

DIGITIZACIJA KULTURNE DEDIŠČINE VIPAVSKE DOLINE

DIGITIZATION OF CULTURAL HERITAGE IN VIPAVSKA DOLINA (VIPAVA VALLEY)

Matej Plešnar, Matija Uršič

UVOD

V prispevku je predstavljen projekt Digitalizacija kulturne dediščine, ki ga v letih 2020 in 2021 izvaja Javni zavod za turizem Nova Gorica in Vipavska dolina. Projekt vključuje štiri objekte kulturne dediščine, rezultati pa bodo obiskovalcu pomagali razumeti zgodovinske prelomnice z zgodbami, v katere ga bodo popeljali (slike 1–4):

- solkanski železniški most – zgodba povezovanja kultur,
- grad Rihemberk v Braniku – zgodba razvojno naravnanih fevdalcev,
- grad v Vipavskem Križu – zgodba srednjeveškega trženja vin,
- Castra v Ajdovščini – zgodba rimskega vojaka.

Digitalizacija (ang. *digitalization*) je proces spreminjanja poslovnih procesov z uporabo digitalnih tehnologij. V prispevku se osredotočamo predvsem na digitizacijo (angl. *digitization*), ki je proces ustvarjanja digitalne kopije gradiva z vsemi pripadajočimi podatki. Glavni izvajalec digitizacije kulturne dediščine za naročnika je visokotehnološko podjetje ARCTUR, računalniški inženiring, d. o. o., iz Nove Gorice, ki v okviru lastnega programa Heritage+ razvija rešitve za digitalno interpretacijo kulturne dediščine. 3D-digitizacijo navedenih štirih objektov z uporabo metod 3D-terestričnega laserskega skeniranja in fotogrametrije je izvedlo podjetje DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.



Slika 1: Solkanski železniški most (enotna identifikacija dediščine EŠD: 673).



Slika 2: Grad Rižemberk v Braniku (enotna identifikacija dediščine EŠD: 40).



Slika 3: Grad v Vipavskem križu (enotna identifikacija dediščine EŠD: 7471).



Slika 4: Castra v Ajdovščini (enotna identifikacija dediščine EŠD: 3).

ZAJEM PODATKOV

V okviru projekta Digitalizacija kulturne dediščine so bili izdelani štiri 3D-fotorealistični modeli. Na njihovi podlagi sta bili izdelani 3D-rekonstrukciji nekdanjega stanja gradov Vipavski Križ in Rihemberk, 360-stopinjske fotografije ter dodatni 3D-elementi, ki bodo uporabljeni za pripravo spletne aplikacije za samostojno odkrivanje kulturne dediščine ter turističnih promocijskih filmov. Modeli bodo uporabljeni v videih in prilagojeni za različne digitalne kanale, ki bodo dosegljivi prek spletnih brskalnikov na različnih napravah (telefoni, računalniki, tablice ...).

Fotorealistični 3D-modeli objektov so geolocirani v državnem koordinatnem sistemu z natančnostjo, ocenjeno na kontrolnih točkah, ki je enaka ali boljša od 18 milimetrov. Izdelani 3D-digitalni modeli obravnavanih enot kulturne dediščine tako upoštevajo tehnične smernice za digitizacijo kulturne dediščine T4.0 (T4.0, 2020), ki so bile oblikovane v okviru partnerstva za Turizem 4.0. Oblake točk, ki so podlaga za izdelavo 3D-modela, smo pridobili z metodami terestričnega laserskega skeniranja in fotogrametrije.

Prva faza digitizacije na posameznem objektu je vključevala postavitev in izmero tarč, ki so bile oslonilne in kontrolne točke za georeferenciranje oblakov točk. V tej fazi je bilo treba predvideti način zajema podatkov in njihovo nadaljnjo obdelavo ter temu ustrezno prilagoditi položaj in število tarč. Te smo nato tahimetrično izmerili, izhodišča pa določili z metodo izmere GNSS RTK. Vsaka tarča je bila določena s parom koordinat v državnem koordinatnem sistemu D96/TM in višino, izračunano v državnem višinskem sistemu SVS2010.

Sledilo je lasersko skeniranje objektov. Zanj smo se odločili zaradi visoke zahtevane natančnosti zajema podatkov in omejitev, ki jih postavlja Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov (Uredba, 2016) glede letenja v bližini objektov. Uporabili smo terestrični laserski skener Leica RTC360 in namenski program, v katerem smo zajete podatke obdelali. Na vsakem stojišču smo v dveh minutah zajeli po dva milijona točk na sekundo in HDR sferično fotografijo, s katero se točkam dodeli RGB-vrednost. Natančnost 3D-položaja tako zajetih točk znaša 1,9 milimetra na razdalji 10 metrov. Za izbrani skener smo se odločili zaradi visoke natančnosti in hitrosti skeniranja ter samodejne predhodne registracije stojišč, s čimer se občutno skrajša čas dela na terenu in v pisarni.

Zaradi členjenosti in razgibanosti objektov je kljub velikemu številu stojišč s to metodo nemogoče zajeti vse površine. Posebno težavne so strehe, vrhovi višjih zidov in različne odprtine, ki jih je v starejših objektih in ruševinah veliko. Zato je bil ključen podroben zajem vseh objektov z metodo bližnjefotogrametrije. V ta namen smo uporabili brezozračni digitalni fotoaparata formata DX s 16-milimetrskim objektivom (Nikon Z50) in daljinsko vodenim letalnikom s senzorjem RGB (DJI Mavic II Pro). Ločljivost kamer je večja od 20 milijonov slikovnih pik.

Vsak objekt je zaradi velikosti, oblike in omejitev zahteval svoj pristop. Najprej smo naredili grob načrt zajema, pri čemer smo objekte razdelili na segmente, ki smo jih zajeli posebej in obdelali do stopnje očiščenega gostega oblaka točk. Vsak segment je moral vsebovati zadostno število oslonilnih točk in hkrati ne več kot 500 fotografij. Fotografiranje smo najprej izvedli z digitalnim fotoaparatom. Tako smo lahko od bliže zajeli geometrijsko zahtevnejše detajle, kot so portali, stopnišča, strešni konstrukcijski les in podobno, ter dele objektov, ki so zaradi zaraščenosti nedostopni z daljinsko vodenim letalnikom. Nazadnje smo izvedli še zajem objektov iz zraka z daljinsko vodenim letalnikom. V nasprotju z običajnim

zajemom za potrebe izdelave ortofota, ta ni potekal samodejno po prej pripravljenem načrtu letenja, ampak je zahteval ročno upravljanje in prilagajanje geometriji objektov. Izziv tako pri zajemu s fotoaparatom kot z daljinsko vodenim letalnikom je bilo zagotavljanje enakomernega prekrivanja posnetkov in hkrati zajemanje vseh potrebnih detajlov. Poleg tega je bilo ključno, da so bile fotografije zajete v enakih svetlobnih in vremenskih razmerah, kar neposredno vpliva na končni videz tekstur modelov. To je za nekatere dele objektov pomenilo zajem ob točno določenih urah dneva.

OBDELAVA PODATKOV

Terenskemu delu je sledila obdelava podatkov s programsko opremo Leica Cyclone Register 360 in AgiSoft Metashape PRO. Fotografije in koordinate oslonilnih točk smo uvozili v programsko okolje in podatke, zajete na posameznem objektu, po segmentih procesirali do gostega oblaka točk. Tako smo optimizirali delo in se izognili strojno zahtevni obdelavi prevelikega števila fotografij naenkrat. Če smo v tej fazi ugotovili, da je na nekem segmentu kakšna oslonilna točka premalo, se je kot zelo uporaben izkazal oblak točk laserskega skeniranja, saj smo lahko iz njega razbrali koordinato poljubnega detajla in jo uporabili kot oslonilno ali kontrolno točko.

Ko smo pridobili goste oblake točk vseh segmentov objekta, jih je bilo treba očistiti šumov in neželenih detajlov, predvsem vegetacije, kar zahteva veliko potrpežljivega ročnega dela. Tako pripravljene oblake smo združili in uvozili še oblak točk laserskega skeniranja. Tega je bilo treba v nekaterih primerih zaradi velikega števila točk najprej reducirati, da smo dobili obvladljivo količino podatkov. Ko smo imeli pripravljena oba oblaka točk, torej laserskega in fotogrametričnega, smo določili, kateri deli enega ali drugega bodo uporabljeni za izdelavo končnega modela. Tako smo lahko izkoristili prednosti obeh tehnologij in za posamezne dele objektov uporabili najkakovostnejše podatke. Izkazalo se je, da so za ravne površine z ostrimi robovi, kar so praviloma zidani objekti brez vegetacije, primernejši podatki laserskega skeniranja. Modeliranje površin z veliko vegetacije, kot so zelenice, krošnje dreves in z bršljanom porasle fasade, pa je bolj smiselno modelirati z uporabo fotogrametričnih oblakov točk, saj je v takšnih primerih model z uporabo laserskih oblakov točk luknjast.

Ko smo bili z oblakom točk zadovoljni, smo izdelali trikotniški model – TIN (angl. *triangulated irregular network*). Pri tem smo morali določiti optimalno število trikotnikov glede na gostoto točk ter velikost in obliko objekta (preglednica 1). Sledila je zadnja faza, to je tvorba teksture poljubne ločljivosti, ki smo jo definirali skladno z velikostjo površine objekta. Pred tem smo iz procesa izločili vse fotografije, ki bi lahko kvarile končen videz. Če na terenu ni bilo mogoče posneti vseh fotografij v enakih svetlobnih razmerah, smo to skušali odpraviti z retuširanjem.

Preglednica 1: Osnovni podatki o zajemu in izdelanih modelih.

	Castra v Ajdovščini	Grad v Vipavskem Križu	Solkanski železniški most	Grad Rihemberk v Braniku
Št. stojišč skenerja	60	50	26	90
Št. fotografij	1862	2643	1927	8187
Št. točk v oblaku	63.543.068	440.938.086	107.498.474	253.156.799
Št. oslonilnih točk	33	77	23	121
Št. trikotnikov v modelu	1,5 M	10 M	1 M	8 M

Tako izdelani modeli niso uporabni le v turistične in predstavitvene namene, ampak iz njih izdelujemo natančne 2D-arhitekturne načrte, natančne 3D-mrežne modele, modele objektov za nadaljnjo obdelavo v BIM-okoljih in 3D-tisku.

SKLEP

Teksturirani 3D-modeli objektov kulturne dediščine bodo predani Zavodu za turizem Nova Gorica in Vipavska dolina, vključenim občinam in njihovim službam, ministrstvu za gospodarski razvoj in tehnologijo, Slovenski turistični organizaciji ter Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Modeli služijo kot digitalne kopije obstoječega stanja, na podlagi katerih se pripravlja digitalno obogatena turistična izkušnja kulturne dediščine, ki vključuje 3D-rekonstruirane podobe nekdanjega stanja gradov Vipavski Križ in Rihemberk, 360-stopinjske fotografije z vgrajenimi 3D-rekonstrukcijami, štiri promocijske filme ter spletno aplikacijo za samostojno raziskovanje bogate kulturne dediščine. Izdelani 3D-modeli bodo objavljeni na spletni strani (Turizem 4.0, 2021), računu T4.0 Heritage+ na portalu Sketchfab (T4.0 Heritage+, 2021) in bodo sestavni del turističnih produktov, ki se bodo tržili na destinacijah Nova Gorica in Vipavska dolina.

Literatura in viri:

- T4.0 (2020). Tehnične smernice za digitizacijo kulturne dediščine, verzija 1.2, https://tourism4-0.org/wp-content/uploads/2020/01/T40_tehnicne-smernice_digi-kult-dediscina_v1_2.pdf, pridobljeno 10. 3. 2021.
- T4.0 Heritage+ (2021). T4.0 Heritage+, <https://sketchfab.com/heritageplus>, pridobljeno 10. 3. 2021.
- Turizem 4.0 (2021). Tourism 4.0: Enriched Tourism Experience, <https://tourism4-0.org/>, pridobljeno 10. 3. 2021.
- Uredba (2016). Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov, Uradni list RS, št. 52/16, 81/16 – popr., in 195/20, <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7317>, pridobljeno 10. 3. 2021.

Matej Plešnar, inž. geod.

DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.
Goriška cesta 12, SI-5270 Ajdovščina
e-naslov: matej.plesnar@dezis.si

Matija Uršič, univ. dipl. inž. geod.

DEZIS, geodetske storitve in daljinsko zaznavanje, d. o. o.
Goriška cesta 12, SI-5270 Ajdovščina
e-naslov: matija.ursic@dezis.si