulteta u Zagrebu, bila je replika dvodijelne posude iz razdoblja vučedolske kulture. To je posuda s dvije tunelaste ručke, sastavljena od dva cilindrična dijela koja se vežu u jedan otvor, a završavaju ravnim dnom. Ukrašena je duborezom i rovašenjem ispunjenim bijelom inkrustacijom.

Razvoj softvera (i tehnologije) omogućio je fotogrametrijsko snimanje korištenjem „običnih“ digitalnih nemjernih kamera. Za dobivanje zadovo-

ljavajućih rezultata mjerljivih 3D modela, u većini slučajeva nije potrebno investirati u skupe mjerne kamere, već uz ispravnu kalibraciju digitalne kamere mogu postati mjerne. Za optimalne rezultate uz korištenje softvera Agisoft Photoscan dovoljna je rezolucija kamere od najmanje 5 Mpx. Za potrebe radionice korištena je digitalna kamera Nikon D90 čija rezolucija iznosi 12,9 Mpx (Slika 1.1.).

2. OPREMA I SPECIFIKACIJE KAMERE

Za izradu što uspješnijeg mjerljivog 3D modela potrebno je izbjegavati širokokutne i tzv. *fish-eye* leće objektivna kamere. Najpogodnije su leće žarišne duljine 50 mm, no može se koristiti raspon od 20 mm do 80 mm žarišne duljine. Preporučuje se korištenje fiksnih, no ako se koriste zoom leće, žarišnu duljinu treba podesiti na minimalnu ili maksimalnu vrijednost. S obzirom na to da je bitno da snimke budu što jasnije, vrijeme okidanja ne smije biti presporo, a rezolucija najveća moguća (Agisoft Manual 2014). Osjetljivost kamere na svjetlo (ISO) potrebno je podesiti na najmanju vrijednost. Karakteristike kamere Nikon D90 prikazane su u tablici 2.1.

3. KALIBRACIJA KAMERE

Postupkom kalibracije definira se geometrija snopa zraka koji prolazi kroz sustav leća u kameri, odnosno za rezultat se dobiju parametri unutarnje orijentacije. Postoji



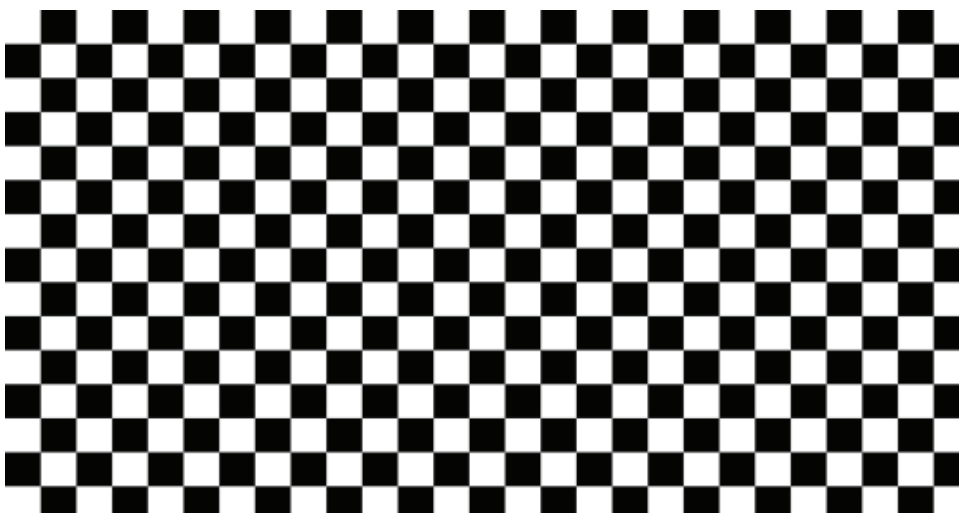
SLIKA 1.1. Snimanje replike artefakata dvodijelne posude

Rezolucija	1230 Megapiksela
Senzor	APS-C
Leće – žarišna duljina	5,80x zoom 18 – 105 mm (27 – 158 mm eq.)
ISO	100 – 6400
Veličina slike (piksela):	4,288 x 2,848 [L] 3,216 x 2,136 [M] 2.144 x 1,424 [S]
Objektiv	Nikkor AF-S 18 –135 mm Dx

TABLICA 2. 1. Specifikacije kamere Nikon D90 (URL 1)

nekoliko vrsta kalibracije kamere, a na radionici je rađena ekranska kalibracija u programu za automatsku kalibraciju kamere Agisoft Lens.

U postupku kalibracije potrebno je snimiti testno (kalibracijsko) polje koje približno odgovara veličini objekta čiji model se izrađuje. S obzirom na to da je potrebno izraditi 3D model replike artefakta dvodijelne posude iz razdoblja vučedolske kulture, testno polje na zaslonu računala dovoljno je veliko. Prema uputama u samom softveru preporučljivo je testno polje (Slika 2.1.) na ekranu snimiti s najmanje tri različita snimališta, pod različitim kutovima: ravno ispred ekrana te s desne i lijeve strane. Među-



SLIKA 3. 1. Kalibracijsko polje

tim, za još bolje određivanje kalibracijskih parametara dodatno je ponovljen postupak s okretom kamere za 90° jer je tako senzor u kameri postavljen okomito i daje nove informacije.

Prilikom snimanja potrebno je paziti da snimke nisu mutne. Iznimno je važno da žarišna duljina i udaljenost izoštravanja objektivna ostaju

konstantne prilikom kalibracije i tijekom snimanja. Žarišna je daljina postavljena na 50 mm, što odgovara za snimanje predmetnog objekta i ekrana s testnim poljem. Da bi izbjegli moguću pogrešku operatera i očuvali postavljene uvjete, objektiv je fiksiran ljepljivom vrpcom. Mogućnost automatskog snimanja u ovom slučaju nije bila opcija jer bi tako kamera sama mijenjala oštrinu, otvor blende i ostale parametre ovisno o osvjetljenju. Zato je odabrano ručno snimanje pri kojem postavke odabire korisnik te su one fiksne tijekom snimanja. Objektivom je potrebno obuhvatiti što veće područje testnog polja sa što manje okolnih čimbenika (Slika 2.2.).

Nakon učitavanja snimki u softver pokreće se automatska kalibracija. Rezultat su sljedeći parametri unutarnje orijentacije zajedno s grafičkim prikazom radijalne i tangencijalne distorzije (Slika 3. 3):

- + *Focal length (x)* – žarišna daljina po x osi
- + *Focal length (y)* – žarišna daljina po y osi
- + *Principal point (x)* – x koordinata glavne točke snimke
- + *Principal point (y)* – y koordinata glavne točke snimke
- + *Skew* – neokomitost osi koordinatnog sustava snimke
- + *Radial K1, K2, K3 i K4* – parametri radijalne distorzije
- + *Tangential P1 i P2* – parametri tangencijalne distorzije.

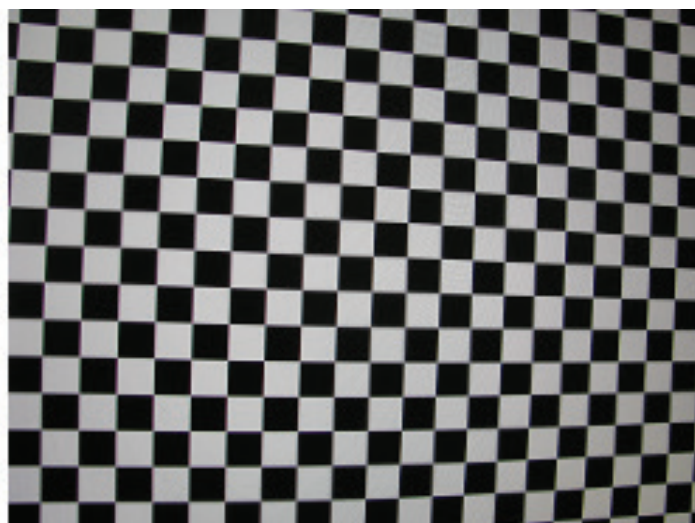
4. SNIMANJE ARTEFAKATA

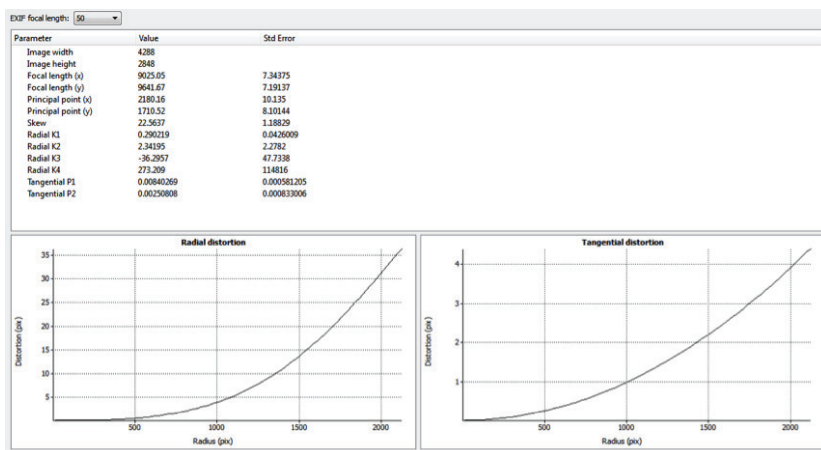
Artefakti se snimaju iz različitih smjerova, sa svih strana (Slika 4. 1.), na podlozi s markerima.

Pogodnije bi bilo da se boja podloge i artefakta razlikuje kako bi pri obradi snimaka granice artefakta bile jasnije. Marker dolaze u sklopu softvera, njemu su prilagođeni te ih on prepoznaje. Da bi dobiveni model bio

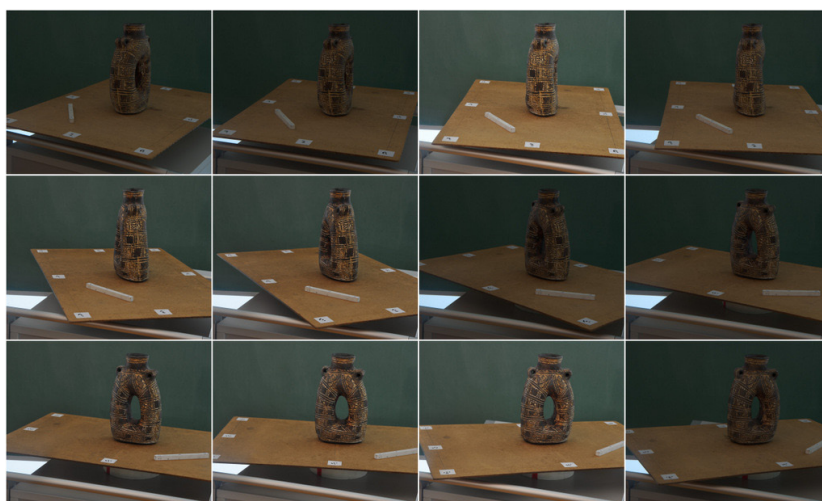


SLIKA 3. 2. Primjer pogrešno i ispravno snimljene kalibracijske snimke





SLIKA 3. 3. Kalibracijski parametri



SLIKA 4. 1. Snimanje artefakta – 12 fotografija

mjerljiv, potrebno je na svakoj snimci imati najmanje dva markera čija je udaljenost poznata. U ovom slučaju korišteno je osam markera s točno definiranim relativnim odnosom koji je prethodno određen koordinatometrom u laboratoriju Geodetskog fakulteta. Time je definiran lokalni koordinatni sustav u koji je smještena dvodijelna posuda, dok apsolutni položaj posude nije bitan. Za uspješnu vizualizaciju artefakta ključno je ostvariti preklap između pojedinih snimaka istog artefakta.



SLIKA 4. 2. Tijek snimanja replike dvodijelne posude

Markeri osim definiranja koordinatnog sustava, mjerenja površina i volumena, omogućavaju točnije određivanje elementa vanjske orijentacije snimaka prilikom obrade i izrade 3D modela (Slika 3. 2.).

Prikaz na svakoj snimci mora biti učinkovito iskorišten, odnosno dvodijelna posuda treba činiti najveći dio prikaza. Ne predstavlja problem ako neki dio posude nije snimljen, bitno je da se taj dio pojavljuje na drugim snimkama, dok je na preostalom dijelu scene potrebno izbjegavati pokretne objekte.

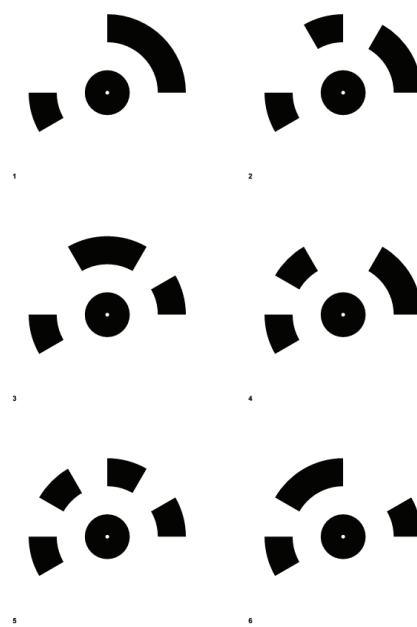
Prilikom snimanja treba obratiti pozornost na teksturu artefakta. Monotoni, glatki i ravni artefakti mogu predstavljati problem, naročito ako su njihove površine sjajne. Dvodijelna posuda ima karakterističan uzorak i oblik te nije bilo problema u prepoznavanju različitih dijelova njezine površine. Za osvjetljenje je korištena difuzna rasvjeta koja ravnomjerno raspršuje svjetlost. Naime, točkasti ili usmjereni izvori svjetlosti poput žarulje ili prozora mogu stvarati odsjaj na površini snimanog objekta, što smanjuje kvalitetu izrade tekstura. Reflektor je usmjeren prema stropu da bi se od njega odbijena svjetlost raspršila prema artefaktu. Bljeskalicu kamere potrebno je izbjegavati.

U procesu pripreme snimanja potrebno je obratiti pažnju na odgovarajuće postolje koje mora biti dovoljno stabilno i čvrsto kako bi eventualni pomaci artefakta na podlozi bili spriječeni. U tom se slučaju snimanje vrši zakretanjem postolja za male kutove sve dok se promatrani artefakt ne snimi iz svih smjerova. U protivnom, ako se postolje ne može rotirati, potrebno je osigurati prazan prostor oko njega da bi operater nesmetano fotografirao. Da bi eliminirali sitne pomake kamere u trenutku okidanja snimke (uzorkovane pritiskom ljudske ruke) i očuvali jasnoću snimki, korišteni su stativ i daljinski upravljač.

Za potpuni 3D prikaz potrebno je snimiti otvor i dno posude iz ptičje perspektive, pri čemu je dno snimljeno okretanjem posude i pripadajuće podloge. Time je zaklonjen lokalni koordinatni sustav markera na podlozi i spriječeno „zbumbljanje“ softvera za obradu, a prikupljeni su podaci o izgledu dna. No, potrebno je odabrati kut snimanja pod kojim su figure dvojne posude i dalje vidljive kako bi softver prilikom obrade uspješno orijentirao snimke.

LITERATURA

- + Katalog „Vučedol“, 149., kat. br. 47.
- + Agisoft PhotoScan User Manual (2014): Professional Edition, Version 1.1
- + URL 1: <http://www.imaging-resource.com/PRODS/D90/D90A.HTM> (22. 5. 2015.)



SLIKA 4.3. Primjeri markera koji služe za uspostavu koordinatnog okvira