

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

3D podatki v kulturni dediščini — kako do njih in zakaj?

Franc Solina

Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani

franc.solina@fri.uni-lj.si

3. simpozij slovenskih raziskovalcev v tujini, Ljubljana



21. december 2018

Vsebina

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- 1 Slikovne in pisne informacije
- 2 Analiza slik
- 3 3D podatki
- 4 Zajem 3D podatkov pod vodo
- 5 Rimska ladja s sarkofagi
- 6 Rimska ladja v Ljubljani
- 7 Moker arheološki les
- 8 Zaključek

Slikovne in pisne informacije

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- pisne informacije, predvsem knjige in članki v revijah, so v veliki meri že digitalizirane
- iskanje pisnih informacij poteka zelo učinkovito
- toda *slikovne informacije* na internetu v veliki meri prevladujejo
- to je posledica SLIKOVNEGA OBRATA (Mitchell/Böhm, 1994)
 - poleg govora je komunikacija v zgodnjem razvoju človeštva potekala s pomočjo slik
 - po iznajdbi pisave so zaradi lažje tehnologije pisanja prevladale pisne informacije
 - danes zaradi enostavnega zajema in deljenja slik in videa, vizualne informacije spet pridobivajo na pomenu
- iskanje po slikovnih informacijah pa je še vedno v povojih

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- metode računalniškega vida omogočajo *iskanje informacij v 2D slikah*
- klasični pristop je razvoj algoritmov za prepoznavanje specifičnih objektov v slikah, na primer človeških obrazov
- sodobni pristopi temeljijo na metodah *strojnega učenja*
- metode strojnega učenja omogočajo razpoznavanje objektov na osnovi učnih primerov
- najnovejše in najbolj uspešne metode za učenje in interpretacijo slik temeljijo na *globokih nevronske mrežah*

Uporaba računalniškega vida v kontekstu kulturne dediščine

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- za učinkovito iskanje je potrebno segmentirati vhodne slike na: objekt/ozadje
- identifikacija/kategorizacija objektov na sliki
- digitalizacija obstoječih slikovnih baz
- iskanje podobnih slik v slikovnih bazah
- vizualna podobnost (velikost, barve, tekstura, struktura, oblika, ...)
- detekcija ponaredkov/avtentikacija na osnovi vizualnih in stilističnih lastnosti
- računska estetika na osnovi kvantitativnih in formalnih meril

Prednosti 3D slikovnih podatkov

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- opazovanje:
 - iz kateregakoli zornega kota
 - na ekranu, z VR napravami (očali), holografske naprave, ...
- izdelava fizičnih 3D kopij — 3D tiskanje
- uporaba:
 - promocija
 - izobraževanje
 - igre
 - varovanje kulturne dediščine, monitoring
 - računalniško podprta analiza objektov
 - iskanje in primerjava podobnih 3D modelov

Metode za zajem 3D podatkov

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- novi senzori in metode za zajem 3D oblik posameznih objektov in celotnih scen
 - globinska slika: 3D podatki, kot so vidni iz določenega zornega kota
 - popolne 3D podatke je možno opazovati iz kateregakoli zornega kota
 - format: gosti oblaki 3D točk, ki so pokriti s fotografsko teksturo
- naprave in metode:
 - **osnovni princip:** triangulacija
 - aktivni senzori (umetna iluminacija + zajem slik)
 - ročne naprave in robotski sistemi za masovno digitalizacijo
 - več-slikovna fotogrametrija je primerna predvsem za terensko delo
 - leteče platforme s senzori

Zajem 3D podatkov pod vodo

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- več-slikovna fotogrametrija je edina praktična metoda za meritve pod vodo
- uporablja se lahko standardno podvodno fotografsko opremo
- fotografira se lahko kar iz roke, zaporedne fotografije se morajo prekrivati za okoli 60%
- korespondenčne točke na prekrivajočih se fotografijah avtomatično poiščejo metode računalniškega vida
- zajem fotografij je hiter in učinkovit: število podvodnih ur za dokumentiranje se zmanjša in zato je potapljanje varnejše
- za več-slikovno fotogrametrijo obstajajo številni, tudi odprtokodni programi
- rezultat: oblak 3D točk + fotogrametrična tekstura:

Tovor sarkofagov na rimski ladji iz 2-3 st. n. št. (Brač)

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

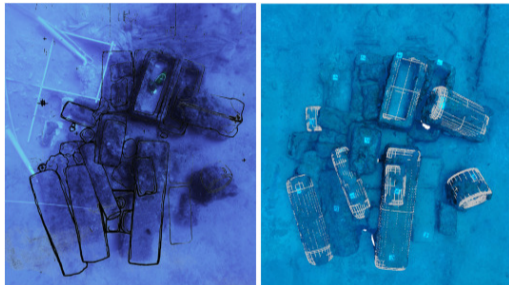
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- LEVO: ročno izdelana dokumentacija
 - več potapljačev, več dni
 - merilni trak, risanje pod vodo
- DESNO: fotogrametrična 3D dokumentacija
 - en potapljač, enourni potop
 - področje 110 m², 900 fotografij

A Jaklič, M Erič, I Mihajlović, Ž Stopinšek, F Solina. **Volumetric models from 3D point clouds: The case study of sarcophagi cargo from a 2nd/3rd century AD Roman shipwreck near Sutivan on island Brač, Croatia.** Journal of Archaeological Science 62(Oct. 2015): 143–152, 2015

Modeliranje marmornatih blokov z volumetričnimi modeli

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

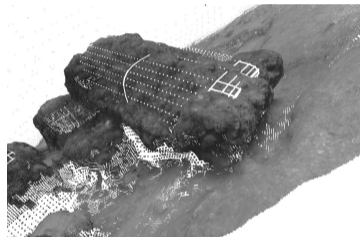
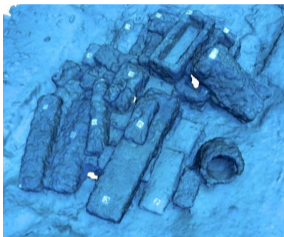
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- volumetrični modeli so abstrakten model, ki omogočajo sklepanje o velikosti in strukturi ladje, saj so leseni deli ladje že davno propadli
- superkvadriki so 3D modeli, ki omogočajo uniformno predstavitev paralelepipedov, valjev in elipsoidov

Superkvadrični volumetrični modeli

3D podatki

Franco Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

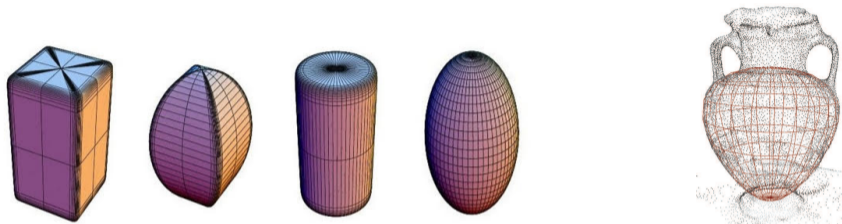
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- superkvadrike je možno hkrati segmentirati in rekonstruirati iz oblakov 3D točk
- parametrične deformacije še povečajo izrazno moč superkvadrikov
- našo originalno metodo segmentacije in rekonstrukcije SQ iz 1990-tih let nadomeščamo z globokimi nevronskimi mrežami
- A Jaklič, A Leonardis, F Solina. **Segmentation and recovery of superquadrics.** Kluwer/Springer, 2000

Zgodnjerimska ladja iz Ljubljance pri Sinji Gorici, zgrajena po letu 3 n. št.

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

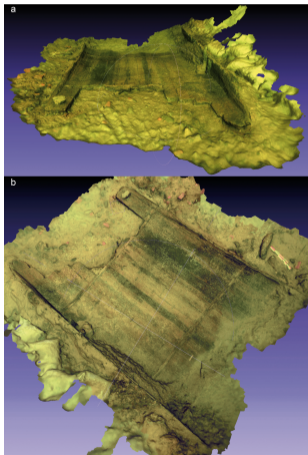
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljanci

Moker
arheološki les

Zaključek



- ladja je bila le delno raziskana med leti 2008–2012, saj sega v rečno nabrežino, ki je ni bilo možno odkopati
- za vso dokumentacijo smo uporabili več-slikovno fotogrametrijo
- ladja ostaja *in situ*, razkriti deli so ponovno prekriti s peskom

M. Erič, A. Gaspari, K. Čufar, F. Solina, T. Verbič. **Early Roman barge from the Ljubljancia river at Sinja Gorica.**

Arheološki vestnik 65: 187–254, 2014

Analiza 3D podatkov z računalniškimi orodji

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

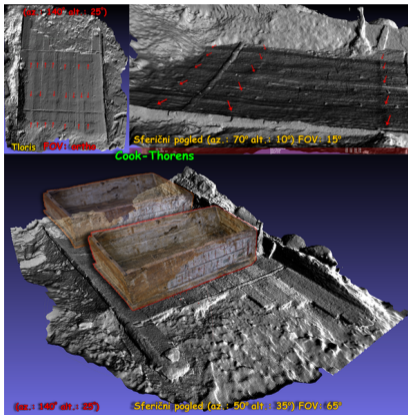
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- podrobna analiza ladje je bila narejena na 3D podatkih,
- oblak 3D točk žal še ni bilo možno avtomatično segmentirati v kose lesa, uporabljene za konstrukcijo ladje
- vtisnine na talnih platicah nakazujejo redno rabo lesenih tovornih zabojev
- 3D modeli lesenih zaboj smo narediti po zabojih, ki se nahajajo v muzeju arheoloških artefaktov v egiptovski sekciji, grad Sforza, Milano

Izdelava 2D risb iz 3D podatkov

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- 2D arheološke risbe narejene na osnovi 3D podatkov omogočajo primerjavo z drugimi rimskimi ladjami iz istega obdobja
- MeshLab, program za 3D vizualizacijo, procesiranje in urejanje

Nadzorovanje konzerviranja mokrega lesa

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- leta 2008 je Miran Erič v Ljubljani pri Sinji Gorici odkril konico narejeno iz tisinega lesa
- radiometrična datacija je pokazala, da je konica stara 40.000 let
- konzervacija mokrega lesa je še vedno problematična:
 - 1 konvencionalne metode vodo nadomestijo z melaminom – toda krčenje in krivljenje lesa
 - 2 vedno bolj pogosto se najdene predmete ohranja kar *in situ* (pod vodo)
- A Gaspari, M Erič, B Odar. **A Palaeolithic wooden point from Ljubljansko barje, Slovenia** In J Benjamin et al. (eds.) *Submerged prehistory*. Oxbow Books, Oxford, pp.186–192

Primerjava petih 3D modelov konice, pred, med in po konzervaciji

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

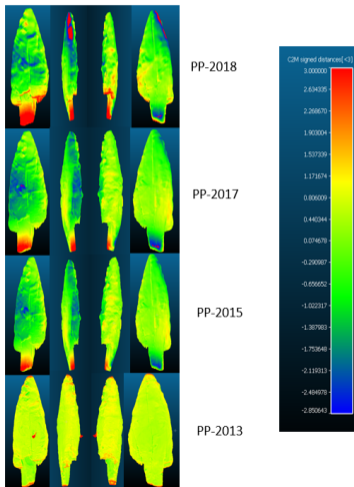
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- primerjali smo kasnejše 3D modele s prvim modelom **PP-2009** iz leta 2009
- uporabili smo program *CloudCompare*, ki je bil razvit za strojno industrijo
- spremljali smo lahko krčenje in upogibanje lesene konice

Primerjava dveh 3D modelov tik pred in po konzerviranju

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

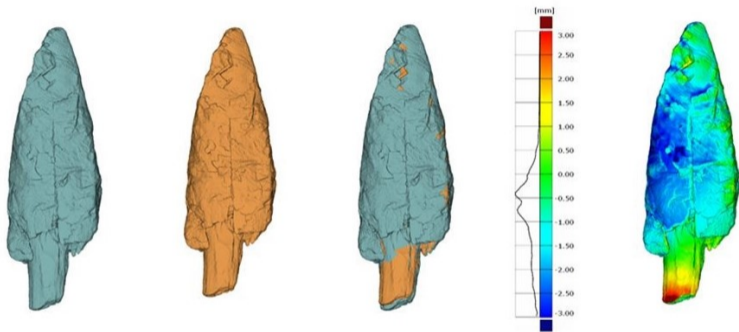
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- E Guček Puhar, M Erič, K Kavkler, A Cramer, K Celec, L Korat, A Jaklič, F Solina.
Comparison and deformation analysis of five 3D models of the Palaeolithic wooden point from the Ljubljana river. Proceedings IEEE MetroArchaeo 2018, pages: 444-449, 2018

Primerjava presekov petih 3D modelov konice

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

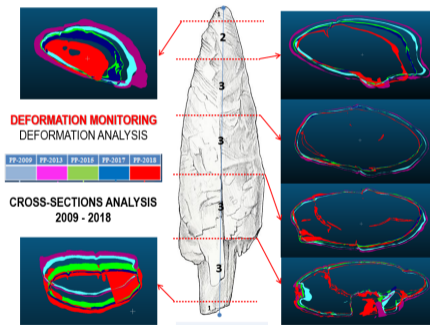
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- preseki niso prikazani ob isti povečavi
- animacija primerjave:
<https://youtu.be/HZ-eMF6WZVY>

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek

- zajem 3D modelov postaja vse bolj enostavno
- 3D modeli omogočajo učinkovito vizualizacijo
- promocija, dokumentacija, monitoring, analiza, virtualni svetovi
- iskanje in primerjava 3D modelov je še odprt izziv



DRUŠTVO
V TUJINI
IZOBRAŽENIH
SLOVENCEV

Kamnita skulptura obogatena z virtualnimi vodnimi kapljami

3D podatki

Franc Solina

Slikovne
informacije

Analiza slik

3D podatki

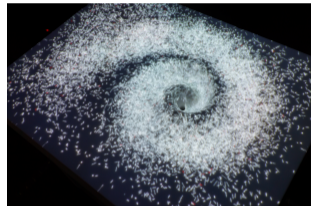
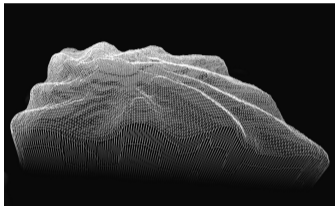
Zajem 3D
podatkov pod
vodo

Rimska ladja s
sarkofagi

Rimska ladja v
Ljubljani

Moker
arheološki les

Zaključek



- svetlobne sledi, ki predstavljajo polzenje kapljic, se prilegajo obliki površine
- obogatitev fizičnega sveta z virtualnim lahko opazujemo brez posebnih pripomočkov
- Video: <https://youtu.be/y6NAiXlNm20>