

Predstavitev razvoja 3D-modela na primeru konjenika iz Vaške situle.

» Artefakti in vzratno inženirstvo

Vladislav Stres
Andraž Istenič
doc. dr. Nikola
Vukašinovič
prof. dr. Jože Duhovnik
Benjamin Skapin
mag. Bojan Zupan

Preteklo kulturo lahko razumemo le tako, da jo dobro spoznamo. S površnostjo in hitrim sklepanjem lahko povsem spregledamo sporočila, ki so jih ustvarjalci takratnega časa prelili v obliko artefakta. To velja tudi za slikopisno pisavo z Vaške situle. Že najmanjše podrobnosti slikopisne pisave so zelo pomembne. Detajli predstavljajo osebno sporočilo zapisovalca pisanega sporočila. V starih kulturah so ljudje najpomembnejše dogodke zapisovali s simbolnimi slikami.

Danes sta abeceda in beseda osnovi komunikacije, zato nam celostno razumevanje slikovnih simbolnih sporočil starih ljudstev predstavlja izziv. Po drugi strani pa je slikovni zapis univerzalen, vsem razumljiv. Z malo domišljije lahko slikovne podobe zelo hitro »oživijo« in se tako najdemo v zgodbi, ki se pred nami odvija kot strip. Bojevniki, kmetje, podložniki in oblastniki, verski rituali, bitke, slavnostni dogodki ipd., vse to nas zapelje v čas, ko še ni bilo avtomobilov, računalnikov, interneta in drugih pridobitev moderne dobe. Ob podrobnejši analizi in razumevanju lahko ugotovimo, da se odnosi med ljudmi in do okolja od takrat do danes pravzaprav niti niso veliko spremenili. Naši predniki so nam zapustili sled, ki nam omogoča razumevanje tedanjih časov, hkrati pa nudi izziv in razmislek, kako bodo naši zanamci čez nekaj tisoč let gledali in razumeli naše, recimo današnje »visokotehnološko« obdobje.

Izdelava 3D-oblike iz reliefnega zapisa

Po pregledu naslikanih podrobnosti reliefne poslikave so strokovnjaki ugotovili, da je konjenik eden izmed boljših zapisov takratne opreme. Pojavila se je ideja, kako reliefno obliko, recimo pramodela, preslikati v 3D-obliko. Podobno, kot so takrat reliefne podobe izpisovali umetniki in kiparji. Amaterski muzealec Vladislav Stres je v Narodnem muzeju leta 2016 posnel digitalno sliko velikosti 4608 x 3456 točk, na osnovi te in drugih fotografij pa je kipar Viktor Plestenjak izdelal kip konjenika v velikosti 207 x 215 mm.

Pri kiparskem oblikovanju konjenika je sicer na motivu vojaka prišlo do manjše napake pri postavitvi nagiba glave glede na trup.

» Vaška situla



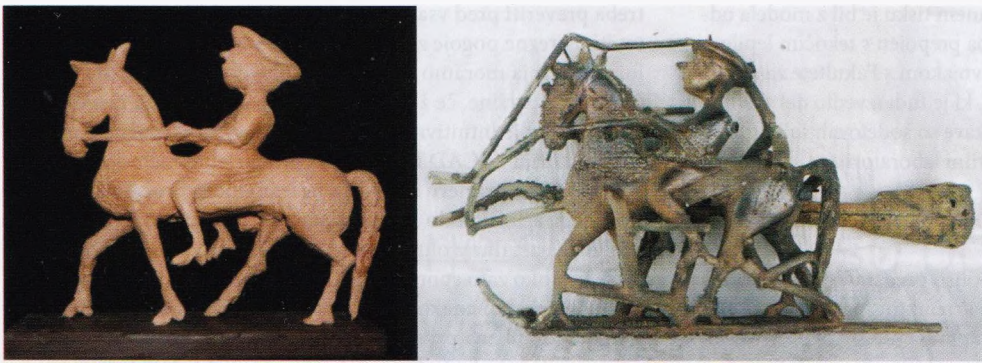
» Slika 1: Situla/VRČ iz Vač, Slovenija, višina 238 mm, največja širina 233 mm, prostornina: 3 litre.

Vaška situla oz. Vrč iz Vač iz 5. stoletja pr. n. št. (slika 1) je eden izmed najbolj zanimivih artefaktov, najdenih na slovenskih tleh. Slikopisen umetniški zapis visoke keltske kulture na vrču predstavlja večni krogotok življenja in smrti. Gre za zgodbo o vladarju, ki prenaša znanja oblasti na naslednika in ga pripravlja za ustoličenje pred mogočnim kmetom kot predstavnikom ljudstva. Del motivov z Vaške situle je uporabljen na slovenski osebni izkaznici pa tudi v potnem listu je upodobljen motiv konja z jezdecem.

Vladislav Stres ▪ Vladislav Stres, Ljubljana

Andraž Istenič ▪ *doc. dr. Nikola Vukašinovič* ▪ *prof. dr. Jože Duhovnik* ▪ Lecad laboratorij, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

Benjamin Skapin ▪ *mag. Bojan Zupan* ▪ IB-CADDY, d. o. o., Ljubljana



» Slika 2: Konjenik je bil najprej izdelan v kiparski glini, nato pa je bil po dodatni obdelavi odlit v bron. Desno je še neobdelan odlitek iz bronu.



» Slika 3: Postopek preslikave oblike iz reliefnega artefakta v 3D-model artefakta

Ker je bila napaka ugotovljena šele po popolni obdelavi 3D-oblike artefakta, je ni bilo mogoče popraviti. Snovalci so jo popravili po fazi skeniranja artefakta v 3D-modelirniku. Tiskan 3D-model je zato izveden enako kot podoba na reliefnem artefaktu.

Postopek preslikave iz reliefnega artefakta v 3D-model je bil izveden v več fazah (slika 3).

Novo poglavje v zgodbi konjenika z Vaške situle se je začelo s pomočjo 3D-tehnologij in sodelovanjem Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani. Kot sklop zaključne naloge je študent Andraž Istenič pod mentorstvom profesorja dr. Jožefa Duhovnika in somentorja doc. dr. Nikola Vukašinič s pomočjo 3D-meritev digitaliziral kipec konjenika. V programski opremi, namenjeni obdelavi 3D-meritev, je odpravil napako pri nagibu glave konjenika, ki je nastala pri kiparskem oblikovanju.

Trije 3D-skenerji na delu

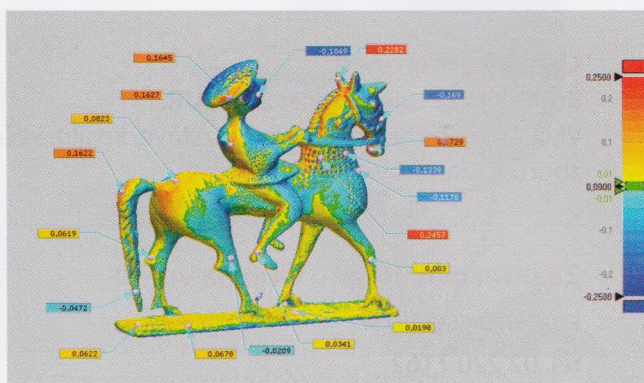
V želji po čim manjših odstopanjih meritev so na Fakulteti za strojništvo meritve 3D-artefakta konjenika opravili na treh različnih napravah ter ugotavljali odstopanje od rezultatov meritev. 3D-skenerji so bili različnih proizvajalcev, in sicer 3D Systems, FARO in GOM. Ugotovili so, da je za kakovosten popis objektov v prostoru velikosti 250 x 250 x 250 mm potrebna vsaj ločljivost 6 milijonov slikovnih točk, pri čemer mora biti natančnost merilnika

vsaj 0,1 mm. Šele merilnik z deklarirano natančnostjo 0,007 mm lahko zagotovi natančnost skenirane oblike do 0,03 mm, velike razlike pa nastajajo izključno zato, ker je optično zajemanje oblike z različnimi viri svetlobe na ravnih površinah dokaj obvladljivo, medtem ko ukrivljene površine bistveno povečujejo napake.

Rekonstrukcija 3D-artefakta konjenika in 3D-tisk

Rekonstrukcija artefakta je bila izvedena s programoma Geomagic Design X in Wrap. Omenjena programa nudita veliko različnih avtomatskih in ročnih orodij za izvedbo posameznih korakov rekonstrukcije. Uporabljena sta bila za nagib glave konjenika za 9 stopinj. Po rekonstrukciji je bil kipec pripravljen za 3D-tiskanje, ki je bilo izvedeno s pomočjo dveh tehnologij.

Prvi 3D-tisk je bil narejen s tehnologijo stereolitografije (SLA). 3D-tiskalnik je s pomočjo laserja utrdil posebno smolo in na ta način gradil model z natančnostjo 0,14 mm. Po končanem tisku sta sledila čiščenje v alkoholu (ta z modela izpere nestrjeno smolo) in utrditev s pomočjo toplote in UV-svetlobe. Za drugi 3D-tisk pa je poskrbel 3D-tiskalnik s tehnologijo ColorJet Printing (CJP), ki je omogočal tisk v barvah. Ker te pri skeniranju modela niso bile zajete, je bila tekstura naknadno nanesena v programu Geomagic Wrap. Obarvan model se je nato natisnil na 3D-tiskalniku, ki je z nanašanjem prahu v tankih slojih, dodajanjem veziva in barve, na-



» Slika 4: Primerjava meritev dveh 3D-skenerjev.



» Slika 5: Med ustvarjanjem končnega izdelka.

tisnil funkcionalen model. Po končanem tisku je bil z modela odstranjen odvečen prah, sam model pa prepojen s tekočim lepilom.

V procesu 3D-meritev se je strokovnjakom s Fakultete za strojništvo pridružilo podjetje IB-CADDY, ki je tudi izvedlo del skeniranja in 3D-tisk modela. Pri izvedbi raziskave so sodelovali še LECAD laboratorij in podjetje DOMEL, merilni laboratorij.

Most med kulturo in tehnologijo

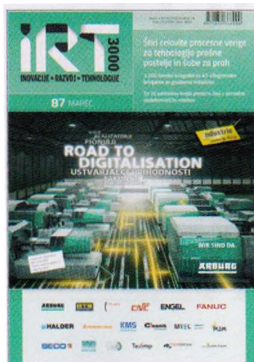
3D-tehnologije nam omogočajo boljšo predstavo in lažje razumevanje. Na primeru zgodovinskih artefaktov, pa tudi v proizvodnji, morajo biti procesi in postopki pa tudi naprave skrbno izbrani za izvedbo in nastanek končne oblike. Premodeliranje oblike ali včasih zmotno uporabljanje termina vzvratno inženirstvo s spreminjanjem oblike mora biti v celotnem postopku predvideno vnaprej. Brez uskladitve posameznih faz ni moč zagotoviti kakovostnega obvladovanja procesa. Naprave za 3D-skeniranje je

treba preveriti pred vsakim posnemanjem oblike v naravi, zagotoviti ustrezne pogoje za kakovost reprodukcije. Tudi v primerih fotografiranja moramo uporabiti resolucijo, ki zajame manj kot 0,05 mm površine, če želimo fotografijo uporabiti za raziskavo detajlov, kar je intuitivno dokazal Stanislav Stres, pozneje pa smo v laboratoriju LECAD to potrdili s primerjalno metodo.

V opisanem primeru so avtorji poleg samega procesa razvoja reliefnega artefakta do 3D-artefakta razvili še postopek povečave velikosti artefakta z ohranjanjem bistvenih podrobnosti. Res je, da se je lahko zato sporočilo po 2500 letih spremenilo. A prav zato so uporabili enako človeško usposobljenost za umetnost, kot je bila uporabljena pri reliefnem artefaktu.

Opozoriti je treba tudi na izobraževalni vidik. S 3D-skeniranjem in 3D-tiskom ali vizualizacijo v 2D- ali 3D-obliki lahko ustvarimo virtualni muzej. Tako lahko bolj učinkovito približamo zaklade naše kulturne dediščine mlajšim, pa tudi starejšim generacijam.

KOLOFON



Slika na naslovnici:
ARBURG GMBH + CO KG

Glavni in odgovorni urednik: Darko Švetak
Urednik področja Nekovini: Matjaž Rot
Urednik področja Orodjarstvo in strojogradnja: David Homar
Urednik področja Spajanje, materiali in tehnologije:
 dr. Damjan Klobčar, dr. Borut Kosec, dr. Aleš Nagode
Urednik področja Vzdrževanje in tehnična diagnostika:
 dr. Franc Majdič
Urednik področja Proizvodnja in logistika: dr. Mihael Debevec,
 Boštjan Juriševič
Urednik področja Naprednih tehnologij: Denis Šenkinc
Tehnični urednik: Miran Varga
Strokovni svet revije: Boris Bell, dr. Boštjan Berginc, dr. Franci Čuš, dr. Slavko Dolinšek, Vinko Drev, dr. Aleš Hančič, Boris Jeseničnik, dr. Mitjan Kalin, dr. Janez Kopač, Jernej Kovač, Marko Mirnik, dr. Blaž Nardin, Marko Oreškovič, dr. Peter Panjan, dr. Tomaž Pepelnjak, dr. Tomaž Perme, dr. Aleš Petek, Janez Poje, dr. Franci Pušavec, Janez Škrlec
Novinar: Esad Jakupović, Petra Bauman
Prevajalci: Ivica Belšak, s. p., Marko Oreškovič, s. p., Dušanka Grubor Železnik, Mojca Savski
Lektoriranje: Lektoriranje, d. o. o., (www.lektoriranje.si)

Idejna zasnova revije: PROFIDTP d.o.o.
Računalniški prelom revije: Fit media d.o.o.
Oblikovanje naslovnice in oglasov: PROFIDTP d.o.o.
Tisk: SCHWARZ PRINT d.o.o., Ljubljana

Izdajatelj: PROFIDTP d.o.o., Gradišče VI 4,
 1291 Škofljica, Slovenija

Naklada: 2.000 izvodov
 920 naročnikov tiskane revije IRT3000
 200 tiskanih izvodov revije za promocijo na sejnih in dogodkih
 880 naročnikov na e-revijo IRT3000

Distribucija revije v: Slovenija in države naročnikov in oglaševalcev; Brezplačne izvide revije pošiljamo v knjižnice po Sloveniji in zainteresiranih strokovnih šolah.

Uredništvo revije: Simona Jeraj, vodja
Naslov uredništva: Revija IRT3000, Motnica 7a, 1236 Trzin
Kontaktne podatki uredništva, naročnine, oglaševanje:
 Revija IRT3000, Motnica 7a, 1236 Trzin
 Telefon: +386 (0)1 5800 884
 GSM: +386 (0)51 322 442
 E-naslov: info@irt3000.si
Marketing: Blanka Čakš, GSM: +386 (0)51 322 177

Cena: 5,00 € za izvod
 IRT3000 - inovacije razvoj tehnologije
 Naročnina na revijo velja do pisnega preklica.

ISSN: 1854-3669. Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo RS, pod zaporedno številko 1059. Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

© IRT3000 - Avtorske pravice za revijo IRT3000 so last izdajatelja, podjetja PROFIDTP d.o.o. Uporabniki lahko prenašajo in razmnožujejo vsebino zgolj v informativne namene, in sicer samo ob pridobljenem pisnem soglasju izdajatelja.