

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:

Babič, L. 2013. Priprava, načrtovanje in izvedba projekta za namen dokumentiranja arhitekturnih objektov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kosmatin Fras, M., somentor Grigillo, D.): 86 str.

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:

Babič, L. 2013. Priprava, načrtovanje in izvedba projekta za namen dokumentiranja arhitekturnih objektov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kosmatin Fras, M., co-supervisor Grigillo, D.): 86 pp.

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 ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA

Kandidatka:

LAVRA BABIČ

**PRIPRAVA, NAČRTOVANJE IN IZVEDBA PROJEKTA
ZA NAMEN DOKUMENTIRANJA ARHITEKTURNIH
OBJEKTOV**

Diplomska naloga št.: 923/G

**PREPARATION, PLANNING AND ACCOMPLISHING
OF THE PROJECT FOR THE PURPOSE OF
DOCUMENTING THE ARCHITECTURAL BUILDINGS**

Graduation thesis No.: 923/G

Mentorica:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

asist. dr. Dejan Grigillo

Član komisije:

doc. dr. Miran Kuhar

Ljubljana, 27. 05. 2013

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **LAVRA BABIČ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

**»PRIPRAVA, NAČRTOVANJE IN IZVEDBA PROJEKTA ZA NAMEN
DOKUMENTIRANJA ARHITEKTURNIH OBJEKTOV«.**

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, maj 2013

.....

(podpis)

ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.7:72(043.2)
Avtor:	Lavra Babič
Mentor:	doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
Somentor:	asist. dr. Dejan Grigillo
Naslov:	Priprava, načrtovanje in izvedba projekta za namen dokumentiranja arhitekturnih objektov
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	86 str., 26 pregl., 69 sl., 8 en., 8 pril.
Ključne besede:	arhitekturna fotogrametrija, faze dokumentiranja, stereoskopija, nemerski fotoaparati, kalibracija fotoaparata, 3D model

Izvelek

V diplomski nalogi obravnavamo projektni pristop fotogrametričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov. Podrobneje so opisana tehnična izhodišča posameznih faz stereoskopskega slikanja: priprava, načrtovanje in izvedba. Kot način bližnjelikovnega slikanja je izbran normalni stereoskopski primer. Celoten opis postopka se nanaša na delo z nemerskim digitalnim fotoaparatom. Izbran tip fotoaparata je cenovno dostopen in ob pravilni uporabi omogoča kakovosten zajem podatkov. S postopkom kalibracije, ki ga izvedemo pred pričetkom slikanja objekta, pridobimo potrebne podatke o parametrih notranje orientacije fotoaparata. Teoretičnemu delu naloge je dodan opis osnovnih nastavitvev fotoaparata za kakovostno slikanje na področju arhitekturne fotogrametrije. Izvedli smo tudi praktičen primer, na katerem smo preverili vse opisane faze za izbrano metodo.

Podrobno opisan postopek bo v prihodnje omogočal lažje razumevanje in izvedbo podobnih projektov za pedagoške in druge namene.

BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	528.7:72(043.2)
Author:	Lavra Babič
Supervisor:	Assist. Prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.
Cosupervisor:	Assist. Dejan Grigillo, Ph.D.
Title:	Preparation, planning and accomplishing of the project for the purpose of documenting the architectural buildings
Document type:	Graduation thesis – university studies
Notes:	86 p., 26 tab., 69 fig., 8 eq., 8 ann.
Key words:	architectural photogrammetry, phases of documentation, stereoscopy, non-metric camera, camera calibration, 3D model

Abstract:

This graduation thesis comprises a project approach to photogrammetric documentation of architectural buildings. Technical starting-points of individual steps of the data-survey are described in detail. They include preparation, planing and the data acquisition. To illustrate the method of close-range photogrammetry, a normal case of stereophotogrammetry has been chosen. The overall description refers to the work by means of non-metric camera. The chosen camera is of reasonable price, however, it offers a quite successful data-survey due to its appropriate use. Using calibration we acquired required internal orientation parameters for the camera which is not made for photogrammetric purposes. The theoretical part is followed by the description of basic camera settings for taking quality photos in the architectural photogrammetry. A practical case was carried out in order to check the described procedure for the given method.

The procedure description will enable easier comprehension and execution of similar projects for teaching and other purposes.

ZAHVALA

Za pomoč in potrpljenje pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Kosmatin Fras in somentorju asist. dr. Dejanu Grigillo.

Posebna zahvala gre moji družini in Urošu za vso spodbudo in razumevanje tekom izdelave diplome. Vsak po svoje ste prispevali in pomagali, zato se vam iskreno zahvaljujem.

Zahvala gre tudi gospe Miki za pomoč pri prevodu.

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 Ideja in opis obravnavane teme	1
1.2 Namen in cilji diplomske naloge	1
1.3 Struktura diplomske naloge	3
2 FOTOGRAFIJA	4
2.1 Fotografski aparat	4
2.2 Objektiv	5
2.3 Nastavitve fotoaparata	6
2.3.1 Zaslonka	7
2.3.2 Zaklop	8
2.3.3 Občutljivost senzorja	9
2.3.4 Svetlomer	9
2.3.5 Globinska ostrina	13
2.3.6 Izravna bele svetlobe/ beline	16
2.3.7 Dodatni nasveti	17
3 TEORETIČNA IZHODIŠČA O STEREOSKOPSKI METODI	19
3.1 Bližnjelikovna fotogrametrija	19
3.2 Stereoskopija	20
3.2.1 Stereoskopski fotogrametrični postopek	20
3.2.2 Načini stereoskopskega fotogrametričnega slikanja	21
3.2.3 Slikanje normalnega primera	22
3.3 Orientacija slik	25
3.3.1 Notranja orientacija	25
3.3.2 Zunanja orientacija	25
3.3.3 Dvostopenjski postopek	25
3.4 Pristopi in naprave, ki omogočajo slikanje stereopara	29

4. OPIS POSAMEZNIH FAZ FOTOGRAMETRIČNEGA DOKUMENTIRANJA ARHITEKTURNIH OBJEKTOV	30
4.1 Priprava	32
4.1.1 Zbiranje podatkov	32
4.1.2 Ogled objekta	32
4.1.3 Vplivi okolice objekta	33
4.2 Načrtovanje	34
4.2.1 Vreme	34
4.2.2 Opredelitev fotoaparata	35
4.2.3 Merilo slike	35
4.2.4 Izračun števila stereoparov	36
4.2.5 Določitev višinskih pasov	37
4.2.6 Ločljivost detajla	38
4.2.7 Baza snemanja in razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk	38
4.2.8 Opredelitev geodetske izmere	39
4.2.9 Alternativne / pomožne meritve in uporaba dodatnih pripomočkov	39
4.2.10 Izbor programske opreme in način predstavitve rezultatov	39
4.3 Izvedba	40
4.3.1 Signalizacija	40
4.3.2 Klasična geodetska izmera	42
4.3.3 Kalibracija nemerskega fotoaparata in vzpostavitev slikovnega koordinatnega sistema	45
4.3.4 Postopek fotogrametričnega slikanja za normalni stereoskopski primer	48
5. PRAKTIČNA IZVEDBA PRIMERA	55
5.1 Priprava	55
5.1.1 Zbiranje podatkov	55
5.1.2 Ogled objekta	55
5.1.3 Vplivi okolice objekta	57
5.2 Načrtovanje	59
5.2.1 Vreme	59

5.2.2	Opredelitev fotoaparata	59
5.2.3	Merilo slike	60
5.2.4	Izračun števila stereoparov	60
5.2.5	Določitev višinskih pasov	62
5.2.6	Ločljivost detajla	62
5.2.7	Baza snemanja in razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk	63
5.2.8	Opredelitev geodetske izmere	64
5.2.9	Alternativne / pomožne meritve in uporaba dodatnih pripomočkov	64
5.2.10	Izbor programske opreme in način predstavitve rezultatov	64
5.3	Izvedba	66
5.3.1	Signalizacija	66
5.3.2	Klasična geodetska izmera	66
5.3.3	Nastavitve fotoaparata	68
5.3.4	Kalibracija digitalnega fotoaparata in vzpostavitev slikovnega koordinatnega sistema	69
5.3.5	Postopek fotogrametričnega slikanja za normalni stereoskopski primer	71
5.3.6	Dodatne meritve z merskim trakom	74
5.4	Obdelava podatkov	76
5.4.1	Obdelava geodetskih meritev	76
5.4.2	Fotogrametrična obdelava podatkov	77
5.5	Končni rezultati	79
6	ZAKLJUČEK IN NADALJNJE DELO	81
VIRI		82

KAZALO SLIK

Slika 1: Združitev znanja (vir: From the pews, 2013)	2
Slika 2: Skica nemerskega digitalnega zrcalno refleksnega fotoaparata (vira: Langford, 2000, Dobrodošli na foto straneh, 2012)	5
Slika 3: Prikaz razdelitve objektivov glede na goriščno razdaljo (velja za maloslikovni format slik)	5
Slika 4: Zorni kot pri slikanju z različnimi goriščnimi razdaljami (slikano s stalnega stojišča, uporabljeni fotoaparati: Canon EOS 550D)	6
Slika 5: Fiksiranje goriščne razdalje pri zoom objektivih z lepilnim trakom	6
Slika 6: Odprtost zaslone (vir: Langford, 2000)	7
Slika 7: Pogosti načini merjenja s svetlomerom (vir: The Nikon Guide to Digital Photography with the D70 Digital Camera, 2013, Navodila za uporabo Canon EOS rebel T2i EOS 550D, 2010, Resman, 2010)	11
Slika 8: Svetlomer v digitalnih fotoaparatih (vir: Resman, 2010)	12
Slika 9: Analogni ročni svetlomer (vir slike: A site for photographers by photographers, 2012)	12
Slika 10: Merjenje kontrasta	13
Slika 11: Primeri globinske ostrine pri različnih vrednostih zaslone	14
Slika 12: Shematičen prikaz neostrinskega krogca	15
Slika 13: Nastavitev na neskončnost: (a) primer Canonovega objektiv, (b) primer Nikonovega objektiv	15
Slika 14: Oznaki ročnih nastavitvev	16
Slika 15: Isti motiv slikan ob enaki svetlobi ter ob različnih nastavitvah izravnave bele barve: (a) avtomatska nastavitev, (b) sončna svetloba, (c) sence, (d) oblačno, (e) wolframova žarnica, (f) fluorescentna žarnica,	17
Slika 16: Poenostavljen prikaz dvoslikovnega fotogrametričnega zajema	21
Slika 17: Načini dvoslikovnega fotogrametričnega slikanja: (a) normalni, (b) odklonski, (c) konvergentni, (d) zamaknjeni	22
Slika 18: Normalni primer slikanja (vir: Hanke in Grussenmeyer, 2002)	22
Slika 19: Vzdolžni preklop (stereo-območje) posnetkov	23
Slika 20: Prikaz zajema objekta s stereo-območji, ki se med seboj rahlo prekrivajo	23
Slika 21: Prečni preklop (stereo-območje) posnetkov	24
Slika 22: Grafični prikaz izdelave modela	26
Slika 23: Razporeditev veznih točk po Gruberju	27
Slika 24: Priporočena razporeditev oslonilnih točk za absolutno orientacijo stereopara	27
Slika 25: Prikaz razporeditve veznih, oslonilnih in kontrolnih točk	28

Slika 26: (a) Fotoaparati na drsnem stativu (vir: Aliexpress, 2013), (b) kombinacija dveh fotoaparatov na drsnem stativu (vir: Short Course, 2013), (c) stereo fotoaparati (vir: New Zealand Stereoscopic Society, 2013)	29
Slika 27: Shematičen prikaz praktične izvedbe projekta	31
Slika 28: Primer obraščene objekta	34
Slika 29: Slaba vidljivost zaradi senc	34
Slika 30: Izračun modula merila (Vir: Luhmann et al., 2006)	36
Slika 31: Izračun vzdolžnega preklopa	37
Slika 32: Izračun prečnega preklopa	38
Slika 33: (a) Ortofoto posnetek dela oboka (vir: Jorda et al., 2011), (b) 3D žični model, (c) 3D ploskovni model (vir: Hanke in Grussenmeyer, 2002)	40
Slika 34: Primeri tarč (vir: Bernsten, 2012, Butler survey supplies, 2012, Kocjančič, 2012, Luhmann et al., 2006, Pucelj, 2004, Schauer, 2004, Zavec, 2011)	41
Slika 35: Primeri izbire detajlov za oslonilne in kontrolne točke	42
Slika 36: Težje določljiv vogal bordure	44
Slika 37: (a) Quattro Canti – aeroposnetek osemkotnega trga (Vir: Agnello in Brutto, 2007), (b) Palazzo Reale, fasada na južni strani, Pomlad (Vir: Wikipedia, 2013)	45
Slika 38: Primerjava testnih polj glede na različno oddaljenost med fotoaparatom in objektom: (a) daljša oddaljenost in posledično slabša vidljivost točk, (b) krajša oddaljenost in posledično boljša vidljivost točk	46
Slika 39: Pozicije fotoaparata ob slikanju ravninskega testnega polja	47
Slika 40: Testno polje programa Australis (vir: Murtiyoso et al., 2011)	48
Slika 41: Stereoskopska luknja (vir: Kosmatin Fras, 1996)	50
Slika 42: Postopek fotogrametričnega zajema fasade	51
Slika 43: Slikanje višjih pasov (Vir: Agnello in Brutto, 2007)	51
Slika 44: Normalni način, kjer baza ni vzporedna fasadi	52
Slika 45: (a) Stereoskopski zajem stropa ladje (vir: Andrews et al., 2009), (b) slika stropa ladje (vir: flickr from yahoo, 2013)	53
Slika 46: Dimenzije objekta izmerjene z merskim trakom	55
Slika 47: Približna razporeditev poligonskih točk	56
Slika 48: (a) Določitev stika s tlemi in robu fasade, (b) določitev oboda oken, (c) poenostavitev strehe, (d) poenostavitev horizontalne bordure pod streho, (e) zaščitna mreža, (f) in lijak	57
Slika 49: Stanje med delavnikom	58
Slika 50: (a) Izračun bližnje P_B , daljne P_D (b) in hiperfokalne oddaljenosti P_H	62
Slika 51: Predvidena stojišča fotogrametrične izmere	63
Slika 52: Razporeditev poligonskih točk	66
Slika 53: Primer terenske skice: severovzhodna fasada	67

Slika 54: Razporeditev točk	68
Slika 55: Lastnosti uporabljenega ravninskega testnega polja	69
Slika 56: Skica položajev pri slikanju ravninskega testnega polja	69
Slika 57: Slike testnega polja: (a) iz levega zgornjega kota, (b) iz desnega zgornjega kota, (c) iz levega spodnjega kota, (d) iz desnega spodnjega kota	70
Slika 58: Slikovni koordinatni sistem v mm	71
Slika 59: Primer ponesrečenega stereopara	72
Slika 60: Skica zajema strehe	72
Slika 61: Primer slikanja stereoparov	73
Slika 62: Z lepilom narejen okvir za boljšo vidljivost žebnja	74
Slika 63: Dodatne meritve z merskim trakom	75
Slika 64: Izdelava 3D modela na osnovi geodetskih meritev: (a) oblak točk, (b) 3D žični model s točkami, (c) 3D žični model, (d) 3D ploskovni model	77
Slika 65: Transformacija koordinatnega sistema	77
Slika 66: Stereoskopski zajem jugovzhodne fasade	78
Slika 67: Primerjava strehe: (a) dejansko stanje (b) ploskovni model	79
Slika 68: Primerjava dimnikov: (a) dejansko stanje, (b) ploskovni model	79
Slika 69: Primerjava vhoda: (a) dejansko stanje, (b) ploskovni model	80

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Preprost izračun f-stopnje (N) (vir: Wikipedia, 2012)	7
Preglednica 2 Mednarodna (osnovna) lestvica za odprtost zaslonke (vir: A few scanning tips, 2012)	8
Preglednica 3: Standardni časi hitrosti zaklopa (vir: A few scanning tips, 2012)	8
Preglednica 4: Standardna lestvica ISO vrednosti za občutljivost senzorja (vir: A few scanning tips, 2012)	9
Preglednica 5: Vrednost glede na izbran vir svetlobe	16
Preglednica 6: Področja fotogrametrije (vir: Luhmann et al., 2006)	19
Preglednica 7: Specifikacije izbranega fotoaparata (vir: Nikon, 2013)	59
Preglednica 8: Pomen oznak v imenu objektiva (vir: Nikon, 2013)	59
Preglednica 9: Izračun teoretičnega merila	60
Preglednica 10: Izračun predvidene oddaljenosti do objekta glede na teoretično merilo	60
Preglednica 11: Izračun dejanskega merila	60
Preglednica 12: Izračun dejanske velikosti vzdolžnega preklopa	61
Preglednica 13: Število vzdolžnih preklopov na posamezno fasado	61
Preglednica 14: Osnovni podatki za izračun globinske ostrine	61
Preglednica 15: Razultati izračunanih bližnjih PB, daljnih PD in hiperfokalnih razdalj PH	61
Preglednica 16: Izračun dejanske višine, ki jo zajamemo z vzdolžnim preklopom	62
Preglednica 17: Število višinskih pasov	62
Preglednica 18: Izračun baze	63
Preglednica 19: Specifikacije elektronskega tahimetra (vir: Leica TPS1200+ User Manual, Version 6.0, 2013)	64
Preglednica 20: Višine posameznih stojišč	67
Preglednica 21: Opredelitev posamezne serije slikanja	68
Preglednica 22: Izbrane nastavitve fotoaparata v posamezni seriji slikanja	68
Preglednica 23: Rezultati posamezne serije kalibracije	70
Preglednica 24: Dejanski fotogrametričen zajem	74
Preglednica 25: Primerjava kontrolne dolžine izmerjene z različnim načinom meritve	75
Preglednica 26: Koordinate poligonskih točk pridobljenih z geodetsko izmero in pripadajoče natančnosti	76

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Skica ogleda terena

Priloga B1: Izračun poligonskih točk

Priloga B2: Izhodna datoteka programa demoGem 4

Priloga B3: Izhodna datoteka programa VimWin ver. 5.1

Priloga B4: Opredelitev točk primernih za fotogrametrične namene

Priloga C: Fotogrametrično slikanje

Priloga D1: 3D model na osnovi geodetskih meritev

Priloga D2: Pogledi na vse štiri strani 3D modela na osnovi geodetskih meritev: (a) JV fasada, (b) JZ fasada, (c) SZ fasada in (d) SV fasada

KRATICE

ASA	American Standard Association
CAD	Computer Aided Design
CCD	Charge - Coupled Device
CMOS	Complementary Metal – Oxide - Semiconductor
DIN	Deutsches Institut für Normung
EV	Exposure Value
ISO	International Organization for Standardization
ISPRS	International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
LCD	Liquid Crystal Display

1 UVOD

Uvodno poglavje kratko opisuje idejo, opis, namen in zastavljene cilje. Na koncu je podana struktura diplomskega dela.

1.1 Ideja in opis obravnavane teme

Pogosto se v praksi določena znanja in način dela prenašajo iz roda v rod. Priučimo se jih od svojih staršev, učiteljev, nadrejenih, projektnih vodij ali kolegov.

Fotogrametrija je dobro poznana znanost in tehnologija za zajem podatkov (Trieb in Kilpatrick, 2004). Zaradi svojih značilnosti se med drugim pogosto uporablja za dokumentacijo arhitekturnih objektov. Opravljenih je bilo mnogo primerov po vsem svetu, na podlagi katerih so bili izdelani različni izdelki. Kljub številnim primerom zajema, obdelave, prikazov, analiz in drugih postopkov pa je praktični zajem in pristop k projektu malokrat podrobneje opisan ter zbran v neko zaključeno celoto. Ideja za izdelavo te diplomske naloge se je porodila zaradi potrebe po ustreznem gradivu in napotkih za izvedbo podobnih nalog v pedagoškem procesu ali izvedbenih projektih na področju dokumentiranja arhitekturne dediščine in objektov. Gradivo tako vsebuje podroben opis vseh glavnih faz od tehnične priprave, načrtovanja in do izvedbe fotogrametričnega zajema. V opisu projekta smo se osredotočili le na tehnični vidik izvedbe, tako da poslovni in finančni vidik (npr. priprava ponudbe, finančna ocena ipd.) nista obravnavana, saj bi bila sicer naloga preobsežna.

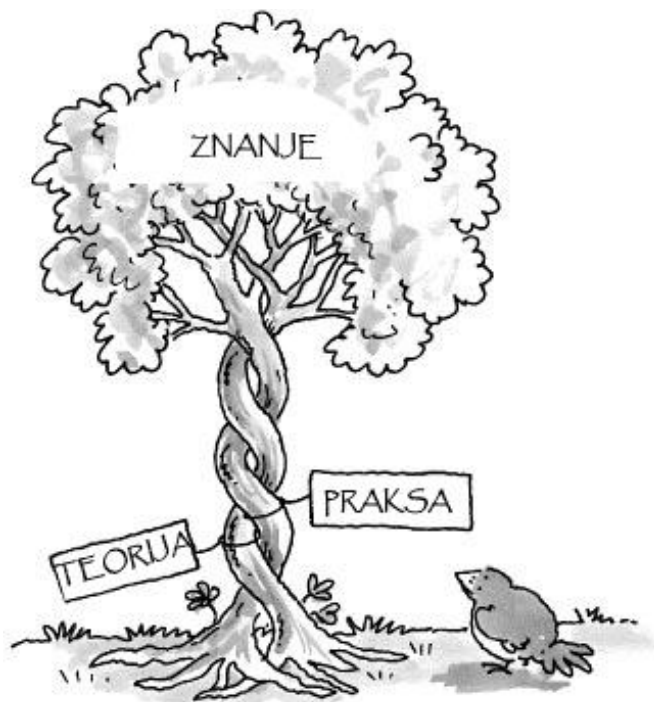
Področje fotogrametrije, kamor spada zajem objektov kulturne dediščine, imenujemo bližnjefotogrametrija. Diplomska naloga opisuje dvoslikovni fotogrametrični zajem, ki je na področju fotogrametrije v splošnem najbolj priporočljiv, saj omogoča 3D opazovanje merjenega objekta. Danes so na trgu cenovno dostopni številni kakovostni digitalni fotoaparati, ki niso posebej izdelani za namene fotogrametričnih projektov. V diplomski nalogi smo uporabili zrcalno refleksni nemerski fotoaparat, saj ob njegovi primerni kalibraciji lahko dosežemo zadovoljivo kakovost izdelkov.

1.2 Namen in cilji diplomske naloge

Poznamo različne vrste znanja in načine njegovega pridobivanja. V osnovi ga delimo na teoretično in praktično znanje. Teoretično znanje je osnovano na praktičnih izkušnjah drugih in se ga priučimo od učiteljev ali samostojno iz literature. Omogoča podrobnejše razumevanje, uvidenje pomena, spoznavanje z načini reševanja in dojetje problema kot dela neke celote. Na drugi strani praktično znanje omogoča osvojitve naučenih tehnik in soočenje z njimi iz prve roke. Lastne izkušnje pogosto

dajejo globlji pomen v razumevanju in dojetanju problema. Vedno obstajajo stvari, ki se jih lahko priučimo zgolj v praksi (Bradley, 2012).

Obe znanji sta pomembni. Slednje povzame spodnja slika (slika 1):



Slika 1: Združitev znanja (vir: From the pews, 2013)

Poglavitna želja ob izdelavi zaključnega študijskega dela je bila nadaljna uporabnost le tega. Ljudje smo različni – nekateri smo bolj praktično, drugi bolj teoretično usmerjeni. Za dosego celovitega znanja moramo učencem, ne glede na leta, omogočiti kombinacijo obojega. Namen diplomske naloge, ki smo jo želeli čim bolj praktično usmeriti, je izdelati celovit zapis pristopa k izdelavi projekta na področju bližnjleslikovne fotogrametrije. S kombinacijo napotkov, nasvetov, pravil in primerov bi na primer študenti lahko dokaj samostojno izvedli svoj praktični primer, ki bi jim omogočil povezavo in razumevanje znanja, pridobljenega pri predavanjih. Tako bi lažje razumeli fotogrametrične metode zajema, posamezne faze projekta in morebitne omejitve, ki jih povzročata unikatnost vsakega posameznega projekta in ne nazadnje tudi delovanje fotoaparata. Preprosto se lahko obrnemo k starokitajskemu filozofu Konfuciju, ki je dejal:

“I hear and I forget. I see and I remember. I do and I understand.”

(“Kar slišim, pozabim. Kar vidim, si zapomnim. Kar naredim, razumem.”, vir: The Quotations Page, 2013)

Izvedba praktičnega primera je bila zame zanimiva predvsem iz vidika, ker se kot študentka prvič sama soočam s tovrstnim zajemom podatkov. Ob nasvetih in pomoči mentorice, somentorja ter drugih sem poskušala projekt izpeljati vse od določitve izbranega objekta pa do končnega prikaza. Zaradi neizkušenosti so se pojavljala številna vprašanja, problemi, tudi napake in potrebne ponovne meritve, ki se jim sicer lahko izognemo, kadar se učimo od drugih. Prav dileme, spodrsaljaji in odgovori na vprašanja pa dajejo diplomski nalogi dodatno praktično vrednost. Glavni cilj diplomske naloge je tako ustvariti čim bolj celovit in kakovosten zapis praktičnega fotogrametričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov.

Namenski cilji naloge so:

- Teoretično opredeliti vsako posamezno fazo: priprava, načrtovanje, izvedba projekta.
- Po posameznih fazah izdelati in opisati izbran praktični projekt.
- Posamezne faze dopolniti z novimi ugotovitvami, pridobljenim znanjem, izkušnjami, nasveti, ...

1.3 Struktura diplomske naloge

Diplomska naloga je razdeljena na 6 osnovnih poglavij. V uvodnem poglavju so predstavljena izhodišča ter motivacija diplomske naloge. Opredelitvi ideje, namena in ciljev sta dodana kratek opis in organizacija naloge. Naslednja tri poglavja so posvečena teoretičnim izhodiščem. Poglavje 2 opisuje osnove fotografije, v poglavju 3 pa predstavimo teoretična izhodišča o uporabljeni metodi. Poglavje 4 opisuje faze fotogrametričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov. Opis praktične izvedbe izbranega primera je predstavljen v poglavju 5. V zadnjem poglavju 6 so podani zaključki, misli in predlogi za nadaljno delo. Na koncu diplomske naloge so navedeni viri uporabljene literature, sledijo jim priloge.

2 FOTOGRAFIJA

Pri fotogrametričnih slikah je izrazitega pomena, da so primerne kakovosti in je iz njih možno pridobiti želene podatke. Zato je potrebno poznati delovanje fotoaparata, znati izkoristiti možnosti, ki jih ponuja in se fotografiranja lotiti premišljeno, saj kakovost vhodnih podatkov bistveno vpliva na kakovost končnega izdelka.

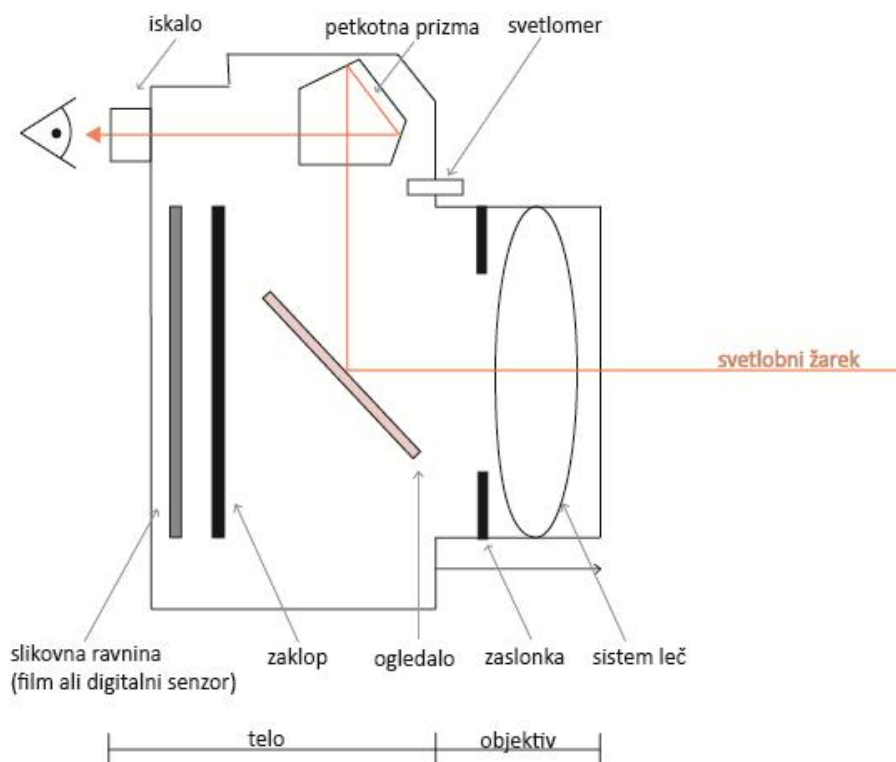
2.1 Fotografski aparat

Glede na konstrukcijsko izvedbo, fotoaparate delimo na kompaktne in zrcalno refleksne. Slednji s pomočjo sistema leč in zrcal omogočajo uporabniku točen pogled na območje zajema, ki se zapiše na medij, občutljiv na svetlobo (Wikipedia, 2013). Na drugi strani le boljši kompaktni fotoaparati omogočajo pravilni pogled v velikost zajema motiva. Razlog tiči v razmiku med iskalom in objektivom, ki ga danes rešujejo s pomočjo LCD (Liquid Crystal Display) zaslona. Bistvena razlika je tudi v možnosti menjave objektivov pri zrcalno refleksnih fotoaparatih, medtem ko imajo kompaktni fotoaparati fiksni objektiv.

Glede na medij zapisa poznamo analogne in digitalne fotoaparate. Prvi sliko projicirajo na fotografski film, drugi uporabljajo senzorje, občutljive na svetlobo. Klasični analogni fotoaparati se v današnjih časih uporabljajo vedno redkeje, saj digitalni fotoaparati omogočajo zapis velike količine zajetih podatkov in dosegajo visoko ločljivost slik.

Z vidika uporabe fotoaparatorov v fotogrametriji je pomembna delitev na merske in nemerske fotoaparate. Za fotogrametrične namene se uporabljajo t.i. merski fotoaparati, ki so konstruirani zelo precizno in imajo znano notranjo geometrijo fotoaparata ter imajo zelo majhno distorzijo leč (več v poglavju 3.3.1). Gre za specifično napravo, ki je zaradi svoje karakteristike (npr. preslikava robnih mark pri analognih fotoaparatih), stabilnosti in natančnosti, višjega cenovnega razreda. Po drugi strani obstajajo nemerski ali običajni fotoaparati, ki so dostopnejši in vse bolj kvalitetni. Leče nemerskih fotoaparatorov so izdelane za zelo visoko ločljivost, vendar običajno na račun večje optične distorzije leč. Problem uporabe nemerskih fotoaparatorov v fotogrametriji nastopa v nepoznavanju notranje geometrije fotoaparata oziroma njegovih parametrov notranje orientacije (Mencinger, 2005). Postopek, s katerim pridobimo želene parametre, imenujemo kalibracija.

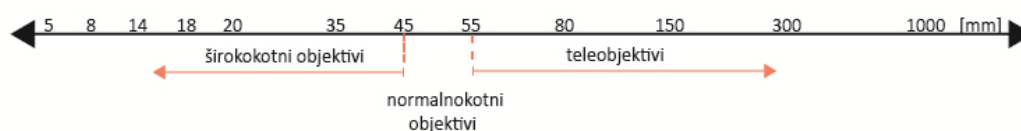
Kadar gre za natančno tehnično dokumentacijo, je potrebno uporabljati kakovostno in specifično opremo, ki zagotavlja rezultate primerne kakovosti. Za potrebe fotogrametričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov v diplomski nalogi uporabljamo nemerski digitalni zrcalno refleksni fotoaparat (slika 2).



Slika 2: Skica nemerskega digitalnega zrcalno refleksnega fotoaparata (vira: Langford, 2000, Dobrodošli na foto straneh, 2012)

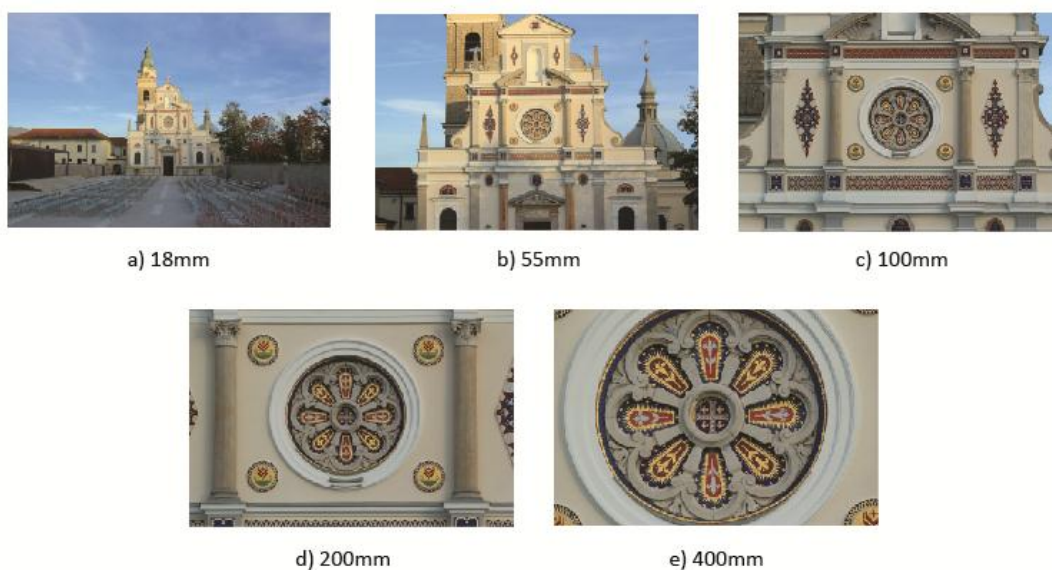
2.2 Objektiv

Objektive v splošnem delimo na širokotine, normalnokotne in ozkokotne (imenovane tudi tele-) objektive. Razlikujejo se v goriščni razdalji (slika 3).



Slika 3: Prikaz razdelitve objektivov glede na goriščno razdaljo (velja za maloslikovni format slik)

Za slikanje na področju arhitekturne fotogrametrije uporabljamo predvsem širokokotne objektive. Omogočajo širok kot gledanja (slika 4a) in dobro globinsko ostrino, ki sta ključni lastnosti za kvalitetno in uspešno fotografiranje.



Slika 4: Zorni kot pri slikanju z različnimi goriščnimi razdaljami (slikano s stalnega stojšča, uporabljeni fotoaparati: Canon EOS 550D)

Priporočljiva je uporaba fiksnih objektivov. Če uporabljamo objektiv "zoom" se nam lahko zelo hitro pripeti, da spremenimo goriščno razdaljo znotraj serije posnetkov in s tem spremenimo geometrijo fotoaparata. Pomagamo si s preprostim trikom. Objektiv fiksiramo z lepilnim trakom kot prikazuje slika 5.



Slika 5: Fiksiranje goriščne razdalje pri zoom objektivih z lepilnim trakom

2.3 Nastavitve fotoaparata

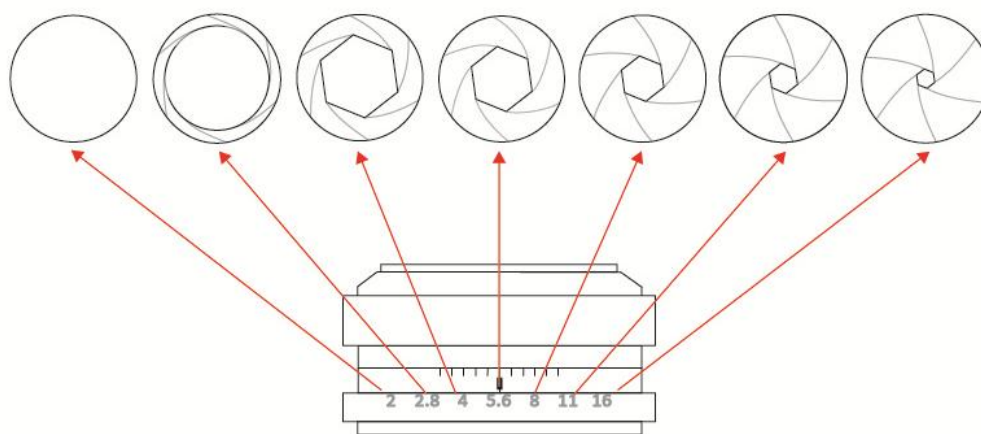
Slike so za področje fotogrametrije uporabne in omogočajo visoko kakovost izdelkov v primeru stabilne geometrije fotoaparata in ustreznih nastavitvev fotoaparata za slikanje arhitekturnih objektov. Posledično za fotografiranje izbiramo ročno nastavitvev (M) in se izogibamo določenim funkcijam, ki so sicer priročne pri vsakdanjem slikanju.

Na terenu je potrebno fotoaparati in izbrani objektiv (izbiramo glede na goriščno in svetlobno moč) prilagoditi trenutnim vremenski pogojem. Fotografija sloni na uporabi svetlobe, na kar nam namiguje

izvor besede, ki v prevodu iz grščine pomeni »risanje s svetlobo« (Wikipedia, 2012). Slika nastane, ko svetloba za določen čas osvetli senzor na digitalnih fotoaparatih. Koliko svetlobe želimo zajeti, uravnavamo s časom osvetlitve in odprtino zaslonke (Rovšak, 2012). Za merjenje količine svetlobe se uporabljajo svetlomeri, ki so lahko samostojne naprave ali pa so vgrajeni v fotoaparati.

2.3.1 Zaslونka

Zaslونka je odprtina v objektivu, sestavljena iz 6 tankih lamel. Z njimi uravnavamo količino svetlobe, ki bo padla na elektronski senzor, občutljiv na svetlobo. Bolj kot je zaslونka odprta ali večja kot je odprtina, ki jo omejujejo lamele, več svetlobe pade na senzor ter je posledično slika bolj svetla in obratno (slika 6).



Slika 6: Odprtost zaslonke (vir: Langford, 2000)

f - stopnja (f -stop, focal ratio, relative aperture) je brezdimenzijska vrednost s katero kontroliramo količino svetlobe, ki potuje skozi optiko. Opredeljuje razmerje (N) med goriščno razdaljo objektiva f in premerom odprtosti lamel d , ki je prikazano v enačbi (1).

$$N = f/d \tag{1}$$

Preglednica 1: Preprost izračun f -stopnje (N) (vir: Wikipedia, 2012)

Podatki:	
f [mm]	10
d [mm]	5
Rezultat:	
N	2

Na podlagi izračunane f-stopnje nato vrednost zaslonke zapišemo v obliki, ki je prikazana v preglednici 2. Za opisan primer (preglednica 1) vrednost zaslonke znaša: $f/2$.

Preglednica 2 Mednarodna (osnovna) lestvica za odprtost zaslonke (vir: A few scanning tips, 2012)

f - stopnja	$f/1$	$f/1.4$	$f/2$	$f/2.8$	$f/4$	$f/5.6$	$f/8$	$f/11$
--------------------	-------	---------	-------	---------	-------	---------	-------	--------

$f/16$	$f/22$	$f/32$	$f/45$	$f/64$	$f/90$	$f/128$	$f/180$	$f/256$
--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------

Lestvica se začne z $f/1$. Vsaka naslednja vrednost je pomnožena z $\sqrt{2}$.

V fotografski literaturi se uporablja razlaga, da med sosednjimi vrednostmi (zaslonke, časa ekspozicije in občutljivosti senzorja) nastopa 1 ekspozicijska vrednost (EV – Exposure Value).

Zaslonka močno vpliva na globinsko ostrino in kontrast slike. Z zapiranjem zaslonke se globinska ostrina povečuje, z odpiranjem pa se kontrast zmanjšuje. Razlog zmanjšanja kontrasta se nahaja v uklonu svetlobe (difrakciji) na robovih lamel.

2.3.2 Zaklop

Zaklop je mehanizem, s katerim uravnavamo čas ekspozicije. Hitrost zaklopa predstavlja čas (preglednica 3), ko je zaklop odprt in svetloba osvetli senzor. Dlje časa ko je zaklop odprt, več svetlobe pade na senzor in svetlejša je slika ter obratno. Priporočljivo je, da pri daljšem času ekspozicije uporabimo stativ. Enota časa, s katero podajamo hitrost zaklopa, je sekunda.

Preglednica 3: Standardni časi hitrosti zaklopa (vir: A few scanning tips, 2012)

Čas zaklopa [s]	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
---------------------------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	------	------

1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30
------	-----	-----	-----	---	---	---	---	----	----

Nastavitvi "B" in "T" uporabljamo pri daljših časih ekspozicije:

B- »bulb« nastavitev (ime izhaja iz zgodovine razvoja fotoaparatorov) uporabljamo, ko želimo imeti zaklop odprt, dokler ga ne zapremo oziroma dokler bo sprožilec pritisnjen.

T- »time« nastavitev določa čas med dvema pritiskoma na gumb. Pogosto se pri tem načinu uporablja daljinsko proženje.

Pomembno se je zavedati, da s kombinacijo odprtosti zaslone in hitrostjo zaklopa lahko pridobimo enako osvetlitev za različne nastavitve. Tako je na primer ekspozicija pri $f/8$ in $1/250s$ enaka kot pri $f/5.6$ in $1/500s$ ali enaka kot pri $f/11$ in $1/125s$.

2.3.3 Občutljivost senzorja

Vsak medij, kamor se shrani slika, naj bo to steklena plošča, film ali digitalni senzor, ima določeno občutljivost. V dobi digitalnih fotoaparatorov se uporabljajo t.i. ISO, ASA in DIN standardni sistemi, s katerim nastavimo občutljivost senzorja (preglednica 4). Bolj ko je senzor občutljiv, manj svetlobe je potrebno za dobro osvetljeno sliko. Višja ko je vrednost, bolj je senzor občutljiv na svetlobo ali obratno, nižja ko je vrednost, manj je senzor občutljiv na svetlobo. Pozorni moramo biti pri visokih vrednostih, saj se lahko pojavi šum in zrnavost, ki lahko kvarita kakovost slike.

Preglednica 4: Standardna lestvica ISO vrednosti za občutljivost senzorja (vir: A few scanning tips, 2012)

Vrednost ISO	6	12	25	50	100	200	400
---------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----

800	1600	3200	6400	12800	25600	51200	102400
-----	------	------	------	-------	-------	-------	--------

Najbolj poznana sta senzorja CCD (Charge-Coupled Device) in CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor):

Podrobnejše podatke, značilnosti in opise senzorjev lahko najdemo v diplomu Boštjana Puclja (2004) v poglavjih 3.1 – 3.3.

(Poglavja 2.1, 2.2 in 2.3 so nastala na podlagi kompilacije virov: Zorec in Zorec, 2003, Joinson, 2007, Wallace in Gloman, 2003, Wikipedia, 2012)

2.3.4 Svetlomer

Svetlomer je naprava za merjenje količine svetlobe. Deluje na principu pretvarjanja svetlobe v električno energijo (Resman, 2010). Gre za napravo, ki je lahko samostojni inštrument ali pa je vgrajena v fotoaparatus. Samostojni inštrumenti se delijo na analogne in digitalne ter se uporabljajo predvsem pri studijskem fotografiranju, snemanju ali fotografiranju, kjer je prisotnih več virov svetlobe. Danes so svetlomeri vgrajeni v večino boljših digitalnih fotoaparatorov. V fotoaparatih so pozicionirani različno. Ker so majhni, so vgrajeni v notranjost fotoaparata. Nahajajo se (Wikipedia, 2012):

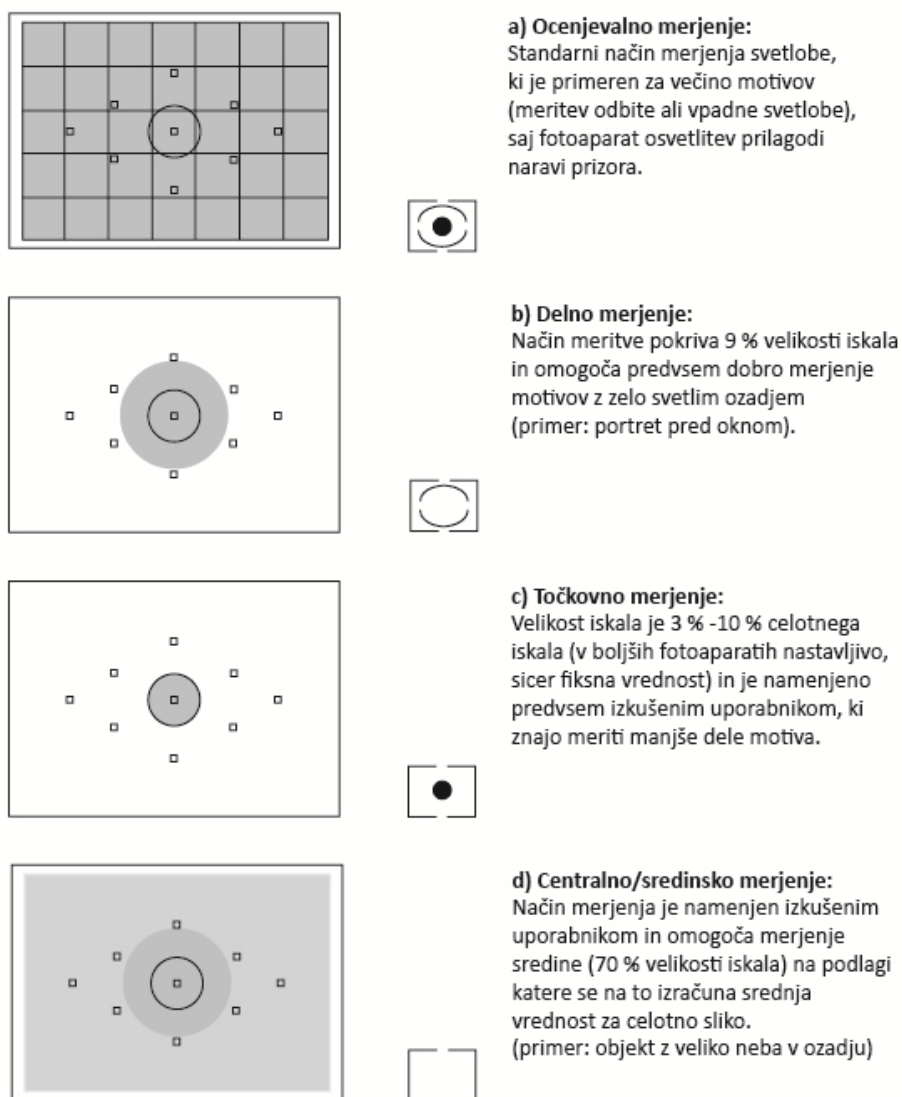
- v petkotni prizmi, kjer se svetloba meri preko fokusirnega zaslona (Nikon),
- pod zrcalom od katerega se lomi svetloba (Topcon),
- pred zaklopom (Canon)
- ...

Svetlomeri delujejo na principu izbire treh osnovnih komponent: zaslone, časa osvetlitve in občutljivosti senzorja. Katere parametre bomo izbrali in katere bomo nastavili, določajo izbira goriščne razdalje (objektiva), način fotografiranja (slikanje s pomočjo stativa ali slikanje "iz roke"), kakšen motiv snemamo (statičen ali aktiven) in kakšen efekt želimo dobiti (zamrznitev slike ali zabris dogajanja).

Ko slikamo iz roke, smo omejeni na čas ekspozicije (hitrost zaklopa). Ljudje z veliko fotografskimi izkušnjami lahko stabilno držijo fotoaparati pri 1/60 s, medtem ko je priporočilo za ostale, da uporabljajo čase, ki so krajši od 1/125 s. Običajno si glede na izbran motiv izberemo tudi primerno občutljivost senzorja. Za statične objekte, kot je to primer v arhitekturni dediščini, uporabljamo nizke vrednosti (100 ali manj). Pri nizkih vrednostih je pojav šuma zelo majhen, vendar je potrebno bolj osvetliti senzor za pravilno osvetljeno sliko. Torej je hitrost zaklopa in občutljivost senzorja izbrana, zato nam svetlomer za trenutno količino svetlobe priporoča pod ali nad-osvetlitev, ki jo dosežemo s spreminjanjem odprtosti zaslone. Paziti moramo, da upoštevamo pogoje za potrebno globinsko ostrino.

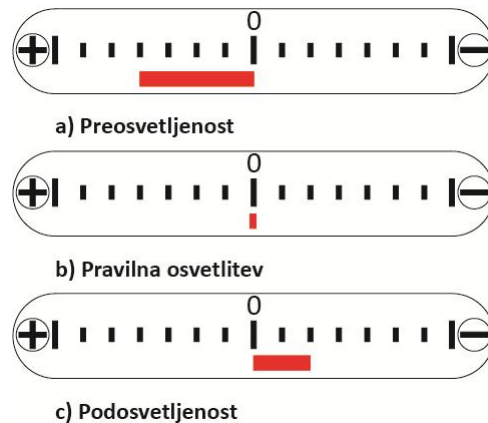
Obratno pa pri slikanju mirujočih objektov s pomočjo stativa nismo omejeni s časom ekspozicije. Ko fotografiramo arhitekturno dediščino, si običajno izbiramo zaslonsko število okrog f/8 do f/12, predvsem zaradi globinske ostrine. Osvetljujemo lahko dlje časa, zato si izberemo nizko ISO vrednost. Svetlomer nam priporoča, kakšno hitrost zaklopa naj uporabimo, da bo slika pravilno osvetljena. Želimo pravilno osvetljeno sliko, zato pozitivno korekcijo uporabljamo, ko je objekt temnejši od ozadja (na primer: velika količina sivega neba v ozadju) in negativno korekcijo, ko je objekt svetlejši od ozadja (na primer: velika površina bele fasade).

Meritev svetlobe skozi objektiv uporabljajo danes vsi boljši digitalni fotoaparati. Govorimo o svetlomerih, vgrajenih v fotoaparati. Glede na želje in razmere obstaja več vrst načina merjenja svetlobe. Najpogostejši vrsti meritev sta točkovna in ocenjevalna meritev. Obstajajo tudi drugi načini kot na primer delna meritev, centralna/sredinska povprečna meritev osvetlitve, ki je najstarejši način merjenja, ter druge (slika 7).



Slika 7: Pogosti načini merjenja s svetlometerom (vir: The Nikon Guide to Digital Photography with the D70 Digital Camera, 2013, Navodila za uporabo Canon EOS rebel T2i EOS 550D, 2010, Resman, 2010)

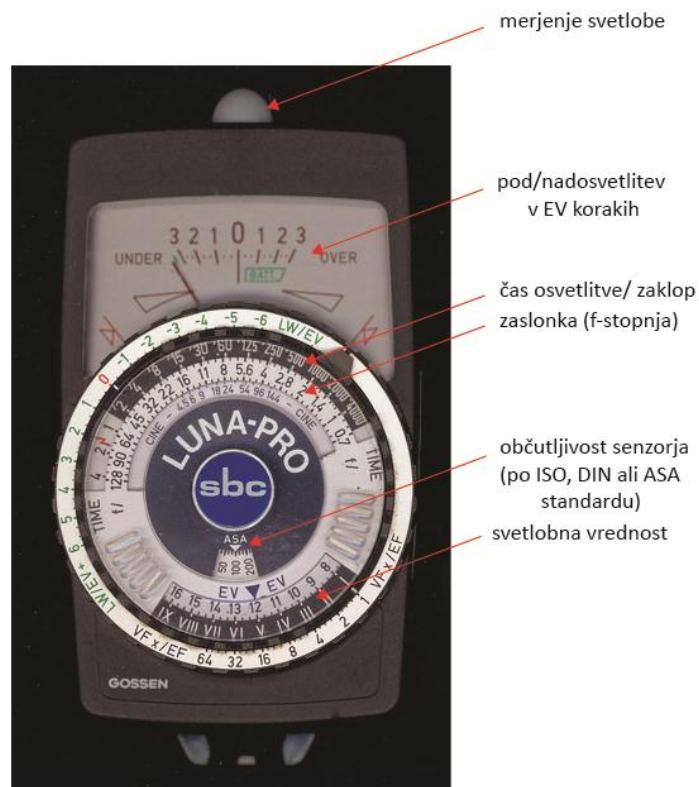
Na zaslonu digitalnih fotoaparatorov opazimo diagram, ki prikazuje osvetljenost slike (slika 8). Ko nastavimo zelena parametra, preostali parameter prilagajamo črticam, ki prikazujejo ali je slika pod/nadosvetljena. Podosvetljenost je prikazana z znakom minus, nadosvetljenost pa z znakom plus. Če črtica utripa na strani, označeni z minusom, pomeni, da je slika pretemna in jo moramo zato osvetliti in obratno.



Slika 8: Svetlometer v digitalnih fotoaparatih (vir: Resman, 2010)

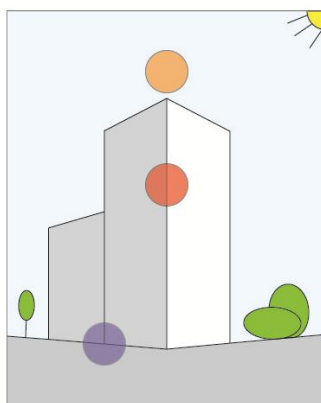
Ena črtica pomeni $1/3$ EV ali $1/2$ EV in jo običajno imenujemo EV korak. Če prikazovalnik utripa, se osvetlitev nahaja izven meja 9 EV.

Uporaba svetlometerov kot samostojnih inštrumentov je za profesionalno izvedbo fotografiranja boljša. Z njim pristopimo do motiva in merimo vpadno svetlobo ali pa merimo z neke razdalje in upoštevamo odbito svetlobo (Resman, 2010). Tudi pri tem svetlometeru si običajno dva parametra izberemo nato pa nam inštrument prikaže, koliko nad/podosvetljen je motiv (slika 9).



Slika 9: Analogni ročni svetlometer (vir slike: A site for photographers by photographers, 2012)

Kot pri vsaki napravi/instrumentu moramo tudi pri uporabi svetlomera pristopiti z razumom. Ne zaupajmo slepo napotkom, ki jih naprava podaja, temveč razmislimo. Uporaba svetlomera zahteva vajo in poznavanje tematike. Prvo pravilo merjenja s svetlomerom je merjenje kontrastov na motivu. Če želimo dobro uravnoteženo sliko, mora meritev s svetlomerom zajeti kontrast na objektu. Slika 10 prikazuje položaje merjenja. Rdeče obarvano območje prikazuje pravilno meritev, saj zajema tako temni kot svetli del objekta. V drugem primeru modro obarvano območje prikazuje merjenje na pretemnem delu objekta in nam svetlomer avtomatično podaja navodila, naj sliko osvetlimo. Zaradi napačnega merjenja nato dobimo presvetlo sliko. Zavedati pa se moramo, da preosvetljene slike ne moremo več popraviti. Obratno, merjenje v oranžnem območju zajema zgolj zelo svetlo ozadje in posledično svetlomer predlaga naj sliko potemnim. Kasneje na taki sliki zelo težko prepoznamo detajle ali oslonilne točke na objektu, saj je ta pretemen.



Slika 10: Merjenje kontrasta

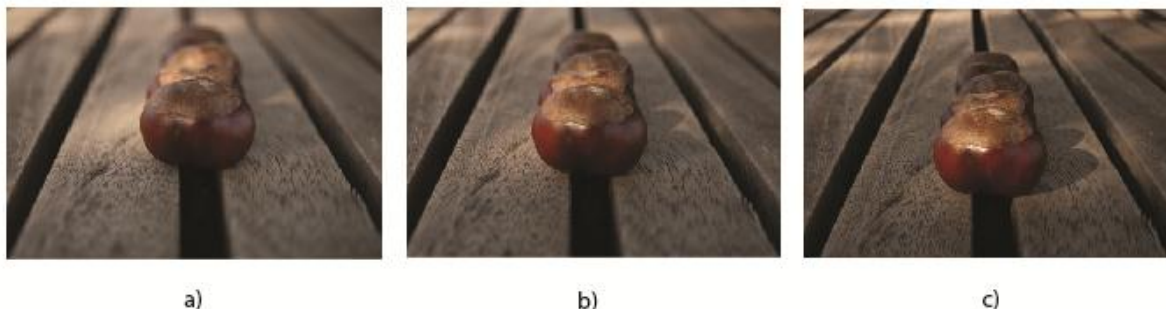
2.3.5 Globinska ostrina

Globinsko ostrino določa oddaljenost med najbližjim in najbolj oddaljenim objektom, ki se na fotografiji prikaže ostro. Je ena izmed ključnih lastnosti, ki jih moramo upoštevati pri fotogrametričnem slikanju arhitekturnih objektov. Nanjo lahko vplivamo na tri načine:

- z goriščno razdaljo objektiva
- z velikostjo odprtine zaslonke (slika 11)
- z oddaljenostjo od objekta

Na slikah želimo imeti dobro globinsko ostrino po celotnem obravnavanem območju, saj tako lahko na objektu prepoznamo detajle, kljub temu, da vsi deli objekta ne ležijo v isti ravnini. Širokokotni objektivni nudijo poleg širokega kota gledanja tudi dobro globinsko ostrino. Odprtino zaslonke pri tovrstnem slikanju običajno nastavljammo med $f/8$ - $f/12$. Na globinsko ostrino sicer lahko vplivamo

tudi z oddaljenostjo do objekta in oddaljenostjo motiva od okolice, vendar smo običajno omejeni z okolico in si velikih razdalj ne moremo privoščiti.



Slika 11: Primeri globinske ostrine pri različnih vrednostih zaslonke:

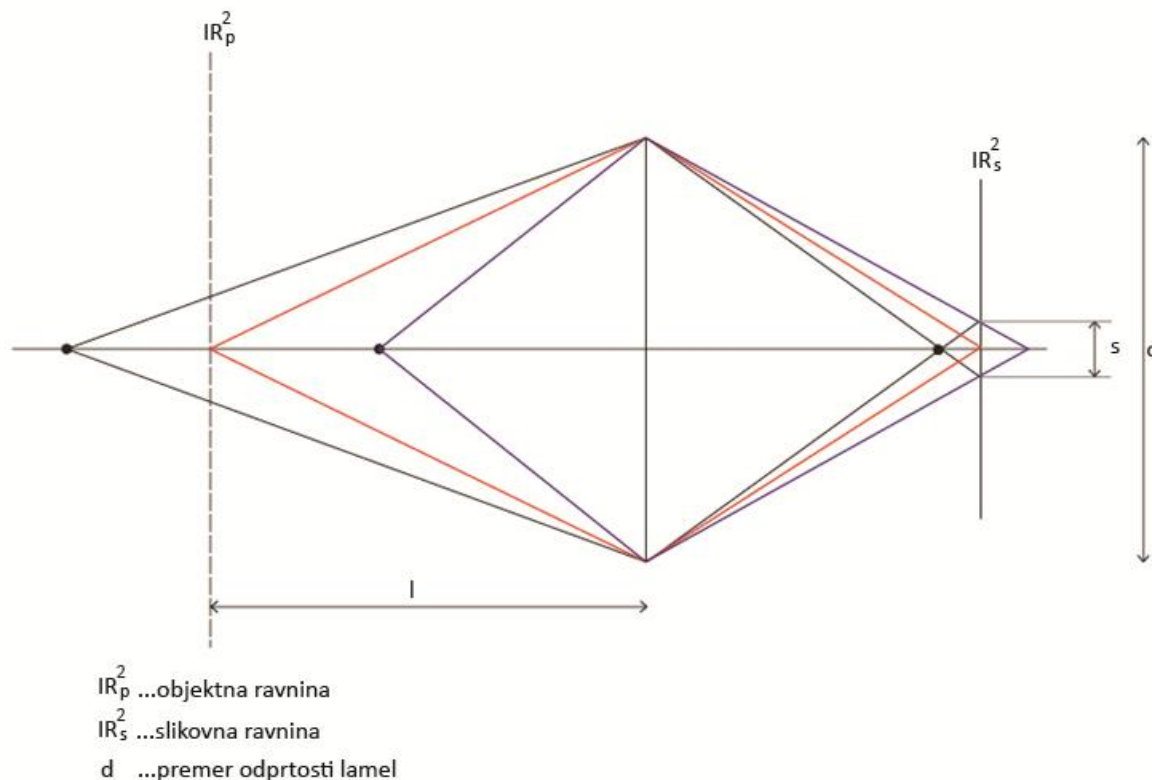
(a) $f/4.5$ (70 mm, 1/160 s), (b) $f/8$ (70 mm, 1/80 s),

(c) $f/18$ (70 mm, 1/25 s)

Zaradi ohranjanja stabilnosti parametrov notranje orientacije, ki jih določimo s kalibracijo fotoaparata, moramo pri fotografiranju imeti večino nastavitev fiksni. Posledično med serijo snemanj ne smemo spreminjati goriščne razdalje. Pri ogledu terena si zato načrtujemo, kako daleč bomo slikali in si lahko najbližjo P_B in najbolj oddaljeno P_D ostro točko tudi izračunamo po enačbi (2) (Pucelj, 2004) :

$$P_{B,D} = \frac{l}{1 \mp (l-f) s \frac{N}{f^2}} \quad (2)$$

V enačbi (2) poleg že omenjene goriščne razdalje objektivu f in f – stopnje (N), ki smo ju opisali v enačbi (1), nastopata tudi razdalja do objekta l in krog sipanja s . Spodnja slika 12 je povzeta iz predavanj predmeta Fotogrametrije I in prikazuje krog sipanja s , imenovan tudi neostrinski krogec. Žarki se kljub dobri konstrukciji objektivov ne preslikajo popolno, zato prihaja do napak leč, ki jih je podrobno opisal B. Pucelj v svoji diplomski nalogi (2004). Neostrinski krogec predstavlja najmanjše območje na sliki, ki ga človeško oko zazna kot točko. Standardna vrednost se določa na osnovi slikovnega formata, ostrine vida, razmer gledanja in velikosti povečave (Wikipedia, 2012). Izračun je v različnih virih različen. Pri fotogrametričnih meritvah se pogosto uporablja vrednost 0.025 mm, ki ustreza velikosti merske markice pri analitičnih inštrumentih (Pucelj, 2004).



Slika 12: Shematičen prikaz neostrinskega kroga

Delo si lahko olajšamo tudi tako, da uporabimo hiperfokalno razdaljo P_H . Izračunamo jo s spodnjo enačbo (3) (Pucelj, 2004). V enačbi nastopajo goriščna razdalja f , vrednost f - stopnje (N) in krog sipanja s . Hiperfokalna enačba nam poda pas globinske ostrine od neskončnosti proti položaju fotoaparata ob pogoju, da imamo nastavitveno razdaljo ali fokus na objektivu nastavljen na neskončnost (slika 13) (Resman, 2010). Objekti bodo ostri od polovice razdalje v neskončnost (Pucelj, 2004).

$$P_{H[mm]} = \frac{f^2}{sN} + f \quad (3)$$

V nekaterih navedbah v enačbi (3) ne nastopa zadnji del, kjer prištejemo goriščno razdaljo f . Izpušča se jo predvsem zaradi njene majhnosti v primerjavi z ostalimi vrednostmi.



Slika 13: Nastavitev na neskončnost: (a) primer Canonovega objektivu, (b) primer Nikonovega objektivu

2.3.6 Izravna bele svetlobe/ beline

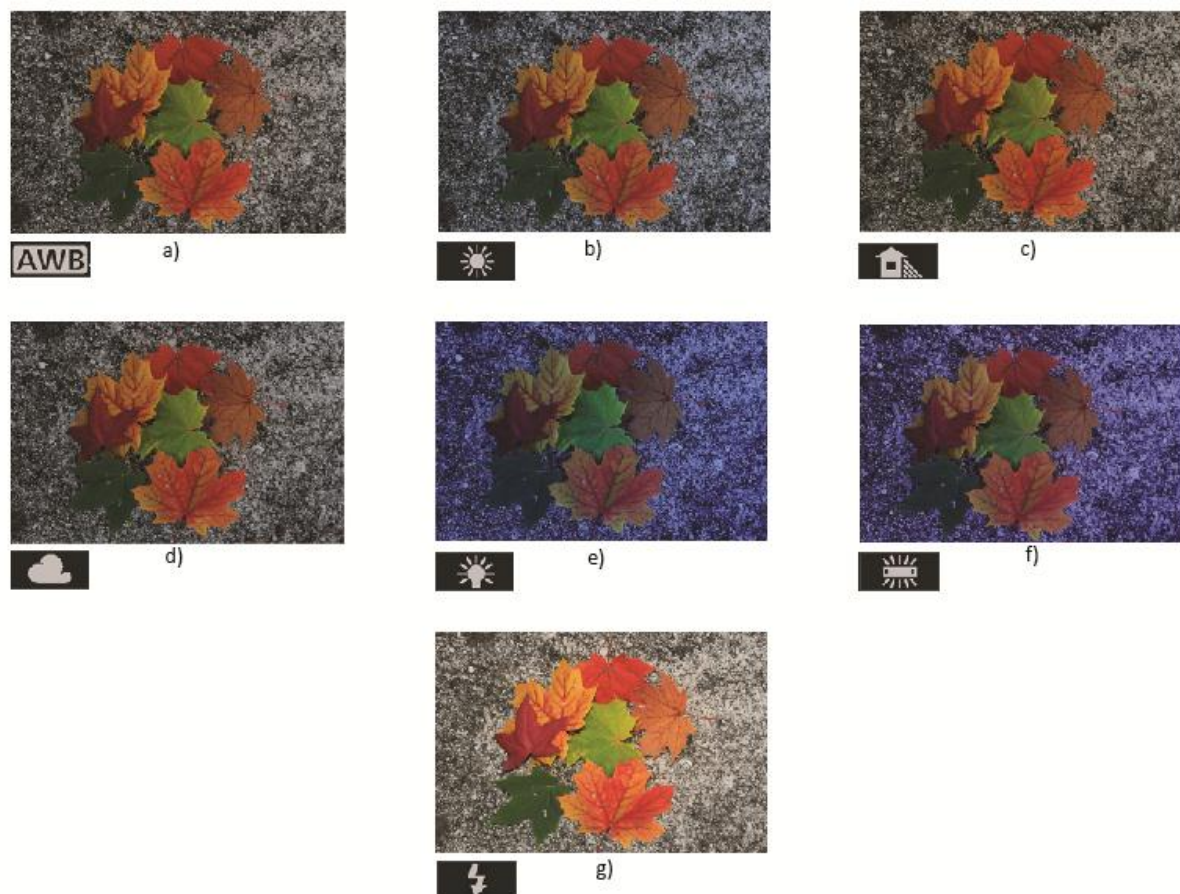
Naše oči se znajo zelo dobro prilagajati in predvidevati, kaj je belo kljub različni svetlobi. Fotoaparati pa so naprave, zato belo barvo pod različnimi viri svetlobe lahko zaznajo tudi kot rahlo modro, oranžno ali celo zeleno. Razlog za tako dožemanje barve izvira iz dejstva, da imajo različni viri svetlobe različno barvno temperaturo. Pri umetniških fotografijah nam ta lastnost koristi in jo pogosto izkoriščamo, medtem ko pri fotogrametričnih posnetkih želimo ohranjati barve čim bolj realne. Barvno temperaturo nastavljam glede na vir svetlobe. Lahko uporabimo meni (WB) na fotoaparatu (slika 15) iz katerega izberemo vir svetlobe s predpostavljenimi vrednostmi ali pa vrednost nastavimo sami (preglednica 5). Enota za barvno temperaturo so Kelvini (K). Pri fotografiranju zunanjih objektov imamo predvsem opravka s sončno svetlobo in si običajno izberemo opcijo iz menija. Zahtevnejše je slikanje notranjosti objekta, saj se moramo zavedati, s kakšnim virom svetlobe imamo opravka. Večkrat gre tudi za kombinacijo različnih virov. Lep primer je slikanje notranjosti cerkva, kjer wolframova žarnica predstavlja glavni vir, dodani so reflektorji, ki osvetljujejo detajle, skozi okna pa prodira sončna svetloba. V takih primerih je nastavev izravnave beline zahtevnejša. Takrat se poslužujemo ročne nastavitve vrednosti s predhodno izmero (slika 14). Pomagamo si tako, da slikamo 19 % sivinski list in prek njega določimo točno vrednost za trenutni ambient. Druga možnost pa je, da izbiramo nastavev glede na izbrano sliko izmed že posnetih.



Slika 14: Oznaki ročnih nastavitvev
(vir: Navodila za uporabo Canon EOS rebel T2i EOS 550D, 2010)

Preglednica 5: Vrednost glede na izbran vir svetlobe
(vira: Cambridge in colour, 2012 in Wikipedia, 2012)

Vir svetlobe	Vrednost [K]
Vžigalica	1700- 1800
Sveča	1000-2000
Wolframova žarnica	2000-3500
Studijske luči	3000-3350
Florescentna žarnica	1000-5000
Luna	4100-4150
Sonce	5000-6500
Bliskavica	5500-6500
Oblačno	6000-8000
LCD ali CRT ekran	6500-9000
Senca	7000-8000



Slika 15: Isti motiv slikan ob enaki svetlobi ter ob različnih nastavitvah izravnave bele barve: (a) avtomatska nastavitve, (b) sončna svetloba, (c) sence, (d) oblačno, (e) wolframova žarnica, (f) florescentna žarnica, (g) bliskavica

2.3.7 Dodatni nasveti

Pri slikanju arhitekturnih objektov je za zapis slike priporočljiva uporaba formata RAW, saj ohranja originalni zapis podatkov. Gre za "surov" zapis, ki se tako imenuje predvsem zaradi svoje izvornosti. Zapis ne izgublja podatkov, se ne stisne, zato je posledično večji ter je zanj potrebno imeti ustrezno programsko opremo za branje. Vsak barvni kanal se zapiše kot svoja slika.

Običajno je v fotoaparatih za format RAW privzeta največja kakovost in velikost slike. Če nista določeni z izbiro formata, ju ročno izberemo, saj potrebujemo kvalitetne slike iz katerih kasneje lahko identificiramo objekte iz oblike, barve, odtenka, intenzivnosti in kontrastnosti slike, kljub precejšnjemu približevanju.

Ker si izbiramo največjo kakovost in velikost slike, so posledično slike precej velikih dimenzij in na pomnilniških karticah zasedejo veliko prostora.

Pomebno je tudi, da je zaradi kalibracije fotoaparata potrebno nekatere nastavitve izklopiti kljub temu, da nam olajšajo slikanje (Matthews, 2008):

- izklop samodejnega ostrenja
- izklop samodejnega čiščenja leč
- izklop samodejnega zasuka slike
- izklop senzorja za stabilizacijo

Vse nastavitve izključimo, da ne poslabšamo položajne natančnosti detajlov in ne spreminjamo parametrov notranje orientacije.

Na digitalni sliki ne potrebujemo vpisa datuma, ki ga ponuja fotoaparat, zato izključimo tudi to opcijo, saj lahko datum prekriva nekatere detajle na sliki.

Uporaba bliskavice je običajno pri slikanju zunanjih objektov nesmiselna, saj je razdalja do objekta precej daljša kot doseg bliskavice. Bliskavica omogoča osvetlitev objektov na oddaljenosti približno 5 m. Pri slikanju notranjih prostorov si lahko pomagamo z bliskavico vgrajeno v fotoaparat ali bliskavico kot samostojno napravo. Pri tem moramo upoštevati ustrezno barvno temperaturo bliskavice.

Priporočljivo je na sam teren s seboj odnesti prenosni računalnik in si pred začetkom dela napraviti nekaj poskusnih posnetkov ter jih preveriti na ekranu računalnika. Pogosto se lahko zgodi, da zaradi majhnosti LCD zaslona na fotoaparatu ali premočne svetlobe ne vidimo kako ostra je slika, kako je osvetljena, ali je globinska ostrina primerna,...

3 TEORETIČNA IZHODIŠČA O STEREOSKOPSKI METODI

Poglavje obravnava teoretične osnove stereoskopske metode fotogrametrije in način slikanja v bližnjelikovnih aplikacijah, ki se uporabljajo pri slikanju arhitekturnih objektov. Podrobneje opredelimo normalni primer, kot najprimernejši način stereoskopskega slikanja.

3.1 Bližnjelikovna fotogrametrija

Področja fotogrametrije lahko delimo glede na več kriterijev. Najosnovnejši je kriterij, ki opredeljuje položaj fotoaparata glede na objekt in njegovo razdaljo do objekta (preglednica 6). Glede na izbran kriterij delimo:

Preglednica 6: Področja fotogrametrije (vir: Luhmann et al., 2006)

Ime	Značilnost
satelitska fotogrametrija	obdelava satelitskih podob, višinska oddaljenost večja od 200 km
aerofotogrametrija	obdelava letalskih posnetkov, višinska oddaljenost večja od 300 m
terestrična fotogrametrija	meritve iz fiksnih točk na tleh (terestrične meritve)
bližnjelikovna fotogrametrija	razdalja do objekta manjša od 300 m
makro fotogrametrija	mikroskopske slike

S fotogrametričnimi meritvami je možen zajem podatkov o stavbah ali skupinah stavb zato v takih primerih zajema govorimo o t.i. arhitekturni fotogrametriji. Če je predmet snemanja objekt kulturne dediščine, govorimo tudi o fotogrametričnem dokumentiranju kulturne dediščine. Sodelovanje drugih strok in geodetov omogoča izdelavo kvalitetnih izdelkov in sistematsko mersko dokumentiranje arhitekturnih objektov (Oven, 2001). Zajem je pogosto omejen s prostorom zato razdalje ne presegajo 300 m. Prav tako nas zanima predvsem objekt kot celota, zato podatke pridobivamo s talnih stojišč. Omenjene lastnosti najbolje opisuje bližnjelikovna fotogrametrija. Omogoča dokaj enostaven in ekonomsko dostopen način pridobivanja merskih podatkov. Posledično je primerna za številna druga področja kot na primer: arheologija, industrija (kontrola kakovosti proizvodnje), forenzika, multimedija, medicina,...

Leta 1962 je E. H. Thompson povzel pogoje, kjer bi se bližnjelikovne fotogrametrične meritve lahko uporabljale (Luhmann et al., 2006):

- v primeru, ko je objekt nedostopen ali težko dostopen
- če objekt ni stabilen in so potrebne njegove trenutne mere
- ko ni zagotovljeno ali so zahtevani podatki potrebni
- ko v času meritev ni zagotovljeno, kateri podatki točno so zahtevani
- v primeru, ko je objekt zelo majhen

Navedenim pogojem so Luhmann et al. (2006) dodali še tri svoje:

- ko neposredne meritve vplivajo na sam objekt ali vplivajo/motijo postopek okrog objektov
- ko so zahtevani rezultati v realnem času
- ko je zahtevano neprekinjeno snemanje in je velik obseg merjenja

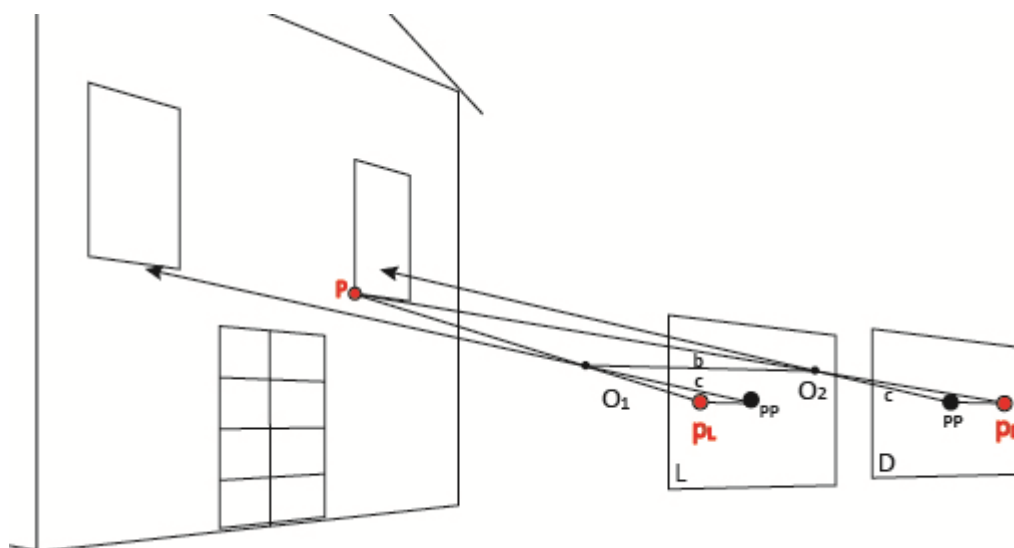
Dandanes v dobi digitalne tehnologije se s pomočjo arhitekturne fotogrametrije izdeluje predvsem trirazsežne modele objektov. Ker je slika dvorazsežni medij, trirazsežni objekt najbolje zajamemo na osnovi dvoslikovnega ali stereoskopskega fotogrametričnega postopka.

3.2 Stereoskopija

Objekti, za katere je potrebna tehnična dokumentacija, so običajno razgibani in kompleksnejših oblik. Za takšne objekte je najbolj primerna dvoslikovna fotogrametrična metoda ali stereoskopski način snemanja, ker pri zajemu omogoča prostorsko zaznavo objekta. Osnovni princip stereoskopije temelji na podlagi dveh slik, ki sta zajeti iz različnih stojišč, vendar približno na isti višini in nista preveč konvergentni. Taki sliki imenujemo stereopar. Z ustreznimi pripomočki za gledanje in merjenje stereoslik lahko simuliramo naravno prostorsko gledanje in prepoznavamo detajle, objekt merimo in izdelujemo različne vrste izdelkov.

3.2.1 Stereoskopski fotogrametrični postopek

Fotogrametrija temelji na merjenju in rekonstruiranju prostorskih objektov na osnovi slike. Za razumevanje nastanka slike moramo poznati geometrijske lastnosti preslikave, ki jo opišemo s centralno projekcijo. V trenutku ekspozicije se svetloba iz posamezne prostorske točke P prek centra projekcije (O_L , O_D) preslika na sliko (p_L , p_D) (Kosmatin Fras et al., 2008) (slika 16).

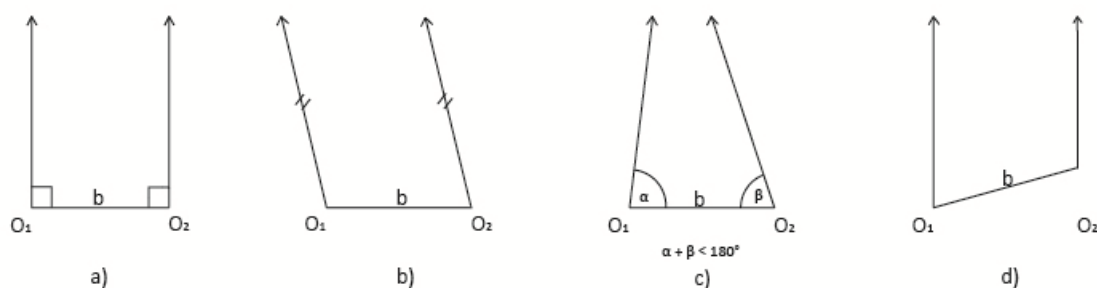


Slika 16: Poenostavljen prikaz dvoslikovnega fotogrametričnega zajema

Razdaljo med projekcijskim centrom O in glavno točko PP imenujemo konstanta fotoaparata, ki jo označujemo z c (Gorjup, 2001). Skupaj z lokacijo glavne točke in optično distorzijo predstavlja parametre notranje orientacije. Če želimo izbran objekt v prostoru rekonstruirati, potrebujemo najmanj dva posnetka, katerih projekcijska centra sta med seboj oddaljena na neki bazi snemanja b . Za pridobitev podatkov iz slike mora biti položaj stereopara enak kot v času ekspozicije, matematično pa ta položaj opišejo parametri zunanje orientacije. Na podlagi meritev slikovne točke (p_L, p_D) na levi in desni sliki lahko skozi projekcijska centra matematično zapišemo homologni premici (slikovna žarka), ki se sekata in definirata položaj točke v prostoru (Kosmatin Fras et al., 2008).

3.2.2 Načini stereoskopskega fotogrametričnega slikanja

Stereoskopski način temelji na rekonstrukciji objekta z enim ali večimi stereopari. Rekonstrukcija je možna, če sta smeri obeh slik usmerjeni vzporedno ali pa sta usmerjeni v isto točko. Načinov slikanja za pridobitev stereoparov je več. Na sliki 17 so prikazani različni načini dvoslikovnega slikanja. Gre za tlorisen prikaz smeri optičnih osi, kjer O_1 in O_2 predstavljata centra projekcije, oddaljena za dolžino baze snemanja b .



Slika 17: Načini dvoslikovnega fotogrametričnega slikanja: (a) normalni, (b) odklonski, (c) konvergentni, (d) zamaknjeni

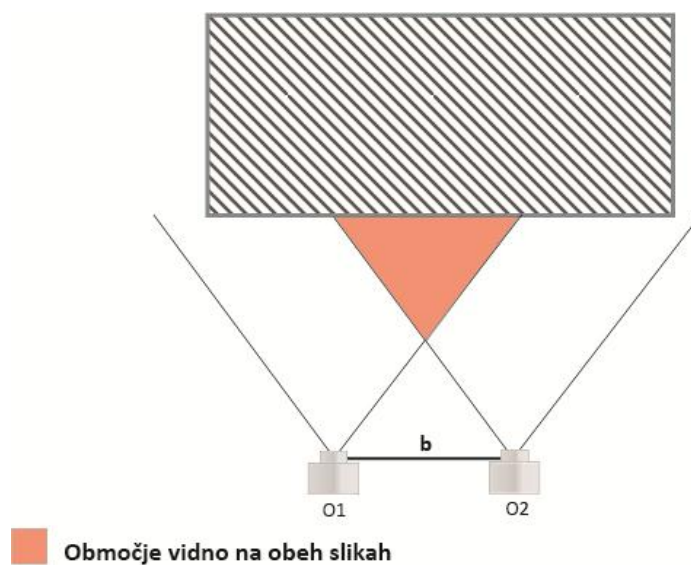
Najbolj priporočen je normalni primer slikanja (slika 17a), ki ga pogosto imenujemo tudi idealni način. Obe optični osi sta pravokotni na bazo in posledično med seboj vzporedni. Med projekcijskima centroma ne sme priti do višinske razlike, saj ta onemogoča stereoeffekt.

Preostali načini stereoskopskega slikanja se uporabljajo predvsem v primerih, ko normalnega načina zaradi vplivov zunanjih ovir ni možno izvesti.

3.2.3 Slikanje normalnega primera

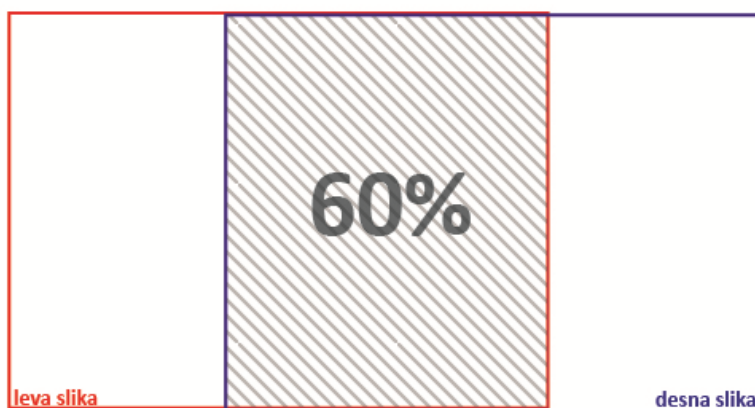
Za uspešno geometrično rekonstrukcijo objekta na podlagi normalnega primera slikanja, moramo upoštevati nekatera pravila:

- Za pridobitev prostorske predstave se morata posnetka delno prekrivati, torej vsebovati del istega območja na sliki (slika 18).



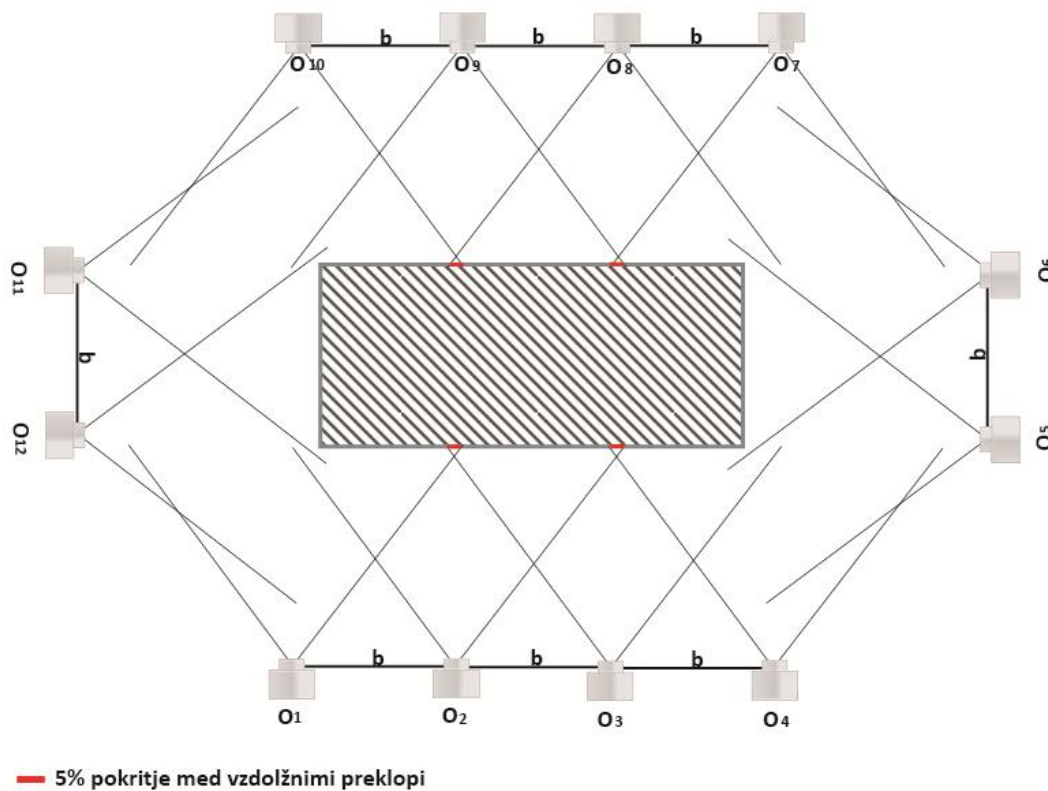
Slika 18: Normalni primer slikanja (vir: Hanke in Grussenmeyer, 2002)

Teoretično je dovolj 50 % prekrivanje, vendar se v praksi poslužujemo najmanj 60 % prekrivanja ali vzdolžnega preklopa (slika 19).



Slika 19: Vzdolžni preklop (stereo-območje) posnetkov

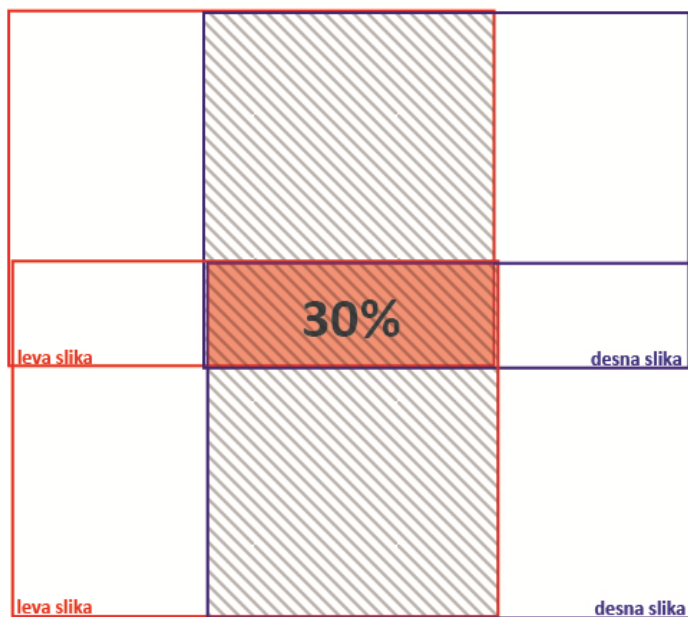
- V večini primerov celotnega območja ne moremo zajeti zgolj z enim stereoparom, temveč jih naredimo več, tako, da objekt v celoti pokrijemo. Sosednja stereo-območja se morajo prekrivati vsaj 5-10 %, da ne pride do slikovno nepokritih delov na objektu (ISPRS-Commission V, 2010) (slika 20).



Slika 20: Prikaz zajema objekta s stereo-območji, ki se med seboj rahlo prekrivajo

- Pri izdelavi stereopara pazimo, da ne prihaja do vertikalnih zamikov ali nagibov fotoaparata.

- Pogosto so objekti visoki. Posledično ne moremo zajeti celotne višine objekta zgolj z eno sliko. V tem primeru se poslužujemo slikanja v višinskih pasovih. Stereopari se morajo tako prekrivati tudi v vertikalnem ali prečnem preklapu. Teoretično znaša najmanjši prečni preklap 20%, vendar v praksi običajno snemamo z najmanj 30% prekritja (slika 21). Prekritje med pasovi je potrebno za določitev homolognih točk med pasovi in kot zagotovitev, da med njimi ne pride do lukenj.



Slika 21: Prečni preklap (stereo-območje) posnetkov

- Razmerje med velikostjo baze snemanja b in oddaljenostjo fotoaparata od objekta l , je opredeljeno v enačbi (4) (Kosmatin Fras, 1996):

$$\text{razmerje baza : oddaljenost} = b/l \quad (4)$$

Priporočeno razmerje glede na razgibanost objekta je:

- za ravninske objekte: 1 : 2
- za srednje razgibane objekte: 1 : 4
- za močno razgibane objekte: 1 : 10

3.3 Orientacija slik

Orientacijo slik delimo na notranjo in zunanjo orientacijo. Notranja orientacija se nanaša na fotoaparatus in s tem na vzpostavitev slikovnega koordinatnega sistema za merjenje na slikah. Zunanja orientacija opisuje umestitev posnetka v prostor v času ekspozicije.

3.3.1 Notranja orientacija

V primeru notranje orientacije nas zanimajo elementi, ki opisujejo odnose v fotoaparatu v času ekspozicije. S temi elementi vzpostavimo slikovni koordinatni sistem za posamezno sliko. Postopek za določitev elementov notranje orientacije imenujemo kalibracija. Merski fotoaparati so visoke kakovosti in izdelani za fotogrametrične namene. Njihovo kalibracijo izvede pooblaščen institucija, ki kalibracijo izvaja v določenem časovnem intervalu ali v primeru možnih okvar. Če se poslužujemo dela z nemerskimi fotoaparati, izvedemo kalibracijo fotoaparata sami (glej poglavje: 4.3.3).

Elementi notranje orientacije so (Grigillo, 2003):

- konstanta fotoaparata c
- položaj glavne točke na sliki (x_0, y_0)
- optična distorzija* objektivna

3.3.2 Zunanja orientacija

S postopkom zunanje orientacije pridobimo prostorski položaj slike v času ekspozicije. V matematičnem smislu gre za transformacijo med slikovnimi in objektnimi koordinatami.

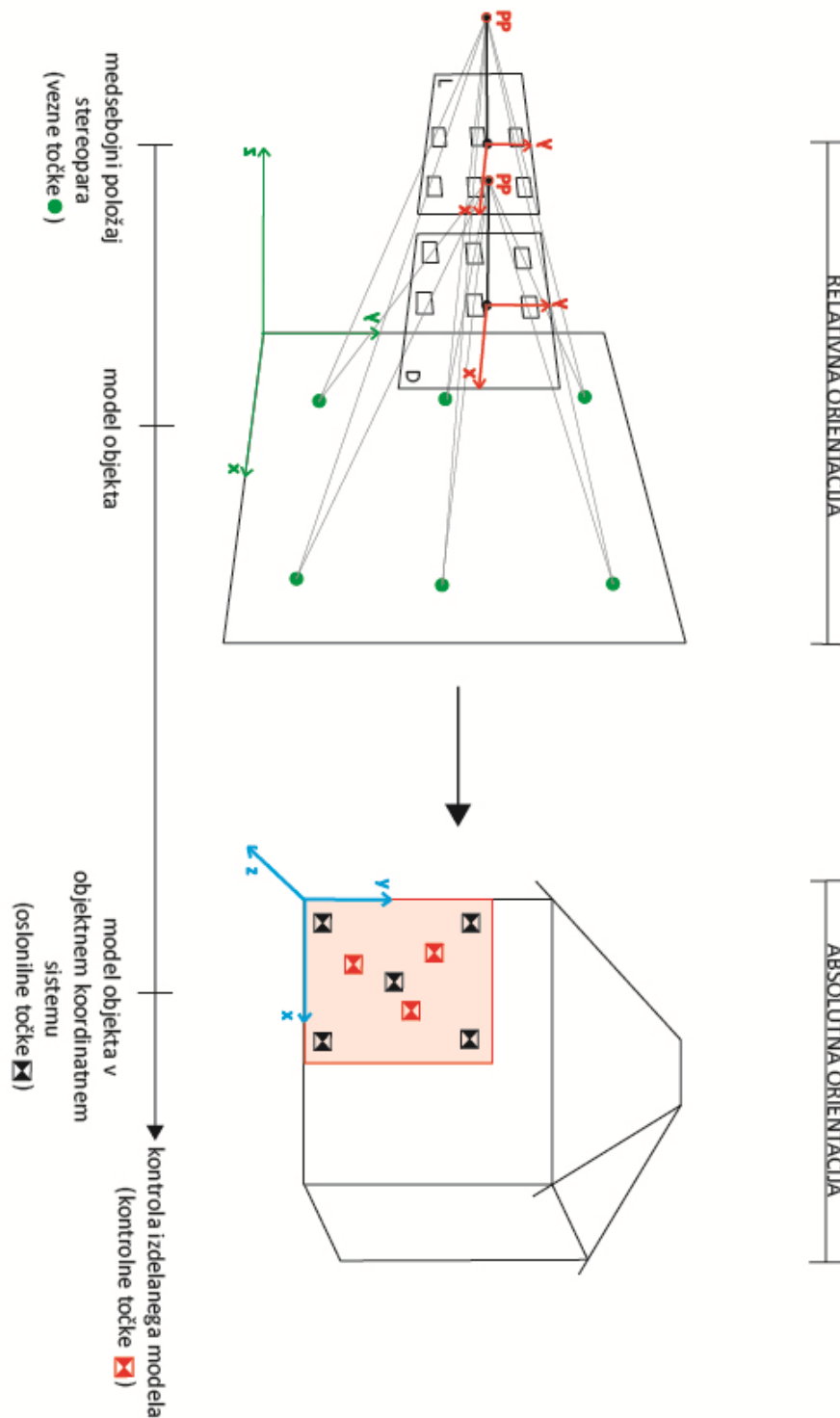
3.3.3 Dvostopenjski postopek

Za stereopar lahko parametre, ki določajo njegov položaj v prostoru, sočasno izračunamo z dvostopenjskim postopkom. Prvo stopnjo imenujemo relativna orientacija, drugo pa absolutna orientacija (slika 22).

Poglavje je namenjeno razumevanju razporeditve, izbora in števila fotogrametričnih točk.

(Opis je osnovan na kompilaciji virov: Gülch, 1995, Heipke, 1996, Kosmatin Fras et al., 2008, Vezočnik, 2006)

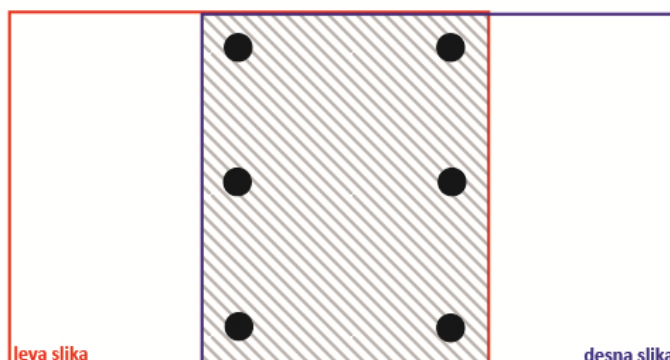
* Distorzija...Zunanji pasovi močnejše lomijo žarke kot notranji del leče, torej dobimo z zunanjimi pasovi leče manjšo povečavo, kot jo preslikujemo z osrednjim delom leče. (Pucelj, 2004)



Slika 22: Grafični prikaz izdelave modela

Relativna orientacija ali prva stopnja orientacije stereopara je postopek, s katerim med posnetkoma stereopara vzpostavimo pravilni medsebojni položaj. Ob pogoju, da se homologni slikovni žarki sekajo v modelnih točkah (model je premaknjen, zasukan in pomanjšan glede na pravi objekt), lahko izračunamo iskane parametre relativne orientacije. Za rešitev problema potrebujemo meritve najmanj petih veznih točk na obeh posnetkih. Običajno merimo šest veznih točk, ki so razporejene po

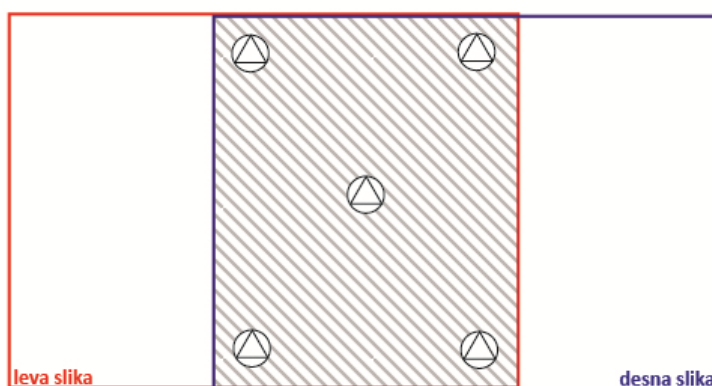
Gruberjevem načelu in jih imenujemo Gruberjeve točke (slika 23) (po utemeljitelju metode Otto von Gruberju).



Slika 23: Razporeditev veznih točk po Gruberju

Vezne točke so točke na levem in desnem posnetku, ki so dobro in nedvoumno določljive. Na sliki jih izberemo kot dobro vidne detajla in, razen izjemoma, na objektu niso posebej označene (signalizirane). Razporedimo jih po daljših stranicah stereo pokritja. Na obeh posnetkih merimo njihove slikovne koordinate.

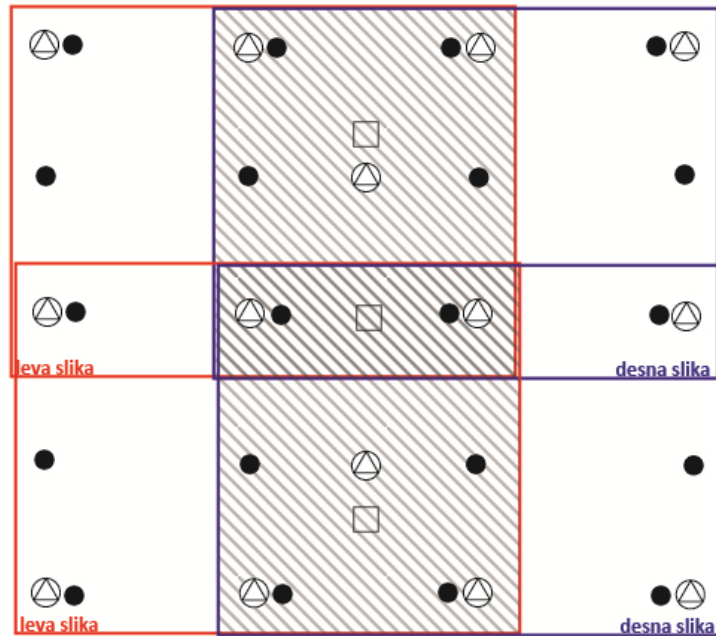
Druga stopnja orientacije stereopara ali absolutna orientacija predstavlja transformacijo med modelnim in objektnim koordinatnim sistemom. Za rešitev potrebujemo najmanj tri točke z znanimi prostorskimi in modelnimi koordinatami. Omenjene točke imenujemo oslonilne točke. V praksi običajno uporabimo pet točk. Štiri točke razporedimo po obodu stereo pokritja, peto točko pa postavimo v sredino, da se model na sredini ne izboči (slika 24). S postopkom absolutne orientacije geometrijsko pravičen model, ki smo ga pridobili z relativno orientacijo, postavimo v pravičen položaj v objektnem koordinatnem sistemu.



Slika 24: Priporočena razporeditev oslonilnih točk za absolutno orientacijo stereopara

Po opravljeni absolutni orientaciji na kontrolnih točkah preverimo kakovost postopka. Kontrolne točke so točke z znanimi prostorskimi koordinatami, ki ne nastopajo v orientaciji in izravnavi, temveč

služijo za neodvisno kontrolo in oceno natančnosti izvedene orientacije. Morebitna odstopanja se običajno pojavijo v osrednjem delu stereo pokritja, zato jih izbiramo predvsem v tem predelu (slika 25).



- vezne točke
- △ oslonilne točke
- kontrolne točke

Slika 25: Prikaz razporeditve veznih, oslonilnih in kontrolnih točk

3.4 Pristopi in naprave, ki omogočajo slikanje stereopara

Poznamo različne kombinacije postavitve fotoaparata za pridobitev ustreznega streopara, ki so prikazane na sliki 26.



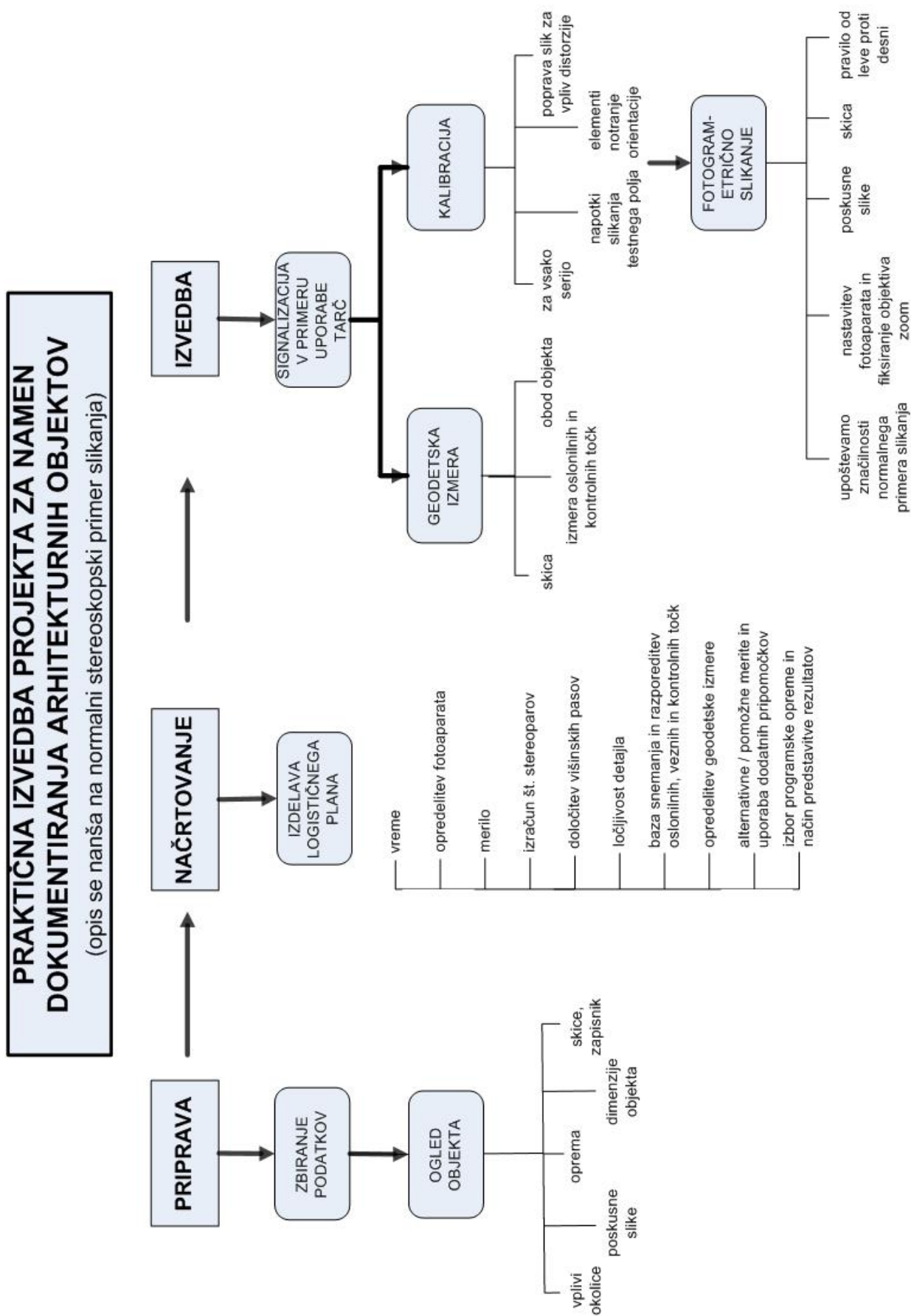
Slika 26: (a) Fotoaparat na drsnem stativu (vir: Aliexpress, 2013), (b) kombinacija dveh fotoaparata na drsnem stativu (vir: Short Course, 2013), (c) stereo fotoaparat (vir: New Zealand Stereoscopic Society, 2013)

Najpreprostejši način je uporaba zgolj enega fotoaparata. Drugi posnetek lahko pridobimo z ročnim premikom fotoaparata na nov položaj ali pa uporabimo drsnik na stativu. Uporaba drsnika na eni strani zagotavlja kontroliran horizontalni premik, vendar ne dovoljuje poljubno široke baze snemanja. Slednje predstavlja omejitev v primeru daljših oddaljenosti od objekta, ki narekujejo sorazmerno večjo bazo. Druga možnost je uporaba dveh fotoaparata z enakimi geometričnimi lastnostmi, ki sta pritrjena na stativ drug ob drugem na neki razdalji. Pri tem je pomembno, da imata oba fotoaparata v času ekspozicije nastavljene enake nastavitve, saj s tem omogočimo, da imata sliki enake geometrične lastnosti. Fotoaparata sta lahko sinhronizirana na sočasno sprožitev, vendar za statične objekte, to ni potrebno. Najkompleksnejša naprava pa je stereo fotoaparat, ki jo sestavlja fotoaparat z dvema objektivoma, pritrjenima na neki razdalji. Konstrukcija takega fotoaparata ima prednost predvsem v izogibu vertikalnih in horizontalnih premikov ter ima povsem enake pogoje ob slikanju stereopara. Ne omogoča pa drugačnih načinov slikanja kot normalnega in ima fiksno bazo.

4. OPIS POSAMEZNIH FAZ FOTOGRAMETRIČNEGA DOKUMENTIRANJA ARHITEKTURNIH OBJEKTOV

Če naročnik izbere ponudbo in z izvajalcem sklene pogodbo, se projekt izvede v obsegu pogodbenih obveznosti. Izhajamo iz predpostavke, da je pogodba že sklenjena.

Poglavje opisuje posamezne faze projekta fotogrametričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov, kot si običajno sledijo (slika 27). Ne opredeljuje zgolj napotkov za izvedbo na terenu, temveč vsebuje tudi faze priprave in načrtovanja, ki sta bistvena za korektno in ustrezno izvedbo postopka. Poslovnega in finančnega vidika pri izvedbi projekta tu ne opisujemo.



Slika 27: Shematičen prikaz praktične izvedbe projekta

4.1 Priprava

Prva faza praktičnega dela zahteva pripravo na sam projekt. Uspešnost opravljenih začetnih faz pogosto začenja nadaljnje delo. Priprava je sestavljena iz podpoglavij, ki opisujejo zbiranje podatkov o objektu, terenski ogled in opazovanje motečih dejavnikov.

4.1.1 Zbiranje podatkov

Po podpisu pogodbe z naročnikom sledi priprava na izvedbo projekta. Potrebno je zbrati določene podatke, da lahko načrtujemo vse podrobnosti izvedbe.

Potrebno je pridobiti čim več informacij tako o objektu kot njegovi okolici, saj ga ta umesti v prostor in je nemalokrat ključna pri kvaliteti in načinu zajema podatkov. Skušamo pridobiti čim več podatkov kot so npr. (Kocjančič, 2012, Prah, 2005, Zavec, 2011):

- obstoječe fotografije
- arhitekturni posnetki stanja
- stari načrti
- geodetski načrti
- dovoljenje za snemanje (v primeru ko gre za objekt v zasebni lasti)
- dodatna dokumentacija
- ...

4.1.2 Ogled objekta

Ko gre za obsežnejše in zahtevnejše objekte, je potrebno opraviti terenski ogled. Priporočljiv pa je za vsak objekt, saj nam prav predhodni ogled poda največ informacij o trenutnem stanju objekta in njegovi okolici ter nas lahko nemalokrat reši pred neprijetnimi situacijami.

Pri ogledu smo pozorni na smer sonca v predvidenem času slikanja, temne predele, kje kontrast ni izrazit, barvo in teksturo podlage, možnost nevidnih delov,...

Na ogled terena je priporočljivo vzeti: fotoaparata in ustrezen objektiv, dodatno baterijo, prazno spominsko kartico, daljši merski trak, pisalo in papirje, trdo podlago, načrte ali skice, če te obstajajo, stativ, prenosni računalnik, manjšo lestev,...

Po prihodu na teren si najprej ogledamo lego objekta glede na druge objekte. Sproti rišemo skico v katero vrisujemo položaj objekta, njegovo okolico, ovire in druge značilnosti. Predvidevamo položaj stojišč za klasično geodetsko izmero in možnost vzpostavitve zaključenega poligona. Njihov približni položaj vrišemo na skico.

Iz različnih oddaljenosti od objekta ter ob različnih goriščnih razdaljah s fotoaparatom slikamo testne slike. Pri nastajanju teh opazujemo kako veliko območje pokrijemo z eno sliko. Predvidevamo preklope in ugotavljamo ali bo za zajem celotne višine potrebno slikanje v enem ali več višinskih pasovih. Dobro si ogledamo detajle objekta in ugotavljamo ali njihova številčnost in razporeditev ustreza uporabi teh v fotogrametrične namene. Konfiguracija detajlov in možnost fizičnega kontakta z objektom definirata uporabo tarč ali zgolj detajlov. Glede na oceno kritičnih situacij, lego oslonilnih točk in razgibanosti objekta približno določimo stojišča fotogrametrične izmere. Več detajlov zahteva več posnetkov. Konfiguracijo poskusnih slik zapišemo na skico in jim pripišemo približno oddaljenost do objekta, goriščno razdaljo, zaporedno številko in dodatne posebnosti.

Priporočljivo je, da z merskim trakom izmerimo dolžino, širino in če je možno višino objekta. Dimenzije objekta zapišemo. Podatke lahko pridobimo iz načrtov in drugih dokumentov, če so ti za objekt dostopni.

4.1.3 Vplivi okolice objekta

Okolica objekta vpliva na načrtovanje stojišč za slikanje. Pogosto je prav okolica tista, ki določa možnost ali lahko objekt v celoti zajamemo s fotogrametrično metodo.

Vplivi so (Mencinger, 2005, Novšak, 2008, Prah, 2005, Zavec, 2011):

- vidnost objekta
- dostopnost, maneverski prostor
- fizične ovire: zelenje, ograje, prizidki, žive meje, obraščенost objekta (slika 28), množica ljudi, promet,...
- vremenske razmere: osvetljenost objekta (slika 29), kontrast objekta z okolico, nevidnost robov, slaba vidljivost kontur*,...

Kontúra-nejasno, neostro vidna meja, rob česa; obris (razločila se je le kontura stolpa)
(vir:SSJK, 2012)*



Slika 28: Primer obraščene objekta



Slika 29: Slaba vidljivost zaradi senc

4.2 Načrtovanje

Na podlagi pridobljenih podatkov, terenskega ogleda in želje naročnika izdelamo logističen plan izvedbe projekta. Kasneje se lahko zgodi, da sam zajem nekoliko spremenimo glede na dejanske razmere. Faza načrtovanja je temelj, ki omogoča korekten pristop k delu, poda informacijo o zahtevnosti projekta in omogoča optimalen čas zajema.

4.2.1 Vreme

Odhod na teren je odvisen od vremenskih razmer. Najprimernejši čas slikanja je poleti opoldan, ko je sonce v najvišji legi in so posledično sence najkrajše (Kocjančič, 2012). Zaradi enakomerne osvetlitve izbiramo predvsem oblačno vreme ali sipajočo svetlobo. V primerih, ko je objekt zaraščen z rastlinjem, po možnosti objekt slikamo izven sezone ozelenitve.

4.2.2 Opredelitev fotoaparata

Logistični plan naj vsebuje značilnosti izbranega fotoaparata in objektivna. V primeru uporabe nemerskega fotoaparata opredelimo izbrano vrsto kalibracije (več o vrstah kalibracije v poglavju 4.3.3).

4.2.3 Merilo slike

Celoten zajem podatkov je na načrtih prikazan v izbranem merilu. Kljub poljubni povečavi v CAD (Computer Aided Design) sistemih se moramo zavedati, da model predstavlja abstrakcijo izbranih podatkov. Z različnim merilom zajemamo različno stopnjo podrobnosti (Andrews et al., 2009).

Modul merila slike m izračunamo na podlagi razmerja (5) med zahtevano natančnostjo končnega izdelka σ_X in natančnostjo slikovnih meritev σ_x , ki jo določa oprema.

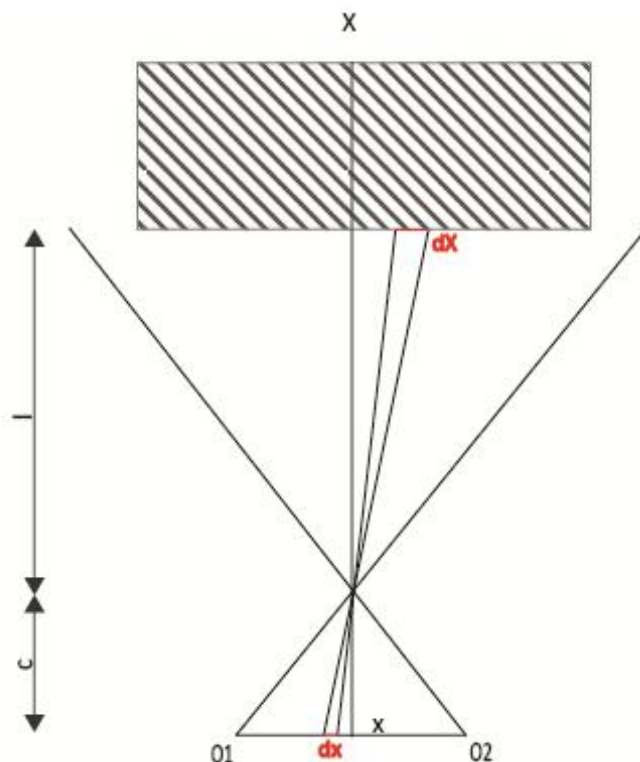
$$m = \frac{\sigma_X}{\sigma_x} \quad (5)$$

Na podlagi modula merila m in konstante kamere c lahko izračunamo oddaljenost od objekta l s spodnjo enačbo (6) (Mencinger, 2005):

$$l = m c \quad (6)$$

V splošnem je modul merila m definiran kot razmerje (6) med oddaljenostjo od objekta l in konstanto fotoaparata c ali kot razmerje med razdaljo v objektnem ravnini X in razdaljo v slikovni ravnini x (slika 30) (Luhmann et al., 2006):

$$m = \frac{l}{c} = \frac{X}{x} \quad (7)$$



Slika 30: Izračun modula merila (Vir: Luhmann et al., 2006)

S pomočjo izračunanega modula merila m lahko na podlagi slikovnih meritev d_x pridobimo podatek d_X v objektni ravnini. Izračunamo ga s preprostim množenjem (8).

$$d_X = m d_x \quad (8)$$

4.2.4 Izračun števila stereoparov

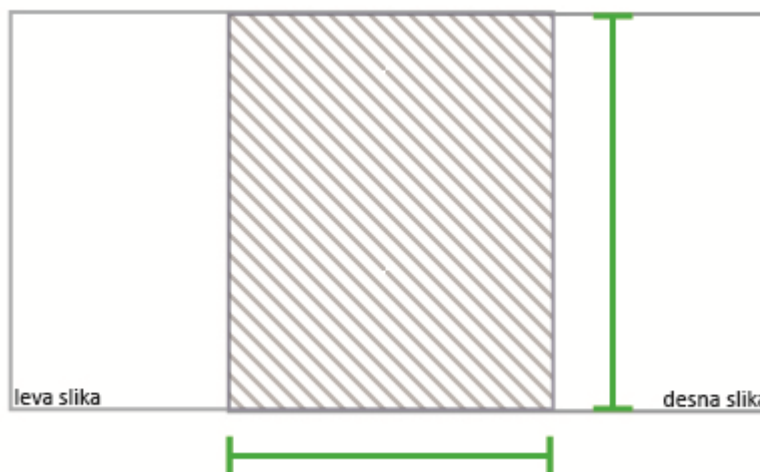
V fazi ogleda terena smo z različnimi goriščnimi razdaljami in oddaljenostmi od objekta preizkušali, kako veliko območje zajamemo s sliko. Na podlagi testnih posnetkov, dostopnosti do objekta in globinske ostrine (poglavje 2.3.5) se odločimo za ustrezno goriščno razdaljo.

Zaradi vpliva optične distorzije pri nastanku slike je uporabnih približno 90 % formata slike. Na robovih slike prihaja do največjih napak še dodatno zaradi perspektivnosti slike (Pucelj, 2004).

Ker imamo opravka s stereoskopskim načinom, je potrebno izračunati velikost zajetega območja glede na vzdolžni preklop. Izračunamo ga na osnovi odstokov pokritja.

Ko pridobimo velikost vzdolžnega pokritja v vodoravni in navpični smeri (slika 31), izračunamo velikost območja, ki ga zajamemo na objektu. Izračunamo jo kot produkt velikosti območja pokritja in modula merila (Mencinger, 2005).

Izračunano vrednost primerjamo z dejansko dolžino in širino objekta (poglavje 4.1.2) in izračunamo število preklopov, ki jih potrebujemo za zajem celotnega območja. Glede na število preklopov nato izračunamo število potrebnih slik.

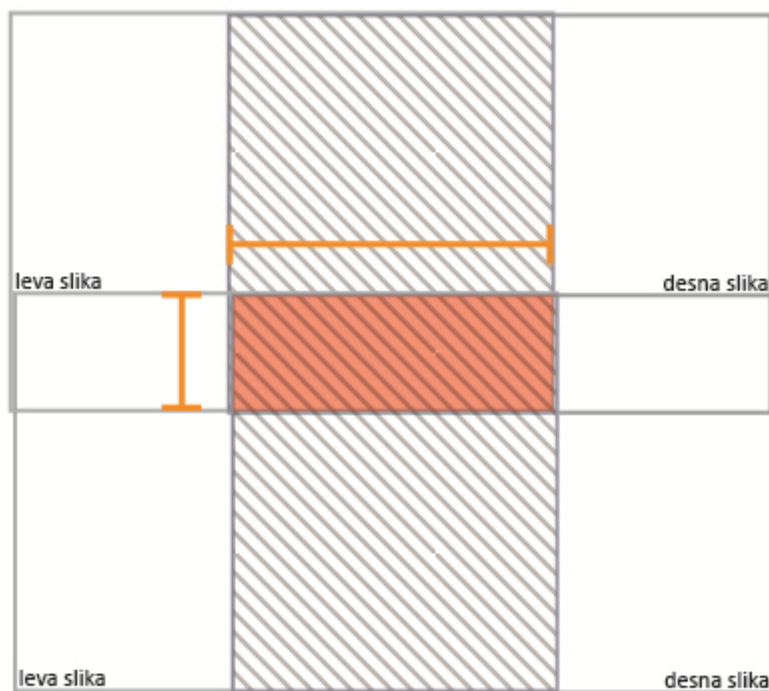


Slika 31: Izračun vzdolžnega preklopa

4.2.5 Določitev višinskih pasov

Pogosto zaradi višine objekta fasado razdelimo na višinske pasove. Glede na odstotek prečnega preklopa izračunamo velikost zajetega območja in ga množimo z modulom merilom (slika 32). Velikost območja primerjamo z dejansko višino objekta. Če višine ne poznamo, si pomagamo s poskusnimi posnetki v času ogleda terena tako, da primerjamo slike, posnete s podobne razdalje ob načrtovani goriščni razdalji.

S primerjavo velikosti prečnega preklopa in dimenzijami objekta, izračunamo, koliko pasov je potrebnih za zajem celotnega objekta.



Slika 32: Izračun prečnega preklopa

4.2.6 Ločljivost detajla

Zaradi želje po ustreznem prepoznavanju detajlov na slikah je potrebno predvideti, kako velik je najmanjši detajl, ki ga lahko ločimo na sliki.

Pomagamo si s preprostim izračunom. V specifikacijah fotoaparata poiščemo ločljivost fotoaparata in velikost piksla. Velikost enega centimetra delimo z modulom merila. Z enostavnim izračunom pridobimo občutek velikosti enega centimetra v naravi v primerjavi z velikostjo na slikovni ravnini. Dobljeni produkt primerjamo z velikostjo piksla in želeno natančnostjo slikovnih meritev. Če je velikost piksla enaka ali večja, se moramo zavedati, da na digitalnih slikah ne bomo sposobni prepoznati značilnosti, ki so v tem primeru v velikosti enega centimetra ali manjše.

4.2.7 Baza snemanja in razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk

V logističnem planu na podlagi razgibanosti objekta (poglavje 3.2.3) in oddaljenosti do objekta l , izračunane po enačbi (6), izračunamo velikost baze snemanja b po enačbi (4). Na podlagi pridobljenih vrednosti in vplivov okolice objekta predvidevamo stojišča za fotogrametrično izmero.

Na osnovi testnih slik, nastalih v fazi ogleda terena, si načrtujemo razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk (poglavje 3.3.3). Več o signalizaciji točk v poglavju 4.3.1.

4.2.8 Opredelitev geodetske izmere

V fazi planiranja opredelimo izbran inštrumentarij in pribor za potrebe klasičnih geodetskih meritev. Glede na potrebe izberemo ustrezen koordinatni sistem ter določimo lokacijo stojišč za geodetsko izmero.

4.2.9 Alternativne / pomožne meritve in uporaba dodatnih pripomočkov

V primeru težke dostopnosti, nevidnosti, ovalnih oblik,... se ob posvetu z naročnikom odločimo za dodatne načine zajema podatkov (merski trak, geodetske meritve, lasersko skeniranje, ...). Redko kateri objekt lahko zajamemo izključno z eno tehniko.

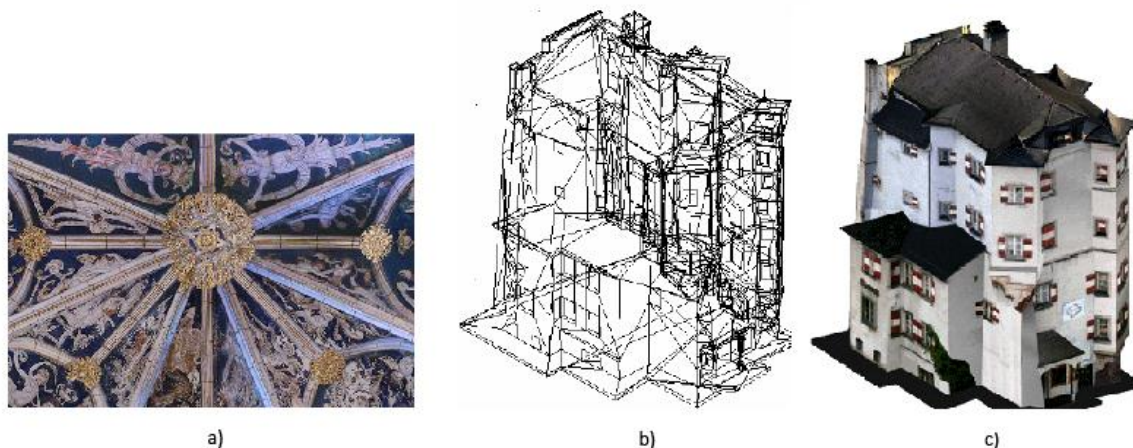
Glede na okolico in ovire, dostopnosti do objektov in višine objektov se odločimo ali bomo uporabili dodatne pripomočke, ki nam olajšajo ali izboljšajo zajem podatkov (Schauer, 2004, Andrews et al., 2009):

- stativ
- bliskavica
- postavitvev odra
- vertikalna napeljava žic
- dvižna ploščad
- drogovi
- dvigala
- daljinsko vodeni helikopterji z vgrajenim fotoaparatom
- ...

4.2.10 Izbor programske opreme in način predstavitve rezultatov

Na podlagi dostopnosti, uporabnosti, obdelave podakov in podaje rezultatov se odločimo za program ustrezen namenu in zahtevnosti.

Glede na namen projekta končni rezultat predstavimo v izbrani obliki: seznam koordinat, posamezne mere detajlov, ortofoto posnetek (slika 33a) , žični (slika 33b) ali ploskovni 3D modela (slika 33c),...



Slika 33: (a) Ortofoto posnetek dela oboka (vir: Jorda et al., 2011), (b) 3D žični model, (c) 3D ploskovni model (vir: Hanke in Grussenmeyer, 2002)

4.3 Izvedba

Poglavje opisuje faze pridobivanja podatkov na terenu. Opredeljena je signalizacija točk, pristop k fotogrametričnemu slikanju in zakaj potrebujemo pomoč klasičnih geodetskih meritev. Ker diplomsko delo temelji na uporabi nemerskih fotoaparata, je opisana kalibracija digitalnega fotoaparata.

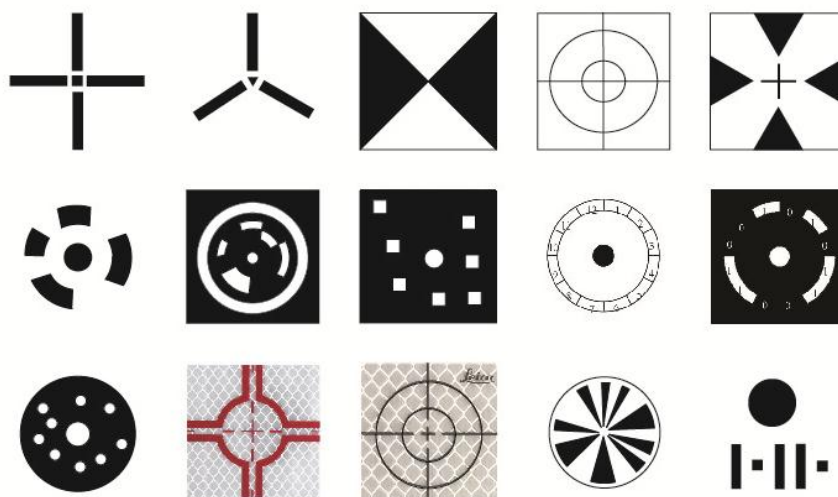
4.3.1 Signalizacija

Za povezavo med sliko in objektom potrebujemo točke na objektu, ki omogočajo vzpostavitev odnosa med sliko in prostorom, kjer se objekt nahaja. Glede na potrebno natančnost, razporeditev, lokacijo, vidljivostjo detajlov, možnosti kontakta z objektom,... se odločimo ali bomo točke signalizirali ali bomo uporabili primerne detajle objekta.

V primeru visoke natančnosti, slabo definiranih detajlov, premajhnega števila detajlov in predvsem v primerih, kjer tarče ne poškodujejo objekta, se poslužujemo njihove uporabe. V današnjih časih se uporabljajo predvsem tanke merske tarče, katerih nanos omogoča odboj laserskega žarka pri uporabi elektronskih tahimetrov. Ob uporabi omenjenih tarč upoštevamo adicijsko konstanto (Pucelj, 2004). Zaradi kasnejše uporabe je potrebno tarče ustrezno razporediti po objektu. Upoštevamo razporeditev oslonilnih in kontrolnih točk, ki smo jo omenili v poglavju 3.3.3.

Pri uporabi tarč je potrebno paziti, da ne poškodujemo objekta ali z njimi prekrijemo pomembne detajle, ki so z lahko ključnega pomena za specifičen objekt. Potrebno je zagotoviti daljšo stabilnost tarč, zato želimo, da se te med merjenjem in slikanjem ne odlepijo (Pucelj, 2004). Pazimo predvsem

na delih, kjer ima površina fasade grobo teksturo. V primerih prašne ali umazane fasade površino primerno očistimo, vendar ne brez posveta strokovnjakov, saj bi tako lahko uničili posebnost objekta. Tarče nikoli ne lepimo čisto na rob objekta, saj v tem primeru zakrijemo robove. Če tarče na objektu izmerimo in fotografiramo v različnih časovnih obdobjih je potrebno paziti, da ni prišlo do premika ali celo vandalizacije (Pucelj, 2004). Za potrebe pričvrščevanja tarč na višje predele je priporočljivo osnovni opremi priložiti lestev ali daljšo palico, ki omogoča doseg predelov nedosegljivih z rokami. Tip in velikost tarče izbiramo glede na oddaljenost stojišča fotografiranja do objekta, smeri merjenja in fotografiranja, slikovnega merila, ločljivosti fotoaparata, vira svetlobe in smeri svetlobe. Velikost tarče določimo glede na merilo slike. So različnih oblik in barv, vendar oblikovane po načelu dobre določitve sredine (slika 34). Ob slabi ločljivosti se uporabljajo tarče s poudarjenimi črtami. Tarče lahko kupimo ali jih izdelamo tudi sami.



Slika 34: Primeri tarč (vir: Bernsten, 2012, Butler survey supplies, 2012, Kocjančič, 2012, Luhmann et al., 2006, Pucelj, 2004, Schauer, 2004, Zavec, 2011)

Če ne uporabimo signalizacije točk s tarčami, moramo paziti, da imamo na objektu dovolj detajlov, ki so dobro definirani, nedvoumni in omogočajo dobro razporeditev točk (slika 35). Razporeditev je enaka kot pri delu s tarčami, vendar se prilagaja specifičnosti objekta. Detajle na objektu uporabimo predvsem v primerih rizičnih in nestabilnih objektih, zaščiteneh objektih katerih površin ne smemo prekriati ali s tem ogroziti lastnosti objekta in v primeru daljšega opazovanja, kjer je stabilnost tarč vprašljiva.



Slika 35: Primeri izbire detajlov za oslonilne in kontrolne točke

4.3.2 Klasična geodetska izmera

Sama slika brez poznavanja dimenzij objekta predstavlja le vizualni podatek o objektu. Za njeno informacijsko vrednost moramo vzpostaviti povezavo med njo in objektom v naravi. Vsak fotogrametričen projekt v neki fazi terenske izmere predstavlja zajemanje podatkov o objektu in terenu na katerem se nahaja. Povezavo lahko predstavlja vrednost dolžine, ploskve ali volumna objekta v naravi. Najpogosteje pa se za primere natančnih fotogrametričnih projektov odločamo za povezavo na osnovi koordinat točk. Točke, ki povezujejo objekt s sliko, imenujemo oslonilne točke. Zaradi želje po zagotovitvi ustrezne natančnosti postopka, izmerimo dodatne točke z znanimi položaji v objektnem koordinatnem sistemu oziroma kontrolne točke. Klasični geodetski postopki omogočajo visoko kakovost in relativno enostavno pridobitev podatkov.

Priporočljiva je uporaba lokalnih koordinatnih sistemov, ki jih po potrebi kasneje navežemo na ustrezen referenčni sistem. Zaradi kontrole, ne glede na velikost in razgibanost objekta, poskušamo okrog njega vzpostaviti zaključeni poligon. Izbiramo minimalno potrebno število stojišč poligona. Slednje velja zaradi izogiba kopičenja napak in želje po zajemu čim večjega števila detajlov iz posamičnega stojišča. Poligonske točke razporedimo na mesta iz katerih je dobro vidno čim več značilnosti objekta. Stojišča prilagodimo glede na oddaljenost do objekta, ustrezno strmino vizure in ostrino kota do detajla. Če je možno, stojišča namestimo čim bolj frontalno na fasado. Ker imamo opravka z realnim objektom, nemalokrat meritve kroji okolica in teren, kjer se objekt nahaja. V takih primerih terensko delo prilagodimo situaciji. Poslužujemo se slepih poligonov in prostih stojišč, da zajamemo objekt in točke v čim večji meri. Položaj poligonskih točk lahko pridobimo s klasičnimi geodetskimi metodami ali na osnovi satelitskih metod. Kasneje z izbrano programsko opremo

pridobimo položaj in natančnost poligonskih točk. Zaradi možnosti ponavljanja izmere (spremljanje v različnih časovnih obdobjih, dodatne meritve,...) poligonske točke trajno stabiliziramo.

Potrebno je poznati natančnost položajev poligonskih točk, saj v nadaljevanju predstavljajo izhodišče za dodatne meritve. Odvisna je od izbrane opreme, metode in postopka meritev. Ko govorimo o dokumentiranju arhitekturnih objektov je potrebno omeniti English Heritage. Gre za javni organ pod okriljem britanske vlade, ki je na področju kulturne dediščine vzpostavil mnogo pravilnikov in standardov. Po njihovih zahtevah je potrebno zagotoviti 2 mm natančnost določitve stojišč poligonske zanke, ko govorimo o razdaljah krajših od 100 m (Andrews et al., 2009).

Po vzpostavitvi lokalne mreže iz poligonskih točk s polarno metodo izmere merimo horizontalne in vertikalne kote ter poševno razdaljo do detajlov na objektu. Kot je bilo omenjeno v poglavju 4.3.1, so točke lahko signalizirane s tarčami ali določene kot ustrezni detajli. Natančnost je boljša ob uporabi ustreznih tarč.

Z geodetskimi meritvami poleg določitve položaja oslonilnih in kontrolnih točk lahko določamo tudi obod objekta. Zajamemo glavne gabarite objekta, stik objekta s tlemi, vse odprtine (vrata, okna,...), potek strehe, dimnik in objekte, ki spadajo k stavbi (garaže, prizidki, manjši gospodarski objekti,...). Za sam zajem oboda objekta je potreben kontakt z naročnikom ali drugim strokovnim delavcem zaradi definiranja delov, ki so potrebni glede na namen.

Pri meritvi točk je glavni problem določitev efektivne točke odboja. V veliki meri je povezan z obliko odbojne površine, divergenco svetlobnega žarka (preseki žarka na odbojni točki je elipsa) in nesovpadanjem osi (vertikalni in prečni zamiki).



Slika 36: Težje določljiv vogal bordure

Kot prikazuje slika 36, je določitev točke odvisna tudi od (Debelak, 2010):

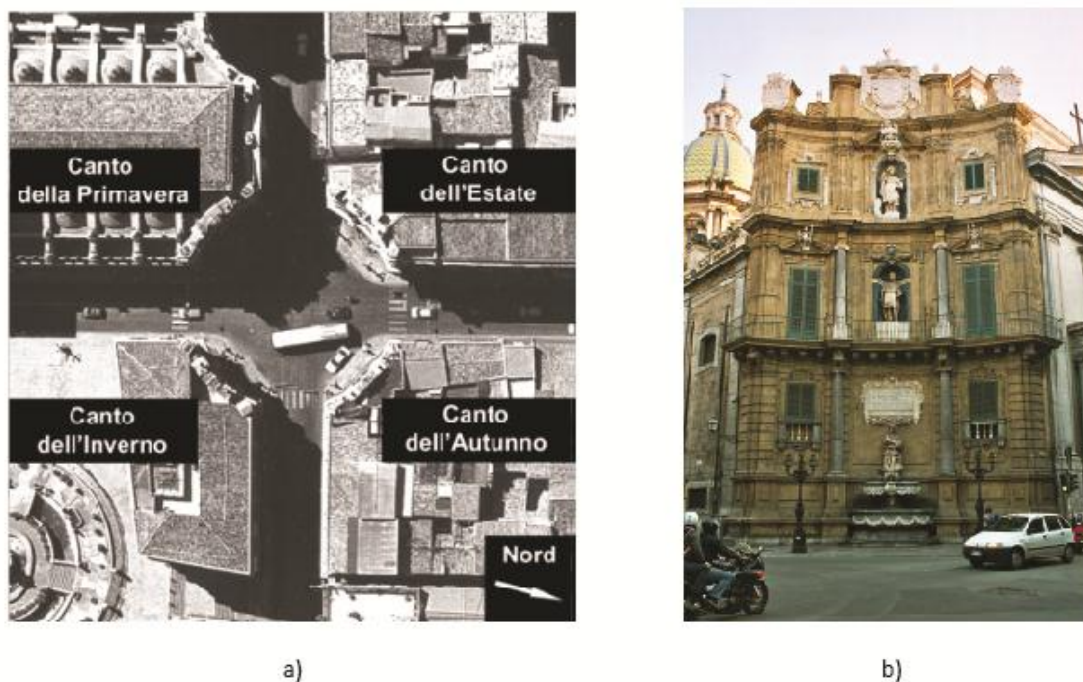
- teksture odbojne površine (material)
- barve odbojne površine
- vpadnega kota žarka
- svetlobe
- kontrasta z okolico

Navedeno pripomore, da je definiranje vogalov ali robov objekta v neki meri subjektivna odločitev. Posledično je potrebno točko ustrezno opisno in vizualno opredeliti. Slednje je pomembno predvsem kadar operater na terenu ni isti kot v pisarni ali ko želimo objekt opazovati v različnem časovnem obdobju.

Dodaten problem predstavlja izmera višjih predelov objekta. Posebej problematičen je zajem strehe. Če ima objekt v okolici dovolj maneverskega prostora, višje predele zajemamo iz oddaljenih poligonskih točk ali prostih stojišč od koder vidimo streho. Problem nastane v primerih goste naselitve, kjer so zaradi višine objekta vizure izrazito strme ali detajli nevidni. V opisanih primerih se poslužujemo možnosti izmere iz sosednjih stavb, če je to mogoče.

Kot primer možne rešitve dela z visokimi objekti v strnjem, prometnem predelu mesta je zajem podatkov baročnega trga v Palermu na Siciliji imenovan Quattro Canti ali Piazza Vigliena. Terenski zajem za namene izdelave realističnega tridimenzionalnega modela je opisan v članku mednarodne

organizacije ISPRS (Agnello in Brutto, 2007). Samo ime trga pove, da gre za štiri skoraj identične fasade, ki omejujejo dve pomembni cesti in z njima tvorijo osmerokoten trg. Vsaka od fasad je dobila ime po enem od letnih časov (slika 37).



Slika 37: (a) Quattro Canti – aerosponek osmerokotnega trga (Vir: Agnello in Brutto, 2007), (b) Palazzo Reale, fasada na južni strani, Pomlad (Vir: Wikipedia, 2013)

Zaradi prometnosti in višine fasad so geodetske točke razporedili na sledeč način: eno točko pred vsako fasado na pločnik in eno točko na balkon v drugem nadstropju na vsaki fasadi. Na podlagi razporeditve opisanih osmih točk so nato izmerili koordinate detajlnih točk in točk za potrebe fotogrametrije. Kasneje so za pridobitev streoskopskih posnetkov zgornjih pasov uporabili premično dvigalo.

V nekateri programski opremi je obdelava podatkov napisana zgolj za aerosponek. V takih primerih moramo koordinatni sistem transformirati v sistem, podoben obdelavi posnetkov iz zraka.

4.3.3 Kalibracija nemerskega fotoaparata in vzpostavitev slikovnega koordinatnega sistema

Poimenovanja vrst kalibracije se nekoliko razlikujejo glede na avtorja, vendar so si v samem bistvu enaka. Če se navežem na diplomsko nalogo L. Cigelšek (2012) jih delimo na :

- kalibracija na podlagi poznanih oblik v prostoru

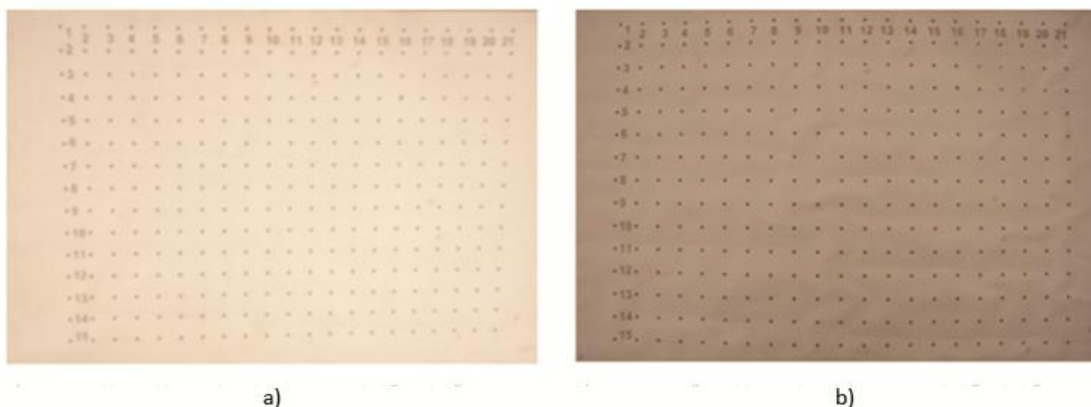
- kalibracija na testnem polju točk z neznanimi prostorskimi koordinatami
- kalibracija na testnem polju točk z znanimi prostorskimi koordinatami
- samokalibracija

(Podroben opis posamezne vrste kalibracije v diplomu Cigelšek, 2012)

Praktičen del kalibracije se prične z izbiro vrste kalibracije in programske opreme, ki pa sta v veliki meri povezani z željeno natančnostjo, razpoložljivo opremo in specifičnostjo primera. Največkrat se poslužujemo t.i. kalibracije ob delu (angl. On-the-job). Bistvo kalibracije je predvsem v čim bolj istočasnem izvajanju kalibracije in slikanju objekta, saj s tem želimo zagotoviti čim manjše razlike v geometriji fotoaparata. Običajno uporabljamo kalibracijo na testnem polju točk z znanimi prostorskimi koordinatami. Lahko uporabimo trirazsežne koordinate znanih oslonilnih točk in objekt slikamo iz različnih stojišč in smeri pri čemer moramo ohranjati medsebojni relativni položaj objekta in točk. Druga možnost je uporaba ravninskega testnega polja z uporabo poznanih dvodimenzionalnih koordinat točk. Točke so enakomerno razporejene in so lahko oblike kroga, kvadrata, trikotnika,... (Kvaternik, 2007). Testno polje vzamemo s seboj na teren in ga slikamo pred in po seriji snemanja. V primeru daljših serij je priporočljivo, da testno polje slikamo tudi med serijo. Izrazitega pomena je, da ne spreminjamo nastavitvev fotoaparata.

Pri kalibraciji z uporabo testnega polja upoštevamo napotke (Kvaternik, 2007, Kocjančič, 2012, Pucelj, 2004):

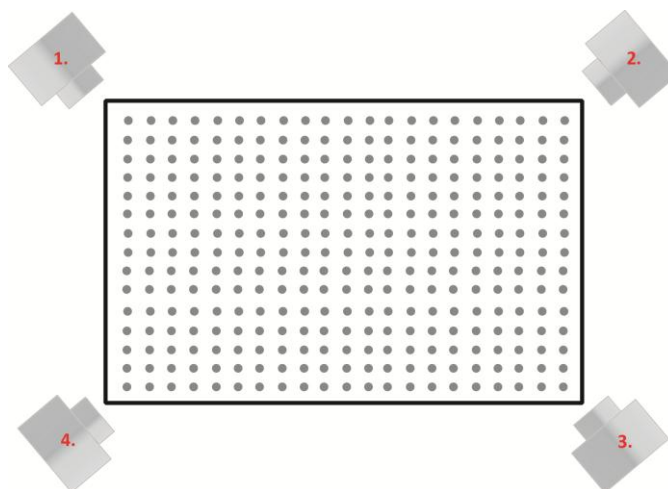
- Kalibracijo izvedemo za vsako serijo snemanja (vsaki spremembi nastavitvev fotoaparata moramo izvesti pripadajočo kalibracijo).
- Zaradi preverjanja stabilnosti geometrije fotoaparata, če je to možno, opravimo kalibracijo pred in po seriji snemanja in primerjamo rezultate.
- Preverimo vidljivost točk na testnem polju (slika 38).



Slika 38: Primerjava testnih polj glede na različno oddaljenost med fotoaparatom in objektom: (a) daljša oddaljenost in posledično slabša vidljivost točk, (b) krajša oddaljenost in posledično boljša vidljivost točk

- Poskrbimo za dobro in enakomerno osvetlitev testnega polja. V primeru slabe osvetlitve testnega polja lahko spremenimo hitrost zaklopa (primer: fotografiranje testnega polja v pisarni po seriji slikanja).
- Testno polje naj pokriva čim večji del posnetka.
- Spodnji del testnega polja mora biti na vseh posnetkih na spodnji strani slike.
- Pazimo, da med snemanjem čim manj obračamo, prenašamo ali kako drugače izpostavimo fotoaparata.
- Lahko fotografiramo monokromatsko.
- Fotografiramo najmanj tri perspektivno različne slike testnega polja.

S tovrstno kalibracijo se je podrobneje ukvarjal Kvaternik (2007), ki je preizkušal različne kombinacije in število posnetkov. Njegove ugotovitve prikazujejo, da zgolj trije perspektivno različni posnetki niso dovolj. Za najboljšo kombinacijo priporoča uporabo štirih posnetkov, ki so razporejeni simetrično okrog testnega polja in so iz smeri vogalov (slika 39). S povečevanjem števila posnetkov natančnosti izboljšamo, vendar ne pretirano. Prav tako centralni posnetek skoraj ne vpliva na rezultat.

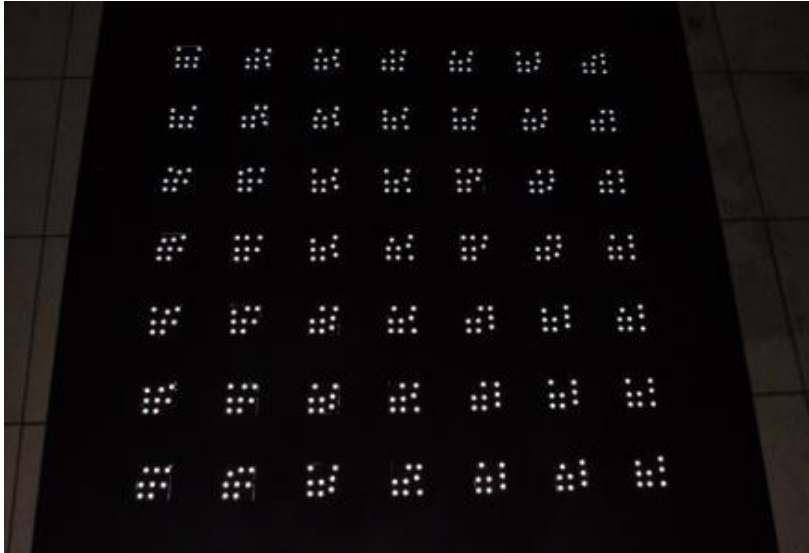


Slika 39: Pozicije fotoaparata ob slikanju ravninskega testnega polja

Za pridobitev željenih parametrov notranje orientacije si pomagamo s programsko opremo. Izberemo si jo glede na željeno natančnost, način pridobitve parametrov in dostopnost. Primeri programskih paketov so: PhotoModeler, PI-3000 (PI-Calib), Modifoto (Grigillo D.), Australis,...

Večina programske opreme za pridobitev parametrov notranje orientacije nemerskih fotoaparata temelji na kalibraciji s testnim poljem. Program ima pripravljeno testno polje (slika 40), ki ga natisnemo in uporabimo ali pa je zastavljen tako, da si ga izdelamo sami in naknadno podamo podatke

o koordinatah mreže točk na testnem polju. Na podlagi vsaj treh perspektivno različnih slikah pridobimo podatke o notranji orientaciji fotoaparata in popravimo slike za vpliv distorzije.



Slika 40: Testno polje programa Australis (vir: Murtiyoso et al., 2011)

Merjenje točk na slikah je možno v primeru, ko imamo za posamezno sliko vzpostavljen pripadajoč koordinatni sistem. Slike so dvodimenzionalne zato uporabljamo kartezični koordinatni sistem, ki ga imenujemo slikovni koordinatni sistem. Za njegovo definiranje potrebujemo izhodišče, smeri osi in mersko enoto.

Digitalna slika je sestavljena iz pravokotne mreže kvadratov ali pikslov. Posledično koordinatne osi določajo vrstice in stolpci, merska enota pa so milimetri. Potrebno je poznavanje velikosti posameznega piksla in velikosti digitalnega senzorja. Oba podatka najdemo v specifikacijah za izbran fotoaparatus.

4.3.4 Postopek fotogrametričnega slikanja za normalni stereoskopski primer

Pred odhodom na teren preverimo delovanje opreme, napolnimo baterije in izpraznimo spominsko kartico. V primeru dodatne baterije in spominske kartice, le ti vzamemo s seboj na teren.

Na terenu rišemo skico, v katero vpisujemo ime projekta, datum, izdelovalca, približno merilo, označeno smer proti severu, serijo snemanja, smeri fotografiranja, oštevilčenje slik (levih in desnih), višinske pasove ter dodatne posebnosti (Schauer, 2004). Razporeditev oslonilnih, kontrolnih in veznih

točk prikažemo na posebni skici, ki jo priporočljivo izdelamo pred odhodom na teren na podlagi slik iz ogleda.

Preden začnemo s stereoskopskim slikanjem je potrebno izbrati primerne nastavitve fotoaparata (poglavje 2.3). Pred začetkom slikanja na predvideni oddaljenosti do objekta napravimo poskusne posnetke in nastavimo ostrino slike. Današnji digitalni fotoaparati imajo vgrajeno avtomatsko ostrenje. Lahko ga uporabimo kot pomoč pri ročni nastavitvi ostrine (Matthews, 2008). Ob ustreznih nastavitvah nato v primeru uporabe objektivov "zoom", objektiv fiksiramo z lepilnim trakom (poglavje 2.2).

Poleg nastavitvev moramo pri slikanju biti pozorni na (WaldHäusl, 1994, Pucelj, 2004):

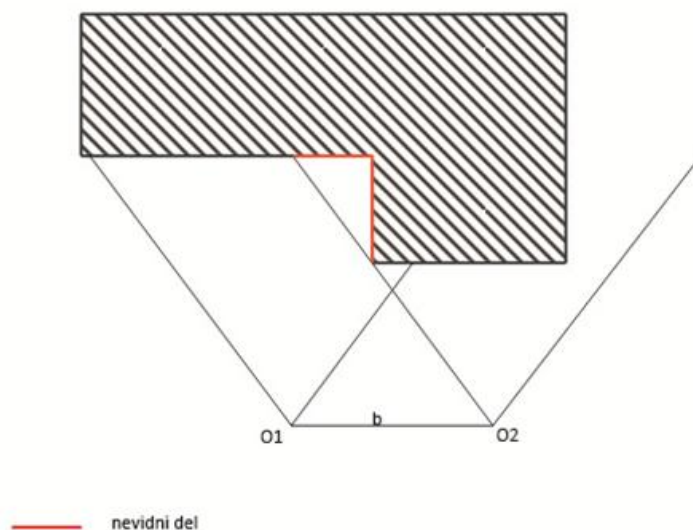
- čistost leče objektivna in "čistost" svetlobnega tipala
- jasno viden rob slike
- enakomerno osvetlitev objekta
- dober kontrast med objektom in okolico
- izogibanje temnim sencam

V primeru uporabe nemerskih fotoaparatorov pred začetkom serije slikamo testno polje. Podrobnejši opis v poglavju 4.3.3.

Z enakimi nastavitvami kot v primeru slikanja testnega polja pričnemo s slikanjem izbranega objekta. Upoštevamo značilnosti normalnega primera slikanja, ki so opisane v poglavju 3.2.3. Pri slikanju naj slika zajema čim večji del objekta pri čemer upoštevamo preklope med posnetki.

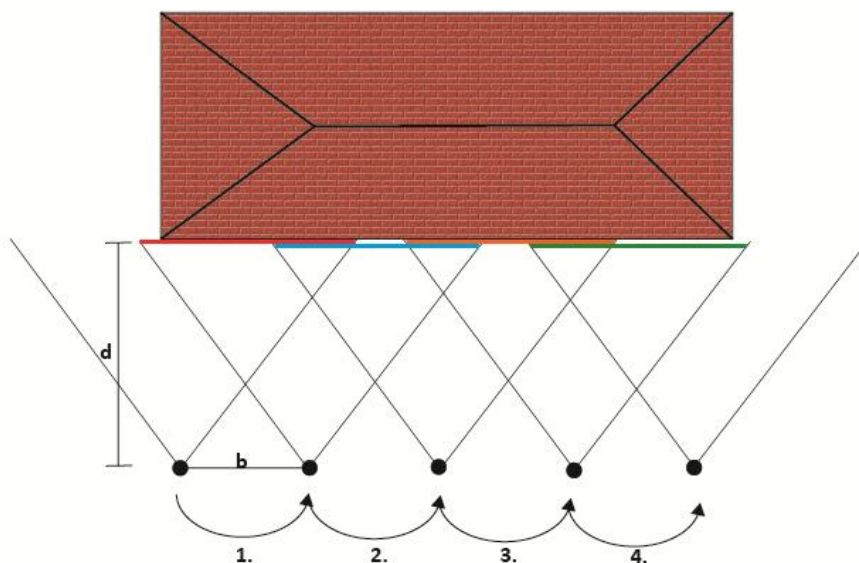
Odsvetovana je uporaba pokončnih slik. Zaradi možnosti obračanja fotoaparata v desno ali levo hitro pride do grobih napak. Neenakomerno obračanje fotoaparata povzroči različno pozicijo glavne točke, ki onemogoči pravilno notranjo orientacijo fotoaparata.

Identične točke se morajo nahajati vsaj na dveh posnetkih (Novšak, 2008). Pazimo, da so točke nedvoumno in ustrezno opredeljene in so na fotografiji dovolj velike, da se pri zajemu ne izgubijo (Pucelj, 2004). Izogibamo se stereoskopskim luknjam (slika 41) ali praznim prostorom.



Slika 41: Stereoskopska luknja (vir: Kosmatin Fras, 1996)

Upoštevamo pravilo od leve proti desni, zato pričnemo s slikanjem leve slike (Schauer, 2004). Prvo fotogrametrično stojišče je za predvideno razdaljo odmaknjeno od objekta in pomaknjeno toliko v desno, da s pravokotno usmerjenim fotoaparatom zajamemo del fasade, ki smo ga planirali za prvi vzdolžni preklop. S pritiskom na sprožilec dobimo levo sliko stereopara, ki na desni strani pokriva predvideno območje prekritja. Za pridobitev desne slike se za dolžino baze premaknemo v desno in pri tem ohranjamo razdaljo do objekta in pravokotno usmerjen fotoaparata proti fasadi. Če želimo pridobiti ustrezen preklop, moramo z desno sliko pokriti identično območje, ki se tokrat nahaja na levi strani slike. Pogosto je objekt prevelik za zajem z zgolj enim vzdolžnim preklpom zato postopek nadaljujemo. Prejšnja desna slika v novemu stereoparu predstavlja levo sliko. Zopet se na enak način za dolžino baze pomaknem v desno. S slikanjem pridobimo levo sliko, ki s prejšnjo predstavlja nov stereopar. Postopek ponavljamo dokler ne prekrijemo celotne fasade z vzdolžnimi stereopokritji (slika 42). Na enak način slikamo tudi preostale fasade.



Slika 42: Postopek fotogrametričnega zajema fasade

Pazimo, da tako leva kot desna slika pokrivata območje objekta, ki smo ga želeli posneti. Če zajemamo rob objekta mora leva slika zajemati širše območje, tako da preklop zajame rob.

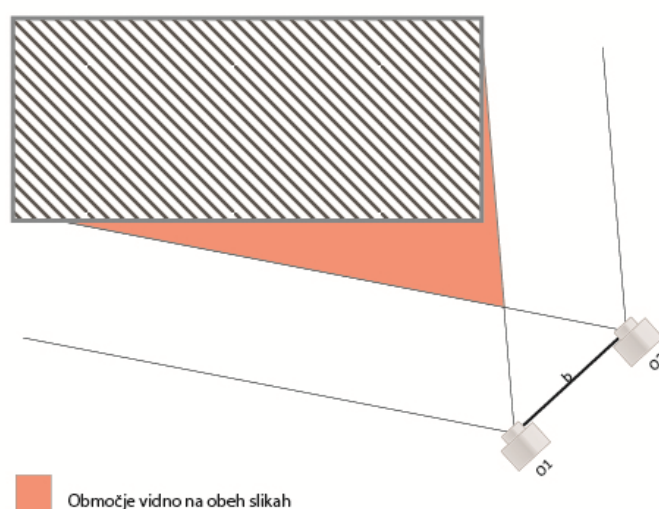
Postopek pridobitve stereoparov v višjih pasovih je identičen kot v spodnjem pasu. Razlika nastopa le v usmerjenosti fotoaparata v višje predele pri čemer dobimo perspektivne slike.

V gosto naseljenem območju višjih predelov skoraj ne vidimo. V takih primerih je priporočljiva uporaba dodatnih pripomočkov, ki so naštetih v poglavju 4.2.9. V primerih uporabe pripomočkov je izvedba zelo kompleksna in zahteva natančno načrtovanje ter znanje. Spodnja slika 43 prikazuje uporabo dvigala.



Slika 43: Slikanje višjih pasov (Vir: Agnello in Brutto, 2007)

Omejitve terena pogosto zahtevajo, da celoten objekt ne moremo slikati z normalnim primerom. V situacijah, kjer okolica ne omogoča primerne pravokotne oddaljenosti od objekta, se priporoča uporaba normalnih stereoparov, katerih baza ni vzporedna fasadi (slika 44). V nadaljevanju jih kratko imenujemo vogalni stereopari. Gre za stereopare, ki omogočajo pridobitev podatkov na nedostopnih predelih ali pa predstavljajo povezavo med sosednjimi fasadami. Postopek zajema je enak kot pri slikanju normalnih stereoparov, vendar je razdalja do objekta poševna. Pri premiku za dolžino baze pazimo, da ohranjamo kot slikanja enak kot v primeru zajema leve slike. Pri tovrstnem slikanju brez uporabe stativa se lahko zelo hitro pripeti, da zajamemo konvergentni stereopar. Zato je priporočljivo, da ustreznost stereopara preverimo na zaslonu fotoaparata.



Slika 44: Normalni način, kjer baza ni vzporedna fasadi

Po končani seriji ponovno slikamo testno polje na enak način kot pred serijo.

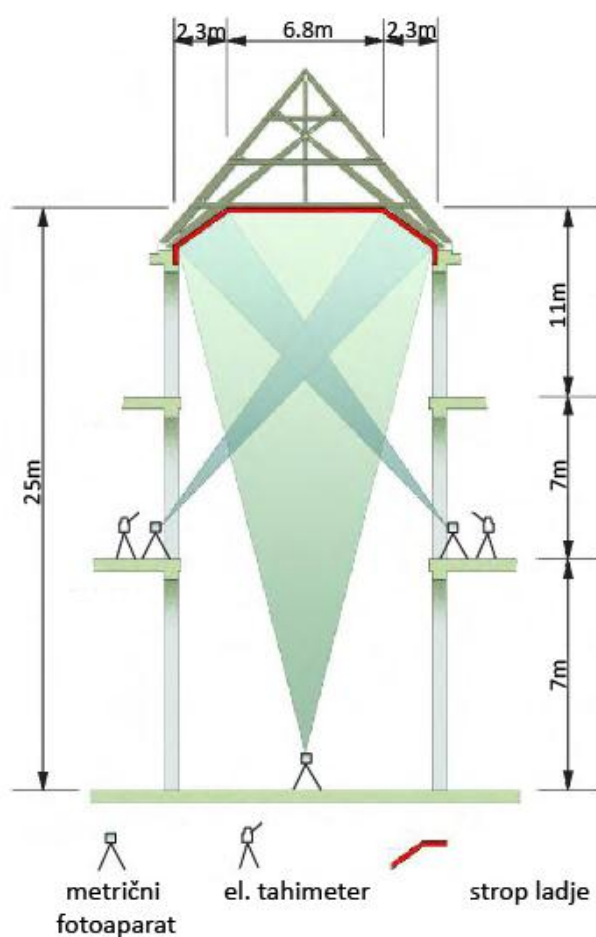
Zaradi pomembnosti nekaterih detajlov je priporočljivo te slikati z dodatnimi stereopari. Ker je oddaljenost manjša, so običajno tudi nastavitve precej drugačne. Pomembno je, da vsaki seriji sledi pripadajoča kalibracija fotoaparata.

Pogosto smo omejeni s prostorom okrog objekta zato celoten objekt ne moremo zajeti z enakimi pogoji. Tudi spremenljive vremenske razmere lahko motijo slikanje. Ko slikamo v sončnem vremenu se lahko zgodi, da zaradi smeri sonca ne moremo slikati z enakimi nastavitvami celoten objekt ali pa moramo celo prekiniti delo in nadaljevati v drugem času dneva.

ni mogoča. Takrat lahko streho zajamemo iz sosednjih stavb (npr.: balkoni, okna, strehe,...), vendar v vseh primerih to ni mogoče.

Največji problem predstavlja slikanje strehe. Pomagamo si z oddaljenimi stojišči. V tem primeru pridobimo perspektivne slike in slabšo vidnost detajlov na sliki. Opisana rešitev v strnjjenih območjih

V članku, katerega avtor je Andrews in ostali (2009), je opisan primer zajema stropa ladje katedrale Sv. Petra v Angliji. Zajem je težaven zaradi višine objekta (25 m) in slabo osvetljene notranjosti cerkve. Izvajalci so kolebali med možnostjo uporabe pripomočkov ali teleobjektiva na stativu. Uporabo pripomočkov, kot sta na primer gradbeni oder ali hidravlično dvigalo, so upustili zaradi fizično teževne postavitve znotraj cerkve in zaradi slabe umetne osvetlitve ob nestabilni konstrukciji. Končna odločitev je prikazana na sliki 45. Iz tal katedrale so s teleobjektivom (goriščna razdalja 300 mm) na stativu ob dolgem času osvetlitve pridobili 23 slik, ki predstavljajo 22 stereopokritji. Poleg slik iz tal so dodatno zajeli tudi posnetke iz balkonov cerkve, ki pa jih zaradi dobrega pokritja s stereopari iz tal, kasneje niso uporabili.



a)

b)

Slika 45: (a) Stereoskopski zajem stropa ladje (vir: Andrews et al., 2009), (b) slika stropa ladje (vir: flickr from yahoo, 2013)

Vsak objekt je specifičen in se nahaja na edinstveni lokaciji. Zato področje bližnjelikovne fotogrametrije za arhitekturne objekte zahteva pristop s kombinacijo znanja in praktično iznajdljivostjo.

5. PRAKTIČNA IZVEDBA PRIMERA

Teoretičnemu delu je priložen praktično izveden primer. Izbran objekt se nahaja na Groharjevi ulici 2 v Ljubljani. Objekt je v lasti Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Gre za manjšo in enostavno stavbo.

5.1 Priprava

5.1.1 Zbiranje podatkov

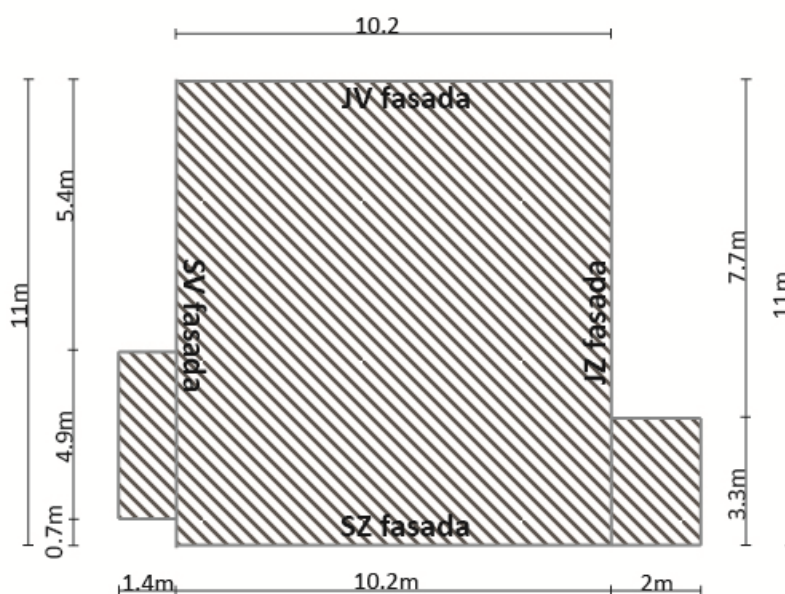
Objekt je po sestavi stanovanjska hiša sestavljena iz štirih podobnih fasad. Kompleksnejši del je vhod, ki je dokaj razgiban in daje stavbi dodatno zanimivost. Na objekt je prislonjena manjša lopa. Streha je štirikapnica. Ker je stavba v lasti fakultete, posebnih prošenj nisem potrebovala.

5.1.2 Ogled objekta

Ogled terena: 21. 10. 2012

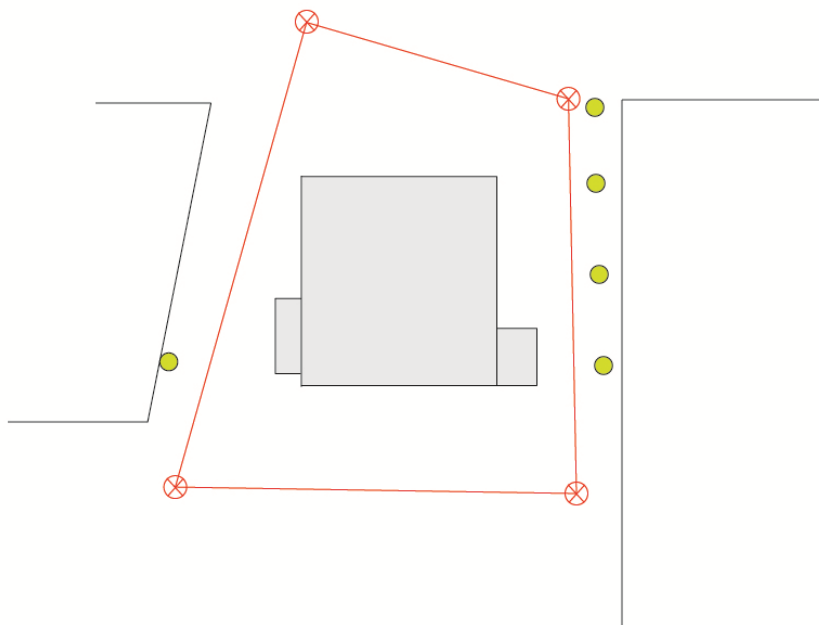
Na ogled terena sem vzela opremo naštetov v poglavju 4.1.2.

Ogled terena sem izvedla v nedeljo zaradi izpraznjenih parkirišč pred objektom in fakulteto. Izbira dne je bila odvisna tudi od vremena. Izrisala sem si preprost situacijski načrt ter zabeležila dimenzije objekta, lope in vhoda, izmerjene z merskim trakom (slika 46). Skica ogleda terena je priložena kot priloga. A. Izmerila sem tudi največjo možno oddaljenost na predelih kjer je objekt omejen z ovirami.



Slika 46: Dimenzije objekta izmerjene z merskim trakom

Z ustreznimi nastavitvami fotoaparata (poglavje 2.3) sem objekt slikala iz različno oddaljenih stojišč in spreminjala goriščno razdaljo fotoaparata. Ugotovitve in označbe poskusnih slik, sem zapisala. Predvidevala sem stojišča za geodetsko izmero (slika 47) in fotogrametrično slikanje ter razporeditev oslonilnih točk.



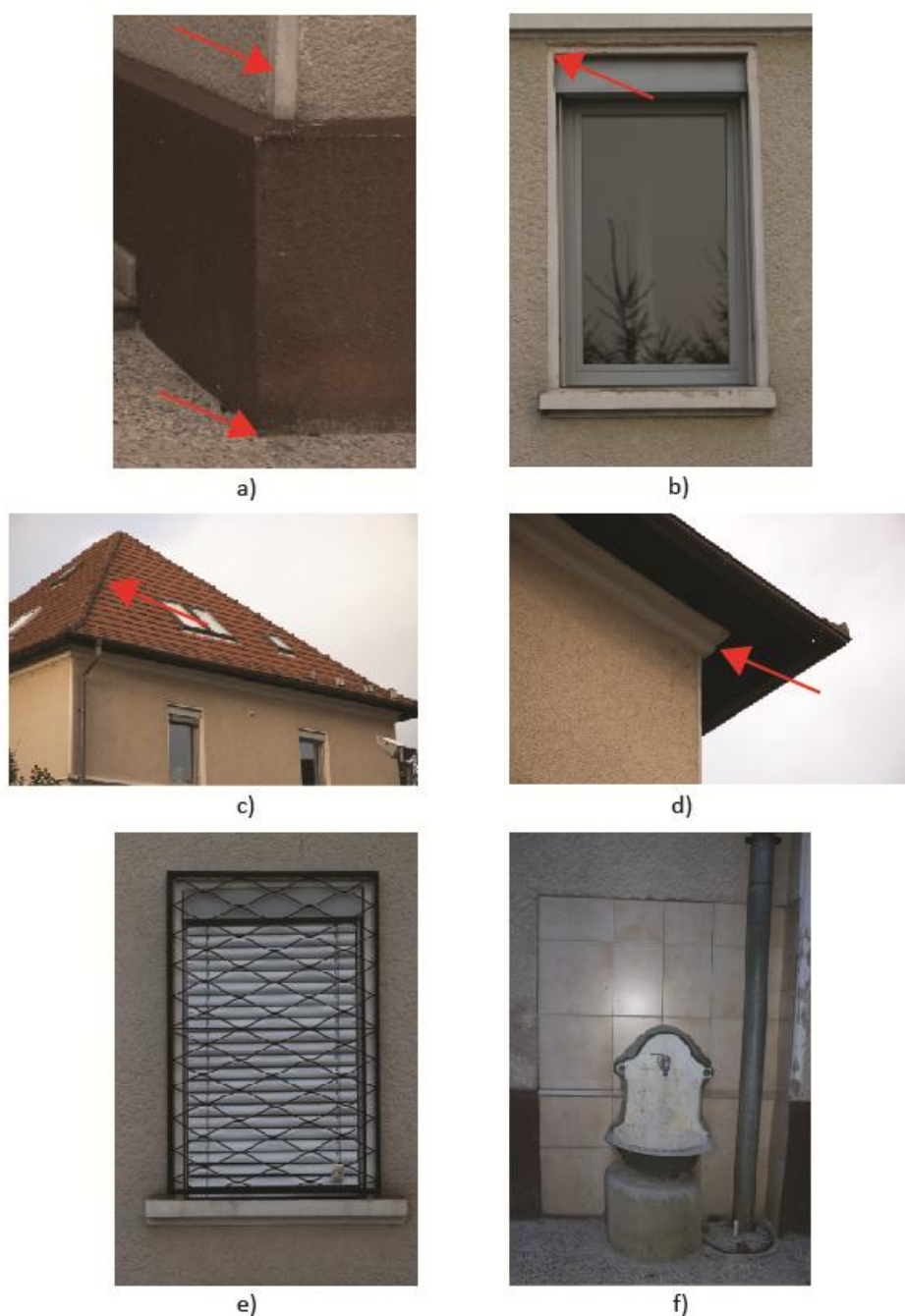
Slika 47: Približna razporeditev poligonskih točk

Na podlagi ogleda terena sem pridobila dve pomembni informaciji, ki se nanašata na omejenost okolice:

- potrebne tri serije slikanja (1. serija: severovzhodna in jugozahodna fasada, 2. serija: severozahodna in jugovzhodna fasada, 3. serija: streha)
- slikanje v dveh višinskih pasovih

Ponoven ogled terena: 24.10.2012

Na podlagi terenskega ogleda skupaj z mentorico, smo definirali obod objekta (poglavje 4.3.2), se dogovorili o poenostavitvah in izpuščanju nepomembnih detajlov (zaščitna mreža, lijak) (slika 48).



Slika 48: (a) Določitev stika s tlemi in robu fasade, (b) določitev oboda oken, (c) poenostavitev strehe, (d) poenostavitev horizontalne bordure pod streho, (e) zaščitna mreža, (f) in lijak

5.1.3 Vplivi okolice objekta

Stavbo na jugozahodni in jugovzhodni strani obdaja zelenica. Kljub obsežnosti zelenice so na jugozahodni strani stavbe sadna drevesa in večja smreka, ki zakriva del lope. Drevje je problematično predvsem zaradi fotogrametričnega slikanja. Severovzhodna fasada je najkompleksnejša predvsem z vidika vhoda v stavbo, omejenega manevrskega prostora in zaraščenosti rastlinja, ki otežuje slikanje

v zgornjih pasovih. Pred severozahodno stavbo ležita dve parkirišči, ki med delavnikom otežujeta slikanje (slika 49).



Slika 49: Stanje med delavnikom

5.2 Načrtovanje

V fazi načrtovanja sem izdelala logističen plan.

5.2.1 Vreme

Vremenska napoved: oblačno brez megle.

5.2.2 Opredelitev fotoaparata

Lastnosti izbranega fotoaparata in objektivna so navedene v spodnjih preglednicah 7 in 8.

Preglednica 7: Specifikacije izbranega fotoaparata (vir: Nikon, 2013)

FOTOAPARAT	NIKON D70
Svetlobno tipalo	CCD
Občutljivost tipala (ISO)	200-1600
Velikost tipala	23.7 x 15.6 mm
Velikost piksla	7.8 x 7.8 μ m
Maksimalna ločljivost	3008 x 2000 (6.24 M -št. vseh pikslov, 6.10 M - število efektivnih pikslov)
Čas osvetlitve	1/8000 s – 30 s
OBJEKTIV	AF-S DX Zoom- Nikkor f/3.5-4.5G IF-ED
Goriščna razdalja	18-70 mm
Območje ostrenja	0.38 m - ∞
Maksimalni premer	73 mm
Kot gledanja	76 °-22 °50 '

Preglednica 8: Pomen oznak v imenu objektivna (vir: Nikon, 2013)

AF (auto fokus)	avtomatsko ostrenje
S (silent wave motor)	"tiho" ostrenje
DX	Nikonovo imenovanje formata velikost 16 x 24 mm
f/3.5-4.5G	f/3.5-f/22 (razpon v območju širokega kota)
	f/4.5-f/29 (razpon v območju teleobjektiva)
ED (extra-low)	oblika in material leče, ki zmanjšuje disperzijo
IF (internal focusing)	sposobnost nastavitve fokusa na ∞

Zaradi uporabe nemerskega fotoaparata smo izbrali kalibracijo na ravninskem testnem polju z znanimi dvodimenzionalnimi koordinatami točk.

5.2.3 Merilo slike

Teoretični modul merila m je izračunan po enačbi (5), kje je zahtevana natančnost končnega izdelka označena s σ_X in natančnost slikovnih meritev s σ_x . Izračunan modul merila m je prikazan v preglednici 9.

Preglednica 9: Izračun teoretičnega merila

Podatki	
σ_{XY} [mm]	20
σ_{xy} [mm]	0.01
Rezultat	
m	2000

Predvidena oddaljenost do objekta l je izračunana po enačbi (6), kjer c predstavlja konstanto kamere (preglednica 10):

Preglednica 10: Izračun predvidene oddaljenosti do objekta glede na teoretično merilo

Območje	c [mm]	l [m]
Severovzhodna in jugozahodna fasada	18	36
Severozahodna in jugovzhodna fasada	24	48
Streha	zaradi nedostopnosti izbrana v času izvedbe	

Obe izračunani razdalji na terenu nista možni. Zato sem izračunala še dejanski modul merila m po enačbi (6), ki se nanaša na izmernjeno oddaljenost l_i od objekta (preglednica 11).

Preglednica 11: Izračun dejanskega modula merila

Območje	c [mm]	l_i [m]	m
Severovzhodna in jugozahodna fasada	18	5.5	306
Severozahodna in jugovzhodna fasada	24	12	500

5.2.4 Izračun števila stereoparov

Izračun se nanaša na število vzdolžnih preklpov in je prikazan v preglednicah 12 in 13.

Preglednica 12: Izračun dejanske velikosti vzdolžnega preklopa

Velikost formata	23.7 x 15.6 mm
Uporabni format slike (90 %)	21.33 x 14.04 mm
Velikost vzdolžnega preklopa (60 %)	12.80 x 14.04 mm
Dejanska velikost vzdolžnega preklopa = velikost 60 % vzdolžnega preklopa * m	
$m = 306$	3.92 x 4.30 m
$m = 500$	6.40 x 7.02 m

Preglednica 13: Število vzdolžnih preklopov na posamezno fasado

Fasada	Število vzdolžnih preklopov	Število potrebnih slik
SZ	2	3
JZ	3	4
JV	2	3
SV	3	4

Globinska ostrina je izračunana po enačbah (2) in (3). Izračunana je na osnovi približnih vrednosti, ki sem jih predvidevala za izvedbo meritev (preglednici 14 in 15).

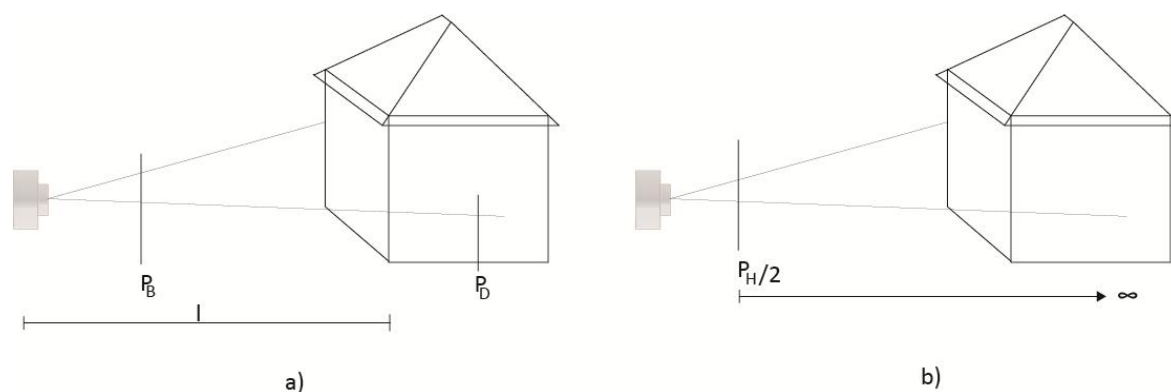
Preglednica 14: Osnovni podatki za izračun globinske ostrine

Podatki	
krog sipanja s <i>Nikon D70</i> (vir: DOFMaster, 2012)	0.02 mm
f-stopnja (N)	8
goriščna razdalja (f)	18 mm, 24 mm
oddaljenost do objekta (l)	5500 mm, 12000 mm

Preglednica 15: Rezultati izračunanih bližnjih PB, daljnih PD in hiperfokalnih razdalj PH

Rezultati	
$P_{B-18,5.5m}$	1.48 m
$P_{D-18,5.5m}$	-3.22 m $\rightarrow \infty$
$P_{B-24,12m}$	2.77 m
$P_{D-24,12m}$	-5.16 m $\rightarrow \infty$
$P_{H-18,5.5m}$	2.04 m \rightarrow 1.02 m
$P_{H-24,12m}$	3.62 m \rightarrow 1.81 m

Spodnja slika 50 omogoča razumevanje izračunanih razdalj.

Slika 50: (a) Izračun bližnje P_B , daljne P_D (b) in hiperfokalne oddaljenosti P_H

5.2.5 Določitev višinskih pasov

Višine stavbe na ogledu nisem uspela izmeriti. Na podlagi geodetskih meritev sem nato naknadno izračunala vrednosti prečnih preklpov in potrdila število višinskih pasov (preglednici 16 in 17).

Preglednica 16: Izračun dejanske višine, ki jo zajamemo z vzdolžnim preklpom

Velikost formata	23.7 x 15.6 mm
Uporabni format slike (90 %)	21.33 x 14.04 mm
Velikost prečnega preklpa (30 %)	21.33 x 4.21 mm
Dejanska velikost prečnega preklpa = velikost 30 % prečnega preklpa * m	
$m = 306$	6.53 x 1.29 m
$m = 500$	10.67 x 2.11 m
Vzdolžni preklop v navpični smeri	14.04 mm
Dejanska višina, ki jo zajamemo = vzdolžni preklop v navpični smeri * m	
$m = 306$	4.30 m
$m = 500$	7.02 m
Višina stavbe pridobljena na osnovi geodetskih meritev	
Višina do bordure pod streho	7 m
Višina strehe	13 m

Preglednica 17: Število višinskih pasov

Fasada	Število višinskih pasov
SZ	2
JZ	2
JV	2
SV	2

5.2.6 Ločljivost detajla

velikost piksla: 7.8 x 7.8 μm

$$10 \text{ mm v naravi} * \frac{1}{306} = 0.0326 \text{ mm} = 32.7 \mu\text{m}$$

$$10 \text{ mm v naravi} * \frac{1}{500} = 0.02 \text{ mm} = 20.0 \mu\text{m}$$

Iz preprostega primerjalnega izračuna lahko sklepamo, da 1 cm še lahko zaznamo na sliki s kombinacijo pikslov.

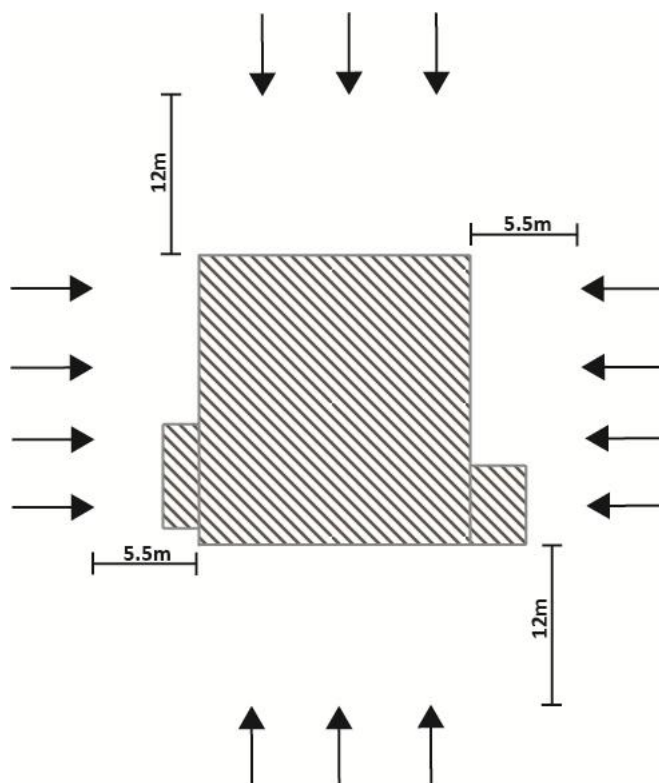
5.2.7 Baza snemanja in razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk

Ker gre za manjši srednje razgiban objekt sem uporabila razmerje 1 : 4. Izračun velikosti baze snemanja b je prikazan v preglednici 18. Oddaljenosti od objekta l je pridobljena iz ogleda terena.

Preglednica 18: Izračun baze

l [m]	b [m]
5.5	1.4
12	3

Na podlagi pridobljenih podatkov sem si izbrala stojišča fotogrametrične izmere, ki so prikazana na sliki 51.



Slika 51: Predvidena stojišča fotogrametrične izmere

Število in razporeditev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk: na podlagi poglavja 3.3.3. Za izbran objekt tarče niso bile uporabljene.

5.2.8 Opredelitev geodetske izmere

Lastnosti izbranega elektronskega tahimetra so opisane v spodnji preglednici 19.

Preglednica 19: Specifikacije elektronskega tahimetra (vir: Leica TPS1200+ User Manual, Version 6.0, 2013)

Elektronski tahimeter	Leica Geosystems TCRP 1201 + R100
Smeri	
Natančnost: $\sigma_{\text{ISO 17123-3 THEO-HZ, V}}$	1 "
Dolžine z reflektorjem (infrared)	
Doseg	1.5 – 1800 m
Natančnost: $\sigma_{\text{ISO 17123-4}}$	1 mm + 1.5 ppm
Dolžine brez reflektorja (visible red laser)	
Doseg	1.5 – 1200 m
Natančnost na razdalji od 0 – 500 m: $\sigma_{\text{ISO 17123-4}}$	2 mm + 2 ppm
Velikost laserske točke na razdalji do 20 m	7 x 14 mm

Pribor: vizirne tarče, dodatni stativi, merski trak, kladivo, žblji, sprej

Koordinatni sistem: lokalni koordinatni sistem

Predvidena stojišča zaključenega poligona so prikazana na sliki 48 (poglavje 5.1.2).

5.2.9 Alternativne / pomožne meritve in uporaba dodatnih pripomočkov

Načrtovana je bila možnost uporabe merskega traku. Dodatni pripomočki niso bili uporabljeni.

5.2.10 Izbor programske opreme in način predstavitve rezultatov

Programska oprema

- kalibracija: programski paket Modiftoto (avtor: Grigillo D., Ver. 1.0, 2002)
- fotogrametrična zajem podatkov: SocetSet 5.5.0 Export
- geodetska obdelava podatkov: Liscad ver. 6.2, VimWin ver. 5.1 (avtorja: Ambrožič in Turk), demoGem 4 (v. 4, 2005)
- 3D model: MicroStation v8i (SELECTseries 3)

- dodatni programi: Notepad++ v 6.21 (2012), Adobe Photoshop Lightroom3 ver.3.3, Adobe Photoshop CS5 Extended ver. 12.0 x 32 (2010)...

Predstavitev rezultatov: trirazsežni žični in ploskovni model na podlagi geodetskih meritev ter fotogrametričen 3D prikaz izbrane fasade.

5.3 Izvedba

Ustrezni pripravi na projekt sledi izvedba. Posamezne faze so opisane kronološko glede na potek dela.

5.3.1 Signalizacija

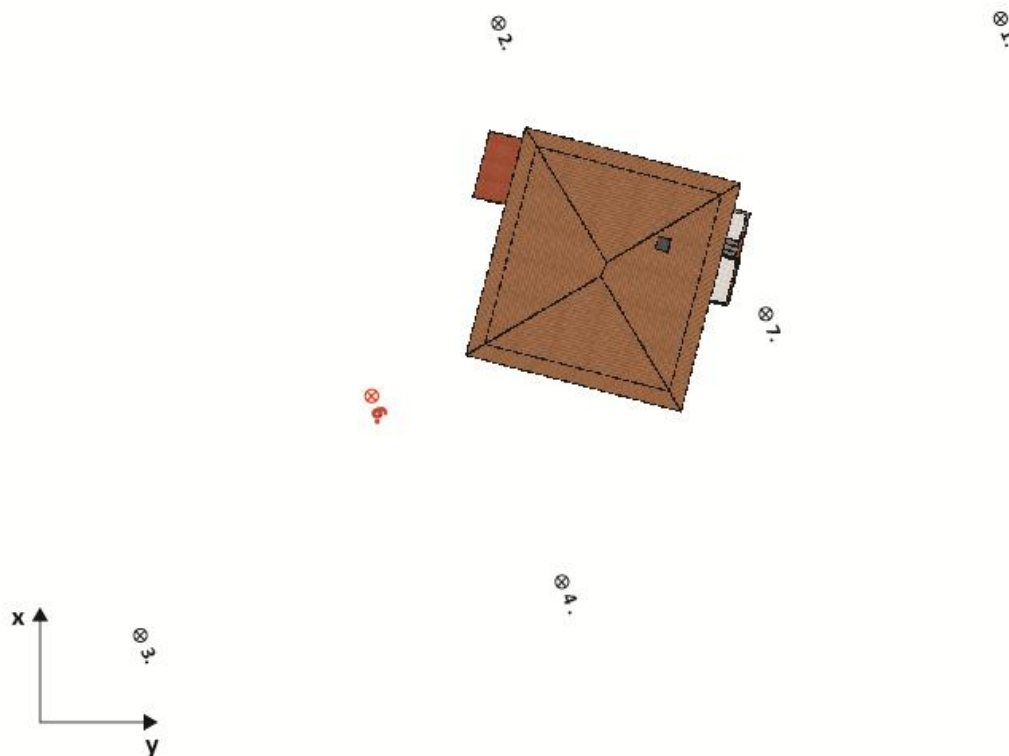
Delo je potekalo brez uporabe tarč. Izbrani detajli so predstavljali hkrati točke za obod objekta in za potrebe fotogrametrije. Zaradi velikega števila točk zajetih za izris oboda, veliko dodatnih točk nisem potrebovala. Za boljšo razporeditev točk smo na jugovzhodni fasadi dodali tri žeblice, ki potekajo vertikalno po sredini fasade.

5.3.2 Klasična geodetska izmera

Datum: 8. 11. 2012

Za pomoč pri terenskemu delu sem prosila asistenta Urbančiča.

Po posvetu z asistentom je bila okrog objekta razvita zaključena poligonska zanka na podlagi petih točk. Merjenje poligonskih točk je potekalo na osnovi girusne metode v dveh girusih. Razporeditev točk in višino stojišča (preglednica 20) sem zapisala na skico. Za lažjo izmero nekaterih detajlov je bilo vzpostavljeno prosto stojišče, ki je na slik 52, označeno z rdečo.

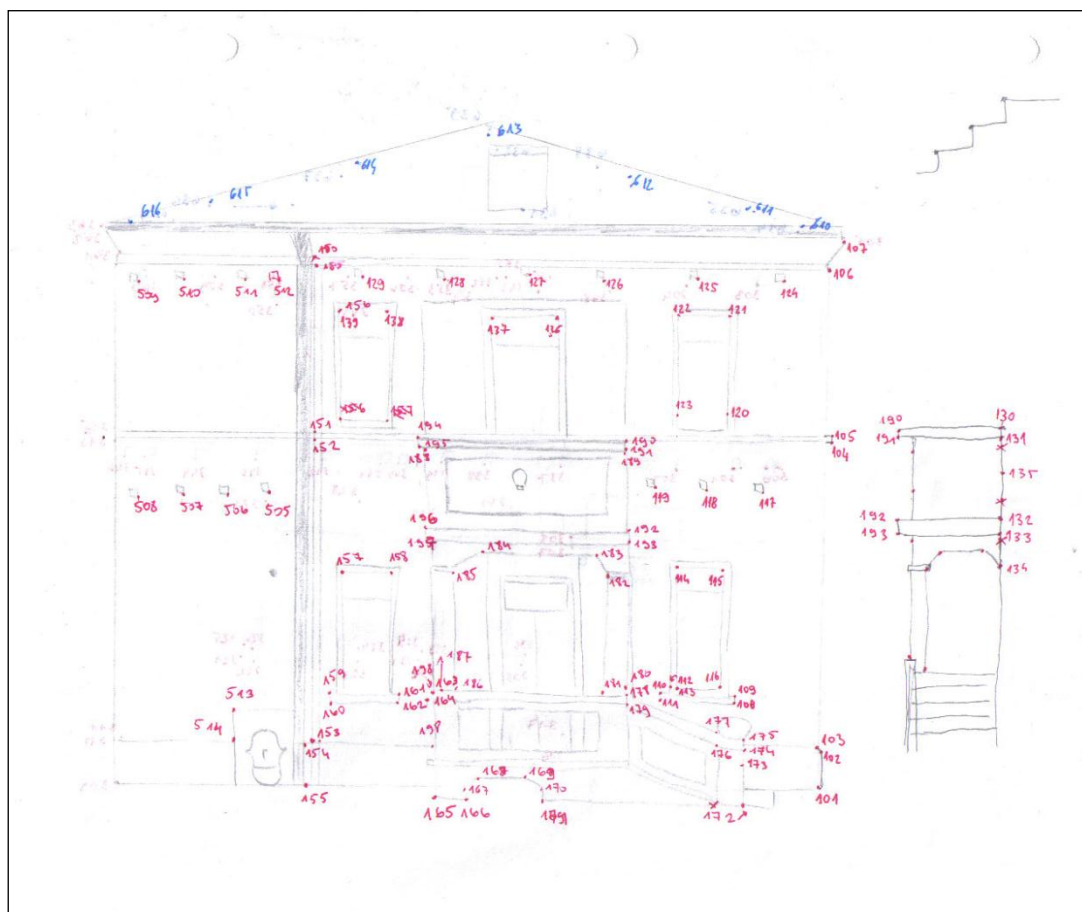


Slika 52: Razporeditev poligonskih točk

Preglednica 20: Višine posameznih stojišč

Stojišče	Višina stojišča [m]
1.	1.570
2.	1.525
3.	1.599 / 1.300
4.	1.535
7.	1.589
6.	0.000

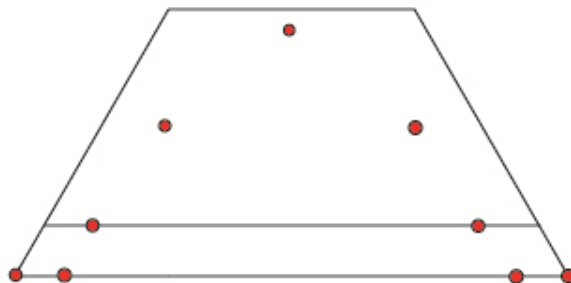
S polarno metodo so bili nato izmerjeni detajli, ki sem jih sproti vrisovala na vnaprej izdelane skice in jih primerno oštevilčila (slika 53). Vse točke niso primerne kot oslonilne ali kontrolne točke, saj so bile nekatere izmerjene izključno za uporabo konstrukcije.



Slika 53: Primer terenske skice: severovzhodna fasada

Dan izmere je potekal v četrtak zato je bilo za izmero določenih detajlov potrebno umakniti avtomobile. Posledično so na primer nižje točke na severozahodni fasadi označene z višjo oštevilčbo, saj so bile izmerjene nazadnje. V primerih, kjer avtomobili niso bili odstranjeni je bila uporabljena trasirka z vizurno tarčo.

Zajem strehe je potekal na osnovi oddaljenih stojišč (1. in 3). Streha ni bila zajeta po slemenih, temveč na osnovi konstrukcijskih točk, katere so razporejene po strehi (slika 54).



Slika 54: Razporeditev točk

Zaradi želje po nadaljni uporabi sem zajete točke, ki so primerne za izbor oslonilnih in kontrolnih točk, opisno in vizualno opredelila in so priložene v prilogi B4.

5.3.3 Nastavitve fotoaparata

Za posamezne serije sem izbrala nastavitve fotoaparata (preglednica 22). Razdelitev serije glede na območje slikanja, prikazuje preglednica 21.

Preglednica 21: Opredelitev posamezne serije slikanja

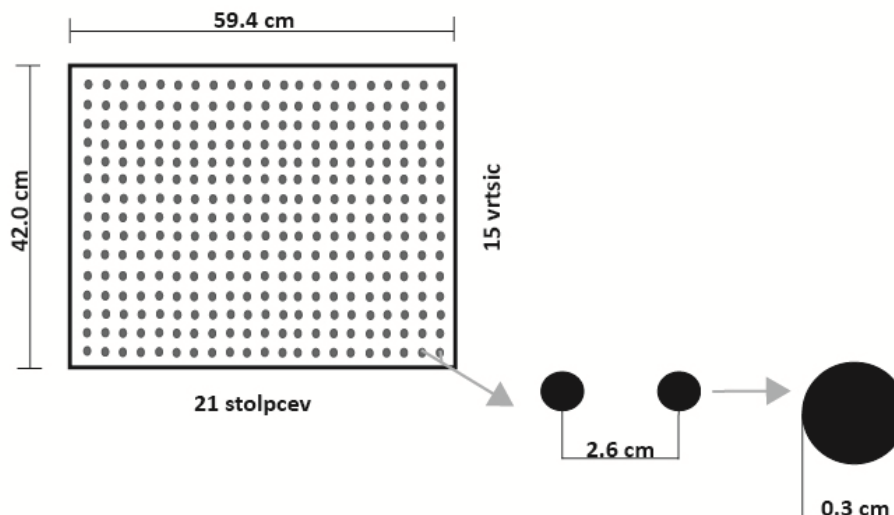
Serija	Območje slikanja	Datum slikanja
I – a	SV fasada z vhodom	15. 11. 2012
I – b	ponovitev dveh steroparov SV fasade	15. 11. 2012
II	streha	15. 11. 2012
III	SZ, JZ, JV fasada	18. 11. 2012

Preglednica 22: Izbrane nastavitve fotoaparata v posamezni seriji slikanja

Serija	Goriščna razdalja [mm]	Zaslonka	Hitrost zaklopa [s]	Občutljivost senzorja (ISO)	Izravnava beline	Nastavitvena razdalja	Format zapisa
I – a	18	f/8	1/125	200	senca	∞	RAW
I – b	18	f/8	1/125	200	senca	∞	RAW
II	38	f/8	1/125	200	senca	∞	RAW
III	24	f/8	1/160	200	senca	∞	RAW

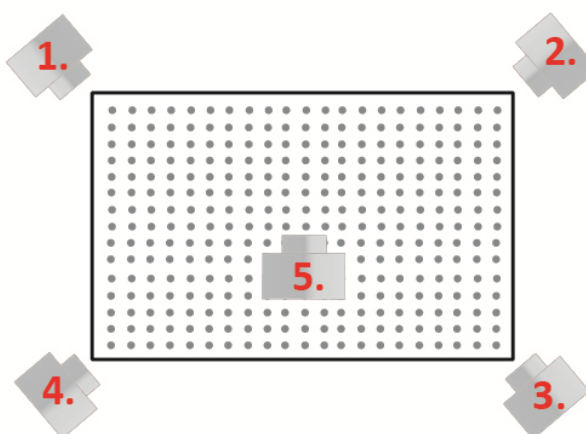
5.3.4 Kalibracija digitalnega fotoaparata in vzpostavitev slikovnega koordinatnega sistema

Uporabljeno je bilo ravninsko testno polje velikosti A2, ki ustreza programskemu paketu Modifoto (slika 55):



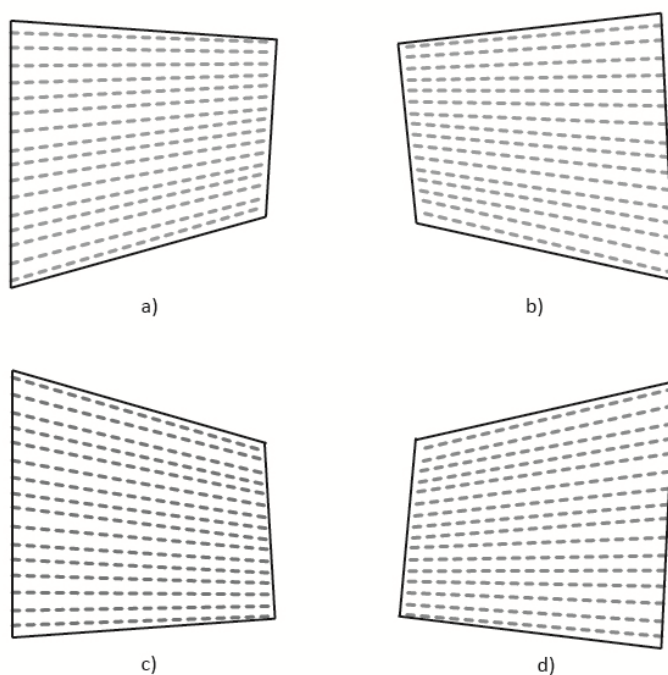
Slika 55: Lastnosti uporabljenega ravninskega testnega polja

Testno polje sem slikala iz petih perspektivno različnih položajev, kot to prikazuje slika 56 (levo zgoraj, desno zgoraj, desno spodaj, levo spodaj in centralna slika). Pri tem sem upoštevala napotke poglavja 4.3.3.



Slika 56: Skica položajev pri slikanju ravninskega testnega polja

Iz vogalnih položajev so nastale perspektivne slike, ki jih prikazuje slika 57. Peta slika predstavlja centralno sliko in ni prikazana.



Slika 57: Slike testnega polja: (a) iz levega zgornjega kota, (b) iz desnega zgornjega kota, (c) iz levega spodnjega kota, (d) iz desnega spodnjega kota

Testno polje sem slikala pred in po seriji slikanja in tako pridobila rezultate dveh kalibracij, ki sem ju lahko primerjala. S primerjavo sem kontrolirala, da med serijo ni prišlo do sprememb geometrije fotoaparata. Tega priporočila nisem upoštevala v dveh primerih:

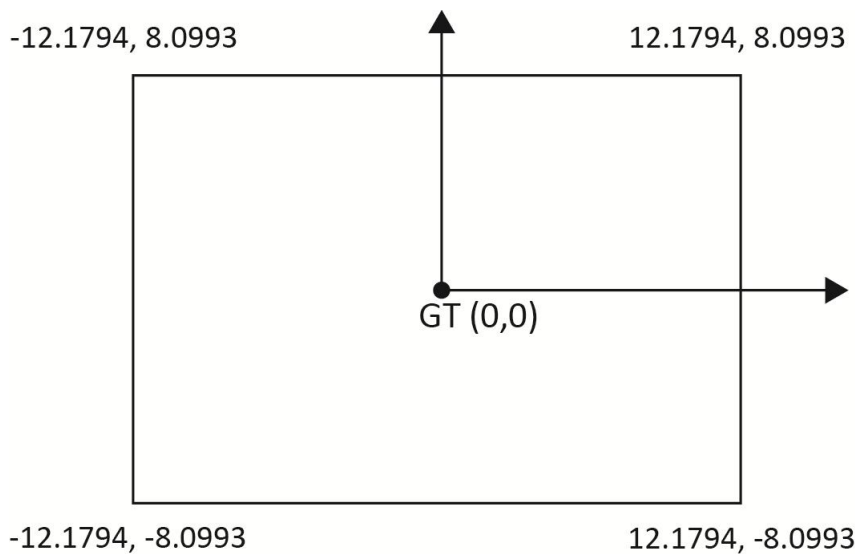
- pri slikanju strehe objekta, zaradi kratkega časa ob slikanju zgolj enega stereopara
- pri slikanju serije I - b

Rezultate kalibracije pred in po fotogrametričnemu slikanju sem primerjala in ugotavljala ali je prišlo do večjih sprememb (preglednica 23). Nato sem vsako sliko v izbrani seriji popravila za vpliv radialne distorzije.

Preglednica 23: Rezultati posamezne serije kalibracije

Serija	Kalibracija	Konstanta fotoaparata [piksli]	Velikost piksla [μm]	Konstanta fotoaparata [mm]
I - a	1.	2354.485053	7.8 x 7.8	18.365
	2.	2354.476413	7.8 x 7.8	18.365
I - b	1.	2371.305404	7.8 x 7.8	18.496
II	1.	4773.874568	7.8 x 7.8	37.236
III	1.	2904.475905	7.8 x 7.8	22.655
	2.	2914.235268	7.8 x 7.8	22.731

Za vsako serijo sem izdelala kalibracijsko datoteko, ki jo potrebujemo v programu SocetSet (slika 58).



Slika 58: Slikovni koordinatni sistem v mm

5.3.5 Postopek fotogrametričnega slikanja za normalni stereoskopski primer

Zajem je potekal v dveh delih. V prvem sem za pomoč in nasvete prosila asist. dr. Grigilla. Svetoval mi je glede slikanja testnega polja, načina slikanja in omogočil dostop na streho Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Najzahtevnejši del objekta predstavlja severovzhodna fasada. Zajem je kompleksnejši zaradi omejenosti manevrskega prostora in razgibanega vhoda v stavbo. Posledično sem omenjeno fasado zajela s pomočjo asistenta. Drugi del predstavlja zajem preostalih fasad, ki sem ga izvedla samostojno.

Prvi del: SV fasada, vhod, streha

datum: 15.11.2012

Glede na opisani poglavji 2.3 in 4.3.4 sem slikala serijo slikanja: I – a. Položaje stojišč in oštevilčenje slik sem vrisala na skico (priloga C).

Po nasvetu asistenta sem na SV fasadi poleg dveh normalnih streoparov slikala še tri stereopare iz vogala (eden v zgornjem pasu). Stereoparom, ki so pokrivali območje fasade, je dodan še stereopar vhoda. Zajem vhoda je predstavljal izziv predvsem zaradi kratke oddaljenosti in vej drevja. Stojišči stereopara se posledično nahajata zelo nizko pri čemer dobimo precej perspektivni sliki.

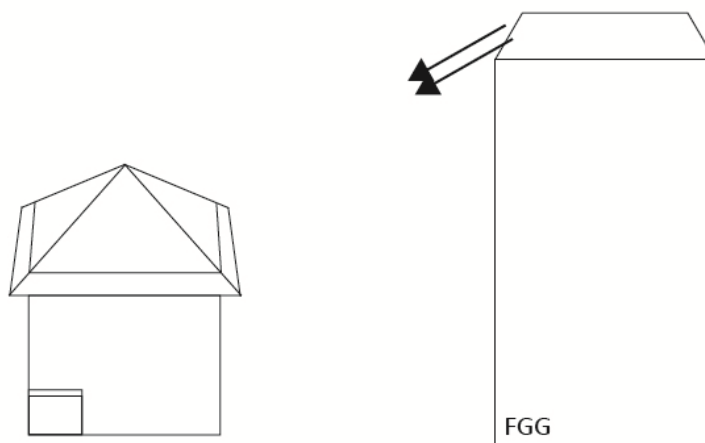
Po planiranju sem višino fasade zajela z dvema višinskima pasovoma pri čemer sem upoštevala prečni preklop in dobro videne detajle na njem.

Zaradi moje neizkušenosti in dela brez uporabe stativa je pri prehodu na desno stojišče prišlo do nagiba fotoaparata in spremembe višine (slika 59). Posledično sta bila neustrezna stereopara zajeta ponovno kot nova serija s pripadajočo kalibracijo (serija I – b).



Slika 59: Primer ponesrečenega stereopara

Dostop na streho fakultete mi je omogočil zajem strehe objekta (slika 60). Stereopar poleg strehe vsebuje jugovzhodno fasado, saj na sami strehi ni dovolj primerno razporejenih fotogrametričnih točk z znanim položajem. Zaradi večje oddaljenosti od objekta je bilo potrebno spremeniti goriščno razdaljo. Zajem strehe je zato opredeljen kot samostojna serija II, kateri pripada lastno slikanje testnega polja in pripadajoča kalibracija. Tudi razdalja baze je posledično precej večja kot v primeru slikanja iz tal.

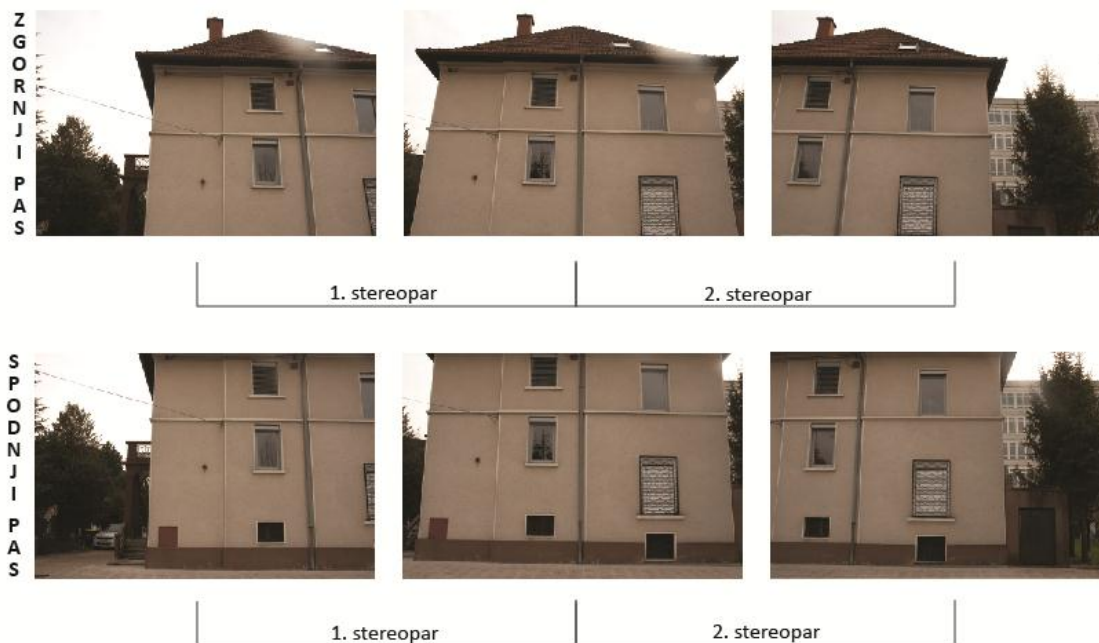


Slika 60: Skica zajema strehe

Drugi del: SZ, JZ, JV fasada

datum: 18.11. 2012

Zaradi odstotnosti avtomobilov na parkiriščih sem drugi del fotogrametričnega zajema opravila v nedeljo. Po nasvetu sem preostale tri fasade slikala zgolj z eno serijo. Slika 61 prikazuje stereopare severozahodne fasade.



Slika 61: Primer slikanja stereoparov

Glede na oddaljenost do objekta se jugozahodna fasada razlikuje v primerjavi z ostalima dvema. K trem vzdolžnim preklopom v vsakem od višinskih pasov, so bili dodani štiri stereopari iz vogalov.

Skice terenskega fotogrametričnega zajema so priložene v prilogah.

Po pregledu slik na zaslonu fotoaparata je bilo zelo težko definirati položaj treh dodanih žeblicev na fasadi. Situacijo sem skušala izboljšati s pomočjo preprostega okvirja okrog žeblice, ki sem ga naredila na osnovi lepilnega traku in ga pritrdila s pomočjo manjše zložljive lestve (slika 62). Zaradi višine najvišjega sem dosegla le spodnja dva. Nato sem slikanje ponovila.



Slika 62: Z lepilom narejen okvir za boljšo vidljivost žebnja

Preglednica 24: Dejanski fotogrametričen zajem

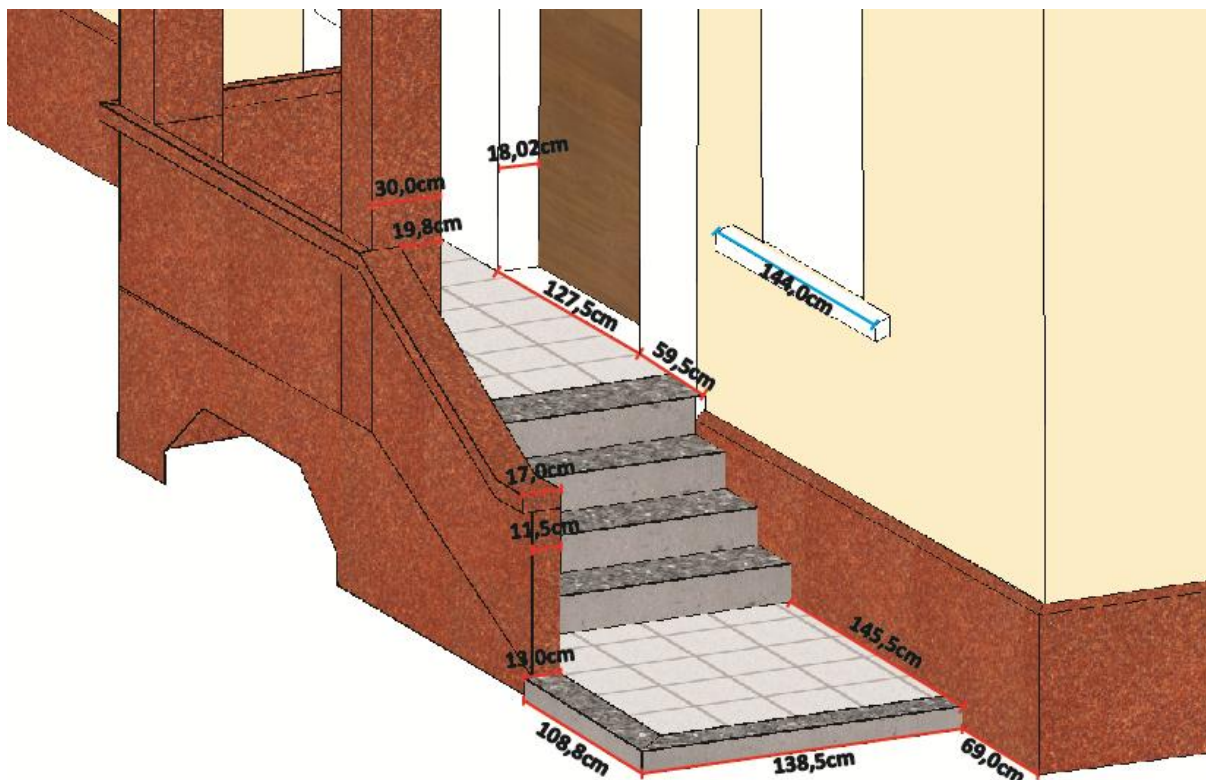
Serijski	Oddaljenost od objekta [m]	Baza [m]	Modul merila (m)	Hiperfokalna razdalja [m]	Št. stereoparov	Št. pasov	
I – a	5.5	1.4	306	1.02	1 N + 1 V	2	
I – b	5.5	1.4	306	1.02	1 N + 1 V	1	
II	?	~6	?	?	1 N	1	
III	SZ fasada	12	3	500	1.81	2 N	2
	JV fasada	12	3	500	1.81	2 N	2
	JZ fasada	5.5	1.4	229	1.81	3 N + 2 V	2

Dejanski zajem se je od načrtovanega razlikoval. Jugozahodno fasado sem po nasvetih, kljub krajši oddaljenosti od objekta, umestila v tretjo serijo. Poleg načrtovanih normalnih streoparov (v preglednici 24 označeni z N) sem dodatno slikala vogalne stereopare (V). Z njihovo pomočjo sem zajela predvsem dele fasade, ki zaradi omejitve okolice niso bili dobro vidni ali pa bi za njihov zajem potrebovala številne normale stereopare.

Merilo za streho ni točno določeno, saj ne poznam prave oddaljenosti med strehama objekta in Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Glede na izračunano teoretično merilo (1/2000), naj bi bila oddaljenost znašala 76 m.

5.3.6 Dodatne meritve z merskim trakom

Za izris žičnega modela na podlagi točk pridobljenih s klasično geodetsko metodo, sem za dokončno konstrukcijo potrebovala nekaj dolžin na objektu. Manjkajoči podatki so se nahajali na vhodu v stavbo. Izmerjene dolžine so prikazane na spodnji sliki 63:



Slika 63: Dodatne meritve z merskim trakom

Z rdečo so prikazane manjkajoče dolžine za izris vhoda v objekt. Dolžina, ki je na sliki prikazana z modro, je bila izmerjena kot kontrolna (preglednica 24).

Preglednica 25: Primerjava kontrolne dolžine izmerjene z različnim načinom meritve

Način meritve	Dolžina [cm]
Na podlagi 3D žičnega modela	144.07
Merski trak	144.00

5.4 Obdelava podatkov

5.4.1 Obdelava geodetskih meritev

S pomočjo programa LisCad sem pridobila izpis izravnanih sredin horizontalnih kotov, zenitnih razdalj, poševno merjenih razdalj in pripadajočih popravkov poligonskih točk. Za izračun položajnih koordinat poligonskih točk sem uporabila Trigonometrični obrazec 19 (Računanje koordinat poligonskih točk), ki je priložen v prilogi B1. Natančnosti izračunanih položajnih koordinat sem pridobila s programom demoGEM4 (v.4, 2005). Izračun višinskih koordinat in njihovo natančnosti sem pridobila s programom VimWin. Rezultati so prikazani v preglednici 26.

Preglednica 26: Koordinate poligonskih točk pridobljenih z geodetsko izmero in pripadajoče natančnosti

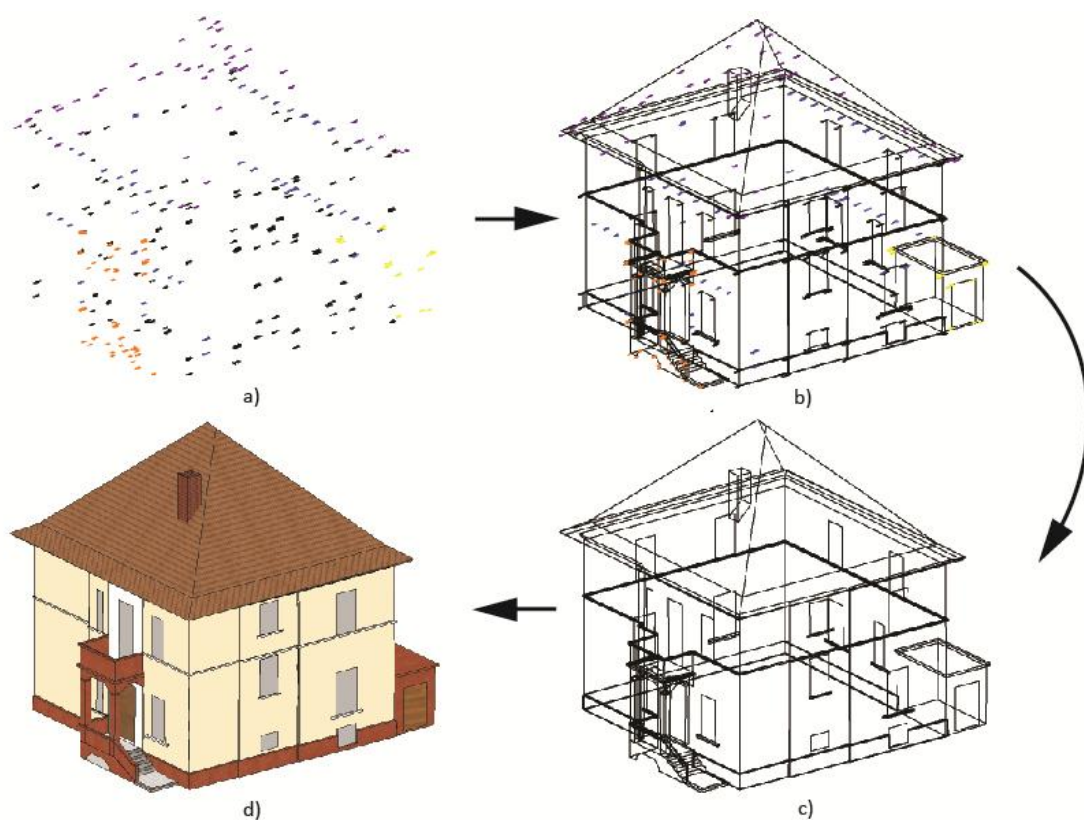
Stojišče	y [m] ± [mm]	x [m] ± [mm]	h [m] ± [mm]
1	1000.000	1000.000	1000.000
2	974.172	1000.000	99.835 ± 2.5
3	955.479 ± 0.3	968.645 ± 0.5	98.952 ± 3.0
4	977.198 ± 0.4	971.229 ± 0.4	99.342 ± 2.6
7	987.794 ± 0.4	984.901 ± 0.5	99.875 ± 2.4

Izpisi preostalih rezultatov so priloženi: priloga B2 in priloga B3.

Program VimWin je namenjen izračunu in izravnavi višin točk merjenih z metodo nivelmana. Utež merjene višinske razlike je v tem primeru izračunana kot $\frac{1}{5}$. Višinske razlike so v opisanem primeru določene s trigonometričnim višinomerstvom, kjer je utež določena kot $\frac{1}{s^2}$. Pri obdelavi meritev so posledično merjene razdalje (s) med točkami ustrezno popravljene.

Horizontalne koordinate so preračunane v obstoječi lokalni koordinatni sistem mreže (Kogoj, 2005). Zaradi ohranitve merila geodetske mikromreže in kratkih dolžin so merjene dolžine popravljene zgolj za vpliv atmosferskih popravkov (prvi in drugi popravek hitrosti). Več o redukciji dolžin: Kogoj, 2005.

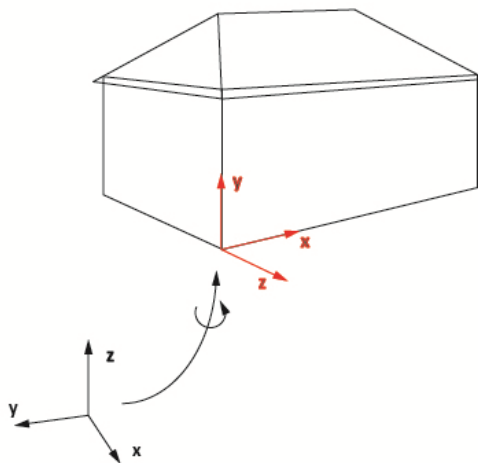
Na podlagi koordinat poligonskih točk in urejene datoteke detajlov sem nato pridobila koordinate vseh izmerjenih točk. Datoteko sem uvozila v program Microstation in na podlagi točk izrisala žični model objekta. Naknadno sem izdelala ploskovni model na katerega sem nanesla ustrezen material (slika 64).



Slika 64: Izdelava 3D modela na osnovi geodetskih meritev: (a) oblak točk, (b) 3D žični model s točkami, (c) 3D žični model, (d) 3D ploskovni model

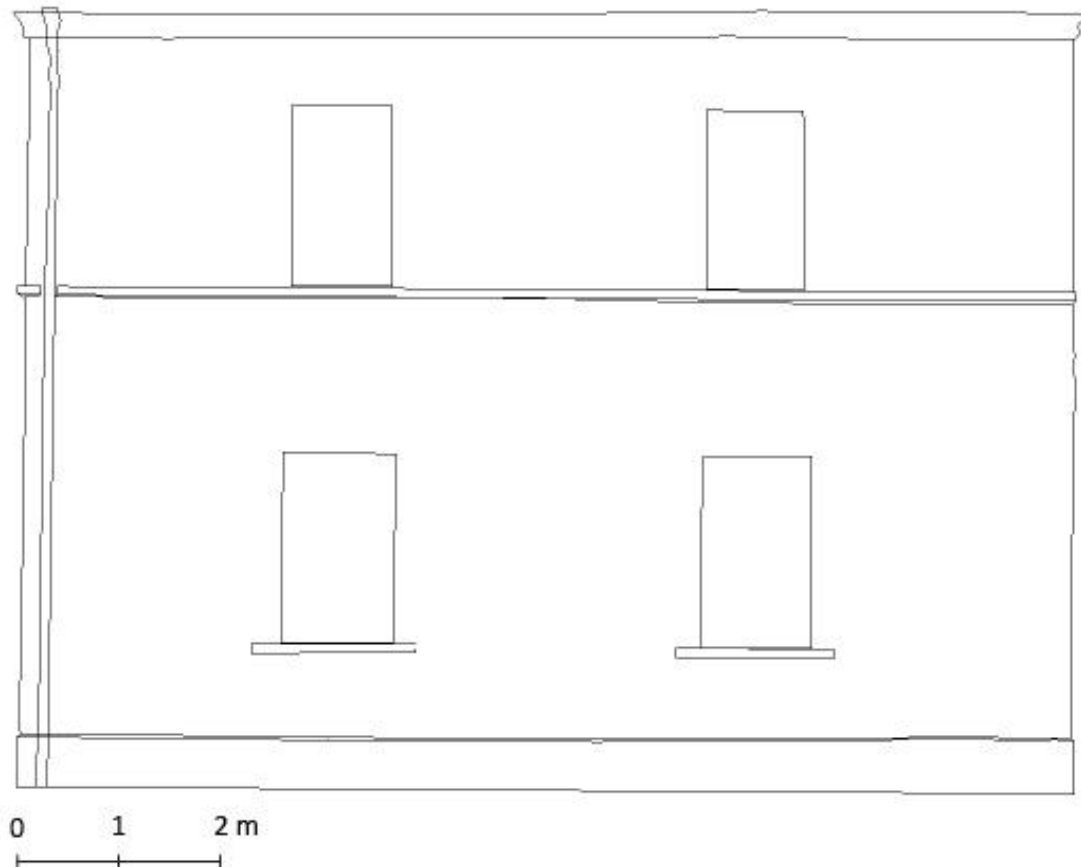
5.4.2 Fotogrametrična obdelava podatkov

Zaradi želje po uporabi programa, ki omogoča stereoskopski zajem podatkov na fotogrametrični postaji, je bil izbran programski paket SocetSet 5.5.0 Export. Program je prvotno namenjen zajemu podatkov na osnovi aeroposnetkov. Program zahteva obdelavo podatkov na osnovi koordinatnega sistema, kjer so osi usmerjene enako kot pri aerosnemanju. Vsaki fasadi posledično pripada lastna transformacija koordinatnega sistema (slika 65).



Slika 65: Transformacija koordinatnega sistema

V program SocetSet sem nato uvozila transformirane koordinate oslonilnih in kontrolnih točk, slike popravljene za distorzijo in kalibracijsko datoteko. Na podlagi stereoskopskega fotogrametričnega zajema je bil izdelan 3D prikaz jugovzhodne fasade, ki je prikazan na sliki 66.



Slika 66: Stereoskopski zajem jugovzhodne fasade

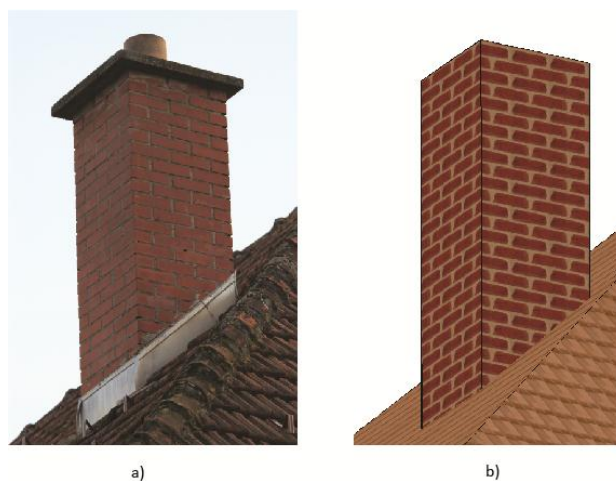
5.5 Končni rezultati

Končni rezultat diplomske naloge je zapis posameznih faz praktičnega zajema arhitekturne fotogrametrije. Z izvedenim primerom smo preverili ustreznost opisanih faz in pridobili različne izdelke, ki so opisani v poglavjih 5.4.1 in 5.4.2.

V primeru izdelave 3D modela na osnovi geodetskih podatkov nastopajo poenostavitve, ki so omenjene v poglavju 5.1.2. Primerjava dejanskega stanja s 3D modelom je prikazana na slikah 67 – 69.



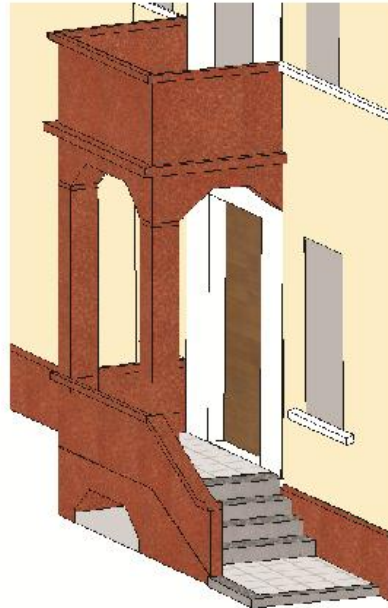
Slika 67: Primerjava strehe: (a) dejansko stanje (b) ploskovni model



Slika 68: Primerjava dimnikov: (a) dejansko stanje, (b) ploskovni model



a)



b)

Slika 69: Primerjava vhoda: (a) dejansko stanje, (b) ploskovni model

6 ZAKLJUČEK IN NADALJNJE DELO

Kljub trenutni svetovni krizi je opazno, da je izdelava trirazsežnih modelov zanimivih in rizičnih stavb še vedno prisotna. Slednje potrjujejo članki, ki nastajajo pod okriljem mednarodne organizacije ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Zaradi dostopnosti in celovitosti se danes realistični trirazsežni modeli izdelujejo v kombinaciji z laserskim skeniranjem.

Na podlagi literature, nasvetov strokovnjakov in lastni izdelavi projekta je nastal pregleden zapis posameznih faz praktičnega zajema na področju arhitekturne fotogrametrije. Kot najprimernejši način zajema je bil izbran normalni primer stereoskopskega slikanja. Celoten projekt temelji na uporabi nemerskih fotoaparatorov. Postopek kalibracije omogoča podrobnejše razumevanje delovanje fotoaparata in njegovih konstrukcijskih značilnosti.

Diplomska naloga ne predstavlja zaključenega dela, temveč je osnova, ki se lahko dopolnjuje s primeri in izkušnjami drugih. Vsak objekt je unikaten in zahteva specifičen pristop. Prav ta lastnost pa nakazuje, da s številnimi primeri lahko posamezne faze izpopolnimo.

VIRI

A few scanning tips, by Wayne Fulton. 2012.

<http://www.scantips.com> (Pridobljeno oktober 2012.)

A site for photographers by photographers. 2012.

<http://www.photo.net> (Pridobljeno oktober 2012.)

Agnello, F., Lo Brutto, M. 2007. Integrated surveying techniques in cultural heritage documentation. Dipartimento di Rappresentazione, University of Palermo, Via Cavour 118, Palermo, Italy: 2, 3 str.

<http://www.isprs.org> (Pridobljeno november 2012.)

Aliexpress. 2013.

<http://www.aliexpress.com> (Pridobljeno marec 2013.)

Andrews, D., Bedford, J., Blake, B., Bryan, P., Cronwell, T., Richard, L. 2009. Measured and Drawn. Techniques and practice for metric survey of historic buildings. Druga izdaja. English Heritage: 3, 9, 51 str.

<http://www.english-heritage.org.uk> (Pridobljeno marec 2013.)

Berntsen. 2012.

<http://www.berntsen.com> (Pridobljeno september 2012.)

Bradley, S. 2012. The Value of Theoretical And Practical Knowledge

<http://www.vanseodesign.com> (Pridobljeno marec 2013.)

Bryan, P., Blake, B., Bedford, J. 2009. Metric Survey Specifications for Cultural Heritage. Druga izdaja. English Heritage: 51 str.

<http://www.english-heritage.org.uk> (Pridobljeno februar 2013.)

Butler survey supplies. 2013.

<http://www.butlersurvey.com> (Pridobljeno september 2012.)

Cambridge in colour: A learning community for photographers: Depth of field. 2012

<http://www.cambridgeincolour.com> (Pridobljeno oktober 2012.)

Cigelšek, L. 2012. Kalibracija digitalnega fotoaparata na testnem polju. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba L. Cigelšek): 6 str.

Daly, T., Zorec, D., Zorec, M. (prevajalca) 2004. Enciklopedija digitalne fotografije. Popolni vodnik v svet fotografije in digitalne obdelave slik. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije: 40, 42, 44 str.

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i in topcon-ove programske opreme. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Debelak): 7 str.

Dobrodošli na FOTO straneh. 2012.
<http://www2.arnes.si> (Pridobljeno oktober 2012.)

DOF Master. 2012.
<http://www.dofmaster.com> (Pridobljeno oktober 2012.)

Flickr from yahoo. 2013.
<http://www.flickr.com> (Pridobljeno marec 2013.)

From the pews. 2013.
<http://www.fromthepews.org> (Pridobljeno marec 2013.)

Geospatial Modeling and Visualization. 2013.
<http://www.gmv.cast.uark.edu> (Pridobljeno marec 2013.)

Gorjup, Z. 2001. Temelji fotogrametrije in postopki izrednotenja. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 142 str.

Grigillo, D. 2003. Uporaba nemetričnih digitalnih fotoaparatorov v fotogrametriji: Geodetski vestnik 47, 3: 240-250 str.

Gülch, E. 1995. Automatic Control Point Measurement. Photogrammetric Week 1995: 185 str.
<http://www.ifp.uni-stuttgart.de> (Pridobljeno november 2011.)

Hanke, K., Grussenmeyer, P. 2002. Architectural Photogrammetry: Basic theory, Procedures, Tools. ISPRS Commission 5 tutorial: 4, 6, 21 str.
<http://www.isprs.org> (Pridobljeno november 2012.)

Heipke, C. 1996. Automation of Interior, relative and absolute orientation. Commission III, Working Group III/2- Invited Paper. 302, 306 str.
<http://www.isprs.org> (Pridobljeno februar 2012.)

ISPRS – Commission V-Close-Range Sensing: Analysis and Applications Working Group V/6- Close range morphological measurement for the Earth Science, 2008-2012. 2010. Tips for the Effective use of close range digital photogrammetry for the Earth Science: 1 str.
<http://www.isprs6.lboro.ac.uk> (Pridobljeno september 2012.)

Joinson, S., Zorec, M. (prevajalec) 2007. 101 čudoviti izdelek, ki ga omogoča digitalna kamera. Tehnološka založba Slovenije: 22, 23 str.

Jorda, F., Navarro, S., Perez, A., Cachero, R., Lopez, D., L. Lerma, J. 2011. Close Range Photogrammetry and terrestrial laser scanning. High resolution texturized 3D model of the chapel of the kings in the Palencia cathedral as a case study: 5 str.
<http://www.cipa.icomos.org> (Pridobljeno marec 2013.)

Kocjančič, M. 2012. Fotogrametrično dokumentiranje etnološke dediščine na primeru stavbe v Podgorju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Kocjančič): 13, 17, 19 str.

Kogoj, D. 2005. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.

Kosmatin Fras, M. 1996. Arhitekturna fotogrametrija v spomeniškem varstvu – opis strokovnih metod in izdelkov za uporabljanje. Vestnik sodobne tehnologije: Fotogrametrija kot metoda dokumentiranja kulturne dediščine 96, XV: 19-29 str.

Kosmatin Fras, M., Vezočnik, R., Gvozdanovič, T., Kogoj, D., 2008. Avtomatizacij celotnega postopka relativne orientacije stereopara. Geodetski vestnik 52, 2: 243-245 str.

Kvaternik, T. 2007. Test stabilnosti parametrov notranje orientacije digitalnega fotoaparata. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba T. Kvaternik): 10-14, 28, 53 str.

Langford, M. 2000. Basic Photography. Seventh editon. Oxford. Elsevier: 42, 53, 184 str.

Leica TPS 1200+ User Mannual version 6.0. 2013.
<http://www.surveyequipment.com> (Pridobljeno marec 2013.)

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, I. 2006. Close range photogrammetry. Principles, Methods and Applications. Scotland, UK. Dunbeath : Whittles Publishing, cop. : 5, 184 str.

Matthews, N. A. 2008. Aerial and Close-Range Photogrammetric Technology. Providing Resource Documentation, Interpretation and Presentation. Technical Note 428: 38, 39 str.
<http://www.blm.gov> (Pridobljeno september 2012.)

Mencinger, S. 2005. Primerjava različnih postopkop fotogrametričnega dokumentiranja stavbnih fasad na izbranem primeru. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba S. Mencinger): 15, 17, 27, 32-34 str.

Murtiyoso, A. D., Suwardhi, D., Riyanto, S. 2011. Application of Close Range Photogrammetry for the virtual reconstruction of shrine number 72, Sewn temple complex: 3 str.
<http://www.rism.org.my> (Pridobljeno marec 2013.)

Navodila za uporabo Canon EOS rebel T2i EOS 550D. 2010. Japonska. Canon Inc.: 86 str.
New Zeland Stereoscopic Society Article: EM3D- Building a 3D Camera by Pow M. 2013
<http://www.teawamutu.net> (Pridobljeno marec 2013.)

Nikon. 2013.

<http://www.nikon.com> (Pridobljeno marec 2013.)

Novšak, F. 2008. Fotogrametrična izdelava 3D modelov stavb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba F. Novšak): 8, 15, 29 str.

Oven, K. 2001. Rotunda carmine- Kulturna dediščina in fotogrametrija. Geodetski vestnik. Ljubljana. Glasilo zveze geodetov Slovenije, letnik 45, št. 1-2: 72, 73, 75, 81 str.
<http://www.geodetski-vestnik.com> (Pridobljeno julij 2012.)

Prah, A. 2005. Virtualni sprehod po secesijski Ljubljani. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba A. Prah): 40, 45 str.

Pucelj, B. 2004. Kalibracija digitalnega fotoaparata visoke ločljivosti in analiza uporabnosti za fotogrametrične namene. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba B. Pucelj): 31-33, 53, 58, 59, 72 str.

Resman, M. 2010. Fotografija v osnovah, fototehnika. Bled. (samozaložba M. Resman): 7, 10 str.

Rovšek, Z. 2012. Astrokaktus

<http://www.astrokaktus.com/DigitalPhotography> (Pridobljeno oktober 2012.)

Schauer, M. 2004. Metodologija fotogrametričnega zajema in upodobitve arheoloških podatkov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Schauer): 41, 45, 48, 49 str.

Short Courses: The On-Line Library of Digital Photography. 2013.

<http://www.shortcourses.com> (Pridobljeno marec 2013.)

SSJK. 2012

<http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (Pridobljeno oktober 2012.)

The Nikon Guide to Digital Photography with the D70 Digital Camera. 2013.

<http://support.nikonusa.com> (Pridobljeno maj 2013.)

The Quotations Page. 2013.

<http://www.quotationspage.com> (Pridobljeno marec 2013.)

Trieb, P. B., Kilpatrick, D. 2004. Digital Close-range stereophotogrammetry for heritage record. The Impact of Responsible Measurement: 13-15 str.

<http://www.rci-online.org> (Pridobljeno november 2012.)

Vezočnik, R. 2006. Avtomatizacija relativne orientacije streopara. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba R. Vezočnik): 3 str.

Waldhäusel, P. 1994. 3x3 Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture. Melburne. Zbornik simpozija ISPRS TC V: Close Range techniques and Machines Vision.: 426 str.

Wallace, G. H., Gloman, C. B. 2003. 202 Digital Photography Solutions. Solve any Digital Camera Problem in 10 Minutes or Less. New York, McGraw Hill Professional: 56-60 str.

Wikipedia. 2013.

<http://www.wikipedia.org> (Pridobljeno oktober 2012- marec 2013.)

Zavec, S. 2011. Izdelava trirazsežnega modela stavbe na primeru Plečnikove hiše v Ljubljani. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Schauer): 15, 16, 19 str.

ZVKDS. 2013.

<http://www.zvkds.si> (Pridobljeno marec 2013.)

Ostali viri:

Marjetič, A., Ambrožič, T., Kogoj, D. 2011. Določitev nevertikalnosti visokih dimnikov. Geodetski vestnik 55, 4: 701-712.

PRILOGE

Priloga A: Skica ogleda terena

Priloga B1: Izračun poligonskih točk

Priloga B2: Izhodna datoteka programa demoGem 4

Priloga B3: Izhodna datoteka programa VimWin ver. 5.1

Priloga B4: Opredelitev točk primernih za fotogrametrične namene

Priloga C: Fotogrametrično slikanje

Priloga D1: 3D model na osnovi geodetskih meritev

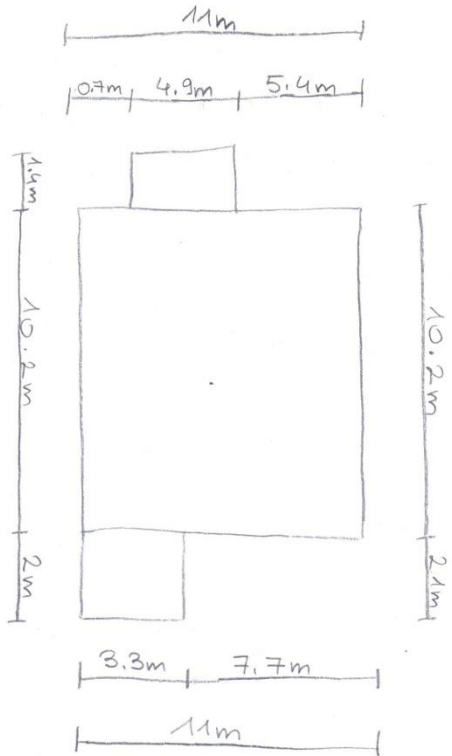
Priloga D2: Pogledi na vse štiri strani 3D modela na osnovi geodetskih meritev: (a) JV fasada, (b) JZ fasada, (c) SZ fasada in (d) SV fasada

Priloga A: Skica ogleda terena

OGLED TERENA

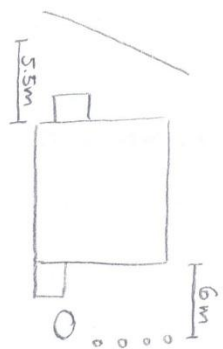
DATUM: 21.10.2012

OBJEKT: GROHARJEVA 2, LJUBLJANA

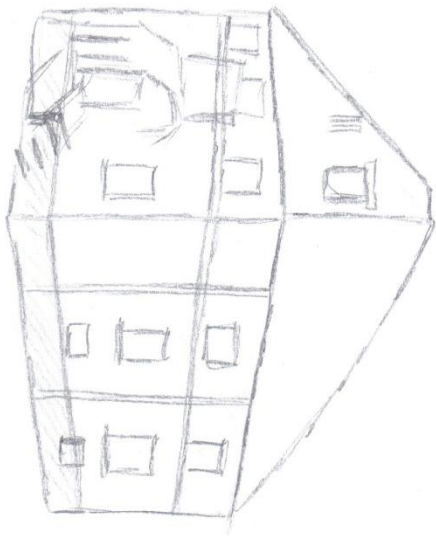


- PAZI!**
- zavaritvenost na JZ in SV strani
 - slabo kavitirast v predelu kope + sonca zaradi sivele
 - Sonce v tem letnem času ole 13h divjeljus nadl hišo
 - panti na ravnotežne na SZ fasadi

NAJVEČJA HOJNA OPDALJENOST



- sivele
- sadins drevo



POGLEB IZ SEVERNE STRANI

Priloga B2: Izhodna datoteka programa demoGem 4

Izravnavna ravninske GEodetske Mreže

Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 15.4.2013

Čas : 09:30

Ime datoteke s podatki: data_2.pod
Ime datoteke za rezultate: data_2.gem
Ime datoteke z obvestili programa: data_2.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže: data_2.ris
Ime datoteke za izračun premikov: data_2.koo
Ime datoteke z utežmi: data_2.ute
Ime datoteke za S-transformacijo: data_2.str
Ime datoteke za ProTra: data_2.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike: data_2.SII
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover): data_2.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin): data_2.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti : data_2.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj: data_2.pvv

Seznam koordinat DANIH točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
1	1000.0000	1000.0000
2	974.1720	1000.0000

Vseh danih točk je : 2

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk

=====

Točka	Y (m)	X (m)
3	955.4700	968.6400
4	977.2000	971.2000
7	987.8000	984.9000
6	967.5000	980.8000

Vseh novih točk je : 4

Pregled opazovanih smeri

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer	W	Utež	Gr
			(stopinje) (")			
1	2	1	0 0 0	0.000	1.00	1
2	2	3	120 48 10	0.000	1.00	1
3	2	6	109 13 3	0.000	1.00	1
4	3	2	0 0 0	0.000	1.00	1
5	3	4	52 24 47	0.000	1.00	1
6	4	3	0 0 0	0.000	1.00	1
7	4	7	134 33 39	0.000	1.00	1
8	7	4	0 0 0	0.000	1.00	1
9	7	1	181 10 39	0.000	1.00	1
10	6	2	0 0 0	0.000	1.00	1
11	6	4	115 32 19	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin

=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
12	3	2	36.5045	0.0000	1.00
13	3	4	21.8720	0.0000	1.00
14	4	7	17.2970	0.0000	1.00
15	7	1	19.4160	0.0000	1.00
16	2	6	20.2809	0.0000	1.00
17	6	4	13.6627	0.0000	1.00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 0.50 sekund.

Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.880 mm.

Enačbe POPRAVKOV opazovanj za smeri

=====

Štev. opaz.	Koef. _X	Koef. _Y	(Točka) _X	(Točka) _Y	(Točka) neznanka	Orientacij. člen	Utež
1	(2))	(1))	(2))	
							-1.0 57.091 4.00000

2	(2)	(3)	(2)						
		-4851.78	2893.43	-1.0	84.396	4.00000			
3	(2)	(6)	(2)						
		-9585.46	3330.95	-1.0	-141.487	4.00000			
4	(3)	(2)	(3)						
		-4851.78	2893.43		-1.0	-103.619	4.00000		
5	(3)	(4)	(3)						
		-1102.96	9362.23	1102.96	-9362.23	-1.0	103.619	4.00000	
6	(4)	(3)	(4)						
		1102.96	-9362.23	-1102.96	9362.23	-1.0	201.395	4.00000	
7	(4)	(7)	(4)						
		-9417.86	7286.81	9417.86	-7286.81	-1.0	-201.395	4.00000	
8	(7)	(4)	(7)						
		9417.86	-7286.81	-9417.86	7286.81	-1.0	-52.098	4.00000	
9	(7)	(1)	(7)						
		-8264.82	6677.54			-1.0	52.098	4.00000	
10	(6)	(2)	(6)						
		-9585.46	3330.95			-1.0	-3.929	4.00000	
11	(6)	(4)	(6)						
		10631.64	10742.38	-10631.64	-10742.38	-1.0	3.929	4.00000	

Enačbe POPRAVKOV opazovanj za dolžine

=====									
	(Točka)	(Točka)	(Točka)						
Štev. opaz.	Koef. _X	Koef. _Y	Koef. _X	Koef. _Y	Multi. nez.	Adic. nez.	Prosti člen	Utež	
12	(3)	(2)	(3)						
	-0.512198	-0.858867				0.009	1291322		
13	(3)	(4)	(3)						
	-0.993132	-0.117000	0.993132	0.117000			0.008	1291322	
14	(4)	(7)	(4)						

-0.611940 -0.790904 0.611940 0.790904 0.025 1291322

15 (7) (1) (7)

-0.628457 -0.777844 -0.003 1291322

16 (2) (6) (2)

-0.328246 -0.944592 0.045 1291322

17 (6) (4) (6)

-0.710761 0.703434 0.710761 -0.703434 -0.015 1291322

Število enačb popravkov je 17

- Število enačb popravkov za smeri je 11

- Število enačb popravkov za dolžine je 6

Število neznank je 13

- Število koordinatnih neznank je 8

- Število orientacijskih neznank je 5

Število nadštevilnih opazovanj je 4

POPRAVKI približnih vrednosti

=====

Izravnava je izračunana klasično z normalnimi enačbami.

Točka	Dy	Dx	Do
	(m)	(m)	(")
3	0.0092	0.0059	-131.3
4	-0.0024	0.0296	-33.9
7	-0.0066	0.0012	115.2
6	-0.0038	0.0487	194.7
2		57.0	

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natančnosti

=====

Točka	Y	X	My	Mx	Mp	a	b	Theta
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(st.)
3	955.4792	968.6459	0.0003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001	29
4	977.1976	971.2296	0.0004	0.0004	0.0006	0.0005	0.0002	40
7	987.7934	984.9012	0.0004	0.0005	0.0007	0.0007	0.0001	39
6	967.4962	980.8487	0.0002	0.0006	0.0006	0.0006	0.0001	19

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 0.99112.

[pvv] = 3.9292677110

[xx] vseh neznank = 72810.0493489236

[xx] samo koordinatnih neznank = 0.0034352419

PREGLED merjenih DOLŽIN

=====

Multiplikacijska konstanta ni bila izračunana (= 1).

Adicijska konstanta ni bila izračunana (= 0 metra).

Od točke	Do točke	Utež dolž	Merjena dolžina	Modulirana 'Mer.*Mk+Ak	Definitivna Proj.-Du	Popravek Mod.dolž.	Projekcij. iz koo.
3	2	1.000	36.5045	36.5045	36.5035	-0.0010	36.5035
3	4	1.000	21.8720	21.8720	21.8715	-0.0005	21.8715
4	7	1.000	17.2970	17.2970	17.2969	-0.0001	17.2969
7	1	1.000	19.4160	19.4160	19.4159	-0.0001	19.4159
2	6	1.000	20.2809	20.2809	20.2815	0.0006	20.2815
6	4	1.000	13.6627	13.6627	13.6617	-0.0010	13.6617

Priloga B3: Izhodna datoteka programa VimWin ver. 5.1

Izravnava VIšinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: 2.pod

Ime datoteke za rezultate: 2.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: 2.def

Ime datoteke za S-transformacijo: 2.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: 2.koo

Datum: 15. 4.2013

Čas: 8:26:19

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
1	100.0000	Dani reper
2	100.0000	Novi reper
3	100.0000	Novi reper
4	100.0000	Novi reper
7	100.0000	Novi reper

Število vseh reperjev = 5

Število danih reperjev = 1

Število novih reperjev = 4

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

=====

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
1	2	-0.1710	667.0860
2	1	0.1600	667.0860
2	3	-0.8850	1332.6880
3	2	0.8810	1332.4690
3	4	0.3890	478.3840
4	3	-0.3890	478.3840
4	7	0.5350	299.1860
7	4	-0.5350	299.1860
7	1	0.1270	376.9810
1	4	-0.6530	1347.6240

Število opazovanj = 10

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 1	2	0.	-1.	-0.1710	0.0015
2 2	1	-1.	0.	-0.1600	0.0015
3 2	3	1.	-1.	-0.8850	0.0008
4 3	2	-1.	1.	-0.8810	0.0008
5 3	4	-1.	1.	-0.3890	0.0021
6 4	3	1.	-1.	-0.3890	0.0021
7 4	7	-1.	1.	-0.5350	0.0033
8 7	4	1.	-1.	-0.5350	0.0033
9 7	1	-1.	0.	-0.1270	0.0027
10 1	4	0.	-1.	-0.6530	0.0007

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena	Popravek	Definitivna
		viš.razlika	viš.razlike	viš.razlika
1 1	2	-0.1710	0.0055	-0.1655
2 2	1	0.1600	0.0055	0.1655
3 2	3	-0.8850	0.0020	-0.8830
4 3	2	0.8810	0.0020	0.8830
5 3	4	0.3890	0.0000	0.3890
6 4	3	-0.3890	0.0000	-0.3890
7 4	7	0.5350	-0.0007	0.5343
8 7	4	-0.5350	0.0007	-0.5343
9 7	1	0.1270	-0.0018	0.1252
10 1	4	-0.6530	-0.0065	-0.6595

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00015$

Izračunano odstopanje = 541.0 mm ($s = \text{***** km}$).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = \text{***** mm}$

- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = \text{***** mm}$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
2	100.0000	-0.1655	99.8345	0.0025
3	100.0000	-1.0485	98.9515	0.0030
4	100.0000	-0.6595	99.3405	0.0026
7	100.0000	-0.1252	99.8748	0.0024

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Qll	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 1	2	264.7699	0.0025	402.3161	0.6031
2 2	1	264.7699	0.0025	402.3161	0.6031
3 2	3	391.8536	0.0030	940.8344	0.7060
4 3	2	391.8536	0.0030	940.6154	0.7059
5 3	4	203.8242	0.0022	274.5598	0.5739
6 4	3	203.8242	0.0022	274.5598	0.5739
7 4	7	130.5007	0.0017	168.6853	0.5638
8 7	4	130.5007	0.0017	168.6853	0.5638
9 7	1	255.7327	0.0024	121.2483	0.3216
10 1	4	290.0062	0.0026	1057.6178	0.7848

Skupno število nadštevilnosti je 6.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.60000000.

Priloga B4: Opredelitev točk primernih za fotogrametrične namene

a) Severozahodna fasada

101	985.884	991.141	99.846
102	985.886	991.141	100.505
103	985.833	991.107	100.532
104	985.891	991.127	104.772
105	985.903	991.135	104.842
106	985.817	991.102	107.205
107	985.969	991.173	107.442
200	983.471	991.797	107.209
201	983.467	991.833	107.207
202	983.577	991.872	107.447
203	983.530	991.860	104.859
204	983.518	991.785	104.861
205	983.516	991.784	104.786
206	983.536	991.863	104.782
207	980.644	992.618	107.196
208	980.641	992.667	107.206
210	980.797	992.719	107.423
211	980.789	992.777	107.419
212	980.722	992.697	104.870
213	980.726	992.701	104.791
214	975.883	994.086	107.436
215	976.003	993.886	107.206
216	975.931	994.002	104.857
218	975.924	993.996	104.788
219	977.849	993.421	106.656
220	978.771	993.171	106.670
221	981.600	992.335	107.059
222	982.484	992.086	107.063
223	982.658	992.099	105.728
224	982.664	992.102	105.653
225	981.362	992.434	105.731
226	981.360	992.433	105.657
227	981.586	992.317	104.682
228	982.471	992.081	104.680
229	982.545	992.122	103.053
230	982.555	992.128	102.979
231	981.502	992.404	103.040
232	981.493	992.400	102.986
233	981.575	992.326	101.353
234	982.429	992.094	101.350
235	984.938	991.329	101.176
236	984.935	991.328	100.522
237	978.838	993.139	101.396
238	977.789	993.420	103.248
239	979.050	993.159	101.384
240	979.033	993.154	101.298
241	978.902	993.197	103.206
242	977.683	993.501	103.199
243	980.921	992.517	106.782
252	981.573	992.323	100.695
253	982.434	992.093	100.688
254	978.735	993.157	100.812
255	977.832	993.401	100.817
256	977.563	993.550	101.380
257	977.563	993.550	101.297

259	975.919	994.003	99.831
260	975.943	993.976	100.509
266	980.675	992.685	100.515
267	980.608	992.659	100.548
268	980.673	992.695	99.833
269	983.451	991.754	100.547
270	983.447	991.823	100.549
271	983.516	991.850	100.513
272	983.502	991.776	100.510
273	983.527	991.776	99.830
274	983.526	991.849	99.827
276	978.732	993.158	99.993
277	977.832	993.400	99.986
278	975.624	994.470	107.441
607	982.364	988.967	111.939
608	982.985	988.789	111.947



b) Severovzhodna fasada

101	985.884	991.141	99.846
102	985.886	991.141	100.505
103	985.833	991.107	100.532
104	985.891	991.127	104.772
105	985.903	991.135	104.842
106	985.817	991.102	107.205
107	985.969	991.173	107.442
108	985.529	989.746	101.253
109	985.542	989.751	101.326
110	985.167	988.360	101.329
111	985.170	988.357	101.254
113	985.154	988.623	101.352
114	985.167	988.624	103.153
115	985.401	989.508	103.151
116	985.392	989.513	101.352
117	985.683	990.517	103.737
118	985.489	989.840	103.726
119	985.231	988.861	103.728
122	985.180	988.668	106.608
123	985.382	989.448	106.613
124	985.691	990.571	107.091
125	985.500	989.858	107.094
126	985.130	988.431	107.092
127	984.855	987.384	107.093
128	984.633	986.497	107.104
129	984.358	985.485	107.097
136	984.853	987.414	106.607
137	984.626	986.521	106.604
138	984.353	985.506	106.602
139	984.240	985.094	106.602
150	984.116	984.619	107.230
151	984.131	984.531	104.844
153	984.086	984.616	100.535
155	984.113	984.576	99.926
157	984.208	985.075	103.153
158	984.318	985.489	103.152
159	984.213	984.829	101.345
160	984.217	984.830	101.274
161	984.478	985.752	101.349
162	984.474	985.753	101.267
426	983.338	980.149	107.456
428	982.848	980.701	104.813
429	982.848	980.700	104.757
431	982.834	980.706	100.506
432	982.825	980.689	99.893
433	982.938	980.596	107.474
435	982.803	980.772	100.551
501	984.892	987.573	100.604
502	984.880	987.588	103.141
503	985.007	988.041	101.990
504	985.005	988.039	101.444
505	983.639	983.744	103.745
506	983.390	982.872	103.714
507	983.193	982.167	103.756
508	983.003	981.466	103.768
509	982.999	981.473	107.111
510	983.195	982.183	107.113

511	983.398	982.923	107.109
512	983.592	983.622	107.109
513	983.585	983.592	101.402
514	983.579	983.602	100.541

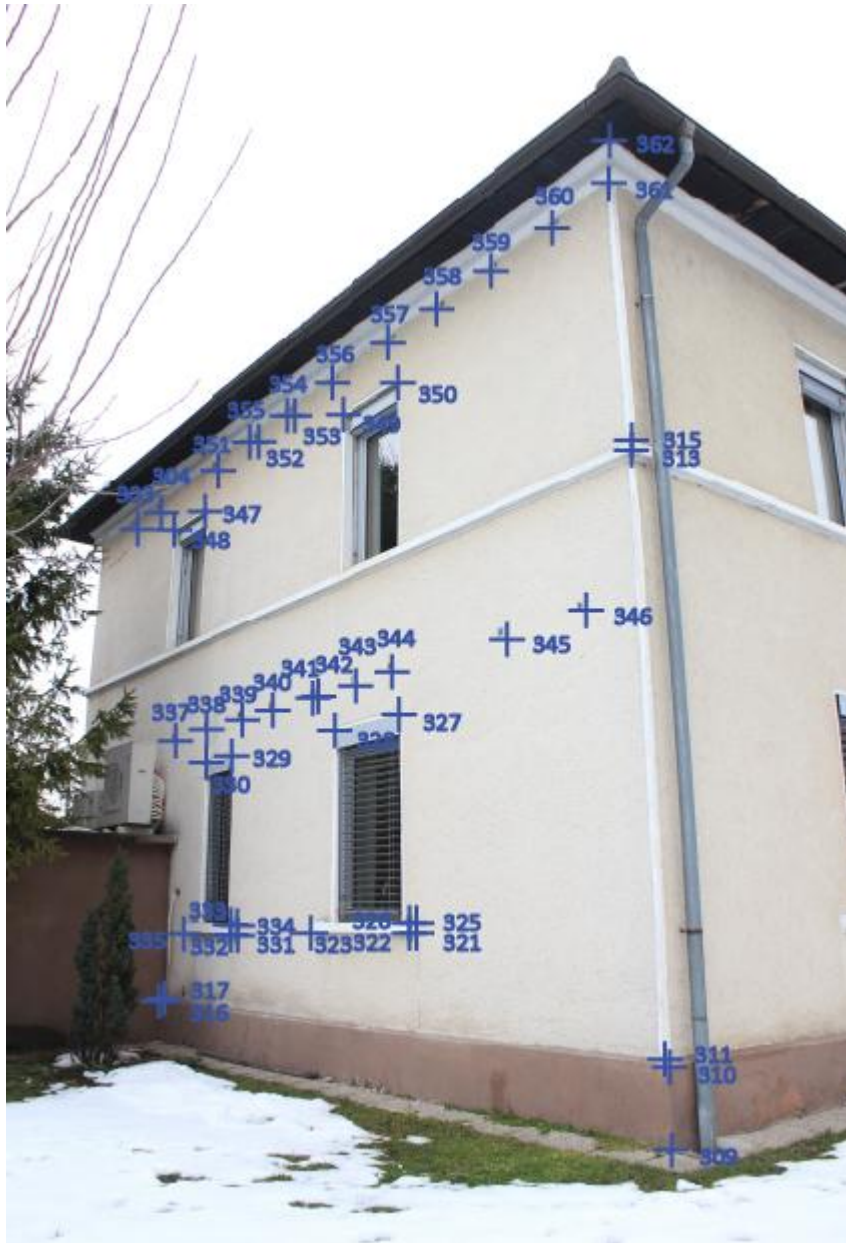




c) Jugoahodna fasada

278	975.624	994.470	107.441
214	975.883	994.086	107.436
215	976.003	993.886	107.206
216	975.931	994.002	104.857
218	975.924	993.996	104.788
300	975.785	993.292	103.690
301	975.545	992.426	103.699
302	975.329	991.645	103.684
303	975.595	992.559	107.126
304	975.349	991.697	107.101
309	973.001	983.334	99.967
310	973.013	983.338	100.479
311	973.071	983.381	100.504
313	972.985	983.327	104.742
315	973.007	983.334	104.829
316	975.006	990.740	100.484
317	975.075	990.710	100.506
321	973.751	985.903	101.324
322	973.684	985.929	101.325
323	974.144	987.483	101.320
325	973.751	985.910	101.415
326	973.689	985.931	101.411
327	973.824	986.152	103.248
328	974.110	987.180	103.255
329	974.666	989.223	103.261
330	974.835	989.846	103.259
331	974.601	988.980	101.299
332	974.543	989.009	101.288
333	974.522	988.985	101.382
334	974.592	988.969	101.389
335	974.875	990.173	101.289
337	975.081	990.778	103.680
338	974.839	989.901	103.696
339	974.609	989.044	103.677
340	974.426	988.373	103.674
341	974.210	987.577	103.658
342	974.184	987.476	103.660
343	974.016	986.856	103.666
344	973.853	986.268	103.670
345	973.449	984.782	103.660
346	973.225	983.930	103.684
347	974.966	990.244	106.610
348	975.219	991.157	106.622
349	974.095	987.116	106.633
350	973.845	986.197	106.624
351	974.888	990.009	107.126
352	974.597	988.959	107.111
353	974.375	988.154	107.130
354	974.397	988.232	107.130
355	974.617	989.034	107.112
356	974.138	987.301	107.110
357	973.859	986.295	107.117
358	973.659	985.545	107.116
359	973.452	984.786	107.124
360	973.249	984.026	107.129
361	973.087	983.386	107.206

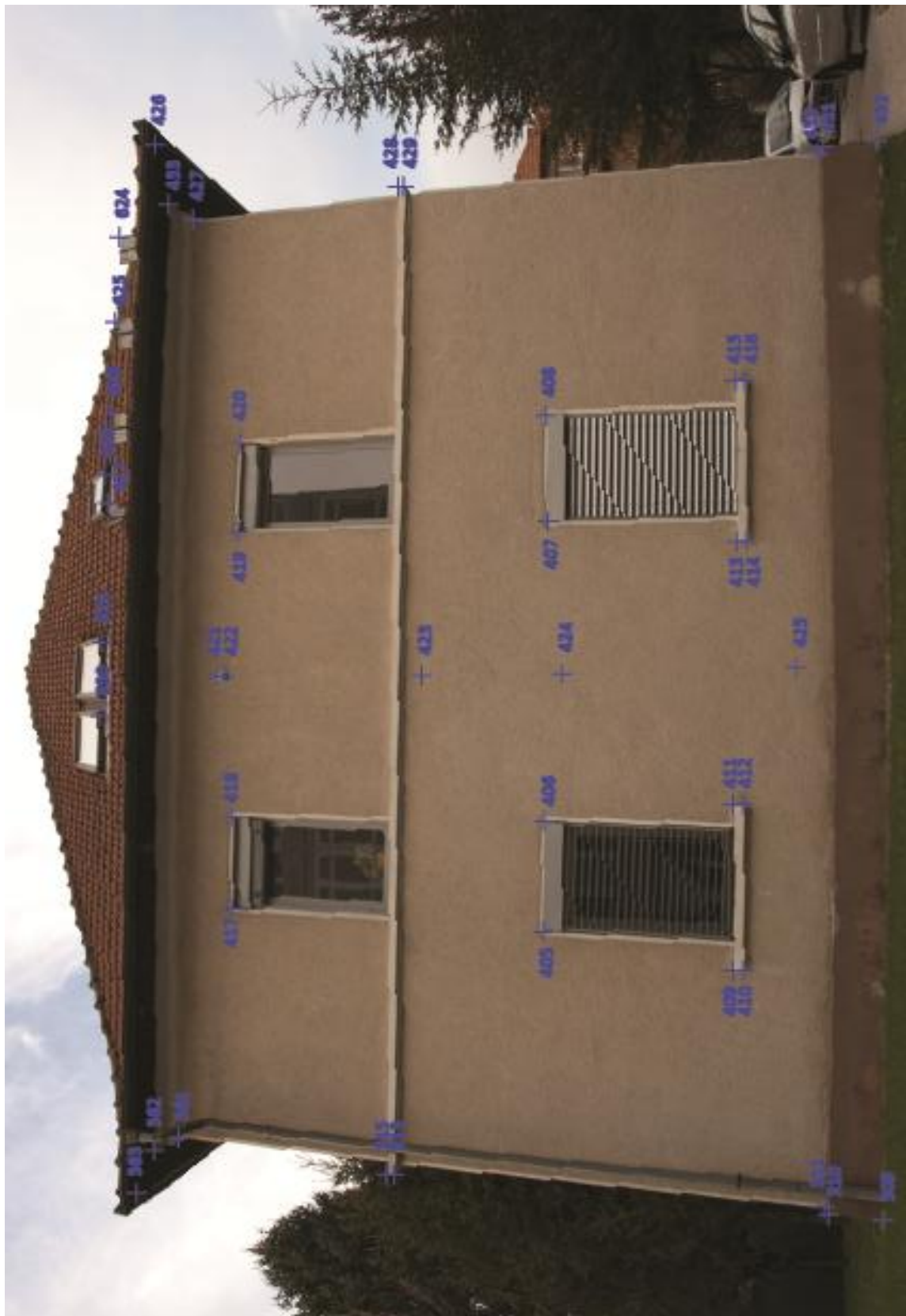
362	972.881	983.260	107.456
363	972.542	983.004	107.423





d) Jugovzhodna fasada

309	973.001	983.334	99.967
310	973.013	983.338	100.479
311	973.071	983.381	100.504
313	972.985	983.327	104.742
315	973.007	983.334	104.829
361	973.087	983.386	107.206
362	972.881	983.260	107.456
363	972.542	983.004	107.423
405	975.480	982.734	103.254
406	976.528	982.455	103.249
407	979.366	981.686	103.230
408	980.395	981.414	103.247
409	975.197	982.733	101.406
410	975.196	982.727	101.315
411	976.708	982.314	101.416
412	976.702	982.311	101.334
413	979.123	981.673	101.385
414	979.122	981.672	101.300
415	980.603	981.288	101.378
416	980.599	981.284	101.294
417	975.527	982.733	106.607
418	976.466	982.475	106.606
419	979.388	981.694	106.589
420	980.322	981.450	106.587
421	977.893	982.052	106.783
422	977.892	982.045	106.699
423	977.934	982.058	104.307
424	977.931	982.071	102.458
425	977.942	982.059	100.679
426	983.338	980.149	107.456
427	982.816	980.782	107.233
428	982.848	980.701	104.813
429	982.848	980.700	104.757
431	982.834	980.706	100.506
432	982.825	980.689	99.893
433	982.938	980.596	107.474
435	982.803	980.772	100.551
624	982.469	980.496	107.939
625	981.526	980.742	107.947
626	980.529	981.001	107.957
627	979.598	981.260	107.944
628	980.575	982.434	108.831
629	978.624	982.963	108.826
630	977.762	983.182	108.831



e) Vhod

130	985.128	988.155	104.843
131	985.124	988.152	104.768
132	985.071	988.225	103.932
133	985.060	988.217	103.829
134	985.028	988.108	103.315
163	985.840	985.405	101.336
164	985.838	985.402	101.267
165	985.786	985.460	99.883
166	985.895	985.869	99.880
168	985.989	986.207	100.286
169	986.202	987.036	100.279
170	986.289	987.364	100.006
171	986.287	987.367	99.870
172	986.758	989.087	99.871
174	986.801	989.082	100.644
175	986.803	989.081	100.718
176	986.747	988.853	100.648
177	986.746	988.858	100.720
178	986.446	987.678	101.337
179	986.446	987.672	101.269
183	986.221	987.067	103.604
184	985.977	986.143	103.604
191	986.470	987.734	104.754
192	986.544	987.780	103.900
193	986.540	987.767	103.803
194	985.861	985.398	104.818
195	985.859	985.399	104.748
196	985.887	985.342	103.893
197	985.882	985.343	103.809
199	984.423	985.835	103.332



f) Lopa

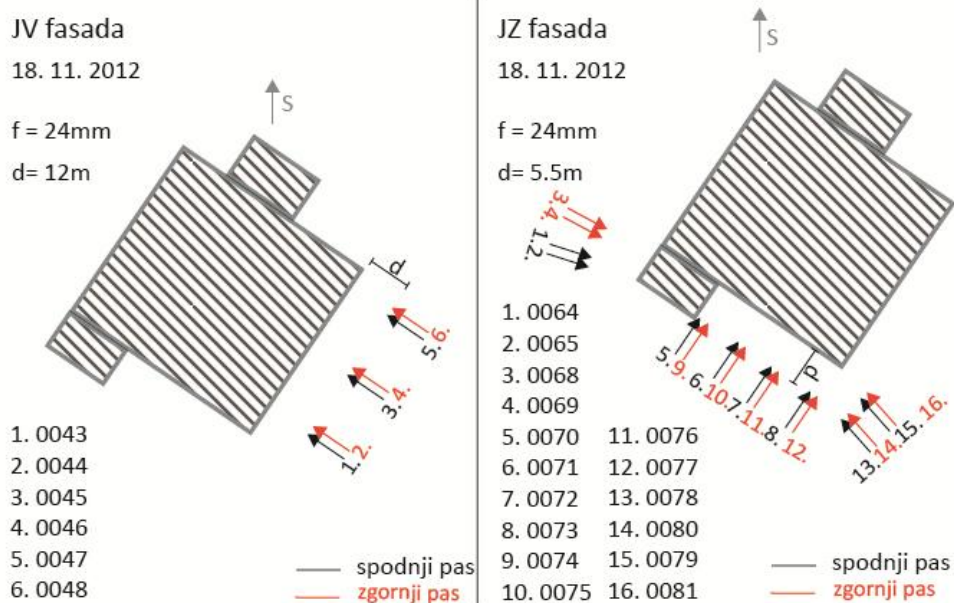
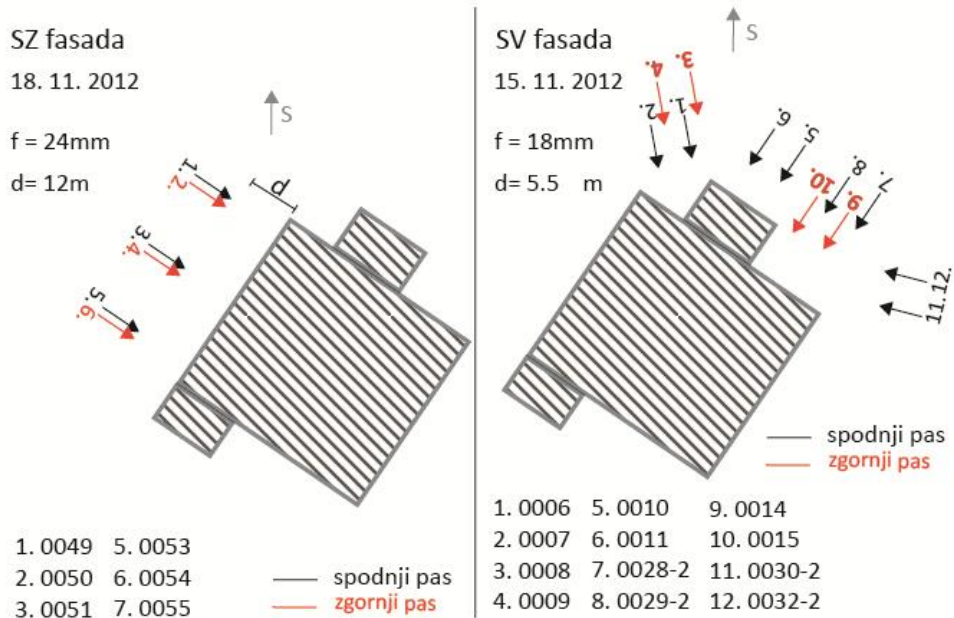
247	973.889	994.380	102.296
248	973.726	994.438	102.305
249	973.722	994.433	102.387
261	975.510	993.991	99.917
262	974.306	994.278	99.895
264	974.285	994.280	101.756
265	975.483	993.994	101.784
307	972.849	991.080	102.318
308	972.846	991.070	102.399
318	975.054	990.724	102.332
319	975.000	990.537	102.357
320	974.998	990.539	102.439



Leva slika: SZ fasada

Desna slika: JZ fasada

Priloga C: Fotogrametrično slikanje

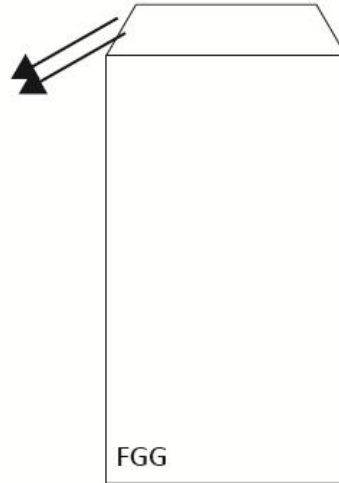
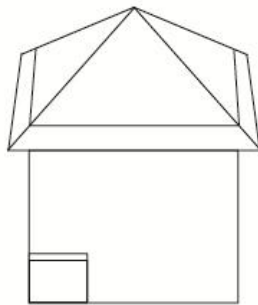


Streha (pogled iz JZ strani)

15. 11. 2012

f = 38mm

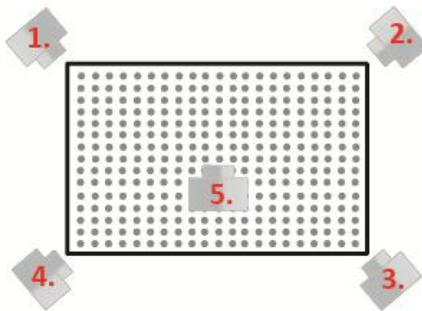
slikano iz strehe FGG



1. 0044

2. 0043

Slikanje testnega polja



SZ, JZ, JV fasada

f= 24mm

1. slikanje	2. slikanje
1. 0038	1. 0082
2. 0039	2. 0083
3. 0040	3. 0084
4. 0041	4. 0085
5. 0042	5. 0086

SV fasada (brez slik z končnicami "-2")

f= 18mm

1. slikanje	2. slikanje
1. 0001	1. 0018
2. 0002	2. 0019
3. 0003	3. 0020
4. 0004	4. 0021
5. 0005	5. 0022

SV fasada (slike z končnicami "-2")

f= 18mm

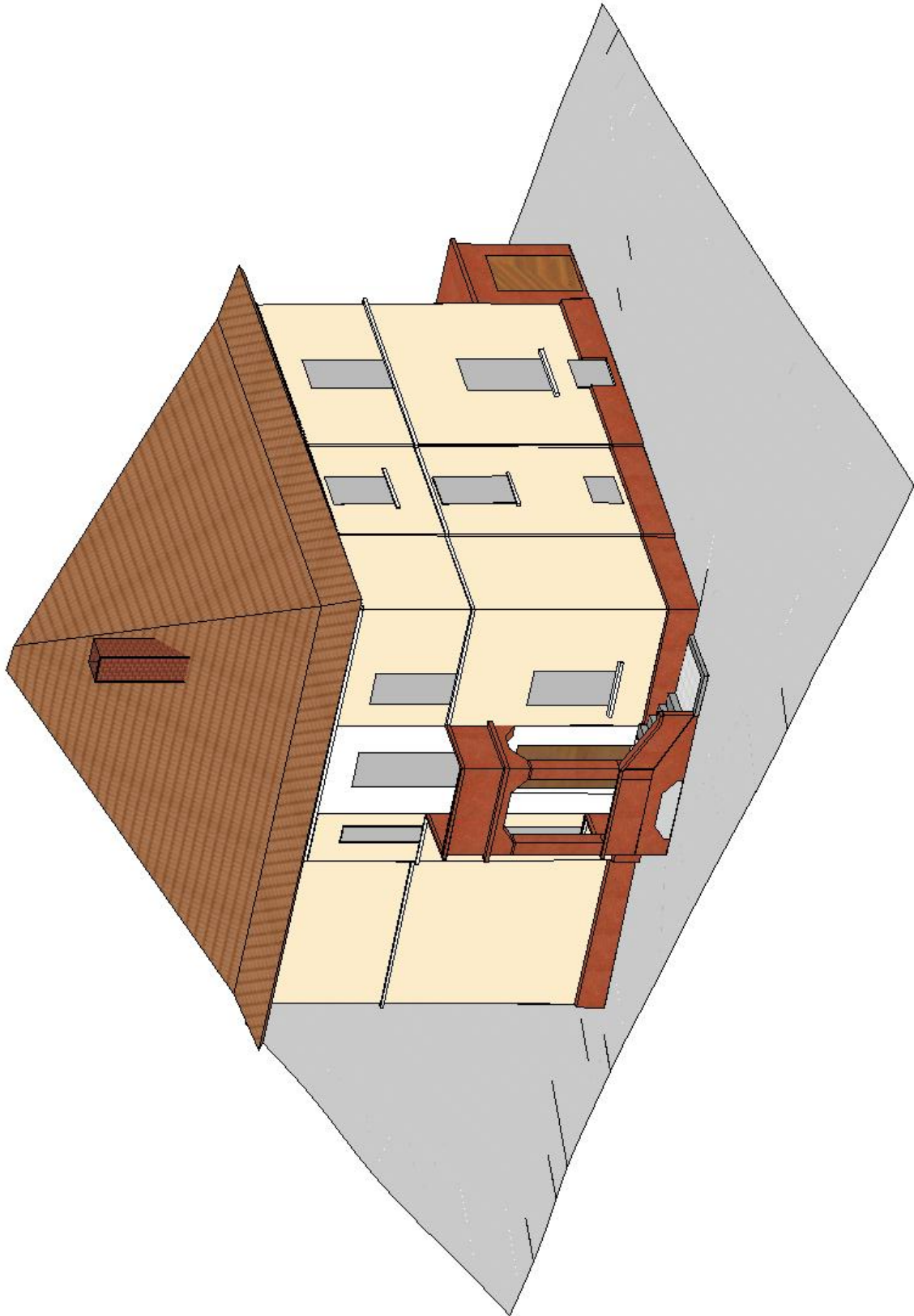
1. slikanje	2. slikanje
1. 0033-2	1. 0023-2
2. 0034-2	2. 0024-2
3. 0035-2	3. 0025-2
4. 0036-2	4. 0026-2
5. 0037-2	5. 0027-2

streha

f= 38mm

1. slikanje	2. slikanje
1. 0038_s	1. 0045_s
2. 0039_s	2. 0046_s
3. 0040_s	3. 0047_s
4. 0041_s	4. 0048_s
5. 0042_s	5. 0049_s

Priloga D1: 3D model na osnovi geodetskih meritev



Priloga D2: Pogledi na vse štiri strani 3D modela na osnovi geodetskih meritev: (a) JV fasada, (b) JZ fasada, (c) SZ fasada in (d) SV fasada

