

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.

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

Majerič, M., 2015. Samodejno iskanje talne cestne signalizacije na ortofotu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kosmatin Fras, M., somentor Grigillo, D.): 23 str.

Datum arhiviranja: 07-09-2015

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:

Majerič, M., 2015. Samodejno iskanje talne cestne signalizacije na ortofotu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kosmatin Fras, M., co-supervisor Grigillo, D.): 23 p.

Archiving Date: 07-09-2015

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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA V
INŽENIRSTVU**

Kandidat:

MATEJ MAJERIČ

**SAMODEJNO ISKANJE TALNE CESTNE
SIGNALIZACIJE NA ORTOFOTU**

Diplomska naloga št.: 416/GI

**AUTOMATIC EXTRACTION OF ROAD SURFACE
MARKINGS FROM ORTHOPHOTO**

Graduation thesis No.: 416/GI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. dr. Dejan Grigillo

Ljubljana, 03. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

| Stran z napako | Vrstica z napako | Namesto | Naj bo |
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|

IZJAVE

Podpisani Matej Majerič izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Samodejno iskanje talne cestne signalizacije na ortofotu«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 20.8.2015

Matej Majerič

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| UDK: | 528.715(043.2) |
| Avtor: | Matej Majerič |
| Mentorica: | doc. dr. Mojca Kosmatin Fras |
| Somentor: | asist. dr. Dejan Grigillo |
| Naslov: | Samodejno iskanje talne cestne signalizacije na ortofotu |
| Tip dokumenta: | Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij |
| Obseg in oprema: | 23 str., 2. pregl., 15 sl., 1 pril. |
| Ključne besede: | digitalna slika, ortofoto, slikovna korelacija, smerne puščice |

Izvleček

V diplomskem delu je opisan postopek samodejnega iskanja talne cestne signalizacije na ortofotu, izdelanem iz letalskih posnetkov. Kandidate za talno signalizacijo smo na ortofotu poiskali s postopki digitalne obdelave slik, njihov končni položaj pa potrdili z uporabo slikovne korelacije. Izdelali smo lasten program v programskem jeziku Matlab, s katerim smo postopek preizkusili na praktičnem primeru.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

| | |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| UDC: | 528.715(043.2) |
| Author: | Matej Majerič |
| Supervisor: | Assist. Prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph.D. |
| Cosupervisor: | Assist. Dejan Grigillo. Ph.D. |
| Title: | Automatic extraction of road surface markings from ortophoto |
| Document type: | Graduation Thesis, Higher professional studies |
| Scoop and tools: | 23 p., 2. tab., 15 fig., 1 ann. |
| Keywords: | digital image, ortophoto, image correlation, direction arrows |

Abstract

These thesis describes the procedure for automatic extraction of road markings from an orthophoto, made from aerial photographs. We found candidates for road markings with the use of digital image processing procedures and we confirmed their final position by using image correlation. We developed our own algorithm in the programming language Matlab, which we tested on a practical case .

ZAHVALA

Za vso pomoč, strokovne nasvete, porabljen čas in podporo pri nastajanju diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Mojci Kosmatin Fras in somentorju dr. Dejanu Grigillu.

Posebna zahvala gre tudi moji družini za izkazano podporo in predvsem potrpljenje v času študija.

KAZALO VSEBINE

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA | I |
| IZJAVE | II |
| BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK..... | III |
| BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT | IV |
| ZAHVALA | V |
| 1 Uvod | 1 |
| 1.1 Struktura naloge | 2 |
| 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA | 3 |
| 2.1 Digitalna slika..... | 3 |
| 2.2 Ortofoto | 4 |
| 2.3 Slikovna korelacija | 5 |
| 2.4 Prometna signalizacija..... | 7 |
| 3 RAZVOJ ALGORITMA ZA SAMODEJNO PREPOZNAVANJE SMERNIH PUŠČIC NA ORTOFOTU..... | 8 |
| 3.1 Vhodni podatki algoritma..... | 8 |
| 3.2 Diagram poteka, shema algoritma..... | 11 |
| 3.3 Pretvorba slike in tarče v bitno sliko in morfološke operacije..... | 12 |
| 3.4 Odstranitev premajhnih in prevelikih območij, ter pogoj male in velike polosi elipse 14 | |
| 3.5 Rotacija tarče in slikovna korelacija Normxcorr2..... | 16 |
| 4 Rezultati slikovne korelacije | 18 |
| 5 Zaključek | 20 |
| VIRI..... | 21 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Lastnosti ortofota..... | 8 |
| Preglednica 2: Slikovne koordinate izrezanih delov ortofota s koeficienti korelacije | 18 |

KAZALO SLIK

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Digitalna slika, koordinatni sistem digitalne slike (Kraus, 2007:str. 39) | 3 |
| Slika 2: Izdelava ortofota (Kraus, 2007: str. 368)..... | 5 |
| Slika 3: Tarča in matrika iskanja (Kraus, 2007: str. 324)..... | 6 |
| Slika 4: Označbe na vozišču (Uradni list RS, št. 46/2000)..... | 7 |
| Slika 5:Barvni ortofoto z oznako I2271202 z izrezanim delom obravnavanega območja ortofota | 9 |
| Slika 6: Oblika in mere puščic (v metrih) za smer naravnost (V-18) (a), levo (V-19) (b) in desno (V19.1) (c) (TSC, 2010: str 19, 20, 21) | 10 |
| Slika 7: Izrisane tarče v programu Autocad, puščica naravnost (V-18) (a), levo (V-19) (b) in desno (V19.1) (c). | 11 |
| Slika 8: Diagram poteka iskanja talne cestne signalizacije na ortofotu | 12 |
| Slika 9: Sliki prikazujeta različni vrednosti praga binarizacije. Slika (a) prikazuje privzeto vrednost praga programa Matlab, slika (b) prikazuje empirično določeno vrednost praga. | 13 |
| Slika 10: Prikaz uspešne uporabe morfološkega zapiranja. Slika (a) prikazuje začetno binarno sliko. Slika (b) prikazuje binarno sliko po izvedbi morfološkega zapiranja..... | 14 |
| Slika 11: Desna slika prikazuje rezultat po odstranitvi premajhnih oziroma prevelikih objektov | 15 |
| Slika 12: Prikaz objektov z elipso (Mathworks, 2015)..... | 15 |
| Slika 13: Graf koeficientov slikovne korelacije..... | 16 |
| Slika 14: Slika prikazuje zasukano tarčo (a) glede na iskalno matriko (b)..... | 17 |
| Slika 15: Rezultati samodejnega iskanja talne signalizacije | 19 |

1 Uvod

Pri svojem delu v komunalnem podjetju, na oddelku kataster, velik del mojega delovnika zajema vzdrževanje operativnih katastrov posamezne infrastrukture. Delijo se na kataster kanalizacije, javne razsvetljave in javne prometne površine. V želji po posodobitvi in optimizaciji postopka ažuriranja posameznih baz podatkov, sem se odločil, da raziščem nove možnosti ažuriranja obstoječih podatkovnih baz.

V diplomskem delu sem se osredotočil na optimizacijo vzdrževanja katastra javnih prometnih površin in sicer podrobneje na talno cestno signalizacijo. Določene vsebine talne signalizacije se lahko vektorizirajo iz ortofota. Ortofoto uporabljamo kot dopolnilo pri izdelavi in uporabi vektorskih baz, topografskih kart, predvsem pa se uporablja v bazah GIS.

Pridobivanje oziroma zajem letalskih posnetkov je s sodobnim razvojem brezpilotnih letalnikov postalo dostopno in dokaj poceni. V relativno kratkem času zajamemo veliko količino podatkov o površju, obdelava le-teh pa zahteva več časa. Zaradi velike količine podatkov je smiselno nekatere postopke avtomatizirati. Na ortofotu, izdelanem iz letalskih posnetkov, lahko z različnimi programi samodejno iščemo vzorce.

V nalogi smo izdelali lasten program za iskanje smernih puščic na ortofotu v programskem jeziku Matlab, in ga preizkusili na praktičnem primeru. Program je napisan splošno, tako da bi lahko deloval na različnih primerih. Kandidate za talno signalizacijo smo na ortofotu poiskali s postopki digitalne obdelave slik, njihov končni položaj smo potrdili z uporabo slikovne korelacije.

Glede na opisane cilje postavimo hipotezo: » Na ortofotu lahko s postopki digitalne obdelave slik in postopkom slikovne korelacije odkrijemo talne smerne puščice.«

1.1 Struktura naloge

V drugem poglavju navedemo in opišemo teoretična izhodišča naloge. V tretjem poglavju opišemo strukturo in razvoj algoritma, ter podamo podrobnejšo razlago posameznih korakov algoritma. V četrtem poglavju podamo analizo rezultatov ter strnemo naše ugotovitve glede uporabnosti koncepta in zapišemo ideje, ki bi pripomogle k izboljšanju postopka. Sledijo seznam virov, ki so navedeni v diplomski nalogi in priloge.

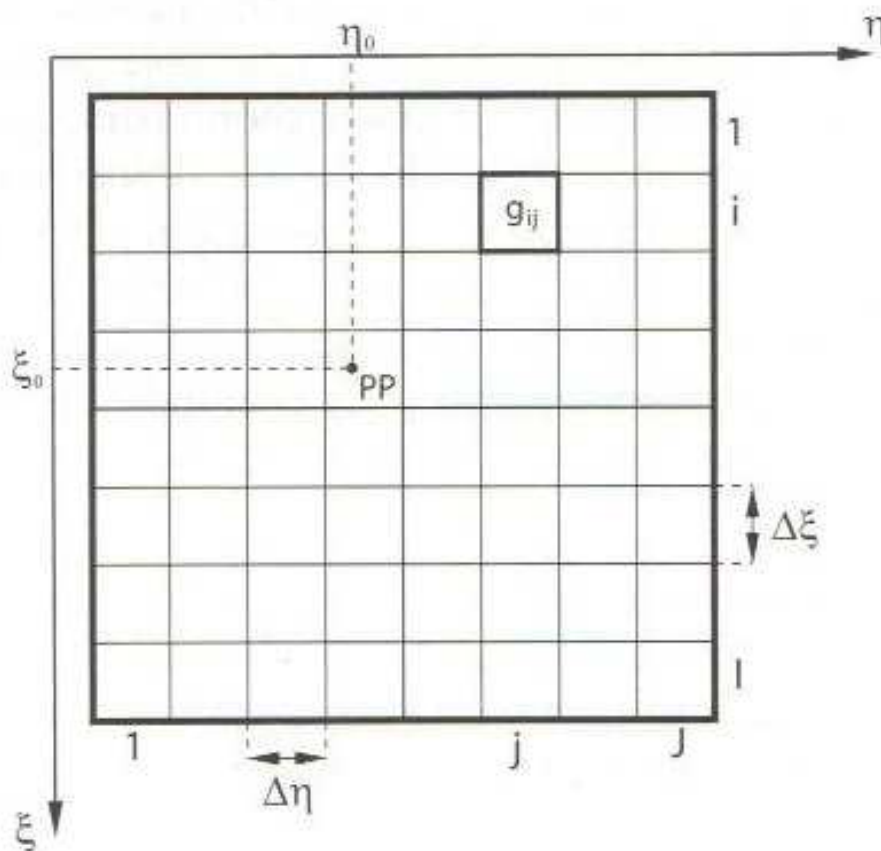
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

V tem poglavju opredelimo kaj je digitalna slika, ortofoto in slikovna korelacija. Navedemo tudi osnove pravilnika o cestni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah.

2.1 Digitalna slika

Digitalna slika je dvodimenzionalna matrika razsežnosti $I \times J$, kjer vrednosti posameznih elementov predstavljajo radiometrično vrednost oziroma intenziteto (g_{ij}).

Njihova vrednost je odvisna od instrumenta, s katerim je bila napravljena slika. Če je zajem slik barven, je običajna radiometrična ločljivost slike 24 bitov, to je po 8 bitov za rdečo, zeleno in modro barvo (Kraus, 2007). Podatke, ki jih vsebujejo slike, ponavadi prikažemo z razponom sivih vrednosti, pri čemer črni ustreza vrednost 0, beli pa največja mogoča vrednost (na primer 255 pri 8-bitnih podatkih) (Oštir, 2006). V binarnih slikah imamo 2 vrednosti, črno in belo. Slika 1 prikazuje dvodimenzionalno matriko s koordinatnim sistemom.



Slika 1: Digitalna slika, koordinatni sistem digitalne slike (Kraus, 2007:str. 39)

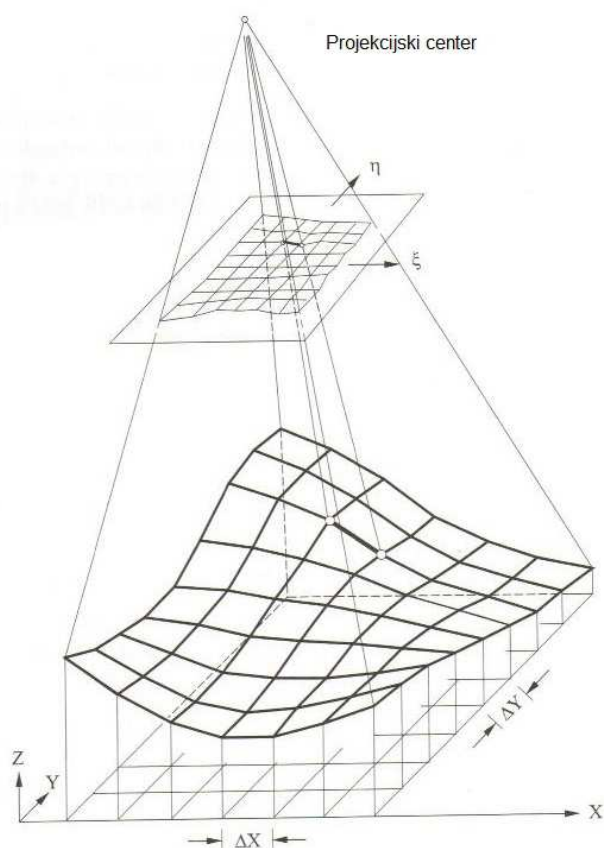
Če želimo izvajati meritve na digitalni sliki, je najprej potrebno opredeliti koordinatni sistem digitalne slike. Z uvedbo koordinatnega sistema digitalne slike z izhodiščem, ki je za polovico velikosti piksla premaknjen izven slikovne matrike, in poznavanje velikosti piksla, lahko za vsak piksel določimo koordinato njegovega središča. S tem je omogočena uporaba slik za fotogrametrične namene (Kraus, 2007).

Digitalna slika je sestavljena iz slikovnih elementov (pikslov), ki so razporejeni v matrični obliki. Piksli ali slikovni elementi predstavljajo najmanjše dele slike. S posnetki večje ločljivosti opazujemo manjše dele površja z boljšo natančnostjo, s slikami nizke ločljivosti pa večje dele z manjšo natančnostjo (Oštir, 2006). Prostorska ločljivost oziroma približna velikost piksla v naravi je torej odvisna od velikosti in ločljivosti slikovnega senzorja, goriščne razdalje objektiva in višine leta.

Razdalja med opazovanimi predmeti in snemalnimi napravami določa natančnost opazovanj in površino, ki jo naenkrat zajamemo. Najmanjše opazovano območje na površju imenujemo tudi resolucijska ali ločljivostna celica, njegovala velikost pa opredeljuje prostorsko ločljivost senzorja (Oštir, 2006).

2.2 Ortofoto

Ortofoto zagotavlja prostorske informacije za različne GIS in kartografske programe. Ortofoto je fotogrametrični izdelek, ki ga dobimo s transformacijo fotografije v ortogonalno projekcijo. Ortofoto izdelamo z digitalnimi postopki. Pred izdelavo ortofota je potrebno najprej izvesti orientacijo posnetka in pridobiti podatke o obliki terena (Bric et al., 2010). Orientacija posnetkov je sestavljena iz notranje orientacije, ki se nanaša na fotoaparata (konstanta fotoaparata, položaj glavne točke, optična distorzija), in zunanje orientacije, ki pomeni določitev položaja posnetka v prostoru v trenutku ekspozicije (Kosmatin Fras, 2004). Slika 2 prikazuje postopek izdelave ortofota s preslikavo orientiranega posnetka na digitalni model višin.



Slika 2: Izdelava ortofota (Kraus, 2007: str. 368)

Kakovost ortofota je odvisna od kakovosti in ločljivosti izvirnega posnetka, od kakovosti zunanje in notranje orientacije, od kakovosti digitalnega modela višin ter od uporabljene metode za transformacijo.

2.3 Slikovna korelacija

Samodejno merjenje slikovnih koordinat točk predstavlja le majhen del avtomatizacije, ki jo omogoča digitalni zapis podatkov v digitalno sliko. Metode samodejnega merjenja koordinat točk slonijo na slikovnem ujemanju delov slik. V primeru merjenja koordinat točk na eni sliki obravnavamo ujemanje slike s ciljno matriko (tarčo), v kateri je zapisana oblika točke, kateri želimo določiti položaj v koordinatnem sistemu digitalne slike (Grigillo, 2003).

Ujemanje na podlagi površin je povezano z ujemanjem radiometričnih vrednosti v digitalnih slikah. Primerja se razporeditev intenzitet v majhnih površinah dveh slik. Merjenje podobnosti se izvaja s slikovno korelacijo ali z natančnimi tehnikami najmanjših kvadratov (Kraus, 2007).

Slika 3 prikazuje tarčo in matriko iskanja.

2.4 Prometna signalizacija

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah predpisuje vrsto, pomen, obliko, barvo, velikost in postavljanje prometne signalizacije in prometne opreme na javnih cestah. Prometna signalizacija in prometna oprema na cestah (tudi na nekategoriziranih cestah), ki se uporabljajo za javni cestni promet, so: prometni znaki, turistična obvestilna signalizacija in prometna oprema na cestah (Uradni list RS, št. 46/2000).

Označbe na vozišču in drugih prometnih površinah so bele barve in se izvedejo na naslednje načine: lahko se narišejo, nalijejo, nalepijo, vtisnejo ali vgradijo (Uradni list RS, št. 46/2000). Slika 4 prikazuje horizontalno prometno signalizacijo.



Slika 4: Označbe na vozišču (Uradni list RS, št. 46/2000)

3 RAZVOJ ALGORITMA ZA SAMODEJNO PREPOZNAVANJE SMERNIH PUŠČIC NA ORTOFOTU

V tem poglavju predstavimo delovanje algoritma in opišemo posamezne korake.

3.1 Vhodni podatki algoritma

Vhodni podatek algoritma sta slika in tarča. Slika je barvni ortofoto, na katerem bomo iskali smerne puščice. Ortofoto, ki smo ga uporabili v našem primeru, je izdelan iz letalskih fotografij in ima velikost slikovnega elementa 0,1 m x 0,1 m. Izdelan je bil za območje mestne občine Maribor. Uporablja se ga v spletni aplikaciji Urada za komunalno, promet, okolje in prostor. Georeferencirani posnetki imajo položajno točnost okoli 0,3 m. Preglednica 1 prikazuje njegove lastnosti.

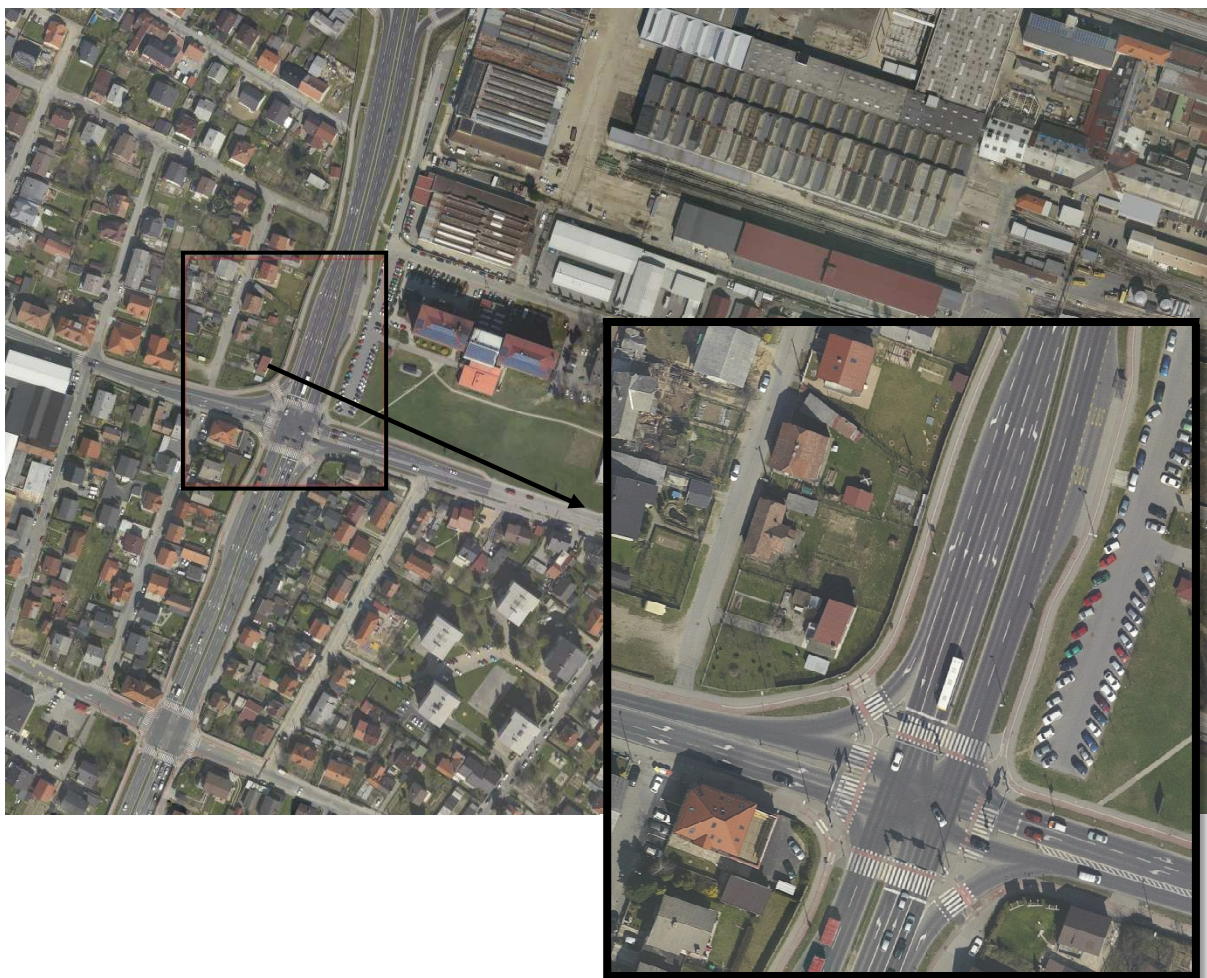
Preglednica 1: Lastnosti ortofota

| | DOF010 |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Opis | Barvni ortofoto |
| Leto izdelave | 2011 |
| Oznaka lista | I271202 |
| Barvni prostor | RGB |
| Radiometrična ločljivost | 24 bitov - 3 kanali vsak po 8 bitov |
| Prostorska ločljivost | 0,1m |

Območje ortofota je v mestni občini Maribor, velikosti 750 m x 500 m ali 7500 x 5000 pikslov z robnimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu (D48/GK).

Y: 548000 m - 548750 m X: 156500 m - 157000 m

Slika 5 prikazuje ortofoto z oznako lista I271202.



Slika 5: Barvni ortofoto z oznako I2271202 z izrezanim delom obravnavanega območja ortofota

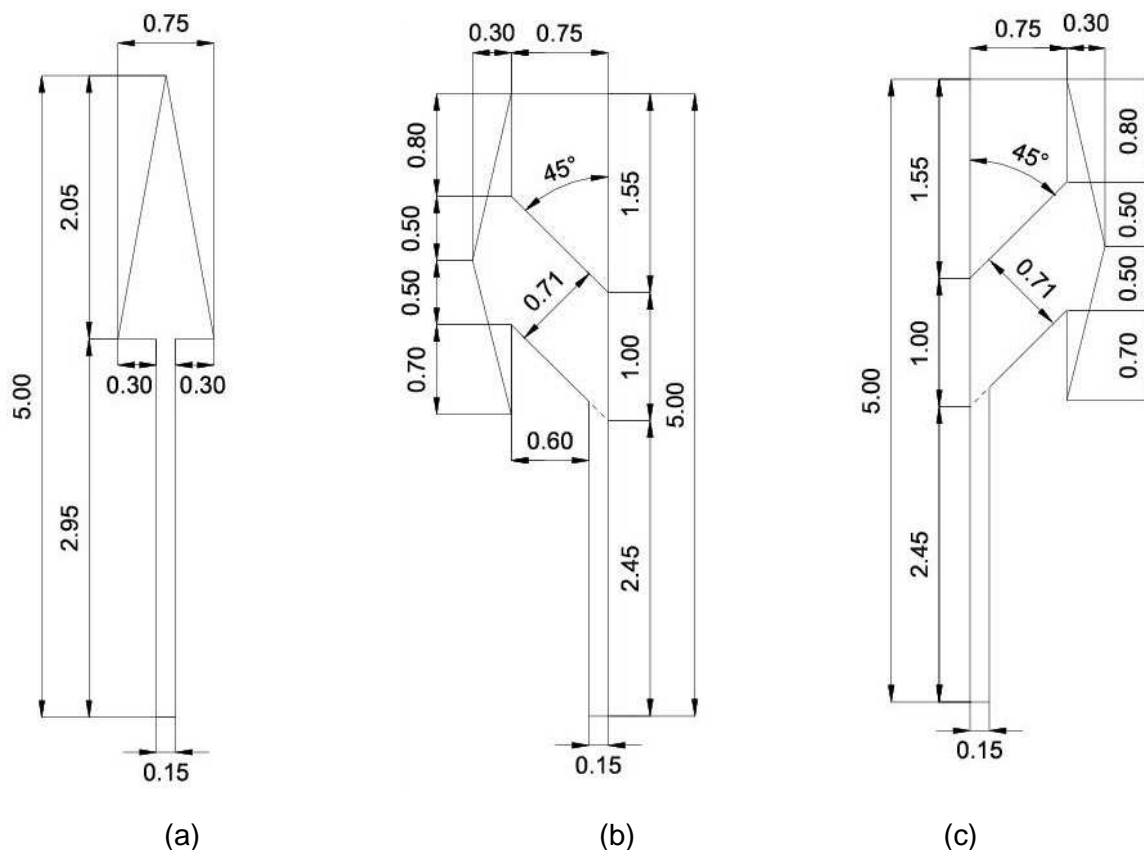
Za testno obdelavo v diplomski nalogi smo izrezali del barvnega ortofota, kjer se nahaja največ puščic in v nadaljevanju uporabili koordinatni sistem digitalne slike.

Za tarčo smo uporabili puščice za označevanje smeri vožnje, ki spadajo pod druge označbe na voziščih in drugih prometnih površinah in se označujejo kot (TSC, 2010):

- puščice za označevanje obvezne smeri vožnje,
- puščice za označevanje dovoljenih smeri vožnje,
- puščice za razvrščanje pred križiščem,
- puščice za označevanje namena prometnih pasov v območju razcepov avtocest ali hitrih cest,

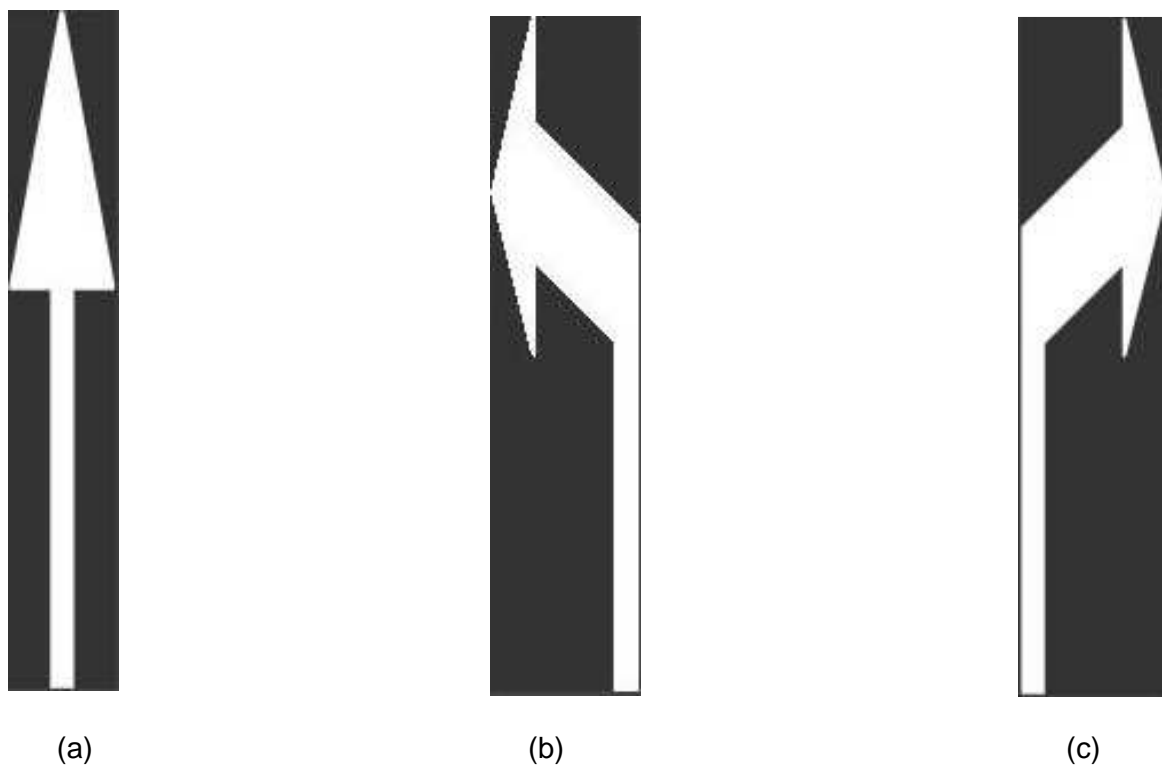
- puščice za usmerjanje prometa, označevanje smeri v garažnih hišah, označevanje obveznih ali dovoljenih smeri vožnje na kolesarskih površinah.

V nalogi smo se posvetili puščicam za razvrščanje pred križiščem in za usmerjanje prometa: smer naravnost, levo in desno velikosti 5 m. Slika 6 prikazuje dimenzije smernih puščic povzetih iz dokumenta Tehnična specifikacija za javne ceste.



Slika 6: Oblika in mere puščic (v metrih) za smer naravnost (V-18) (a), levo (V-19) (b) in desno (V19.1) (c) (TSC, 2010: str 19, 20, 21)

Tarčo sem izrisal v programu Autocad po merah iz pravilnika o cestni signalizaciji. Izrisal sem tri tarče, puščico naravnost, levo in desno in jih spremenil v slikovno datoteko v zapisu jpg v merilu 1:100. Tarčo je Matlab prebral kot vhodno datoteko, jo spremenil v bitno sliko in spremenil v ustrezno merilo. Puščica je velika 5 m, velikost piksla na ortofotu je 0,1 m, iz tega sledi, da je tarča, na kateri je puščica, dolga 50 pikslov. Tarča je sestavljena iz dveh območij, iz sivinske vrednosti okolice puščice, da se čimbolj sklada z barvo asfalta (vrednost intenzitete piksla 50) in bele barve za puščico (vrednost intenzitete piksla 255). Slika 7 prikazuje smerne puščice izrisane v programu Autocad.

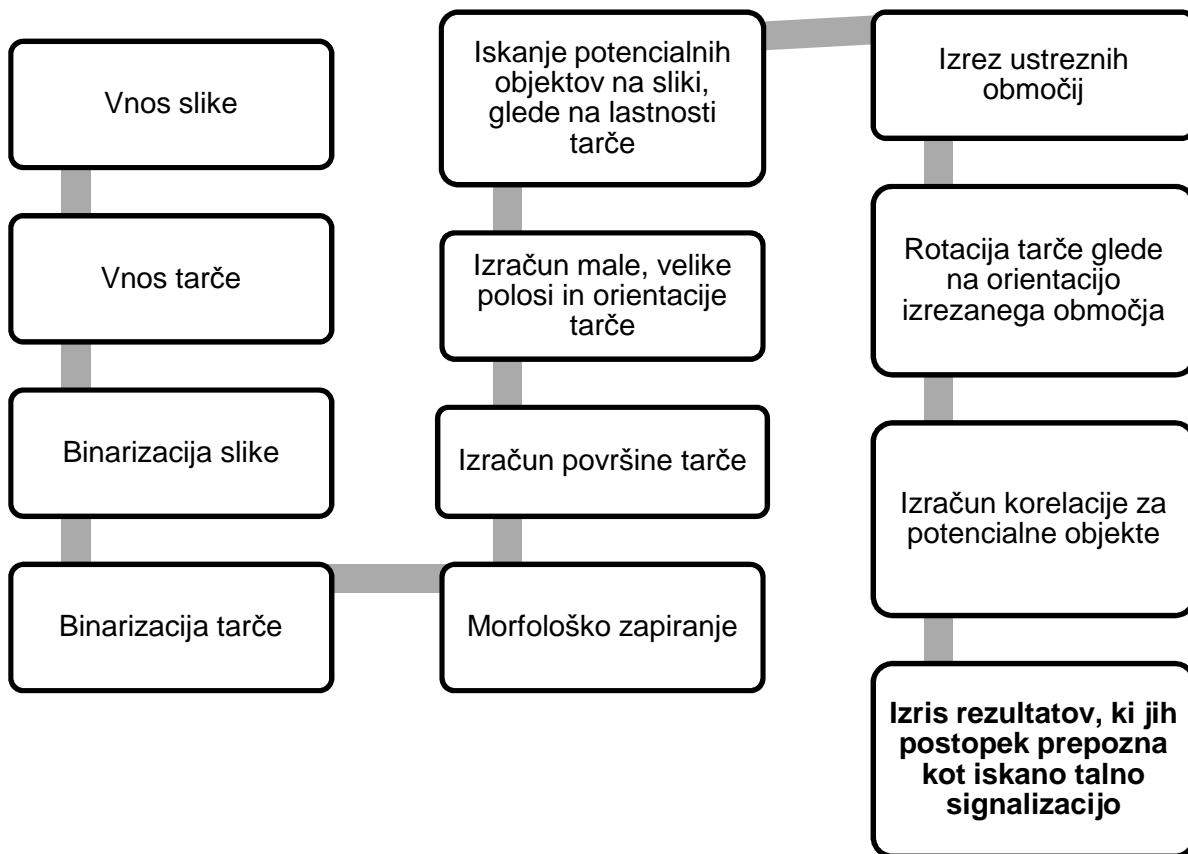


Slika 7: Izrisane tarče v programu Autocad, puščica naravnost (V-18) (a), levo (V-19) (b) in desno (V19.1) (c).

3.2 Diagram poteka, shema algoritma

Za izvedbo iskanja talne signalizacije na ortofotu smo izbrali območje, na katerem imamo čim več raznolikosti. Na ortofotu so vozila, strehe stavb, sence objektov, zelenice, itd. Nekatere bele ploskve puščic so zbledele, nekatere so prekinjene s sencami objektov. Vse naštetu predstavlja realne primere.

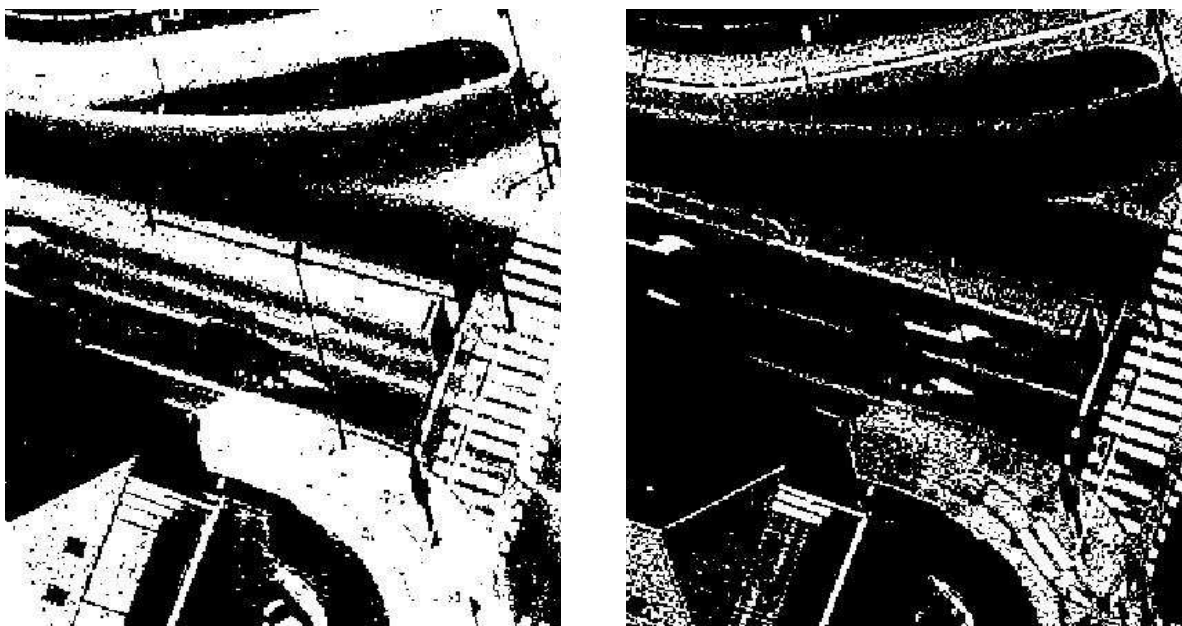
Naš cilj je poiskati vse puščice za razvrščanje pred križiščem in za usmerjanje prometa na ortofotu. Ortofoto je potrebno najprej pripraviti za iskanje, to pomeni, da s slike poskušamo odstraniti čim več nepotrebnih objektov. Glede na vhodni podatek – tarčo, in njene lastnosti, določimo lokacije na ortofotu z največjo verjetnostjo, da se na tem območju nahaja katera od puščic. Iz izrezanega dela slike in s pravilno rotirano tarčo računamo korelacijo. Diagram poteka je prikazan na sliki 8.



Slika 8: Diagram poteka iskanja talne cestne signalizacije na ortofotu

3.3 Pretvorba slike in tarče v bitno sliko in morfološke operacije

Prvi korak pri iskanju talne signalizacije je pretvorba RGB slike v binarno sliko. Zaradi radiometrične vrednosti cestišča in talnih označb smo za pretvorbo v bitno sliko uporabil prag radiometrične vrednosti piksla 150. Program Matlab ima za pretvorbo v bitno sliko nastavljeno privzeto vrednost 0,5, kar pomeni vrednost intenzitete piksla 127. Vrednost praga smo določili empirično na podlagi pregleda rezultatov binarizacije. Slika 9 prikazuje binarizacijo slike.



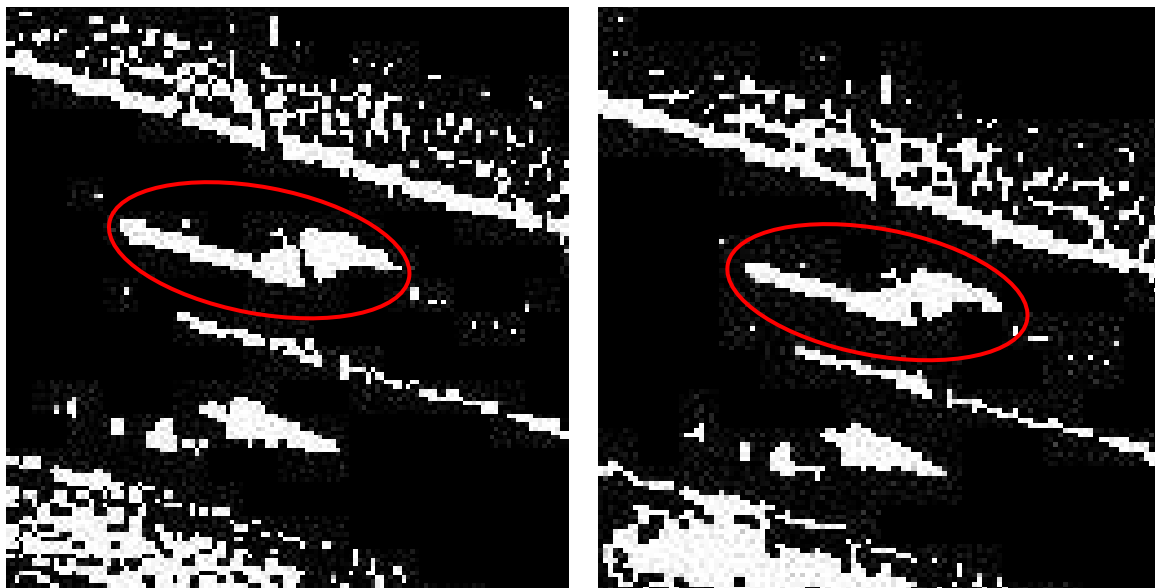
(a)

(b)

Slika 9: Sliki prikazujeta različni vrednosti praga binarizacije. Slika (a) prikazuje privzeto vrednost praga programa Matlab, slika (b) prikazuje empirično določeno vrednost praga.

Naslednja stopnja obdelave slike je morfološko zapiranje slike. Morfološko zapiranje slik je sestavljeno iz osnovnih morfoloških operacij dilacije in erozije. Uporabi se dilacija, ki ji sledi erozija z istim strukturnim elementom. Zapiranje gladi obrise objektov, združuje ozke prelome, zapolnjuje tanke ožine in luknje, ki so manjše od strukturnega elementa (Gonzales, Woods, Eddins, 2004).

Slika 10 prikazuje uporabo morfološkega zapiranja s kvadratnim strukturnim elementom razsežnosti dveh pikslov, po kateri program uspešno poišče puščico. Vzrok, da program najprej ni našel puščice je bila premajhna površina puščice, ki je bila zaradi sence ulične svetilke med binarizacijo razdeljena na dva objekta. Ko smo ta dva objekta z zapiranjem združili, smo zagotovili, da puščica ni bila izločena iz nadaljnje obdelave glede na kriterij površine tarče.



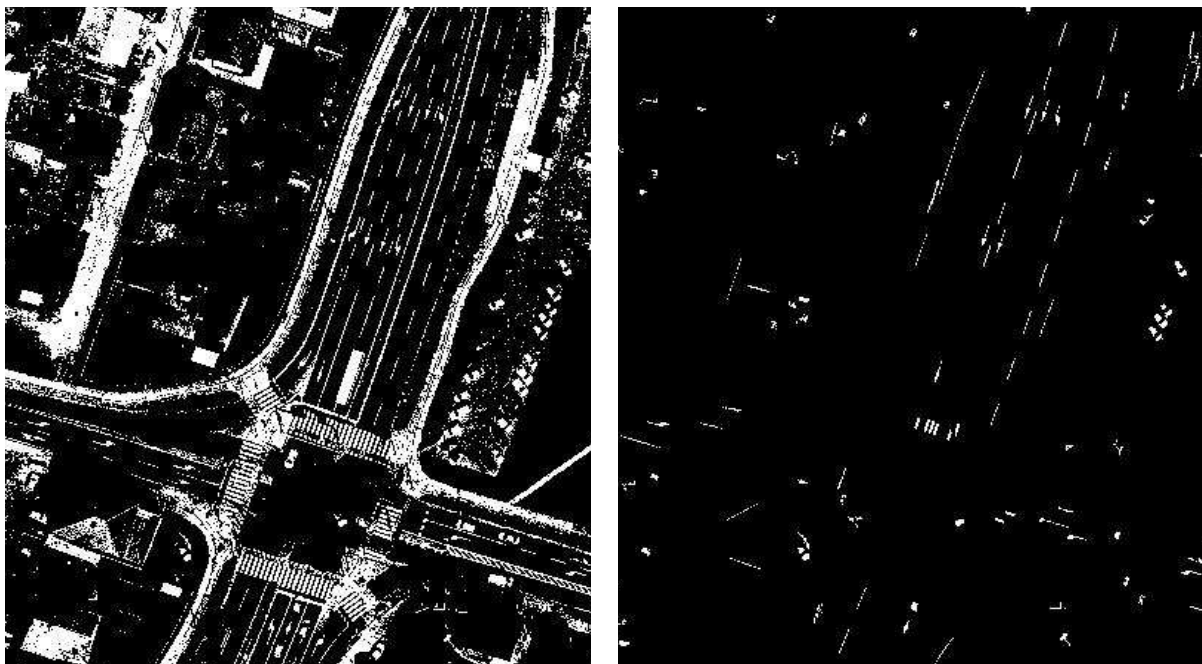
(a)

(b)

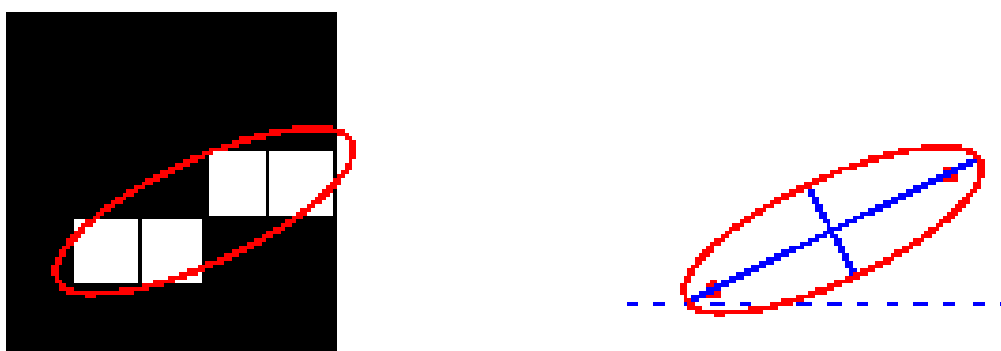
Slika 10: Prikaz uspešne uporabe morfološkega zapiranja. Slika (a) prikazuje začetno binarno sliko. Slika (b) prikazuje binarno sliko po izvedbi morfološkega zapiranja.

3.4 Odstranitev premajhnih in prevelikih območij, ter pogoj male in velike polosi elipse

Po morfološki obdelavi slike je ostalo na sliki veliko objektov, ki niso puščice. Najprej smo izračunali površino uporabljene tarče. Nato smo iz slike odstranili vse objekte, ki po površini odstopajo od površine uporabljene tarče. Odstranili smo objekte, ki so manjši od $\text{površina_tarče} - 45$ pikslov, oziroma so večji od $\text{površina_tarče} + 60$ pikslov. Rezultat je prikazan na sliki 11.



Slika 11: Desna slika prikazuje rezultat po odstranitvi premajhnih oziroma prevelikih objektov. Odstranitev objektov, glede na pogoj površine, ni zadostoval za uspešno odstranitev vseh neustreznih objektov. Na ortofotu je ostalo še nekaj neželenih objektov, kot so vozila in razni dolžinski objekti. Zato smo uporabili funkcijo za določitev lastnosti objektov (regionprops). Funkcija ima velik nabor možnosti. Za določitev čim manjšega števila potencialno ustreznih objektov smo izbrali določitev lastnosti: mala, velika polos elipse, orientacija elipse ter centroid območja za nadaljnjo obdelavo. Slika 12 prikazuje lastnosti elipse: mala, velika polos elipse in orientacija elipse.

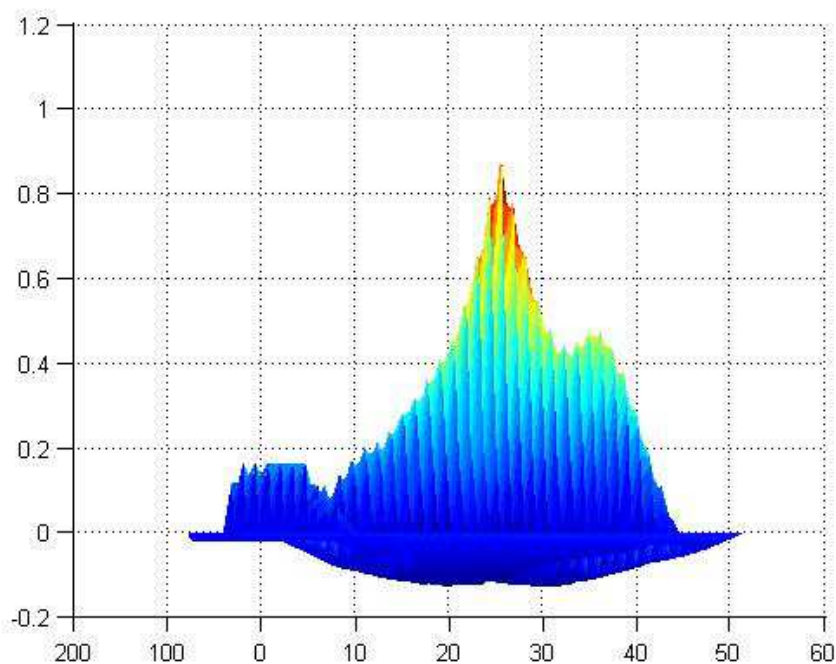


Slika 12: Prikaz objektov z elipso (Mathworks, 2015)

Funkcijo za določitev lastnosti objektov smo najprej uporabili na tarči. Na podlagi lastnosti tarče smo iz binarne slike izrezali vse objekte, ki ustrezajo tem pogojem. Pogoj smo nastavili kot interval; izrezali smo objekte, ki ležijo v intervalu od $\text{velika_polos_elipse} - 5$ pikslov in $\text{velika_polos_elipse} + 9$ pikslov, ter $\text{mala_polos_elipse} - 1$ piksel in $\text{mala_polos_elipse} + 2$ piksela.

3.5 Rotacija tarče in slikovna korelacija Normxcorr2

Zadnji korak iskanja talne cestne signalizacije je slikovno ujemanje tarče in slike z uporabo funkcije *Normxcorr2*. Za iskanje in meritev koordinat relativno majhnih točk v veliki digitalni sliki, je potrebno uporabiti strategijo od grobega proti natančnemu pozicioniranju. Matriko iskanja smo omejili na površino, ki je malo večja od tarče. Tarčo smo pomikali po omejenem iskalnem območju na sliki in na vsakem položaju izračunali korelacijski koeficient. Funkcija računa koeficiente slikovnega ujemanja. Za pravičen izračun koeficientov slikovne korelacije je nujno, da je dimenzija matrike slike večja od dimenzije matrike tarče. Rezultat funkcije je matrika, dimenzija velikosti slike, ki vsebuje koeficiente, katerih vrednosti se gibljejo med -1 in 1. V našem testnem primeru, smo empirično ugotovili, da lahko govorimo o pravilno prepoznani puščici, če nastavimo prag koeficienta vrednosti nad 0,7. Slika 13 prikazuje graf koeficientov slikovne korelacije.



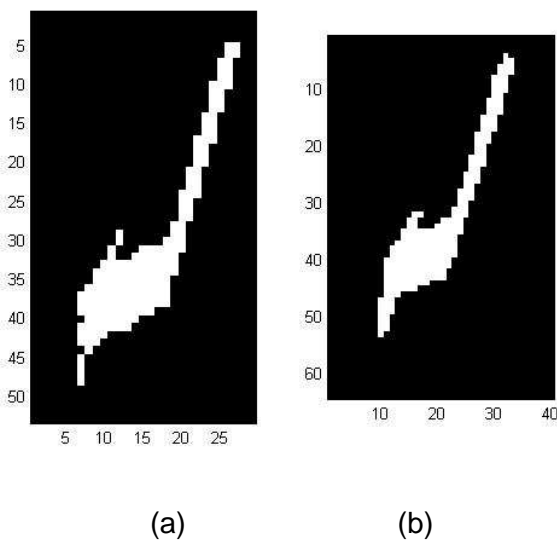
Slika 13: Graf koeficientov slikovne korelacije

Za pravičen izračun slikovnega ujemanja med tarčo in sliko je pomembno, da sta puščici na tarči in sliki enako orientirani (zasukani). V prvotni verziji programa smo izračun koeficienta korelacije ponovili 71 – krat, pri čemer smo v vsakem koraku tarčo zasukali za 5 stopinj, kar je zahtevalo daljši čas obdelave podatkov. Algoritem smo zato optimizirali z izračunom orientacije elipse potencialno ustreznih objektov in pred testiranjem vsakega objekta zasukali tarčo glede na orientacijo njegove elipse, kar je bistveno pospešilo postopek.

Končni postopek potrditve potencialnih objektov kot iskane talne signalizacije :

- Izrez potencialno ustreznih kandidatov.
- Izračun orientacije ter zasuk tarče glede na testirani objekt.
- Primerjanje tarče z izrezanimi deli slike in izračun koeficienta korelacije.

Slika 14 prikazuje iskalno matriko in tarčo.



Slika 14: Slika prikazuje zasukano tarčo (a) glede na iskalno matriko (b).

4 Rezultati slikovne korelacije

V preglednici 2 so prikazani rezultati izrezanih delov s centri in koeficientom slikovne korelacije. Z rdečo so označeni objekti, ki smo jih s postopkom prepoznali kot iskano talno signalizacijo.

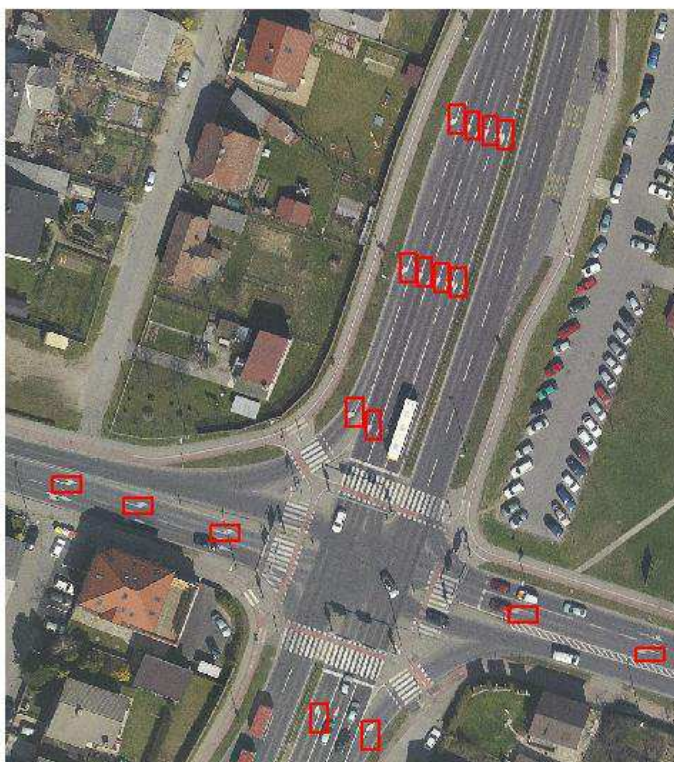
Preglednica 2: Slikovne koordinate izrezanih delov ortofota s koeficienti korelacije

| ID | Tip | Slikovne koordinate (stolpec x vrstica) | | Koeficient korelacije |
|----|--------|--------------------------------------------|--------|-----------------------|
| 1 | V-18 | 187.6 | 865.1 | 0.6585 |
| 2 | V-18 | 231.7 | 834.8 | 0.5925 |
| 3 | V-18 | 452.7 | 236.8 | 0.5721 |
| 4 | V-18 | 648.5 | 382.8 | 0.6857 |
| 5 | V-18 | 663.7 | 740.2 | 0.8985 |
| 6 | V-18 | 759.2 | 456.2 | 0.8032 |
| 7 | V-18 | 791.3 | 466.8 | 0.8775 |
| 8 | V-18 | 848.3 | 183.6 | 0.7849 |
| 9 | V-18 | 881.1 | 191.8 | 0.8799 |
| 10 | V-18 | 1044.4 | 169.2 | 0.5377 |
| 11 | V-18 | 1211.8 | 1102.2 | 0.6981 |
| 12 | V-19 | 0.3 | 270.5 | 0.4862 |
| 13 | V-19 | 84.8 | 859.4 | 0.9011 |
| 14 | V-19 | 216.7 | 900.6 | 0.8612 |
| 15 | V-19 | 377.0 | 950.8 | 0.7915 |
| 16 | V-19 | 392.6 | 1095.5 | 0.4327 |
| 17 | V-19 | 412.6 | 1245.3 | 0.4475 |
| 18 | V-19 | 560.3 | 1278.6 | 0.8437 |
| 19 | V-19 | 617.8 | 721.5 | 0.5429 |
| 20 | V-19 | 649.9 | 1311.7 | 0.4621 |
| 21 | V-19 | 720.9 | 448.2 | 0.6645 |
| 22 | V-19 | 810.5 | 173.9 | 0.6800 |
| 23 | V-19 | 817.8 | 475.8 | 0.8965 |
| 24 | V-19 | 905.9 | 201.8 | 0.8722 |
| 25 | V-19 | 927.4 | 1098.8 | 0.8582 |
| 24 | V-19 | 1160.9 | 1174.8 | 0.8138 |
| 26 | V-19.1 | 4.3 | 276.5 | 0.4384 |
| 27 | V-19.1 | 84.8 | 863.4 | 0.5009 |
| 28 | V-19.1 | 216.7 | 904.6 | 0.4860 |
| 29 | V-19.1 | 377.0 | 954.8 | 0.4494 |
| 30 | V-19.1 | 384.6 | 1099.5 | 0.4633 |
| 31 | V-19.1 | 422.6 | 1243.3 | 0.4432 |
| 32 | V-19.1 | 568.3 | 1278.6 | 0.4352 |
| 33 | V-19.1 | 625.8 | 717.6 | 0.8734 |
| 34 | V-19.1 | 655.9 | 1307.7 | 0.7766 |
| 35 | V-19.1 | 728.9 | 446.2 | 0.8178 |
| 36 | V-19.1 | 818.5 | 171.9 | 0.8429 |

... nadaljevanje preglednice 2.

| | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|
| 37 | V-19.1 | 823.8 | 475.8 | 0.4816 |
| 38 | V-19.1 | 909.9 | 201.8 | 0.4742 |
| 39 | V-19.1 | 927.4 | 1104.8 | 0.4923 |
| 40 | V-19.1 | 1160.9 | 1176.8 | 0.4771 |

Slika 15 prikazuje rezultat samodejnega iskanja puščic za smer naravnost, levo in desno.



Slika 15: Rezultati samodejnega iskanja talne signalizacije

5 Zaključek

V diplomski nalogi smo si zadali cilj, da razvijemo algoritem, ki bo na ortofotu samodejno poiskal označbe na vozišču, in sicer puščice za razvrščanje. Z različnimi obdelavami ortofota, morfološkimi operacijami in slikovno korelacijo smo uspeli izdelati algoritem, ki na ortofotu uspešno najde smerne puščice na vozišču. Program je prirejen za iskanje objektov na ortofotu z velikostjo piksla 10 cm in z izdelano tarčo v programu Autocad. Program je skoraj univerzalen za iskanje točkovnih objektov na ortofotu. Z nalogo smo potrdili hipotezo, da lahko na ortofotu s postopki digitalne obdelave slik in postopkom slikovne korelacije odkrijemo talne smerne puščice.

Program predstavlja dobro izhodišče za nadaljnji razvoj postopka samodejnega iskanja talne signalizacije.

VIRI

Bric, V., Grigillo, D., Kosmatin Fras, M. 2010 Fotogrametrija: Gradivo za strokovni izpit iz geodetske stroke. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 21 str.

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/Fotogrametrija.pdf (Pridobljeno 25.5.2015.)

Gonzales, R. C., Woods, R. E., Eddins, S. L. 2004. Digital image processing using Matlab. New Jersey, Pearson Prentice-Hall.

Grigillo D. 2003, Uporaba digitalnih fotoaparatorov v enoslikovni arhitekturni fotogrametriji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Grigillo): 107 str.

Kosmatin Fras, M. 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. Geodetski vestnik 48, 2: 167-178.

MathWorks, 2015.

http://www.mathworks.com/support/?s_tid=gn_supp (Pridobljeno: 27.5.2015.)

Oštir, K. 2006. Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU: 250 str.

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list RS, št. 46/2000.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200046&stevilka=2131> (Pridobljeno 27.5.2015.)

Ostali viri

Aerovizija, 2015.

<http://www.aerovizija.com/> (Pridobljeno 25.6.2015.)

Grigillo, D. 2009. Samodejno odkrivanje stavb na visokoločljivih slikovnih virih za potrebe vzdrževanja topografskih podatkov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 156 str.

http://eprints.fgg.unilj.si/781/1/GED_0197_Grigillo.pdf (Pridobljeno 21.5.2015.)

iObčina, Geografski informacijski sistem, Mestna občina Maribor, 2012.

<http://gis.iobcina.si/gisapp/Default.aspx?a=maribor> (Pridobljeno: 8.9.2014.)

Mestna občina Maribor, Urad za komunalno, promet, okolje in prostor, Sektor za urejanje prostora, 2015.

<http://213.161.20.34/map.aspx?Pia=1340> (Pridobljeno: 8.9.2014.)

Mastersoft d.o.o., 2015.

<http://www.mastersoft.si/mpx/pomoc/Raster.htm> (Pridobljeno: 25.6.2015.)

TSC 02.401:2010, Označbe na vozišču oblika in mere: 64 str.

http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DC_splosno/predpisi/TSC_02_401_2010_oznacbe_na_voziscu_objava.pdf (Pridobljeno: 27.5.2015.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Programska koda

PRILOGA A: Programska koda

```
clc;
close all;
clear;
imtool closeall;
workspace;

message = sprintf('Iskanje horizontalne signalizacije:\nŽelite nadaljevati?');
reply = questdlg(message, 'Zaženi demo?', 'OK', 'Prekini', 'OK');
if strcmpi(reply, 'Prekini')
% Začetek programa.
return;
end

% Vnos slike
[baseFileName, folder] = uigetfile('*.jpg', 'Izberi sliko');
datot_VS=fullfile(folder, baseFileName);
velikaSlika = imread(datot_VS);

S_velikaSlika = rgb2gray(velikaSlika);

% Vnos števila tarč
st_tarc = input('\n Vnesi stevilo tarc (maks.: 3) : ');
subplot(1, 1, 1);
figure(1), imshow(velikaSlika, 'InitialMagnification', 'fit');
hold on;

% Ponavljanje postopka iskanja za vsako tarčo
for l=1:1:st_tarc

% Vnos tarče
[baseFileName, folder] = uigetfile('*.jpg', 'Izberi tarco');
datot_T=fullfile(folder, baseFileName);
tarca = imread(datot_T);

% Sprememba tarče v sivinsko sliko
S_tarca = rgb2gray(tarca);

% Sprememba merila tarče
S_tarca_m = imresize(S_tarca, 0.168)

% Binarizacija slike
max_P=150;
BW_velikaSlika=im2bw(velikaSlika,max_P/255);

% Morfološke operacije na sliki: morfološko zapiranje
se=strel('square',2);
BW_velikaSlika=imclose(BW_velikaSlika,se);

% Binarizacija in spremema merila tarče
BW_tarca=im2bw(S_tarca, max_P/255);
BW_tarca=imresize(BW_tarca, 0.168);

ostev_ = bwlabel(BW_tarca);

%Iskanje največjega objekta
%Izračun površine tarče
velikost = regionprops(ostev_, BW_tarca, 'Area');
velikost_areal = size(velikost);
max_Areal=velikost(1).Area;
for k=2:1:velikost_areal
if velikost(k).Area>max_Areal
max_Areal=velikost(k).Area;
end
```

```
end
max_Areal;
piksl_bel=nnz(BW_tarca);
piksl_crn=sum(~BW_tarca(:));

% Izračun male, velike polosi in orientacije tarče
tarca_os=regionprops(BW_tarca, 'Centroid', 'MajorAxisLength', 'MinorAxisLength', 'Orientation');
tarcax=tarca_os(1).Centroid(1);
tarcay=tarca_os(1).Centroid(2);
tarca_vpo = tarca_os(1).MajorAxisLength;
tarca_mpo = tarca_os(1).MinorAxisLength;
tarca_ori = tarca_os(1).Orientation;

%Iskanje potencialnih objektov na sliki, glede na lastnosti tarče
BW_velikaSlika_areal=xor(bwareaopen(BW_velikaSlika, max_Areal-45),
bwareaopen(BW_velikaSlika, max_Areal+60)); %zapiranje malih in velikih objektov

% Pogoj male in velike polosi
BW_=
regionprops(BW_velikaSlika_areal, 'Centroid', 'MajorAxisLength', 'MinorAxisLength', 'Orientation');
velikost_BW_ = size(BW_);
i=0;

%Izrez ustreznih območij
for k=1:1:velikost_BW_
    if BW_(k).MajorAxisLength>(tarca_vpo-5)&...
        BW_(k).MajorAxisLength<(tarca_vpo+9)&...
        BW_(k).MinorAxisLength>(tarca_mpo-1)&...
        BW_(k).MinorAxisLength<(tarca_mpo+2)
        i=i+1;
        BW_(k).Centroid;
        centroidx{i}=BW_(k).Centroid(1);
        centroidy{i}=BW_(k).Centroid(2);
        orientacija_izrezov{i}=BW_(k).Orientation;
    end
end

% Rotacija tarče glede na orientacijo izrezanega območja
[m n o]=size(BW_tarca);
prag_kor=0.7;
for k=1:1:i
    ori=0;
for o=0:1:1
    tarca_ori;
if tarca_ori>0
    tarca_ori_z=90-tarca_ori;
elseif tarca_ori<0
    tarca_ori_z=abs(tarca_ori)-90;
end
end
if orientacija_izrezov{k}>0
    orientacija_izrezov_z{k}=orientacija_izrezov{k}-90;
elseif orientacija_izrezov{k}<0
    orientacija_izrezov_z{k}=90-abs(orientacija_izrezov{k});
end
end
orientacija_izrezov_z{k};
r=orientacija_izrezov_z{k}+tarca_ori_z;
BW_tarca_z=imrotate(BW_tarca,r+ori);
ori=180;
[m n o]=size(BW_tarca_z);
m=m+10;
n=n+10;
rect_izrez = [(centroidx{k}-n/2) (centroidy{k}-m/2) n m];
izrez=imcrop(BW_velikaSlika_areal, rect_izrez);
figure
```

```
subplot(1,2,1), subimage(BW_tarca_z)
subplot(1,2,2), subimage(izrez)

%Izračun korelacije za potencialne objekte
korelacija_ = normxcorr2(BW_tarca_z,izrez);
[max_korelacija, max_indeks] = max(korelacija_(:));
[corr_offset, max_korelacija]=korelacija(BW_tarca_z,izrez);
[m n o] = size(BW_tarca_z);

%Izris rezultatov, ki jih postopek prepozna kot iskano talno signalizacijo
if max_korelacija>prag_kor
    figure(1);hold on; rectangle('position',[((centroidx{k}-
n/2)+corr_offset(1))...
((centroidy{k}-m/2)+corr_offset(2)) n
m],'edgecolor','r','linewidth',2);
end
end
end
end
figure(1)

%Funkcija slikovna korelacija
function [ corr_offset, max_korelacija ] = korelacija( tarca, slika )

%Izračun korelacije za potencialne objekte in izračun centroida objekta
korelacija_ = normxcorr2(tarca, slika);
[max_korelacija, max_indeks] = max(abs(korelacija_(:)));
[y_vrh, x_vrh] = ind2sub(size(korelacija_),max_indeks(1));
corr_offset = [(x_vrh-size(tarca,2)) (y_vrh-size(tarca,1))];

end
```