

METODE**POTENCIALI FOTOGRAFIJ, POSNETIH S PAMETNIM TELEFONOM, ZA IZMERO PROSTOVOLJNIH GEOGRAFSKIH INFORMACIJ**

AVTORJI

dr. Mihaela Triglav Čekada

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
mihaela.triglav@gis.si, <https://orcid.org/0000-0002-4200-2616>

Natalija Novak

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
natalija.novak@gis.si

mag. Katja Oven

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
katja.oven@gis.si

DOI: 10.3986/GV93104

UDK: 528.93:621.395.721.5

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Potenciali fotografij, posnetih s pametnim telefonom, za izmero prostovoljnih geografskih informacij
V članku so predstavljene posebnosti fotografij, posnetih s pametnimi telefoni in njihov potencial za zbiranje prostovoljnih geografskih informacij. Ločljivost in jasnost fotografij, posnetih s pametnim telefonom, je danes že enakovredna fotografijam posnetih s kompaktnimi digitalnimi fotoaparati, hkrati pa omogočajo sprotno shranjevanje lokacije fotografiranja. Na primeru obdelave posamezne fotografije s pomočjo interaktivne orientacije, so te prednosti ovrednotene z vidika njihovega potenciala za fotogrametrični zajem, ob ažuriranju topografskih kart. Kljub dobrim potencialom, pa na koncu obseg zornega polja fotografije odloča o tem ali bomo iz take fotografije lahko izmerili merske 3R-prostorske podatke.

KLJUČNE BESEDE

fotogrametrija, interaktivna orientacija fotografij, topografske spremembe, prostovoljne geografske informacije, fotografije posnete s pametnim telefonom

ABSTRACT***The potential of smartphone images for measuring volunteered geographic information***

This article presents the characteristics of smartphone images and their potential for collecting the volunteered geographic information. Today the smartphone image quality is equivalent to those taken with compact digital cameras, and they allow the real-time storage of the location from where the image was taken. Taking the example of processing a single image by using interactive orientation, these advantages are evaluated in terms of their potential for photogrammetric measurements when updating topographic maps. Despite the promising potential, the field of view extent of an image ultimately determines whether we will be able to extract metric spatial 3D data from such an image.

KEY WORDS

photogrammetry, interactive orientation of images, topographic changes, volunteered geographic information, smartphone images

Uredništvo je prispevek prejelo 30. junija 2021.

1 Uvod

Pridobivanje prostovoljskih geografskih informacij (angleško *volunteered geographic information* – VGI) ali množičnih virov (*crowdsourcing*), je v zadnjem desetletju v središču pozornosti akademskih krogov, zlasti za spremljanje naravnih nesreč, sodelovalno kartiranje in odkrivanje topografskih sprememb (Triglav Čekada in Liscic 2019; Triglav Čekada in Radovan 2019). Z VGI lahko zbiramo podatke o položaju, besedila, sporočila ali kakšne koli druge podatke, ki imajo podano lokacijo bodisi opisno bodisi s koordinatami, kot so tudi fotografije in video posnetki. Takšne fotografije lahko imenujemo »prostovoljne fotografije«, saj nam jih posredujejo prostovoljci, ki so v akcijo zbiranja prostovoljnih geografskih informacij vključeni. Dandanes so fotografije posnete bodisi s kompaktnimi digitalnimi fotoaparati bodisi s fotoaparati v pametnih telefonih. Njihova skupna značilnost je, da to niso merske fotografije. To pomeni, da na njih neposredno ne moramo izvajati prostorskih meritev položaja ali razdalj. Če jih želimo uporabiti v merske namene, jih moramo predhodno fotogrametrično obdelati. Slednje je namreč nujen pogoj za uporabo fotografij v postopkih posodobljenja topografskih zemljevidov ali kakršnih koli drugih merskih postopkih.

V članku se bomo osredotočili na potenciale, ki jih omogoči vključevanje prostovoljcev v akcije zbiranja prostovoljnih fotografij, narejenih s pomočjo pametnih telefonov. Glede na statistične podatke iz leta 2018 ima že skoraj vsak Slovenec svoj mobilni telefon. Tako je bilo ob koncu leta 2018 zasebnih in poslovnih uporabnikov slovenskega mobilnega omrežja že skoraj 2,5 milijona (Medmrežje 1). Vsaj en mobilni telefon je imelo 96 % gospodinjstev, medtem ko ga je imelo še leta 2000 le 22 %. Za fotografiranje je svoje pametne telefone leta 2019 uporabljalo kar 91 % vseh 16 do 74-letnikov, ki so bili enakomerno porazdeljeni po starostnih razredih in glede na gostoto poselitve (Medmrežje 2).

Na podlagi teh statističnih podatkov lahko sklepamo, da je zastopanost potencialnih prostovoljcev, ki bi nam lahko pošiljali prostovoljne fotografije o različnih spremembah v prostoru, dokaj enakomerno razpršena po celotni državi. Kljub velikemu potencialu, ki ga tako številčni potencialni prostovoljci obetajo, se moramo zavedati, da fotografije, posnete s telefoni, niso merske. V tem članku zato predstavljamo glavne značilnosti takšnih fotografij, ki vplivajo na njihovo potencialno mersko uporabo. Na primeru bomo prikazali, kako ti parametri vplivajo na končni rezultat izmere, če za obdelavo takšnih fotografij uporabimo »interaktivno metodo orientacije«, ki omogoča orientacijo in zajem merskih prostorskih podatkov iz ene same fotografije (Triglav Čekada in sod. 2011; Triglav Čekada, Bric in Zorn 2014).

2 Glavni parametri, ki vplivajo na uporabnost fotografij, narejenih s pametnimi telefoni

2.1 Fotoaparati pametnih telefonov in telekomunikacijska omrežja

Pametni telefon je elektronska naprava, ki združuje funkcije prenosnega računalnika in mobilnega telefona (Medmrežje 3). Od leta 1993, ko naj bi prvi pametni telefon na trg dalo podjetje *Bell South* in *International Business Machines* (IBM) (Starček 2016), do leta 2007, ko so pametni telefoni prešli v množično uporabo (Dogša 2014), pa vse do današnjih dni je nenehen napredek v razvoju mobilnih omrežij omogočil nastanek novih storitev in novih naprav, ne nazadnje tudi povezane telefonov s fotoaparati.

Vsaka generacija mobilne telefonije, od 1G do 5G, in z njimi povezane nove naprave in storitve, ima svoje lastne posebnosti glede na frekvenčno območje znotraj katerega deluje, prenosne hitrosti podatkov, tehnik dostopa, sistemov za prenos podatkov, tipičnih storitev in podobno. Leta 2002, ko se je uveljavila tretja generacija mobilne telefonije (3G), so že omogočili širokopasovni prenos podatkov in multimedije, torej prenos besedila, zvoka, slik, animacij ter videoposnetkov (Tomažič in Sodnik 2006). Zadnje, to je omrežje pete generacije mobilne telefonije (5G), bo zagotavljalo največje hitrosti doslej.

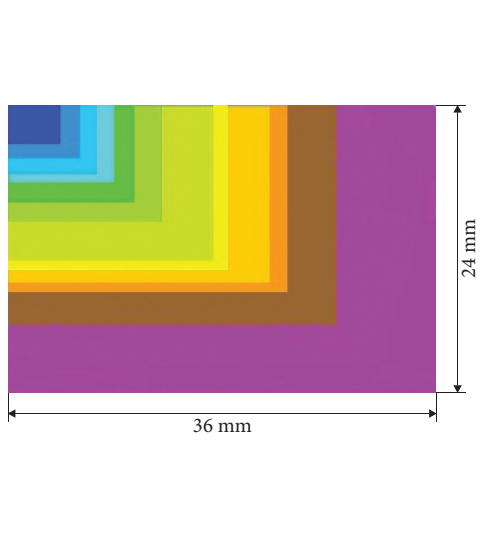
Hitrosti prenosov in dostopnost do različno hitrih brezžičnih sistemov za prenos podatkov lahko preverimo na geoportalu AKOS (Medmrežje 4). Na območju Slovenije ne najdemo veliko belih lis, kjer ni mogoče dostopati do mobilnega omrežja (Šturm in sod. 2019). Razvoj mobilne tehnologije je med drugim pospešil tudi možnost uporabe različnih prostovoljnih geografskih informacij, ki nam jih posredujejo prostovoljci (Goodchild 2007).













Pametni telefoni z nadgradnjo strojne in programske opreme sledijo temu razvoju. Vsebujejo veliko funkcij in z njimi povezanih senzorjev (Dogša 2014). Uporabniku med drugim ponujajo tudi zelo inovativne fotoaparate. Kakovost fotoaparata v pametnih telefonih se je v začetku leta 2020 povsem izenačila s kompaktnimi fotoaparati nižjega cenovnega razreda, nekateri pametni telefoni višjega cenovnega razreda pa so jih celo prekašali (Medmrežje 5). Sredi leta 2020 so razvili tipalo s 600 milijoni slikovnih elementov, ki presega celo ločljivost človeškega očesa, ki naj bi bila 500 milijonov slikovnih elementov ob neupoštevanju dejstva, da človeško oko ni enako občutljivo v vseh smereh (Medmrežje 6). Bistvena novost druge polovice leta 2020 so pametni telefoni s kar petimi fotoaparati (Tomić 2020).

2.2 Velikosti tipal in goriščnih razdalj leč v pametnih telefonih

Pametni telefoni imajo danes vgrajenih večje število fotoaparata, ki se razlikujejo glede na goriščno razdaljo leče. V specifikacijah pametnih telefonov zasledimo metapodatke o vgrajenih fotoaparatih, kjer so navedene leče z goriščnimi razdaljami, ki so na primer ultraširokokotne 12 mm (*ultrawide*), širokokotne 27 mm (*wide*), teleobjektiv leče 85 mm (*telephoto*) in podobno. Dejansko so goriščne razdalje leč v pametnih telefonih bistveno manjše, saj zgornje vrednosti opisujejo standardizirano velikost goriščne razdalje, ki bi jo pod enakim zornim kotom, kot ga ustvarja leča v pametnem telefonu glede na velikost vgrajenega slikovnega tipala, imel digitalni fotoaparat z velikostjo svetlobnega tipala 36 x 24 mm² (*full-frame sensor*) oziroma ekvivalent na klasičnem 35 mm filmu.

Velikosti svetlobnih tipal, goriščnih razdalj in funkcij povečevanja ali pomanjševanja fotografije (zoom) se med različnimi proizvajalci pametnih telefonov razlikujejo. Najmanjša velikost svetlobnih tipal je



barva	oznaka svetlobnega tipala	površina svetlobnega tipala
	standardna velikost	36,00 × 24,00 mm ²
	APS-H (Canon)	27,90 × 18,60 mm ²
	APS-C (Nikon, Pentax)	23,60 × 15,60 mm ²
	APS-C (Canon)	22,20 × 14,80 mm ²
	1,5"	18,70 × 14,00 mm ²
	4/3"	17,30 × 13,00 mm ²
	1"	12,80 × 9,60 mm ²
	1/1,2"	10,67 × 8,00 mm ²
	2/3"	8,80 × 6,60 mm ²
	1/1,7"	7,60 × 5,70 mm ²
	1/2,3"	6,17 × 4,55 mm ²
	1/3,2"	4,54 × 3,42 mm ²

Slika 1: Vizualna in številčna primerjava velikosti svetlobnih tipal med različnimi digitalnimi fotoaparati in pametnimi telefoni (prirejeno po Crisp 2013).

približno $5 \times 4 \text{ mm}^2$. Slika 1 grafično prikazuje primerjavo med velikostjo različnih svetlobnih tipal v digitalnih fotoaparatih in fotoaparatih v pametnih telefonih.

S testnim fotografiranjem smo, ob uporabi glavnega in sprednjega fotoaparata (*selfi*) petih različnih pametnih telefonov, iz metapodatkov posnetkov prepisali dejanske vrednosti goriščnih razdalj, ki se pri osnovnih širokokotnih objektivih telefona gibljejo od 2,5 mm do 6 mm (preglednica 1). Na prikazanih primerih telefonov je ločljivost shranjene fotografije od leta 2012 do 2019 narasla z 8 megapikslov (MP) na 40 MP.

Fotoaparati v pametnih telefonih niso mersko kalibrirani, zato takšne fotografije nimajo natančno znane goriščne razdalje, lokacije projekcijskega centra na fotografiji in parametrov različnih distorzij. Velikost fotografije je običajno neposredno podana s številom slikovnih elementov in njihovo velikostjo, posredno pa z velikostjo slikovnega tipala. Vsi ti parametri sodijo med parametre tako imenovane notranje orientacije fotografije (Kraus 2004). Njihove vrednosti moramo poznati, če želimo fotografije uporabiti v klasičnih fotogrametričnih postopkih obdelave fotografij, saj imajo velik vpliv na geometrijo fotografije. Iz fotografij posnetih z različnimi pametnimi telefoni so Jaud in sod. (2019) izdelali fotogrametrične oblake točk in ugotovili, da ob uporabi fotografij z ločljivostjo 15 MP, rezultati ne odstopajo bistveno od kontrolnega oblaka točk, izdelanega s pomočjo terestričnega laserskega skeniranja. K temu pripomore tudi dejstvo, da današnji programi, ki nadzirajo fotoaparate v pametnih telefonih, samodejno odstranijo večino radialnih distorzij (Harley in sod. 2019).

2.3 Stabilizacija fotografije

Pogoj za pridobivanje kakovostnih semantičnih in merskih informacij iz fotografij, posnetih s pametnim telefonom, je tudi čista in jasna slika, ki jo lahko izdelamo ob učinkoviti stabilizaciji pametnega telefona. Zaradi majhne teže pametnih telefonov se namreč pri zajemanju fotografije zlahka zgodi, da telefon premaknemo, kar povzroči nejasen posnetek. Pametni telefoni imajo zato vgrajene različne sisteme za stabilizacijo: sistemi za stabilizacijo elektronike oziroma slikovnega senzorja, sistemi optične stabilizacije ter za programsko stabilizacijo slike s pomočjo žiroskopa (Robič 2018). Sliko lahko stabiliziramo tudi mehansko, pri čemer stabiliziramo celoten pametni telefon, tako da ga postavimo na stojalo. V kolikor bi pametni telefon premikali iz ene točke v drugo, bi potrebovali motorizirane mehanske stabilizatorje (Robič 2018).

2.4 Položaj projekcijskega centra fotografije v prostoru

Ko imamo na pametnem telefonu vklopljeno funkcijo za določanje lokacije, se v času ekspozicije fotografije v metapodatke fotografije shrani približni položaj fotografije v globalnem koordinatnem sistemu (zemljepisna širina, dolžina in višina). Lokacija se določi s pomočjo vgrajenega nizko cenovnega senzorja globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS), približna orientacije fotoaparata pa s pomočjo vgrajenega žiroskopa in kompasa (Alsubaie in El-Sheimy 2016; Tavani in sod. 2020). Vgrajeni senzor GNSS v pametnem telefonu podaja lokacijo fotografiranja na nekaj metrov natančno (Tavani in sod. 2020).

Za določitev točnega položaja fotografije v času ekspozicije, pa moramo poznati še matematični odnos med posneto digitalno sliko in slikovnim koordinatnim sistemom fotoaparata v telefonu ter koordinatnim sistemom pametnega telefona v globalnem koordinatnem sistemu, v katerega se zapiše lokacija, določena z GNSS. Da lahko podatke uporabimo skupaj z drugimi državnimi podatki, jih moramo transformirati še v državni koordinatni sistem. Tega sestavljata državni ravninski koordinatni sistem D96/TM in državni višinski sistem SVS2010 (Berk 2020; Koler in sod. 2019; Berk in Boldin 2017). Rezultat transformacij med omenjenimi koordinatnimi sistemi so končne koordinate projekcijskega centra in zasukov fotografije v prostoru v državnem koordinatnem sistemu, ki jih imenujemo tudi parametri zunanje orientacije fotografije (Kraus 2004). Če lokacijo izmerimo zgolj s pametnim telefonom, jo moramo v fotogrametričnih postopkih obravnavati le kot prvi približek lokacije (Tavani in sod. 2020).

Preglednica 1: Vrednosti goriščnih razdalj in velikosti slikovnih tipal na štirih pametnih telefonih (vir: specifikacije iz EXIF metapodatkov lastnih testnih fotografij in specifikacij na Medmrežje 7).

vrsta pametnega telefona	lastnosti fotoaparata	glavni fotoaparati	sprednji fotoaparati
<i>Samsung Galaxy Note II N7100</i> (2012)	velikost tipala	/	/
	goriščna razdalja	3,7 mm	2,5 mm
	ostalo (eno tipalo): velikost slike	8 MP	1,9 MP
<i>Lenovo C2</i> (2016)	velikost tipala	1/4,0"	/
	goriščna razdalja	3,5 mm	3,5 mm
	ostalo (eno tipalo): velikost slike	8 MP	5 MP
<i>Huawei P20 lite</i> (2018)	velikost tipala	1/3,1"	/
	goriščna razdalja	3,8 mm	3,6 mm
	ostalo (dve tipali): velikost slike, tip objektiv, standardna goriščna razdalja	16 MP	2 MP
			16 MP (širokokotni) 28 mm
<i>Samsung A6+</i> (2018)	velikost tipala	/	1/2,8"
	goriščna razdalja	3,9 mm	3,6 mm
	ostalo (dve tipali): velikost slike, tip objektiv, standardna goriščna razdalja	16 MP (širokokotni) 26 mm	5 MP 27 mm
<i>Huawei P30 Pro</i> (2019)	velikost tipala	1/1,7"	1/2,7"
	goriščna razdalja	6 mm	2 mm
	ostalo (štiri tipala): velikost slike, tip objektiv, standardna goriščna razdalja	40 MP (širokokotni) 27 mm	8 MP (teleobjektiv) 125 mm
		14 mm	20 MP (ultra širokokotni) 16 mm
		3 mm	32 MP (širokokotni) 26 mm

2.5 Perspektiva fotografije

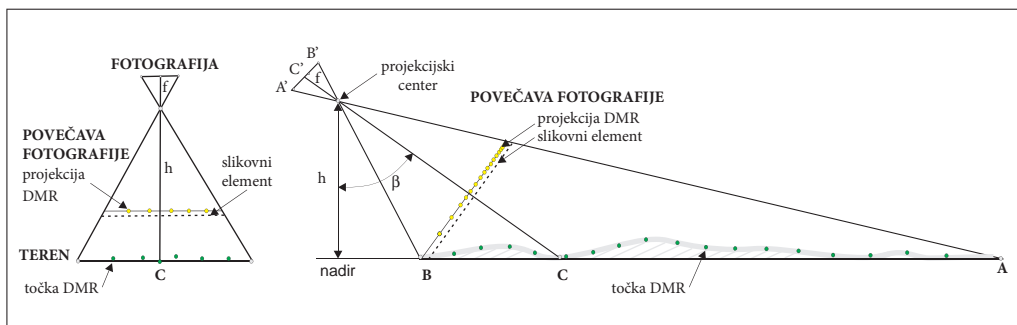
Pri vključevanju prostovoljcev za fotografiranje objektov v naravi, pa se moramo zavedati, da bo večina takšne objekte posnela iz določene perspektive, na primer iz stranskega pogleda. Le redko bomo dobili fotografijo, ki bo želeni objekt analize prikazala pravokotno ali iz nadirja. Perspektiva, pod katero je bil objekt posnet, pa vpliva na končne rezultate (Triglav Čekada, Bric in Zorn 2014). Čim bolj pravokotno gledamo na objekt (iz nadirja, pravokotno na fasado), tem bolj enakomerno točne rezultate lahko pričakujemo po obdelavi. V tem primeru so vsi detajli na fotografiji upodobljeni z enako velikimi slikovnimi elementi. Pri uporabi bolj poševnih pogledov, pa so objekti, ki so bolj v ospredju fotografije, prikazani v bolj podrobnem merilu kot tisti v ozadju fotografije. Prvi so prikazani v večji prostorski ločljivosti, slednji pa v manjši. Enak objekt je v večji prostorski ločljivosti prikazan z več slikovnimi elementi, kot če je prikazan v manjši ločljivosti (slika 2).

3 Merska uporabnost fotografij izdelanih s pametnim telefonom

Razvoj fotoaparátov na pametnih telefonih je že dosegel takšno stopnjo razvoja, ko poleg izdelave zelo kakovostnih ljubiteljskih fotografij, te fotografije lahko uporabimo tudi v fotogrametrične namene. To pomeni, da fotografijo uporabimo ne le za fotointerpretacijo semantične vsebine, temveč tudi za pridobivanje merskih informacij iz nje.

V fotogrametrični stroki so, vzporedno s pojavom pametnih telefonov, takoj začeli preučevati potencialno uporabnost takšnih fotografij v fotogrametrične namene. Že leta 2007 sta Gruen in Akca (2007) kalibrirala fotografije, posnete z različnimi mobilnimi telefoni in ob tem izpostavila njihove potenciale za uporabo v fotogrametriji – glede na razmerje med natančnostjo, manjšimi stroški in fleksibilnostjo njihove uporabe zaradi manjšega senzorja. Že tedaj sta napovedala, da se bodo v prihodnosti, ob združevanju fotografskih senzorjev s sprejemniki GNSS, še dodatno razširile možnosti uporabe teh fotografij v fotogrametrične namene.

Vzporedno z izboljšavami fotoaparátov v pametnih telefonih se hkrati razvijajo cenovno dostopnejše fotogrametrične metode za zajem prostorskih podatkov iz takšnih fotografij. Če imamo objekt, ki ga želimo izmeriti iz fotografije, posnet iz več smeri, torej z večjim številom fotografij, lahko za obdelavo fotografij uporabimo samodejne fotogrametrične postopke obdelave večjega števila fotografij, med katerimi je najbolj znana *metoda grajenje strukture iz gibanja (Structure from Motion – SfM)* (Triglav Čekada 2017; Kosmatin Fras in sod. 2020). Z uporabo takšnih postopkov so Russo, Giugliano in Ascitti (2019) preučili možnosti za uporabo takšnih fotografij v arhitekturni fotogrametriji, predvsem na področjih analiz kulturne dediščine, restavriranja in dokumentiranja. Gaiani, Apollonio in Fantini (2019) so



Slika 2: Vpliv stranskega pogleda na velikost vsebine, predstavljene na slikovnem elementu in projicirane točke digitalnega modela reliefa.

ocenjevali semantičnost in mersko natančnost pri izdelavi trirazsežne dokumentacije malih artefaktov. Na področju geomorfologije so Micheletti, Chandler in Lane (2015) preučili možnosti njihove uporabe za spremljanje rečne erozije, Jaud in sod. (2019) za preučevanje spreminjanja sipin in klifov ob morskih obalah, Tavani in sod. (2020) za strme naravne stene ter Cignetti in sod. (2019) za preučevanje premikanja zemeljskega plazov. Al-Hamad, Moussa in El-Sheimy (2014) so preučili tudi možnosti njihove uporabe v mobilnih sistemih kartiranja (*Mobile Mapping System*).

Pri vključevanju prostovoljcev lahko pričakujemo, da bomo večinoma dobili le po eno fotografijo, ki bo želeni objekt prikazovala iz prave smeri snemanja in bodo na njem prikazane vse podrobnosti, ki jih želimo izmeriti. Za izvedenost takšnih fotografij bomo morali uporabiti nestandardne fotogrametrične metode (Triglav Čekada, Bric in Zorn 2014; Harley in sod. 2019). Ena izmed teh je *interaktivna metoda orientacije*, pri kateri, ob določanju parametrov zunanje in notranje orientacije ter izmeri iz vsebine, prikazane na fotografiji, uporabimo poleg fotografije še digitalni model višin, tako reliefa kot tudi površja. Interaktivna orientacija fotografij temelji na interaktivnem spreminjanju parametrov notranje in zunanje orientacije fotografije, s pomočjo iskanja najboljšega ujemanja med objekti, prikazanimi na fotografiji in projekcijo digitalnega modela višin na fotografijo (Triglav Čekada in sod. 2011). V digitalni model višin lahko vklopimo še druge linijske objekte, kot so na primer ceste, s pomočjo katerih lažje poiščemo najboljše ujemanje. Digitalni model višin lahko zamenjamo tudi s kakršnim koli drugim neurejenim oblakom točk, kot so na primer lidarski oblaki točk.

To metodo večinoma uporabljajo za izmero ledenikov, poplav ter zemeljskih plazov (Bozzini, Conedera in Krebs 2012; Weisman in sod. 2012; Travelletti in sod. 2012; Triglav Čekada in sod. 2011; Triglav Čekada in Radovan 2013; Triglav Čekada, Zorn in Colucci 2014; Triglav Čekada in sod. 2020). V našeti literaturi so z interaktivno orientacijo obdelali arhivske ali digitalne fotografije, ki v svojem metapodatkovnem opisu niso imele shranjenih podatkov o lokaciji. Danes pa, ob uporabi fotografij, posnetih s pametnimi telefoni, lahko ročno interaktivno orientacijo pohitrimo, saj lahko kot prvi približek uporabimo približne podatke o lokaciji in goriščni razdalji fotografije kar iz metapodatkov fotografije. Za interaktivno orientacijo smo v našem primeru uporabili program lastne izdelave.

4 Obdelava fotografij z interaktivno orientacijo, za preučevanje topografskih sprememb v prostoru

Če se omejimo na potenciale, ki jih fotografije, posnete s pametnim telefonom in posredovane s strani prostovoljcev, nudijo na področju preučevanja topografskih sprememb oziroma vzdrževanja državnih zemljevidov, moramo nekaj besed posvetiti tudi zahtevam pri vzdrževanju le-teh. Najbolj podrobni državni topografski podatki so v zbirki državnih topografskih podatkov, imenovani državni topografski model (DTM), kjer so shranjeni grafični in atributni topografski podatki merila 1 : 5000. V njej so objektni tipi razdeljeni na: zgradbe (stavbe, druge zgradbe in naprave), transport (cesta, cestna površina, železnica, žičnica), javno infrastrukturo (elektrovod), hidrografijo (tekoča voda, stoječa voda, grajeni in naravni vodni objekti, mokrotna površina, prodišče, morje), pokritost tal, površine v posebni rabi, višine in napise zemljepisnih imen (Duhovnik in sod. 2016).

Na primeru objektnih področij, ki jih najpogosteje obnavljamo v okviru posodabljanja topografskih zemljevidov, to so zgradbe, transport in hidrografija, bomo predstavili nekaj primerov, ki jih lahko pridobimo od prostovoljcev ter kako si z njimi lahko pomagamo pri vzdrževanju topografskih zemljevidov. Če želimo obdržati aktivnost prostovoljcev v kakršni koli prostovoljni iniciativi, morajo biti navodila za sodelovanje zelo enostavna in kratka (Triglav Čekada in Radovan 2019; Harley in sod. 2019). Od prostovoljcev lahko dobimo različne fotografije, ki pa niso nujno najbolj optimalne za obdelavo z metodo interaktivne orientacije (preglednica 2). V kategoriji 1 in 2 (preglednica 2) so fotografije, ki naš objekt obravnave prikazujejo iz širše perspektive, zato je na takšnih fotografijah prikazanih tudi dovolj oslonilnih točk oziroma linijskih objektov (cest), ki jih lahko uporabimo za izvedbo interaktivne



Slika 3: Primeri fotografij stavb, ki sodijo v različne kategorije v preglednici 2: a) kategorija 1: nov industrijski objekt v središču fotografije – fotografijo lahko orientiramo in uporabimo za izmero (fotografija: Natalija Novak), b) kategorija 1: fotografijo lahko orientiramo in dobimo lokacijo porušene stavbe na mestu, kjer so v središču fotografije trije avtomobili (fotografija: Vasja Bric), c) kategorija 3: isti industrijski objekt kot na sliki a – fotografije ne moremo orientirati (fotografija: Natalija Novak) in d) kategorija 4: fotografija je neuporabna, ker prikazuje samo novo fasado na stavbi (fotografija: Natalija Novak).



Slika 4: Zajem novega objekta z interaktivno orientacijo: sive točke predstavljajo projicirane DMR, rumene črte so vektorji cest, rdeča črta je obod nove stavbe (podložena fotografija: Natalija Novak).

Preglednica 2: Ocena uporabnosti posamezne fotografije, ki jo dobimo od prostovoljca, za zajem podatkov ali pridobivanje tematskih atributov.

kategorija	opis	primeri
1	fotografijo lahko orientiramo s programom za interaktivno orientacijo ter iz nje pridobimo predpisano geometrijo in nekatere tematske attribute	novozgrajene in obstoječe ali obnovljene stavbe, cestne površine, sprememba poteka vodotoka
2	fotografijo lahko orientiramo s programom za interaktivno orientacijo ter pridobimo lokacijo spremembe (točkovni atribut) in nekatere tematske attribute	porušene stavbe
3	fotografije ne moremo orientirati s programom za interaktivno orientacijo, saj je na fotografiji premalo oslonilnih točk, lahko pa iz nje pridobimo nekatere tematske attribute	novozgrajeni in obstoječe/obnovljene stavbe, porušene stavbe, cestne površine, sprememba poteka vodotoka
4	fotografija je neuporabna	fotografija spremembe, ki je neuporabna za posodabljanje DTM, na primer nova fasada

orientacije, kot so primeri na slikah 3a, 3b in 4. V kategoriji 3 je oslonilnih točk premalo, da bi lahko izvedli interaktivno orientacijo (slika 3c). Kljub temu pa so fotografije, ki sodijo v to kategorijo, pomembne iz vidika prepoznavanja sprememb v prostoru, saj lahko njihov indic, da je prišlo do neke spremembe, uporabimo za to, da načrtujemo fotogrametrično ali klasično izmero na tistem območju. V kategorijo 4 sodijo fotografije, ki se jih bodisi ne da orientirati, bodisi prikazujejo vsebino, ki je nepomembna za posodobljenje topografskih zemljevidov (slika 3d). Na sliki 4 je prikazan primer optimalno orientirane fotografije iz kategorije 1, ki smo jo uporabili za dvodimenzionalno izmero oboda nove stavbe (oziroma v našem primeru industrijske hale).

5 Sklep

Splošna dostopnost do hitrega prenosa podatkov, ki je odvisna od pametnih telefonov kot tudi od lokalne dostopnosti mobilnega omrežja oziroma njegove hitrosti prenosa, omogoča vsakemu uporabniku pametnega telefona, da v vsakem trenutku in skoraj kjer koli v Sloveniji postane potencialni prostovoljec, ki ga lahko pritegnemo k zbiranju različnih fotografij. Če takšne fotografije kombiniramo s prosto dostopnimi gostimi digitalnimi modeli reliefa, kot so na primer lidarski izdelki (na primer Lasersko skeniranje Slovenije), jih lahko uporabimo za trirazsežno izmero topografskih sprememb. To nam lahko pomaga pri zaznavanju in zajemu topografskih sprememb, ko obnavljamo različne topografske baze podatkov. Tudi če fotografije ne moremo uporabiti za trirazsežno izmero, ker fotografija preučevani objekt prikazuje preveč od blizu, takšna fotografija še vedno predstavlja indic o spremembi v prostoru, ki ga lahko koristno uporabimo za načrtovanje dodatnih terenskih ali fotogrametričnih izmer.

Zahvala: Prispevek je nastal v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta L2-1826 z naslovom »Lidarsko podprte prostovoljske geografske informacije za ugotavljanje topografskih sprememb«, ki ga izvajamo na Geodetskem inštitutu Slovenije v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, pod finančnim okriljem Javne agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS) in Ministrstva za obrambo Republike Slovenije (MORS).

6 Viri in literatura

- Alsubaie, N., El-Sheimy, N. 2016: The easibility of 3D point cloud generation from smartphones. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 41-B5. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-621-2016>
- Al-Hamad, A., Moussa, A., El-Sheimy, N. 2014: Video based mobile mapping system using smartphones. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 40-1. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-13-2014>
- Berk, S. 2020: ETRS89-SI – brezplačni program za transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89. Geodetski vestnik 64-4.
- Berk, S., Boldin, D. 2017: Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. Geodetski vestnik 61-1.
- Bozzini, C., Conedera, M., Krebs, P. 2012: A new monoplottting tool to extract georeferenced vector data and ortorectified raster data from oblique non-metric photographs. International Journal of Heritage in the Digital Era 1-3. DOI: <https://doi.org/10.1260/2047-4970.1.3.499>
- Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., Giordan, D. 2019: Structure from motion multisource application for landslide characterization and monitoring: The Champlas du Col Case study, Sestriere, North-Western Italy. Sensors 19-10. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19102364>
- Crisp, S. 2013: Camera sensor size: Why does it matter and exactly how big are they? New Atlas. Medmrežje: <https://newatlas.com/camera-sensor-size-guide/26684/> (20. 5. 2021).
- Dogša, J. 2014: Senzorji pametnih telefonov in implementacija senzorja pospeševanja. Diplomsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Maribor.
- Duhovnik, M., Kete, P., Boldin, D., Režek, J. 2016: Novi državni topografski podatkovni model kot podlaga za načrtovanje. Urbani izziv, posebna izdaja 6.
- Gaiani, M., Apollonio, F. I., Fantini, F. 2019: Evaluating smartphones color fidelity and metric accuracy for the 3D documentation of small artifacts. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 42-2/W11. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLII-2-W11-539-2019>
- Goodchild, M. 2007: Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal 69-4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Gruen, A., Akca, D. 2007: Mobile photogrammetry. Dreiländertagung SGPBF, DGPF und OVG. Basel.
- Harley, M. D., Kinsela, M. A., Sánchez-García, E., Vos, K. 2019: Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images. Coastal Engineering 150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.003>
- Jaud, M., Kervot, M., Delacourt, C., Bertin, S. 2019: Potential of smartphone SfM photogrammetry to measure coastal morphodynamics. Remote Sensing 11-19. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11192242>
- Koler, B., Stopar, B., Sterle, O., Urbančič, T., Medved, K. 2019: Nov slovenski višinski sistem SVS2010. Geodetski vestnik 63-1. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.01.27-40>
- Kosmatin Fras, M., Drešček, U., Lisec, A., Grigillo, D. 2020: Analiza vplivov na kakovost izdelkov UAV. Geodetski vestnik 64-4. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.489-507>
- Kraus, K. 2004: Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans. Berlin. Medmrežje 1: <https://www.stat.si/StatWeb/news/Index/8626> (9. 12. 2020).
- Medmrežje 2: <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/7115> (9. 12. 2020).
- Medmrežje 3: <https://fran.si/131/snb-slovar-novejsega-besedja/3622481/pametni?View=1&Query=sam&hs=478&All=sam&FilteredDictionaryIds=131> (21. 12. 2020).
- Medmrežje 4: <https://gis.akos-rs.si/HomePublic/OPTPogledResult/slo> (10. 12. 2020).
- Medmrežje 5: <https://www.racunalniske-novice.com/novice/dogodki-in-obvestila/je-to-zdalec-najboljsi-telefon-za-fotografiranje.html> (10. 12. 2020).
- Medmrežje 6: <https://www.monitor.si/novica/samsung-razvija-tipalo-s-600-milijoni-pik/197832/> (10. 12. 2020).
- Medmrežje 7: <https://www.gsmarena.com> (10. 12. 2020).

- Micheletti, N., Chandler, J. H., Lane, S. N. 2015: Investigating the geomorphological potential of freely available and accessible structure-from-motion photogrammetry using a smartphone. *Earth Surface Processes and Landforms* 40-4. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.3648>
- Russo, M., Giugliano, A. M., Asciti, M. 2019: Mobile phone imaging for CH fascade modelling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42-2/W17. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-287-2019>
- Robič, D. 2018: Stabilizacija in vplivi pri zajemanju panoramske fotografije. Diplomsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Maribor.
- Starček, K. 2016: Uporabna mobilnih naprav v izobraževanju. Magistrsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru. Maribor.
- Šturm, T., Balaž, G., Simončič, M., Mesner, N. 2020: Geoportal AKOS – pregledovalnik podatkov o elektronskih komunikacijah. *Geodetski vestnik* 64-4.
- Tavani, S., Pignalosa, A., Corradetti, A., Mercuri, M., Smeraglia, L., Riccardi, U., Seers, T., Pavlis, T., Billi, A. 2020: Photogrammetric 3D model via smartphone GNSS sensor: workflow, error estimate, and best practices. *Remote Sensing* 12-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12213616>
- Tomažič, S., Sodnik, J. 2006: Kaj bo prinesla 4. generacija (4G) mobilne telefonije? *Elektrotehniški vestnik* 73-1.
- Tomić, A. 2020: Test Huawei P40 Pro Plus – najboljši fotoaparati med telefoni. *Monitor*. Medmrežje: <https://www.monitor.si/clanek/test-huawei-p40-pro-plus-najboljsi-fotoaparati-med-telefoni/199841/> (10. 12. 2020).
- Travelletti, J., Delacourt, C., Allemand, P., Malet, J.-P., Schmittbuhl, J., Taussaint, R., Bastard, M. 2012: Correlation of multi-temporal ground-based optical images for landslide monitoring: Application, potential and limitations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.03.007>
- Triglav Čekada, M., Barbo, P., Pavšek, M., Zorn, M. 2020: Changes in the Skuta Glacier (southeastern Alps) assessed using non-metric images. *Acta geographica Slovenica* 60-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.7674>
- Triglav Čekada, M., Lisec, A. 2019: Priložnosti za uporabo prostovoljnih geografskih informacij v okviru nacionalne prostorske podatkovne infrastrukture. *Geodetski vestnik* 63-2. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.02.199-212>
- Triglav Čekada, M., Radovan, D. 2019: Primerjava uporabe prostovoljnih geografskih informacij za spremljanje poplav in potresov. *Geografski vestnik* 91-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV91207>
- Triglav Čekada, M. 2017: Fotogrametrični in lidarski oblaki točk. *Geografski vestnik* 89-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV89106>
- Triglav Čekada, M., Bric, V., Zorn, M. 2014: How to decide which oblique image has the highest mapping potential for monoplotted method: a case studies on river erosion and floods. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2-5. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-379-2014>
- Triglav Čekada, M., Radovan, D. 2013: Using volunteered geographical information to map the November 2012 floods in Slovenia. *Natural Hazards Earth System Sciences* 13. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2753-2013>
- Triglav Čekada, M., Radovan, D., Gabrovec, M., Kosmatin Fras, M. 2011: Acquisition of the 3D boundary of the Triglav glacier from archived non-metric panoramic images. *The Photogrammetric Record* 26-133. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2011.00622.x>
- Triglav Čekada, M., Zorn, M., Colucci, R. R. 2014: Area changes on Canin (Italy) and Triglav glaciers (Slovenia) from 1893 on based on archive imagery and lidar. *Geodetski vestnik* 58-2. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.02.274-313>
- Wiesmann, S., Steiner, L., Pozzi, M., Bozzini, C., Bauder, A., Hurni, L. 2012: Reconstructing historic glacier states based on terrestrial oblique photographs. *Proceedings – AutoCarto 2012*. Columbus.

7 Summary: The potential of smartphone images for measuring volunteered geographic information

(translated by authors)

There are many types of smartphone built-in cameras, varying in lens focal length from basic wide-angle lenses to a variety of telephoto lenses. Using different software solutions, the smartphone combines these images into a final image. The development of software solutions and cameras on smartphones has reached a stage where, in addition to producing high-quality amateur images, such images can be used for photogrammetric purposes as well. The image made by a smartphone can be used not only for photo-interpretation of semantic content but also for enabling 3D measurements. As the use of smartphones is widespread among the general public, they can be engaged to photograph various phenomena in nature in the context of different campaigns to collect voluntary geographic information. In this paper, we limit our focus to the potential for studying topographic changes in the context of updating topographic maps with the help of images obtained by smartphones. The general availability of high-speed data transmission, which depends on the local accessibility of the mobile network or its transmission speed, allows any smartphone user almost anywhere in Slovenia to become a potential volunteer at any time, who can be engaged in the context of collecting various photographs.

Photogrammetric methods for processing images taken with smartphones can be divided in two types: methods where a large number of images of a single object are used for processing, and methods where only one image is used. The former includes automated photogrammetric methods that process a large number of images, e.g. the Structure from Motion (SfM) (Triglav Čekada 2017; Kosmatin Fras et al. 2020). By application of such procedures, Russo, Giugliano and Ascitti (2019) explored the potential for the use of such images in architectural photogrammetry, particularly in the fields of cultural heritage analysis, restoration and documentation. Gaiani, Apollonio and Fantini (2019) evaluated semantics and measurement accuracy in the production of 3D documentation of small artefacts. In the field of geomorphology, Micheletti, Chandler and Lane (2015) examined the potential of using such images to monitor riparian erosion, Jaud et al. (2019) to study the modification of dunes and cliffs along marine coastlines, Tavani et al. (2020) for steep natural cliffs, and Cignetti et al. (2019) to study landslide movement. Al-Hamad, Moussa and El-Sheimy (2014) further explored the potential for their use in Mobile Mapping Systems (MMS).

Methods, where we use only one image taken by smartphone, include methods where we fix the standpoint and use known control points to define all internal and external orientation parameters (Harley et al. 2019), and the interactive orientation method (Triglav Čekada et al. 2011). Here we are changing both orientation parameters until the content displayed in the image and that by projected digital terrain model points overlap completely. The latter method has already been used to measure glacier changes, flood extents and landslides (Bozzini, Conedera and Krebs 2012; Weisman et al. 2012; Travelletti et al. 2012; Triglav Čekada et al. 2011; Triglav Čekada and Radovan 2013; Triglav Čekada, Zorn and Colucci 2014; Triglav Čekada et al. 2020). In these cases, the interactive orientation was used to process archival or digital images made by compact digital cameras that did not have the location information stored in their metadata description. Today, however, using images made by smartphones, manual interactive orientation can be speeded up by using the approximate location and focal length information of the image as a first approximation from the metadata of the smartphone image itself.

However, we have to be aware that when using interactive orientation, while we can process any image that shows enough of the surroundings to allow orientation, not all images received from volunteers will meet this requirement. When engaging volunteers in the context of volunteer geo-data collection, the instructions for participation should be as short and simple as possible to ensure that potential volunteers are keen to participate in greater numbers (Triglav Čekada and Radovan 2019; Harley et al. 2019). Nevertheless, in this way, we will get images that: (1) can be oriented with an interactive orientation and from it, the prescribed geometry and various thematic attributes can be measured (e.g.,

new buildings, new road surfaces, change in the course of water bodies); (2) can be oriented with an interactive orientation and from it, the basic location of the change can be extracted (e.g., demolished building); (3) cannot be oriented by interactive orientation because there are not enough content or ground control points, but some thematic attributes can be still extracted (e.g., approximate location of a newly constructed building) and (4) are not useful for updating the selected topographic database (e.g., a new façade). Even if an image cannot be used for 3D measurements, because it shows the object under study from a too-close perspective, such an image still indicates a change in space that can be usefully applied to plan additional field or photogrammetric surveys. Such a classification of voluntarily acquired images can speed up the processing and thus optimise the procedures for including images acquired by smartphones in the updating of topographic maps.