

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Medved, A., 2015. Določitev kakovosti izbranih oslonilnih točk iz projekta CAS 2012-2014. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešere, P., somentor Urbančič, T.): 31 str.

Datum arhiviranja: 30-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Medved, A., 2015. Določitev kakovosti izbranih oslonilnih točk iz projekta CAS 2012-2014. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešere, P., co-supervisor Urbančič, T.): 31 pp.

Archiving Date: 30-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidatka

ANDREJA MEDVED

**DOLOČITEV KAKOVOSTI IZBRANIH OSLONILNIH TOČK IZ
PROJEKTA CAS 2012-2014**

Diplomska naloga št.: 103/GIG

**QUALITY ASSESSMENT OF SELECTED GROUND CONTROL
POINTS OF THE PROJECT CAS 2012-2014**

Graduation thesis No.: 103/GIG

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 22. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

» Ta stran je namenoma prazna«.

IZJAVE

Podpisana ANDREJA MEDVED izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »
DOLOČITEV KAKOVOSTI IZBRANIH OSLONILNIH TOČK IZ PROJEKTA CAS 2012–2014«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, avgust 2015

Andreja Medved

» Ta stran je namenoma prazna«.

BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVELČEK

| | |
|-------------------------|--|
| UDK: | 528.72:528.236(497.4)(043.2) |
| Avtor: | Andreja Medved |
| Mentor: | doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren |
| Somentor: | asist. Tilen Urbančič |
| Naslov: | Določitev kakovosti izbranih oslonilnih točk iz projekta CAS 2012–2014 |
| Tip dokumenta: | diplomska naloga–Univerzitetni študij |
| Obseg in oprema: | 31 str., 7 pregl., 17 sl., 1 graf. |
| Ključne besede: | kakovost oslonilnih točk, CAS, kinematična izmera GNSS v realnem času, kombinacija GNSS in klasične metode izmere, ortofoto |

Izveleček

Namen dane diplomske naloge je na izbranem območju aerofotografiranja (fotogrametričnega bloka številka 9, iz pogodbe cikličnega aerofotografiranja Slovenije iz leta 2012) preveriti kakovost oslonilnih točk v novem koordinatnem sistemu D96/TM, ki so jih proizvajalci aerosnemanja uporabili v projektu aerotriangulacije. Iz evidence oslonilnih točk, ki jo vodi Geodetska uprava RS, smo izbrali tri talne in tri nedostopne točke, katerim smo preverili kakovost položaja. Izbor oslonilnih točk je potekal glede na največja odstopanja, ki smo jih dosegli po transformaciji iz koordinatnega sistema D48/GK v koordinatni sistem D96/TM. Rezultati so pokazali, da so ta največja na območju Trebnjega, ostale oslonilne točke pa smo si izbrali vzdolž poti med Ljubljano in Trebnjem. Terensko izmero za talne točke smo izvedli s pomočjo kinematične izmere v realnem času, za nedostopne točke pa s pomočjo kombinacije GNSS in klasične metode izmere. Sledila je primerjava položajev oslonilnih točk, pridobljenih s terensko izmero, in tistimi, ki jih hranijo v evidenci na Geodetski upravi RS. Na podlagi rezultatov smo komentirali kakovost oslonilnih točk in v zaključku naloge podali bistvene izsledke in ugotovitve naloge. Diplomska naloga je nastala kot opozorilo, da brez kakovostnih vhodnih podatkov izdelava visokokakovostnih končnih izdelkov ni mogoča.

» Ta stran je namenoma prazna«.

BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 528.72:528.236(497.4)(043.2)
- Author:** Andreja Medved
- Supervisor:** Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
- Co-supervisor:** Assist. Tilen Urbančič, B. Sc.
- Title:** Quality assessment of selected ground control points of the project
CAS 2012–2014
- Document type:** Graduation Thesis–University studies
- Scope and tools:** 31 p., 7 tab., 17 fig., 1 graph.
- Keywords:** quality of ground control points, CAS, real time kinematic, combination
of GNSS and terrestrial measurements, orthophoto

Abstract

The purpose of this graduation thesis, placed in a selected area aerial photography (photogrammetric block number 9, of the treaty of cyclic aerial photography of Slovenia in 2012), is to check the quality of ground control points in the new coordinate system D96/TM by manufacturers of aerial surveys used in the project aerial triangulation. From the records of ground points, led by the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, we have selected three ground and three inaccessible points, which we checked quality. The selection of ground control points was held in relation to the maximum tolerance that was achieved after transformation from D48/GK coordinate system to D96/TM coordinate system. The results showed that they are the largest in the area Trebnje, while other ground control points we chose along between Ljubljana and Trebnje. Field measurement of ground points was performed using the real time kinematic (RTK), while for inaccessible points we used combination of GNSS and traditional terrestrial measurements. Then we compare coordinate obtained by measurement and those that are kept on record at the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. Based on the results, we commented on the appropriateness of ground control points and in the completion of the task made the main findings and conclusions of the task. The graduation thesis has arisen as a reminder that without quality input data production of the high-quality finished products is not possible.

» Ta stran je namenoma prazna«.

ZAHVALA

Posebna zahvala gre mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren za strokovno vodenje, vsestransko pomoč in koristne nasvete med nastajanjem diplomske naloge ter tekom študija.

Zahvaljujem se somentorju asist. Tilnu Urbančiču in doc. dr. Mojci Kosmatin Fras za koristne nasvete in strokoven pregled diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi g. Petru Prešernu za strokoven pregled, koristne nasvete in pridobitev podatkov iz Geodetske uprave RS, ki smo jih potrebovali za diplomsko nalogo.

Hvala tudi g. Albinu Mencinu za pomoč pri izvedbi terenskih meritev.

» Ta stran je namenoma prazna«.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|-----------|
| IZJAVE | V |
| BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVELČEK | VII |
| BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT | IX |
| ZAHVALA | XI |
| | |
| 1 UVOD | 1 |
| 1.1 Motiv za izbiro tematike diplomske naloge | 3 |
| 1.2 Delovne hipoteze | 3 |
| 1.3 Struktura naloge | 4 |
| | |
| 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA | 5 |
| 2.1 Zgodovina cikličnega aerofotografiranja Slovenije–CAS | 5 |
| 2.2 Ortofoto | 7 |
| 2.3 Terenska izmera za določitev položajev oslonilnih točk | 10 |
| 2.3.1 Kinematična izmera GNSS v realnem času | 10 |
| 2.3.2 Kombinacija GNSS in klasične metode izmere | 11 |
| | |
| 3 PRIPRAVA PODATKOV ZA TERENSKO IZMERO | 12 |
| 3.1 Evidenca oslonilnih točk Geodetske uprave RS | 13 |
| 3.2 Izbor oslonilnih točk | 13 |
| 3.3 Terenske meritve na izbranih oslonilnih točkah | 18 |
| | |
| 4 OCENA KAKOVOSTI POLOŽAJEV OSLONILNIH TOČK V D96/TM | 21 |
| | |
| 5 PRIMERJAVA POLOŽAJEV TALNIH TOČK, DOLOČENIH NA TERENU S KOORDINATAMI, ODČITANIMI Z ORTOFOTA | 23 |
| | |
| 7 ZAKLJUČEK | 29 |
| | |
| VIRI | 30 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Odstopanje položajev točk v D96/TM. Izhodišče za primerjavo so koordinate iz evidence Geodetske uprave RS; le-te smo primerjali s transformirani koordinatami. | 14 |
| Preglednica 2: Koordinate točk v D96/TM, določene s ponovno terensko izmero..... | 21 |
| Preglednica 3: Koordinate točk iz evidence Geodetske uprave RS v koordinatnem sistemu D96/TM. | 21 |
| Preglednica 4: Odstopanja med koordinatami iz evidence in našimi meritvami. | 21 |
| Preglednica 5: Odstopanje za točke na območju Velike Račne (slika 8). | 24 |
| Preglednica 6: Odstopanje za točke na območju Vrbičja (slika 9, 16)..... | 26 |
| Preglednica 7: Odstopanje za točko na območju Rudnika v Ljubljani (slika 10, 17) | 28 |

KAZALO GRAFIKONOV

| | |
|---|----|
| Grafikon 1: Diagram poteka izbora točk, katerim smo določili položaje s terensko izmero. | 12 |
|---|----|

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: List ortofota E0547. | 9 |
| Slika 2: Izmera detajla s kombinirano GNSS in klasično izmero. | 11 |
| Slika 3: Oslonilne in kontrolne točke iz fotogrametričnega bloka 9 (GURS, 2014). | 13 |
| Slika 4: Prikaz izbranih oslonilnih točk in kontrolne točke (GURS, 2014). | 14 |
| Slika 5: Oslonilna točka 9920109127 | 15 |
| Slika 6: Oslonilna točka 992017 | 16 |
| Slika 7: Oslonilna točka 992195 | 16 |
| Slika 8: Oslonilna točka 992049 | 17 |
| Slika 9: Oslonilna točka 990056 | 17 |
| Slika 10: Kontrolna točka 9920100107..... | 18 |
| Slika 11: GNSS instrument Leica Viva GS15 z dlančnikom (Survey equipment, 2012) | 19 |
| Slika 12: GNSS instrument in tahimeter sistema Leica Smartpole..... | 19 |
| Slika 13: Problematika oslonilne točke 9920109127, prikazana je tudi na sliki 5. | 20 |
| Slika 14: Problematika oslonilne točke 992049, ki je prikazana tudi na sliki 8..... | 20 |
| Slika 15: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat Velika Račna (slika 8). | 24 |
| Slika 16: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat Vrbičje (slika 9). | 25 |
| Slika 17: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat za točko 9920100107 (slika 10). | 27 |

OKRAJŠAVE

| | |
|--------|---|
| 3D | tridimenzionalen |
| CAS | ciklično aerofotografiranje Slovenije |
| DMR | digitalni model reliefa |
| DMV | digitalni model višin |
| DOF | digitalni ortofoto |
| ETRS89 | evropski terestrični referenčni sistem 1989 (ang. European Terrestrial Reference System 1989) |
| GNSS | globalni navigacijski satelitski sistem (ang. Global Navigation Satellite System) |
| GURS | Geodetska uprava Republike Slovenije |
| INS | inercialni navigacijski sistem |
| RTK | kinematična izmera GNSS v realnem času (ang. Real Time Kinematic) |
| SIGNAL | slovenski državni sistem za zagotavljanje popravkov opazovanj (Slovenija–Geodezija–Navigacija–Lokacija) |
| TTN | temeljni topografski načrt |
| VRS | virtualna referenčna postaja (ang. Virtual Reference Station) |

» Ta stran je namenoma prazna«.

1 UVOD

Ciklično aerofotografiranje Slovenije (CAS) je državni projekt fotografiranja površja iz zraka, ki ima dolgo tradicijo. Začetek sistematičnega cikličnega aerosnemanja Slovenije (CAS) sega v leto 1975 (Bric in sod., 2014), brez večjih premorov se je kontinuirano izvajalo do današnjih dni in se še nadaljuje. V tem dolgem obdobju je razumljivo prišlo do nekaterih tehnoloških in organizacijskih sprememb, vendar se osnovni namen tega projekta ohranja. Izvajanje triletnih ciklov se je pod okriljem Geodetske uprave Republike Slovenije, ki sistemsko skrbi za financiranje tega projekta, začelo izvajati po letu 1985 (Bric in sod., 2014). Cikel pomeni časovno periodo, v kateri se posamezni del ozemlja Slovenije ponovno fotografirajo iz zraka v skladu s sprejetim načrtom. Z izvajanjem cikličnega aerofotografiranja pridobimo aerofotografije in elemente zunanje orientacije za vsako aerofotografijo posebej. Aerofotografije so vir za zajem topografskih podatkov posnetega površja, hkrati pa so tudi vhodni podatek za izdelavo ortofota ter izdelavo digitalnega modela višin (DMV) (GURS, 2015). V preteklih letih je prišlo do velikega napredka v tehnologiji, prešli smo iz analogne v digitalno dobo aerofotografiranja.

Da lahko iz fotografij, običajno stereoparov, zajemamo merske podatke (koordinate, razdalje itd.), moramo poznati njihove parametre notranje orientacije in njihovo orientacijo v prostoru, to so parametri zunanje orientacije. Parametre notranje orientacije dobimo s postopkom kalibracije fotoaparata, kar za profesionalno fotogrametrično opremo opravijo pooblaščen laboratoriji, parametre zunanje orientacije pa določimo v projektu aerotriangulacije. Poleg dobro načrtovanega projekta snemanja in dobro izvedenega slikovnega ujemanja veznih točk je kakovost postopka aerotriangulacije odvisna od razporeditve oslonilnih točk, njihove nedvoumne določitve na posnetku ter obstojnosti in kakovosti položajev v izbranem koordinatnem sistemu. Današnji postopki aerotriangulacije v projektu CAS temeljijo na uporabi tehnologije GNSS (globalni navigacijski satelitski sistem) in INS (inercialni navigacijski sistem), govorimo o indirektni orientaciji senzorjev, saj postopki direktnega georeferenciranja, ko parametre zunanje orientacije določimo neposredno iz meritev med poletom, še ne dosegajo zahtevane natančnosti in točnosti. Torej klasični postopki obdelave uporabljajo izravnavo, ki temelji na primernem številu dobro določenih oslonilnih točk, ki so določene s terensko izmero v izbranem koordinatnem sistemu. Od leta 2009 naprej izvajalci oslonilne točke določajo v novem D96/TM koordinatnem sistemu.

Na Geodetski upravi Republike Slovenije vzdržujejo bazo oslonilnih točk že iz preteklih projektov in jo dopolnjujejo s točkami novih projektov. V novih izvedbah cikličnih aerosnemanj izvajalci lahko v obdelavo prevzamejo oslonilne točke predhodnih izmer, če ocenijo, da so primerne kakovosti. Oslonilne točke, ki imajo položaj določen v starem koordinatnem sistemu D48/GK, morajo obravnavati drugače kot točke, ki so določene v novem koordinatnem sistemu D96/TM. Oslonilne

točke v starem koordinatnem sistemu služijo le za osnovo oziroma pomoč, da ni potrebno na novo izbirati lokacij oslonilnih točk, položaj v novem koordinatnem sistemu pa jim je potrebno določiti z novo izmero in ne s transformacijo iz starega v novi sistem.

Direkten prevzem položaja oslonilnih točk iz baze Geodetske uprave RS, ki imajo položaj določen v novem koordinatnem sistemu, je včasih tvegan. Lahko se zgodi, da se je položaj oslonilne točke spremenil bodisi zaradi gradbenih del v bližini točk (npr. menjava strehe, novo asfaltiranje ceste, sprememba poti,...) bodisi zaradi poškodbe na samem objektu (npr. ko se odkruši vogal strehe,...).

Ker so položaji oslonilnih točk v novem koordinatnem sistemu določeni z uporabo tehnologije GNSS, pri čemer velikokrat uporabljajo najhitrejšo izvedbo za določitev položajev točk, to je RTK–metodo izmere (ang. Real Time Kinematic), moramo poznati tudi pomanjkljivosti izvedbe posameznih metod izmere GNSS. To velja v primeru, ko se točke nahajajo v bližini kovinskih objektov, kjer se lahko zgodi, da je položaj določen na osnovi odboja signala GNSS od objekta (ang. multipath). Problem nastane, ko določena območja niso pokrita z mobilnim signalom ali pa ni mogoče pridobiti dovolj satelitov, še posebej v primerih, ko se na južni strani nahajajo ovire. Nasprotno se lahko zgodi, da imajo oslonilne točke v novem koordinatnem sistemu D96/TM dobro določene koordinate, pa jih ni mogoče uporabiti zaradi spremenjenega stanja v naravi. Oslonilne točke za CAS namreč niso trajno stabilizirane točke v naravi. Če jih izvajalci želijo ponovno uporabiti v novem projektu CAS, morajo posebno pozornost posvetiti proučitvi spremenjenega stanja oslonilne točke od datuma zadnje določitve.

Cilj dane diplomske naloge je na podlagi vzorca oslonilnih točk, ki se nahaja na izbranem območju aerofotografiranja (iz pogodbe Cikličnega aerofotografiranja Slovenije iz leta 2012, fotogrametrični blok številka 9), preveriti kakovost položajev oslonilnih točk v novem koordinatnem sistemu D96/TM, ki so jih uporabili izvajalci aerosnemanja pri aerotriangulaciji. Odločili smo se, da položaje oslonilnih točk določimo z GNSS oziroma s kombinacijo GNSS in klasične izmere. Nadalje smo koordinate oslonilnih točk primerjali s koordinatami iz evidence Geodetske uprave RS z namenom utemeljitve primernosti uporabe izbranih oslonilnih točk v prihodnje. V izbran vzorec smo vključili tako položaje talnih oslonilnih točk, kot tudi položaje nedostopnih oslonilnih točk (slemena hiš,...), kjer smo uporabili kombinirano GNSS in klasično metodo izmere.

V vzorec oslonilnih točk smo vključili tudi tri talne točke, ki smo jih obravnavali podobno kot kontrolne točke pri ugotavljanju kakovosti državnega ortofota. Položaje nekaterih točk, odčitane z ortofota, smo primerjali s tistimi, ki smo jih določili s terensko izmero, da bi ugotovili kakovost izdelka.

1.1 Motiv za izbiro tematike diplomske naloge

V časih, v katerih živimo, se tehnologija, tudi na področju aerofotografije, močno spreminja. Od prvih začetkov aerofotografije v Sloveniji iz leta 1971 pa do danes se je tehnologija zelo spremenila, kar je vplivalo tudi na kakovost končnih izdelkov. V današnjem času obstajajo vse večje potrebe po hitri, cenovno dostopni in predvsem množični pridobitvi podatkov. Vse to nam omogoča aerofotografiranje, pri katerem se aerofotografije uporabijo tudi za izdelavo ortofota.

V diplomski nalogi smo želeli pokazati, da je določitev kakovosti oslonilnih točk v projektih cikličnega aerosnemanja Slovenije še vedno pomembni dejavnik, ki vpliva na kakovost končnih izdelkov. Izdelki množičnega zajema podatkov niso uporabni samo v geodetski stroki, saj jih uporabljajo tudi na področju geologije, gradbeništva, prometa, gozdarstva, kmetijstva in drugo. Res pa je, da ti ne poznajo omejitev izdelka pa tudi parametrov, ki vplivajo na kakovost. Hkrati jih tudi ne zanima, kolikšen napor je potrebno vložiti, za dosego ustrezne kakovosti končnih izdelkov.

Odločitev, da oslonilne točke v naravi niso trajno stabilizirane točke, je prinesla zmanjšan obseg terenskega dela, vendar to pomeni, da je večjo pozornost potrebno posvetiti ustreznemu rekognosciranju terena in interpretaciji, kaj se je s točko od določitve koordinat naprej dogajalo. Odločili smo se, da s terensko izmero ocenimo stanje na vzorcu nekaj oslonilnih točk, ponovno določimo položaj in podamo oceno primernosti uporabe v nadaljnjih izmerah.

1.2 Delovne hipoteze

V diplomski nalogi predpostavljamo, da so transformirane oslonilne točke iz starega D48/GK v novi D96/TM koordinatni sistem, pri čemer uporabimo uradne transformacijske parametre Geodetske uprave RS, slabše kakovosti, kot točke, ki imajo koordinate določene direktno v novem koordinatnem sistemu D96/TM. Za določitev položajev oslonilnih točk smo uporabili kinematično izmero v realnem času za talne točke in kombinacijo GNSS in klasične metode izmere za nedostopne točke.

Nadalje predpostavljamo, da kakovost položajev oslonilnih točk ni odvisna od tega, ali je točka na tleh in je bila določena samo na osnovi izmere GNSS, ali pa se nahaja tako, da smo položaj morali določiti v kombinaciji GNSS in klasične metode izmere. Zaradi premajhnega vzorca točk pa je potrebno že vnaprej izpostaviti, da trditve ne bomo mogli potrditi splošno, ampak le za konkretno obravnavane točke.

Predvidevamo, da je oslonilnim točkam na objektih potrebno posvetiti večjo pozornost glede interpretacije, kaj se je z njimi v določenem obdobju dogajalo.

1.3 Struktura naloge

Uvod diplomske naloge vsebuje nekaj uvodnih besed, motiv za izbiro tematike, delovne hipoteze in strukturo naloge.

Temu sledi drugo poglavje, kjer predstavimo teoretična izhodišča, brez katerih bi bilo razumevanje diplomske naloge težje. V tem poglavju skozi zgodovino povzemamo razvoj cikličnega aerosnemanja Slovenije in vzporednega osnovanja baze oslonilnih točk. Navezujemo se tudi na najbolj pomembne zahteve, ki so jih na Geodetski upravi RS opredelili za kakovostno določitev položajev točk.

V tretjem poglavju predstavimo vhodne podatke, ki smo jih med nastajanjem naloge s terensko izmero analizirali. Temu sledi opis postopka izmere na izbranih oslonilnih točkah in kontrolni točki s končno določitvijo položaja v novem koordinatnem sistemu D96/TM. Za vsako točko predstavimo transformirane koordinate iz D48/GK v D96/TM koordinatni sistem. S tem smo pokazali, da transformirane koordinate točk niso dovolj kakovostne za nadaljnjo uporabo v postopku izravnave aerotriangulacije. Predstavili smo tudi težave, ki smo jih imeli na terenu.

V četrtem poglavju predstavimo rezultate s komentarji, do katerih smo prišli tekom diplomske naloge.

V zadnjem poglavju poudarimo in povzamemo bistvene izsledke naloge.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

2.1 Zgodovina cikličnega aerofotografiranja Slovenije–CAS

Hiter razvoj tehnologije, zahtev, predvsem pa večanje števila uporabnikov je zahteval kontinuirano izvedbo množičnega zajema podatkov. Do leta 2005 se je CAS izvajal pod okriljem Geodetskega zavoda Slovenije, nato pa so to delo prevzela druga zunanja podjetja. Od 2006 dela prevzamejo podjetja, ki zadostijo zahtevam mednarodnega javnega razpisa odprtega postopka, ki ga pripravi Geodetska uprava RS .

Aerofotografiranje se je najprej izvajalo z analognimi fotoaparati, ki so za medij zaznavanja svetlobe uporabljali fotografski film. Najprej je šlo za črno–bele filme, kasneje se je začela uporaba barvnih filmov. Za boljšo interpretacijo v različnih panogah, kot so kmetijstvo, gozdarstvo, hidrologija in geologija so uporabljali filme, občutljive na infrardeči del svetlobnega spektra, rdečo in zeleno (Bric in sod., 2014).

Leta 1970 je bila na Geodetskem zavodu Slovenije ustanovljena Snemalna služba. Začetek sistematičnega cikličnega aerosnemanja Slovenije se je začelo izvajati leta 1975. Triletno ciklično snemanje se je v Sloveniji pričelo po letu 1985. To pomeni, da so od takrat naprej vsako leto posneli približno tretjino območja države. Pri tem razlikujemo analogno in digitalno dobo sistematičnega fotografiranja, slednja se je pričela leta 2006. Merilo aerofotografiranja vse do leta 1992 ni bilo enotno. Zaradi uskladitve pokrivanja lista temeljnega topografskega načrta TTN5 s približno enim stereoparom in posledično lažjega vzdrževanja so za ruralna in gorata območja izbrali merilo 1 : 17.500. Za urbana območja pa je bilo izbrano merilo 1 : 10.000 (Bric in sod., 2014).

Digitalna fotogrametrija se je v Sloveniji začela uporabljati v začetku devetdesetih let, ko so pričeli uporabljati optične skenerje in računalnike z možnostjo obdelave stereo–opazovanj, zato se je lahko začelo izdelovati ortofoto in digitalni model reliefa (Bric in sod., 2014).

Za pomembno investicijo se šteje nakup takrat najkakovostnejšega analognega fotoaparata Leica RC30 leta 1999. Omogočal je zajemanje podatkov GNSS za natančen izračun koordinat perspektivnih centrov in v povezavi s tem omogočal izboljšanje kakovosti aerotriangulacije. Za pomemben dogodek pa velja tudi omeniti prvič izpeljan projekt CAS fotografiran v barvni tehniki leta 2003 (Bric in sod., 2014).

V Sloveniji se je digitalna doba CAS začela leta 2006, ko je Geodetska zavod Slovenije pričel z novim velikoformatnim digitalnim aerofotoaparatom Zeiss/Intergraph Digital Mapping Camera snemati celotno območje Slovenije. Georeferencirani izdelki cikličnega aerosnemanja Slovenije so bili do leta

2009 v starem koordinatnem sistemu D48/GK, po letu 2009 pa v novem koordinatnem sistemu D96/TM.

Osnovna enota vseh fotogrametričnih posnetkov je fotogrametrični blok, ki je velik ravno tako kot trigonometrična sekcija, in sicer 22,5 km x 15 km. Z izjemo je povečan ali zmanjšan le ob državni meji ali pa ob morju. To velja do leta 2006, po letu 2009 pa so postali fotogrametrični bloki bistveno večji.

Za vsak takšen izdelek je bilo potrebno preveriti absolutno ravninsko točnost ortofota in absolutno višinsko točnost digitalnega modela reliefa (Bric in sod., 2014).

Leta 2009 naj bi se pričelo dvoletno snemanje celotne Slovenije, vendar je bil severozahodni blok posnet šele leta 2011. Takrat so izdelali manjše število listov ortofota, samo 34 listov v merilu 1 : 5.000. Za CAS v ciklu od 2009 do 2011 je značilno, da so se vsi izdelki predali v izvornem koordinatnem sistemu D96/TM, le geolokacijske datoteke DOF (digitalni ortofoto) in DMR (digitalni model reliefa) so transformirali v stari koordinatni sistem D48/GK.

Aktualni CAS 2012–2014 nudi že izdelke za območja, ki so bila posneta v letih 2012 in 2013, v letu 2014 pa nekaj območij (Kranj in Bovec) zaradi slabega vremena ni bilo moč posneti v celoti (Bric in sod., 2014).

V projektu aerotriangulacije izračunajo elemente zunanje orientacije, ki jih ocenijo v poročilu aerotriangulacije. Preden začnejo z izdelavo ortofota, je potrebno preveriti ustreznost vhodnih podatkov, torej tudi kakovost rezultatov aerotriangulacije.

Razpis za izvajanje cikličnega aerofotografiranja izda Geodetske uprave RS (naročnik podatkov), na katerega se prijavijo izvajalci aerofotografiranja, ki imajo ustrezno opremo in izvajajo dela v skladu s pogoji, ki so zapisani v tehnični dokumentaciji. V razpisu za CAS 2014 Geodetske uprave RS zahteva, da se položaj oslonilnih točk lahko uporabi tudi iz naročnikove baze. Vendar pa mora biti na terenu ponovno izmerjenih vsaj 10% uporabljenih točk. Dovoljena srednja odstopanja po izravnavi na oslonilnih točkah morajo biti manjša po planimetriji do 15 cm in po višini do 20 cm (GURS, 2014).

Prvotne črne napovedi, da bo aerolasersko skeniranje močno nadvladalo klasično fotogrametrijo, se niso uresničile. Danes aerolasersko skeniranje izvajajo skupaj z aerofotografiranjem, ki nudi podlago za izdelavo dobrega ortofota. Aerolasersko skeniranje daje dobre informacije o višinah točk, aerofotografija pa nudi dobro vizualno interpretacijo prostora. V veliko primerih se metodi izvajata skupaj, zato kombinacij obeh metod imenujmo aerolasersko snemanje (Bric in sod., 2014).

2.2 Ortofoto

Po definiciji je ortofoto fotogrametrični izdelek, ki ga dobimo s transformacijo fotografskega posnetka v ortogonalno projekcijo (Kosmatin Fras, 2004). Za ortofoto, izdelan z digitalnimi postopki, uporabljamo kratico DOF, vendar ker je danes v ospredju digitalna tehnologija, se je beseda digitalni opustila in se uporablja le še ortofoto.

Ortofoto je fotogrametrični izdelek. V današnjih časih se ga uporablja za številne namene (GURS, 2015):

- kot bazični sloj v aplikacijah geografskih informacijskih sistemov GIS,
- za prostorsko planiranje,
- za planiranje geodetskih del na terenu,
- za dopolnitev informacij klasičnim topografskim načrtom,
- za osnovo transformacije digitalnih katastrskih načrtov v Gauss–Krügerjevo projekcijo,
- za kontrolo zajema stavb za register stavb ter za odkrivanje degradacije prostora,
- za zajem rabe zemljišč na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano,
- za zajem, lociranje in pomoč pri določitvi gozdnih sestavov gozdarskih gospodarskih enot,
- za osnovo za nastavitve katastra trajnih nasadov,
- za pomoč pri simulacijah in vizualizacijah prostora in dogodkov v prostoru,
- ortofoto ne more v celoti nadomestiti klasičnih kart in temeljnih topografskih načrtov in ni primeren za zajem objektov z večjimi višinskimi razlikami (npr. stavbe, itd).

Vir za izdelavo ortofota so posnetki aerosnemanja, njegov namen je predstavitev površja v dvodimenzionalnem prostoru. V projektu CAS izdelujejo posnetke s približnim merilom 1 : 17.5000 (analogno snemanje) oziroma približno prostorsko ločljivostjo 25 ali 50 cm, vendar je možna tudi prilagoditev glede na naročnikove zahteve. Na končno kakovost ortofota vpliva kakovost aerofotografiranja, ki je odvisna predvsem od kakovosti aerofotoaparata in slikovnih senzorjev ter tudi od vremenskih pogojev. Aerofotografiranje je tako potrebno skrbno načrtovati, in sicer tako, da izberemo ustrezní letni čas aerosnemanja (s tem mislimo na čas, ko ni snega in drevesa niso olistana), ustrezen dnevni čas (ko je dovolj svetlobe in čim manj senc) in ugodne vremenske razmere (Bric in sod., 2014).

Omeniti velja, da ima na geometrično kakovost ortofota največji vpliv kakovost parametrov zunanje orientacije in kakovost uporabljenega digitalnega modela višin.

Na kakovost ortofota vplivajo (Kosmatin Fras, 2004):

- kakovost vira oz. posnetka,
- natančnost parametrov orientacije,
- kakovost digitalnega modela višin,
- uporabljene metode za geometrično in semantično transformacijo in
- časovna ažuriranost vhodne slike.

Globalno oceno kakovosti izdelkov preverijo s primerjavo horizontalne točnosti ortofota in višinsko točnostjo digitalnega modela višin, da primerjajo odstopanja identičnih točk merjenih točk in odčitanih z ortofota oziroma iz digitalnega modela višin.



Slika 1: List ortofota E0547.

Na sliki 1 prikazujemo ortofoto oznake E0547, to je DOF025 z velikostjo slikovnega elementa 0,25 cm. Na njem se nahaja tudi ena oslonilna točka. Vsak list ortofoto sestavlja več fotografij, ki jih ustrezno obdelajo in združijo. Za nastanek ortofota potrebujemo dodatno tudi digitalni model višin.

2.3 Terenska izmera za določitev položajev oslonilnih točk

V nadaljevanju opisujemo največkrat uporabljene terenske metode izmere za določitev položajev točk. Opisujemo metode izmere, ki smo ju uporabili pri terenskem delu.

2.3.1 Kinematična izmera GNSS v realnem času

Za določitev 3D koordinat objekta s tehnologijo GNSS potrebujemo opazovanja od vsaj štirih satelitov, saj s tem rešimo enačbo s štirimi neznankami (prostorske koordinate in pogrešek sprejemnikove ure). RTK–metoda izmere je kinematična in relativna metoda določanja položaja, ki temelji na obdelavi faznih opazovanj GNSS. Določitev položaja v realnem času sloni na obdelavi opazovanj tekom izmere, kar drugače naredimo v pisarni. Za obdelavo do končne določitve položajev točk v realnem času potrebujemo komunikacijsko povezavo med sprejemnikoma na krajiščih baznega vektorja, ki jo lahko zagotovimo s pretokom podatkov opazovanj v mobilnem omrežju telefonije ali preko radijske povezave z uporabo standarda RTCM SC 104. Prvi sprejemnik GNSS, večkrat imenovan kar baza, se nahaja na krajišču baznega vektorja z danim položajem v globalnem koordinatnem sistemu (v našem primeru ETRS89 (ang. European Terrestrial Reference System 1989)). Drugi sprejemnik, imenovan premikajoča enota ali rover, je opremljen s programsko opremo za obdelavo faznih opazovanj, sprejetih na baznem in premičnem sprejemniku v času meritev.

Metoda RTK temelji na obdelavi faznih opazovanj, ki glede na kodna opazovanja vključujejo dodatno neznanko fazne nedoločenosti, ki jo imenujemo tudi neznano število celih valov v začetnem trenutku opazovanj (ang. ambiguity). Postopek razrešitve fazne nedoločenosti imenujemo inicializacija in je ključen element za nadaljnje določanje položajev objektov v prostoru. Cilj kakovostne določitve položaja je razrešitev fazne nedoločenosti v okviru celih števil (Kogoj in Stopar, 2009). V kolikor fazna nedoločenost ni razrešena oziroma je razrešena v okviru realnih števil, instrument sicer poda končni položaj, vendar je slabše kakovosti. Čas, ko lahko položaje objektov določamo z isto inicializacijo, naj bi bil omejen na okoli 30 minut, zatem je potrebno izvesti ponoven postopek. Najnovejši instrumenti imajo vgrajene algoritme, ki sproti preverjajo kakovost inicializacije oziroma jo ponovno izvedejo, če je potrebno.

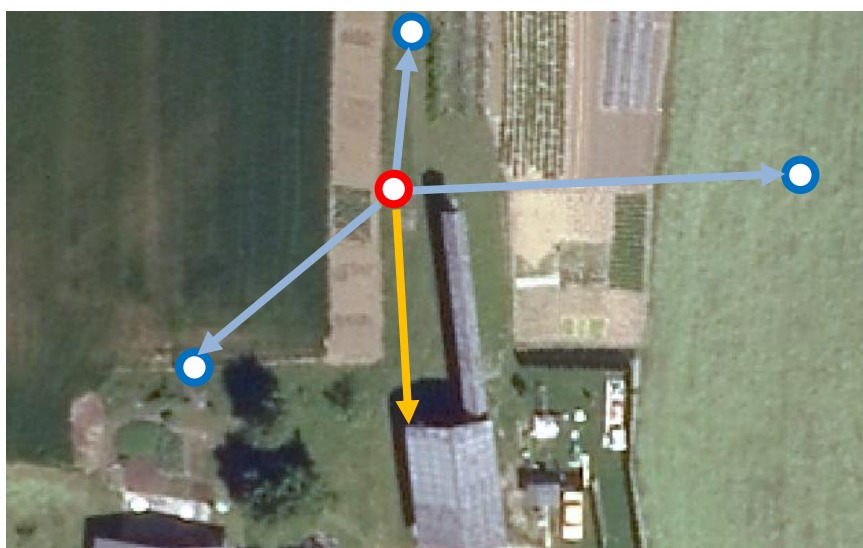
Prednost RTK–metode izmere je v hitri pridobitvi koordinat, slabost pa v dejstvu, da moramo imeti zagotovljene pogoje za izvedbo opazovanj GNSS. Ti se nanašajo na zahteve po neoviranem sprejemu signala z vsaj štirih satelitov, v postopku inicializacije celot s petih. Pri idealnih pogojih je potrebno nastaviti minimalni višinski kot na 10° , da se izognemo večjim atmosferskim vplivom, ki bi lahko kvarili končno določitev položaja. Dobro je preverjati kakovost razporeditve položajev satelitov na obzorju, kar naredimo s pomočjo spremljanja vrednosti faktorja PDOP (ang. Position Dilution of Precision), ki naj bi bil manjši od 6 na vsaki točki, kateri določamo položaj (GURS, 2007). Cenilke kakovosti določitve točk nam povejo, kakšni so pogoji v smislu razporeditve satelitov na obzorju.

Faktor PDOP opisuje prostornino enotske piramide, med katerimi štirje sateliti predstavljajo osnovno ploskev piramide, vrh piramide pa predstavlja naš instrument. Nižji faktor nakazuje na boljše razporeditev satelitov na obzorju. Dolžina trajanja opazovanj pri metodi RTK–izmere splošno ni opredeljena. Vendar so avtorji pokazali (Bilban, 2014; Knez, 2015), da daljše izvedbe opazovanj tudi pri RTK–metodi izmere vodijo do bolj kakovostne določitve položajev točk.

S triminutnim opazovanjem z RTK–metodo izmere lahko ob uporabi najnovejših instrumentov dosežemo določitev položajev točk, ki so primerljivi hitri statični metodi izmere (Janssen, 2009). V primeru slabih pogojev se čas trajanja opazovanj poveča od 20 do 60 sekund, poveča se tudi višinski kot največ na 15° in navezati se je potrebno na VRS (ang. Virtual Reference Station) (Mesner in Berk, 2008).

2.3.2 Kombinacija GNSS in klasične metode izmere

V veliko primerih se zgodi, da točke, ki jim želimo položaje določiti v realnem času v globalnem koordinatnem sistemu, niso dostopne. Takrat se poslužujemo kombinacije GNSS in klasične izmere. Sistem SmartPole omogoča istočasno uporabo elektronskega tahimeta in instrumenta GNSS. Z instrumentom GNSS določimo položaj orientacijskih točk, nadalje pa preko merjenih dolžin in kotov določimo položaj nam nedostopne točke. V kolikor določamo položaj stojišča tahimetra z metodo prostega stojišča, moramo paziti, da detajlne točke niso bolj oddaljene od točk, ki smo jih uporabili za orientacijo. Na sliki 2 prikazujemo način kombinirane GNSS in klasične izmere; v našem primeru smo uporabili sistem Leica SmartPole (slika 12).

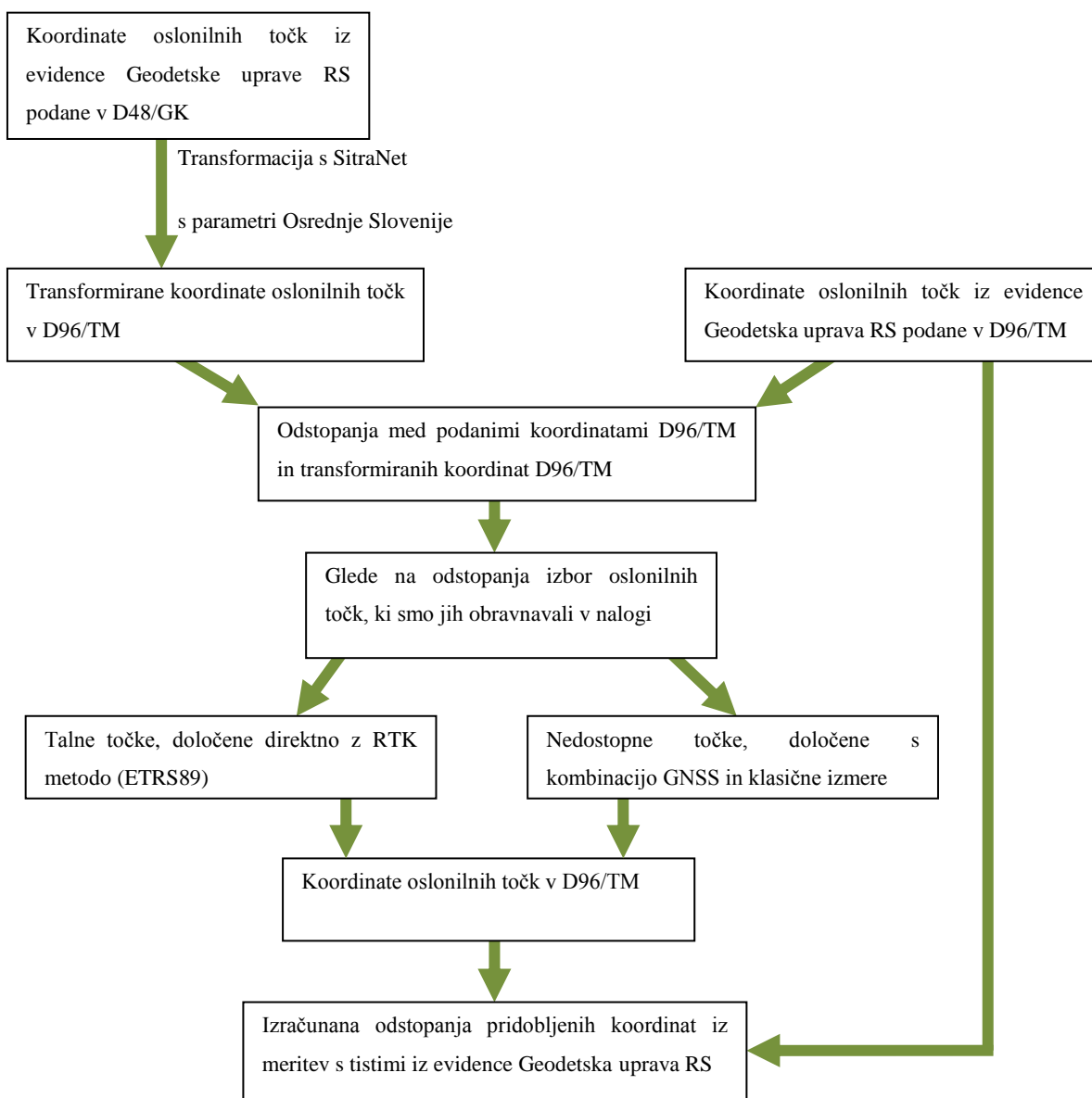


Legenda:  – stojišče tahimetra  – meritev orientacijske točke
 – orientacijske točke  – meritev detajlne točke

Slika 2: Izmera detajla s kombinirano GNSS in klasično izmero.

3 PRIPRAVA PODATKOV ZA TERENSKO IZMERO

Postopek od pridobitve podatkov, izvedbe terenske izmere in obdelave podatkov opazovanj do končnih rezultatov bi lahko opisali z diagramom poteka dela (grafikon 1). Najprej smo na Geodetski upravi RS pridobili seznam oslonilnih točk, ki so imele koordinate v obeh koordinatnih sistemih, to je v D48/GK in D96/TM. Nadalje smo koordinate iz koordinatnega sistema D48/GK transformirali v novi koordinatni sistem D96/TM. Preverili smo odstopanja med koordinatami točk v koordinatnem sistemu D96/TM, ki smo jih dobili s transformacijo in tistimi, ki so bile podane v evidenci. Prvi kriterij za izbor točke je bilo omejeno odstopanje, drugi kriterij pa, ali je bila točka talna, ki je omogočala direktno določitev položaja z GNSS, ali nedostopna, ki je zahtevala kombinirano izvedbo GNSS in klasičnih meritev.



Grafikon 1: Diagram poteka izbora točk, katerim smo določili položaje s terensko izmero.

3.1 Evidenca oslonilnih točk Geodetske uprave RS

Najprej smo pridobili podatke o oslonilnih točkah, ki jih vodi in vzdržuje Geodetska uprava RS. Gre za tabelo, ki vsebuje imena oslonilnih in kontrolnih točk, njihove koordinate v koordinatnem sistemu D48/TM, za nekatere oslonilne in kontrolne točke vodijo koordinate v D96/TM. Sledi klasifikacija točk glede načina dostopa in podrobne mikrolokacije (opis, ali gre za talno ali nedostopno točko; opisom, kje se točka nahaja (npr. SV vogal strehe, center jaška,...)). V tabeli je podana tudi oznaka fotogrametričnega bloka in oznaka CAS, v katerem so jo uporabili. Evidenca dodatno vključuje tudi fotografijo vsake posamezne oslonilne in kontrolne točke.

Oslonilne točke predstavljajo točke, ki jih izvajalci aerosnemanja uporabijo kot referenčne točke in morajo biti jasno definirane. Na sliki 3 so prikazujemo oslonilne in kontrolne točke, ki se nahajajo v bloku 9 iz CAS 2012–2014.



Legenda: ● – oslonilna točka ● – kontrolna točka

Slika 3: Oslonilne in kontrolne točke iz fotogrametričnega bloka 9 (GURS, 2014).

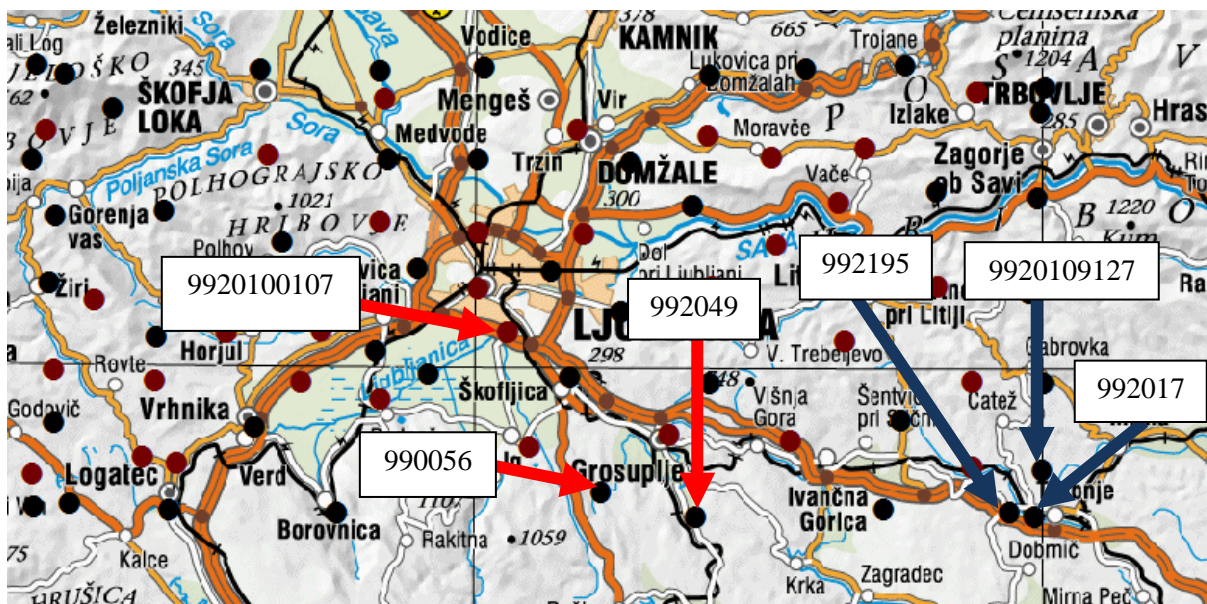
3.2 Izbor oslonilnih točk

V izboru oslonilnih točk iz evidence Geodetske uprave RS smo primerjali koordinate med danimi D96/TM koordinatami in koordinatami, ki smo jih pridobili s prostorsko transformacijo z uporabo parametrov »Osrednja Slovenija«. Med njimi so talne in strešne točke, zato smo se odločili, da preverimo kakovost treh talnih točk in treh nedostopnih točk. Na podlagi tega, da so bila odstopanja največja na območju Trebnjega, kjer smo se odločili za ponovno izmero teh točk in nekaterih vzdolž poti med Ljubljano in Trebnjem (slika 4).

V preglednici 1 prikazujemo odstopanja med koordinatami iz evidence in med transformiranimi koordinatami za točke, kjer smo se odločili za ponovno terensko izmero. Glede na to, da smo na območju Dolenjske uporabili parametre Osrednje Slovenije, je velikostni reda odstopanj precej večji kot za druge točke. Zato smo točki ponovno transformirali z uporabo transformacijskih parametrov za Dolenjsko. Predvidevali smo, da bomo pridobili manjša odstopanja, vendar se to ni zgodilo. Na osnovi večjih odstopanj po transformaciji z uporabo transformacijskih parametrov za Dolenjsko predvidevamo, da se je na omenjenih točkah predhodno pojavil problem v prehodu med koordinatnima sistemoma.

Preglednica 1: Odstopanje položajev točk v D96/TM. Izhodišče za primerjavo so koordinate iz evidence Geodetske uprave RS; le-te smo primerjali s transformirani koordinatami.

| ime točke | $\Delta n[m]$ | $\Delta e[m]$ | $\Delta H[m]$ |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 9920109127 | 0,29 | 1,40 | 0,00 |
| 9920109127 (Dolenjska) | 0,21 | 1,47 | 0,00 |
| 992017 | 0,28 | 1,42 | 0,00 |
| 992017 (Dolenjska) | 0,18 | 1,48 | 0,00 |
| 992195 | -0,01 | -0,03 | 0,00 |
| 992049 | 0,01 | -0,05 | 0,00 |
| 990056 | 0,02 | -0,06 | 0,00 |
| 9920100107 | 0,03 | -0,05 | 0,00 |



Legenda: ● – oslonilna točka ➔ – talna točka
● – kontrolna točka ➔ – nedostopna točka (strešna točka)

Slika 4: Prikaz izbranih oslonilnih točk in kontrolne točke (GURS, 2014).

Na slikah 5 do 10 prikazujemo fotografije oslonilnih točk in kontrolne točke (gre za bivšo oslonilno točko, ki je sedaj uvrščena med kontrolne točke iz evidence Geodetske uprave RS), katerim smo s ponovno terensko izmero določili položaje v koordinatnem sistemu D96/TM.

- **Točka 9920109127**

Opis točke: SV vogal strehe

Najbližja hišna številka: Blato 23, 8210 Trebnje



Slika 5: Oslonilna točka 9920109127

- **Točka 992017**

Opis točke: Z vogal strehe

Hišna številka: Benečija 3, 8210 Trebnje

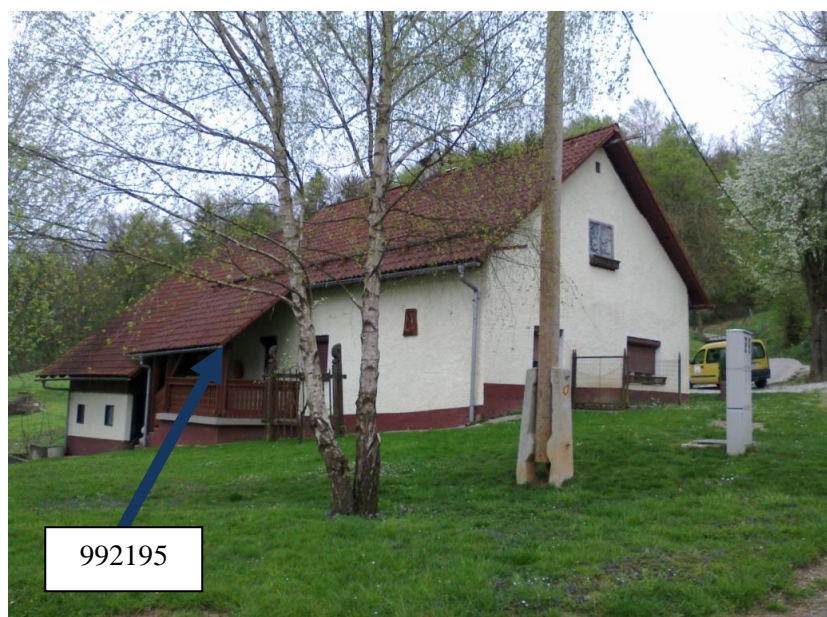


Slika 6: Oslonilna točka 992017

- **Točka 992195**

Opis točke: vogal strehe

Hišna številka: Grič pri Trebnjem 6, 8210 Trebnje



Slika 7: Oslonilna točka 992195

- **Točka 992049**

Opis točke: vogal med kolovozoma, v bližini vasi Velika Račna

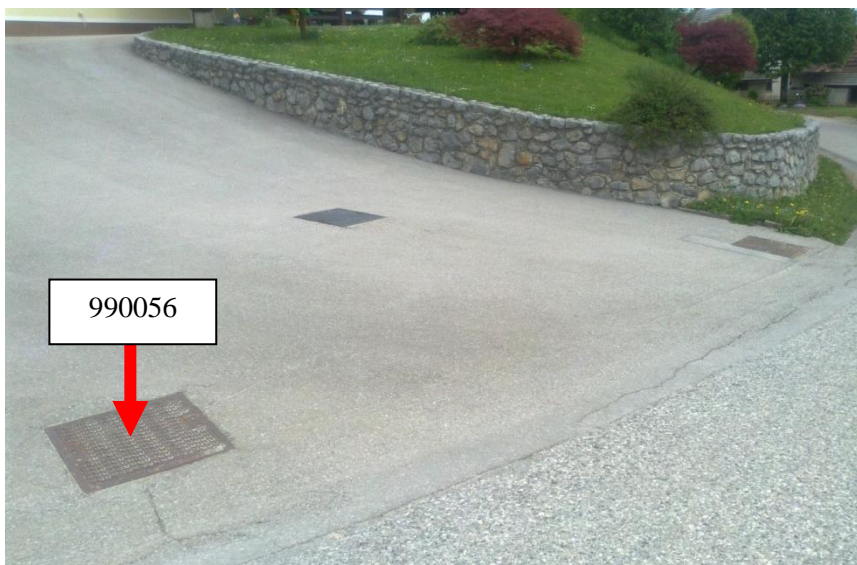


Slika 8: Oslonilna točka 992049

- **Točka 990056**

Opis točke: center pokrova jaška

Najbližja hišna številka: Vrbičje 6, 1290 Grosuplje



Slika 9: Oslonilna točka 990056

- **Točka 9920100107**

Opis točke: center pokrova jaška

Najbližja hišna številka: Premrlova ulica 14, 1000 Ljubljana



Slika 10: Kontrolna točka 9920100107

3.3 Terenske meritve na izbranih oslonilnih točkah

V okviru diplomske naloge smo na terenu uporabili dve metodi izmere, in sicer RTK–metodo izmere GNSS in kombinacijo GNSS in klasične metode izmere.

Za RTK–metodo izmere smo uporabili instrument Leica Viva GS15 (slika 11), dlančnik, togo grezilo, stativ za togo grezilo in merski trak. Pred pričetkom meritev smo kakovostno izvedli inicializacijo. Na vsaki oslonilni oziroma kontrolni točki smo opazovanja izvajali 180 sekund. Naša delovišča so bila od stalnih postaj omrežja SIGNAL oddaljena več kot 5 km, zato smo za bazno stojišče uporabili virtualno referenčno postajo VRS, ki nam jo je vzpostavilo omrežje. Centre pokrovov jaškov smo določili s pomočjo merskega traku, tako da smo odmerili diagonale.



Slika 11: GNSS instrument Leica Viva GS15 z dlančnikom (Survey equipment, 2012)

Za izvedbo izmere s sistemom Leica Smartpole smo potrebovali tahimeter, stativ, GNSS instrument Leica Viva, dlančnik, togo grezilo, 360° prizmo in stativ za togo grezilo (slika 12). Z namenom določitve koordinate prostega stojišča, kjer je stal tahimeter, je bilo najprej potrebno določiti koordinate orientacijskih točk. Na vsaki orientacijski točki smo stali 180 sekund po uspešno opravljeni inicializaciji. Nato smo s tahimetrom izmerili dolžino do točke, ki smo jo določili z izmero GNSS. Postopek smo neodvisno ponovili za tri orientacijske točke, ki so bile enakomerno razporejene. S tahimetrom smo s pomočjo laserja nato določili položaje oslonilnih točk.



Slika 12: GNSS instrument in tahimeter sistema Leica Smartpole.

Na terenu smo imeli težavo z določitvijo položaja oslonilne točke na kozolcu (slika 5). Predvidevali smo, da se je odkrušil vogal salonitne strehe, ki naj bi predstavljal oslonilno točko (slika 13). Na podrobnejši sliki vidimo, da se z oslonilnimi točkami marsikaj dogaja in jih je ob ponovni uporabi potrebno preveriti. Na terenu smo določili koordinate dveh točk, za kateri smo predvidevali, da

predstavljata oslonilno točko 9920109127. Nato pa smo za merjeno oslonilno točko vzeli tisto, pri kateri smo dosegli manjša odstopanja med merjenimi koordinatami in tistimi iz evidence Geodetske uprave RS.



Slika 13: Problematika oslonilne točke 9920109127, prikazana je tudi na sliki 5.

Drugi problematični primer se nanaša na talno točko, prikazano na sliki 8. Oslonilna točka je določena na križišču kolovozov, ki se je v naravi spremenil in ga je že na terenu težko definirati (slika 14).



Slika 14: Problematika oslonilne točke 992049, ki je prikazana tudi na sliki 8.

4 OCENA KAKOVOSTI POLOŽAJEV OSLONILNIH TOČK V D96/TM

V preglednici 2 predstavljamo položaje točk v koordinatnem sistemu D96/TM, ki smo jih določili s ponovno terensko izmero. Koordinate primerjamo s koordinatami točk, ki jih vodijo v evidenci Geodetske uprave RS (preglednica 3). Na ta način s pomočjo rezultatov iz preglednice 4 podamo oceno kakovosti koordinat izbranih oslonilnih točk in kontrolne točke.

Preglednica 2: Koordinate točk v D96/TM, določene s ponovno terensko izmero.

| ime točke | n[m] | e[m] | H[m] | metoda izmere |
|-------------------|-----------|------------|--------|---------------|
| 9920109127 | 88.221,72 | 500.038,86 | 315,59 | kombinacija |
| 992017 | 85.014,02 | 499.471,38 | 291,04 | kombinacija |
| 992195 | 85.295,37 | 497.732,28 | 323,96 | kombinacija |
| 992049 | 85.010,87 | 476.380,98 | 323,23 | RTK GNSS |
| 990056 | 86.710,03 | 469.872,95 | 391,57 | RTK GNSS |
| 9920100107 | 97.628,01 | 463.567,99 | 288,78 | RTK GNSS |

Preglednica 3: Koordinate točk iz evidence Geodetske uprave RS v koordinatnem sistemu D96/TM.

| ime točke | n[m] | e[m] | H[m] |
|-------------------|-----------|------------|--------|
| 9920109127 | 88.221,65 | 500.038,71 | 315,75 |
| 992017 | 85.013,87 | 499.471,43 | 291,14 |
| 992195 | 85.295,33 | 497.732,29 | 324,02 |
| 992049 | 85.010,50 | 476.380,83 | 323,00 |
| 990056 | 86.710,03 | 469.872,98 | 391,53 |
| 9920100107 | 97.627,95 | 463.568,25 | 288,88 |

Preglednica 4: Odstopanja med koordinatami iz evidence in našimi meritvami.

| ime točke | Δ n[m] | Δ e[m] | Δ H[m] |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 9920109127 | -0,06 | -0,15 | 0,16 |
| 992017 | -0,15 | 0,05 | 0,10 |
| 992195 | -0,03 | 0,02 | 0,06 |
| 992049 | -0,37 | -0,15 | -0,23 |
| 990056 | 0,00 | 0,03 | -0,04 |
| 9920100107 | -0,06 | -0,26 | 0,10 |

Iz numeričnih vrednosti koordinat iz preglednic 2–4 lahko razberemo, da so odstopanja med danimi koordinatami in meritvami pri točkah 9920109127 (slika 5), 992017 (slika 6) in 990056 (slika 9) manjša kot v primerjavi razlik koordinat iz Geodetske uprave RS in transformiranimi koordinatami. Zato lahko rečemo, da so bile le-te kakovostno določene v novem koordinatnem sistemu in bi koordinate teh točk lahko uporabili tudi danes. Problematična je le točka 9920109127 (slika 5), ker se

je vogal strehe odkrušil. Pri točki 992195 (slika 7) so odstopanja nekoliko večja odstopanja po osi N in znašajo 2,8 cm.

Večje odstopanje je v primeru točke 992049 (slika 8), kjer je bila že sama lokacija točke zaradi spremembe kolovozne poti slabo definirana. To oslonilno točko bi lahko uvrstili med točke slabše kakovosti, ki naj bi je v ponovnih izmerah ne uporabili oziroma bi ji morali položaj ponovno določiti. Tudi za kontrolno točko 9920100107 (slika 10) lahko rečemo, da je slabše kakovosti, saj odstopanje v osi E znaša 26 cm, tudi višinsko je točka slabše definirana. Glede na to, da so v CAS 2012–2014 od izvajalcev strogo zahtevali, da so oslonilne in kontrolne točke bile določene v koordinatnem sistemu D96/TM, bi lahko razlog za večje odstopanje poiskali drugje. Najbrž v sami določitvi koordinat točk z metodo GNSS–izmere. Kontrolna točka 9920100107 (slika 10) se nahaja na območju nakupovalnega središča na Rudniku. Večina stavb v okolici kontrolne točke je kovinskih. Sklepamo, da je razlog za odstopanje v koordinatah pojav odboja signala GNSS od kovinskih površin v času inicializacije. Zato bi v primeru dane kontrolne točke predlagali, da je v prihodnje ne bi določili na konkretni lokaciji, ampak nekoliko stran od kovinskih stavb.

5 PRIMERJAVA POLOŽAJEV TALNIH TOČK, DOLOČENIH NA TERENU S KOORDINATAMI, ODČITANIMI Z ORTOFOTA

Glede na to, da smo v izboru točk imeli nekaj talnih točk, smo se poleg ocene kakovosti oslonilnih točk odločili še za nadaljnjo primerjavo kakovosti položajev, katerim koordinate smo določili na terenu s koordinatami, ki smo jih odčitali z ortofota. Postopek smo naredili na podoben način kot ocenjujejo kakovost ortofota. S pomočjo programa ArcMap smo na ortofotu označili, kje naj bi se točke nahajale točke in odčitali koordinate, nato smo pa uvozili še naše meritve teh »identičnih« točk. Vse točke so prikazane na DOF025, ki ima dolžino talnega intervala 25 cm.

To prikazujemo na slikah 15–17. Koordinatna odstopanja v ravnini smo izračunali po preprostih enačbah

$$\Delta n = n_{\text{merjeno}} - n_{\text{ortofoto}}$$

$$\Delta e = e_{\text{merjeno}} - e_{\text{ortofoto}}$$

in jih predstavljamo v preglednicah od 5 do 7.



Legend

- točke ortofoto
- točke iz meritev

0 1,5 3 6 metrov

Andreja Medved, julij 2015

Slika 15: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat Velika Račna (slika 8).

Preglednica 5: Odstopanje za točke na območju Velike Račne (slika 8).

| ime točke | $\Delta n[m]$ | $\Delta e[m]$ |
|-----------|---------------|---------------|
| 992049 | -0,25 | 0,47 |
| 49_2 | -0,18 | 0,45 |

Glede na to, da je bila oslonilna točka 992049 slabo definirana in se kolovoz poljskih poti lahko spreminja, so pričakovana večja odstopanja. Največje odstopanje znaša 47 cm, kar je nekako pričakovano, saj smo na ortofotu težko določili točko, kjer smo na terenu dejansko izvajali meritev.



Legenda

- točke ortofoto
- točke iz meritev

0 2,75 5,5 11 metrov

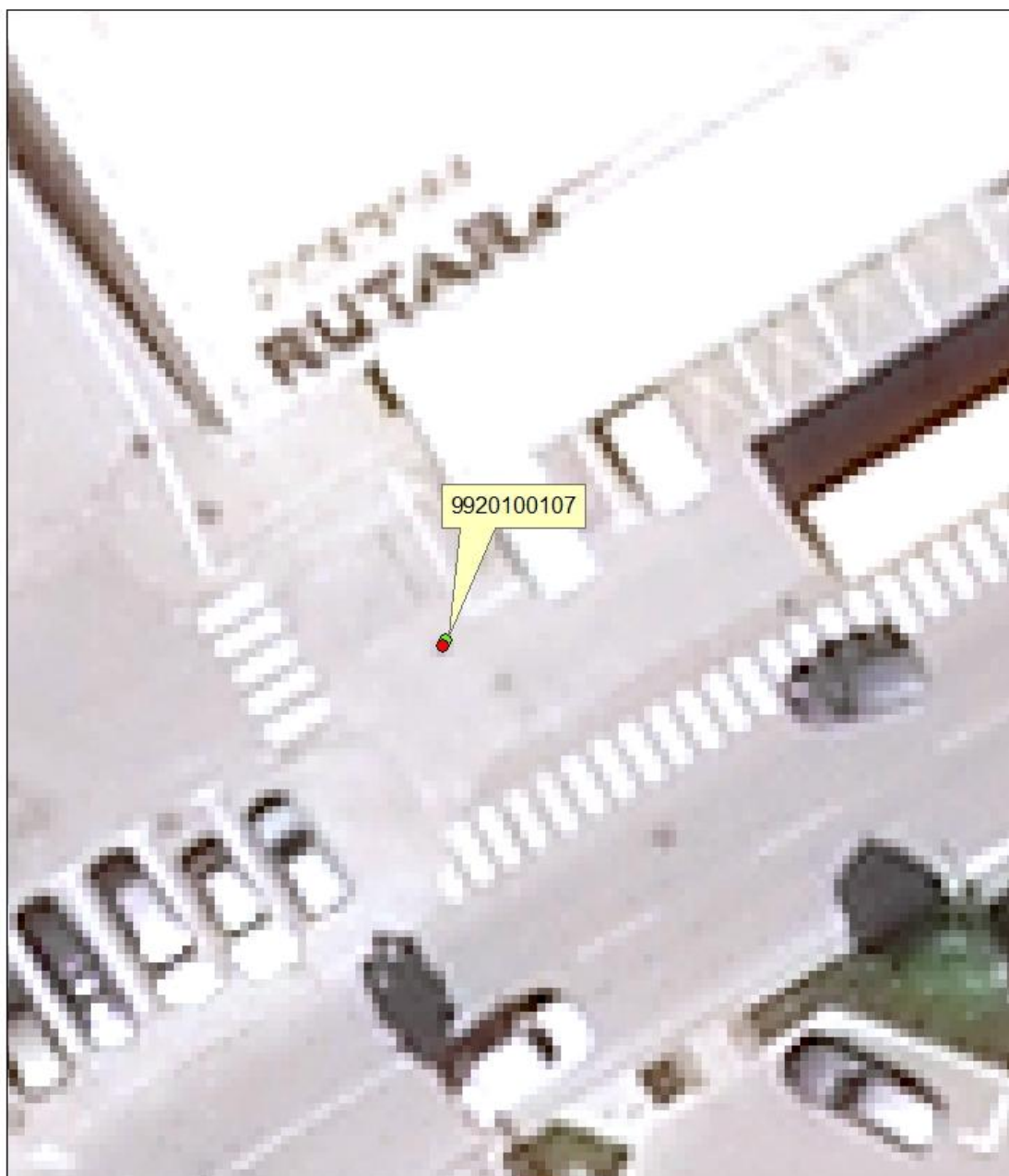
Andreja Medved, julij 2015

Slika 16: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat Vrbičje (slika 9).

Preglednica 6: Odstopanje za točke na območju Vrbičja (slika 9, 16)

| ime točke | Δn [m] | Δe [m] |
|---------------|----------------|----------------|
| 990056 | –0,00 | 0,33 |
| 56_2 | –0,10 | 0,18 |
| 56_3 | 0,01 | 0,44 |

Poleg oslonilne točke 990056 (slika 9) smo določili položaj dveh točki v bližnji okolici, ki tudi predstavljata centra jaškov. Največja vrednost odstopanja med merjenimi in odčitanimi koordinatami znaša 44 cm. Pričakovana odstopanja so bila manjša, kot pa smo jih določili. Lahko bi rekli, da je za večja odstopanja krivo težko definiranje centra jaškov na ortofotu.



Legenda

- točke iz meritev
- točke ortofoto

0 2 4 8 metrov

Andreja Medved, julij 2015

Slika 17: Prikaz merjenih in odčitanih koordinat za točko 9920100107 (slika 10).

Preglednica 7: Odstopanje za točko na območju Rudnika v Ljubljani (slika 10, 17)

| ime točke | $\Delta n[m]$ | $\Delta e[m]$ |
|------------|---------------|---------------|
| 9920100107 | 0,14 | 0,07 |

Zanimivo je, da najmanjša odstopanja v dosežemo ravno pri točki, za katero predvidevamo, da je šlo za slabše pogoje izvedbe opazovanj GNSS. Največje odstopanje med merjeno in odčitano koordinato z ortofota znaša 14 cm.

7 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bil ugotoviti kakovost oslonilnih točk, ki jih izvajalci aerotriangulacije vključijo v postopek izravnave aerotriangulacije. Do leta 2009 so uporabljali stari koordinatni sistem D48/GK, kasneje so izdelke začeli izdelovati v novem koordinatnem sistemu D96/TM in s tem je bilo potrebno določiti tudi oslonilne in kontrolne točke v novem koordinatnem sistemu. Zbirko koordinat oslonilnih in kontrolnih točk vodi Geodetska uprava RS. Koordinate točk so določene tako v starem D48/GK kot v novem koordinatnem sistemu D96/TM. Koordinate v D96/TM so lahko določene na dva načina, in sicer z meritvami na terenu ali pa s transformacijo iz D48/GK ob uporabi ustreznih transformacijskih parametrov. Poudariti velja, da slednja rešitev ni dovolj dobra za to, da bi koordinate obravnavali kot kakovosten vhodni podatek za nadaljnjo izravnavo. Odstopanja direktno pridobljenih in transformiranih koordinat lahko znašajo tudi 30 cm.

Ugotovitve, do katerih smo prišli ob delu pri diplomski nalogi so, da bi morali izvajalci aerotriangulacije veliko pozornost nameniti ponovnemu rekognosciranju obstoječih oslonilnih točk, v evidenci pa bi določene točke označili za manj dobre. Za ponovno rekonstrukcijo starega stanja bi bilo morda tudi dobro, da bi evidenco Geodetske uprave RS dopolnili z izvornimi opazovanji in z načinom meritev (opazovanja RINEX in klasične meritve). Na ta način bi lahko z naknadno obdelavo ponovno določili položaj točkam. Na osnovi primerjave koordinat večkratnih izmer pa bi lahko ocenili, ali je na točki prišlo do sprememb (npr. če so točko zaradi določenih gradbenih del premaknili). Večjo pozornost bi bilo potrebno posvetiti tudi pogojem izvedbe opazovanj GNSS, saj se v določenih situacijah lahko zgodi, da je položaj točke določen na osnovi indirektno prispelih opazovanj GNSS, ki so se odbili od kovinskih objektov, kot predvidevamo za situacijo v povezavi s točko 9920100107 (slika 10).

Diplomska naloga je nastala kot opozorilo, da izdelava visokokakovostnih izdelkov ni mogoča brez kakovostnih vhodnih podatkov. Pokazali smo, da je kakovost določitve položajev oslonilnih točk še kako ključna in pomembna, da dosežemo visokokakovostni končni izdelek. Res pa je tudi, da dobri vhodni podatki še niso dovolj. Kakovost končnih izdelkov je nadalje odvisna tudi od korektno opravljenih nadaljnjih postopkov fotogrametrične obdelave.

VIRI

Bilban, G. 2014. Analiza kakovosti določitve položaja v omrežjih postaj GNSS. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Bilban): 160, 161, 162 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/4569/1/GEM052_Bilban.pdf (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. 2015. Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. V: Kuhar, M. (ur.), Čop R. (ur.), Gosar A. (ur.), Kobold M. (ur.), Čarman M. (ur.), Ličer M. (ur.), Kralj P. (ur.), Rakovec J. (ur.), Skok G. (ur.), Stopar B. (ur.), Vreča P. (ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014. 20. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 29. januar 2015. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 57–60, 65–66.

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2014. Ciklično aerofotografiranje Slovenije 2014 (CAS 2014). Ljubljana, Tehnična dokumentacija: 7.

http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/JVN_2014/Razpisi/3_CAS_2014/CAS2014_razpisna_dokumentacija.pdf (Pridobljeno 16. 7. 2015.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2015. Prostorski portal, topografski in kartografski podatki, aerofotografije.

http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/aerofotografije/ (Pridobljeno 7. 4. 2015.)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). 2007. Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru: str. 8, 9, 10.

http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc (Pridobljeno 8. 4. 2015.)

Janssen, V. 2009. A comparison of the VRS and MAC principles for network RTK. V: Proceedings of IGNSS Symposium 2009. Queensland, Avstralija, 1–3 December, 2009. Tweed Heads, Avstralija, IGNSS Society Inc: 7 str.

http://eprints.utas.edu.au/9530/1/2009_Janssen_IGNSS2009_proceedings_version.pdf (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

Knez M., Uporaba virtualnega referenčnega stojišča pri statični in kinematični metodi izmere GNSS. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Knez): str. 18–23.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5137/1/BTU038_Knez.pdf (Pridobljeno 19. 8. 2015.)

Kogoj D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera: str. 20, 21.

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Geodetska_izmera_2009.pdf

(Pridobljeno 8. 4. 2015.)

Kosmatin Fras, M. 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. Geodetski vestnik 48, 2: 167–168.

http://www.geodetski-vestnik.com/48/2/gv48-2_168-178.pdf (Pridobljeno 7. 4. 2015.)

Kozmus, K., Stopar, B. 2007. Transformacija koordinat, pretvorba koordinat: aplikacija SiTraNet. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodeziji.

www.sitranet.si (Pridobljeno 7. 4. 2015.)

Mesner N., Berk S. 2008. Navodilo za nadzor kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu, Geodetski inštitut: str. 8.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2007p/Navodilo_za_nadzor_kakovosti.pdf

(Pridobljeno 8. 4. 2015.)

Survey equipment. 2012.

<http://www.surveyingequipment.com/product/leica-viva-gs15-gps-package/> (Pridobljeno 13. 7. 2015.)