

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij geodezije,  
Geodezija

Kandidatka:

**Maja Debelak**

**Izdelava 3D modela fasade z uporabo  
videotahimetra Topcon GPT-7003i in Topcon-  
ove programske opreme**

**Diplomska naloga št.: 835**

**Mentor:**

doc. dr. Simona Savšek

**Somentor:**

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Ljubljana, 2010

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **MAJA DEBELAK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom  
**»IZDELAVA 3D MODELA FASADE Z UPORABO VIDEOTAHIMETRA TOPCON  
GPT-7003i IN TOPCON-OVE PROGRAMSKE OPREME«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,  
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Noben del tega zaključnega dela ni bil uporabljen za pridobitev strokovnega naziva ali druge  
strokovne kvalifikacije na tej ali na drugi univerzi ali izobraževalni instituciji.

Ljubljana, 1. 6. 2010

## **IZJAVE O PREGLEDU NALOGE**

Nalogo so si ogledali učitelji geodetske smeri:

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 004.42:528.53:528.7(043.2)
- Avtor:** Maja Debelak
- Mentor:** Doc. Dr. Simona Savšek
- Somentor:** Doc. Dr. Mojca Kosmatin Fras
- Naslov:** Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i in Topcon-ove programske opreme
- Obseg in oprema:** 80 str., 10 preg., 46 sl., 26 en., 4 pril.
- Ključne besede:** 3D model, polarna metoda izmere, standardne deviacije točk, kalibracija fotoaparata, blokovna izravnava, slikovna korelacija, Topcon

### **Izvleček:**

Diploma vsebuje praktični prikaz izdelave 3D modela objekta od zajema podatkov, do realizacije. Posebnost naloge je v uporabi videotahimetra Topcon GPT-7003i ter uporabljene Topcon-ove programske opreme (TopSURV, Topcon Link, PI-Calib, PI-3000). Namen naloge je bil pridobiti vse podatke za izdelavo 3D modela izključno z uporabo videotahimetra GPT-7003i. Zaradi ugotovitve, da senzor inštrumenta ne zagotavlja dovolj kakovostnih podob, so bile podobe posnete s fotoaparatom Nikon D70.

Meritve z inštrumentom se izvajajo v programskem okolju TopSURV, ki je naložen na notranjem pomnilniku videotahimetra. Program poda koordinate novih točk in meritve, ki jih prenesemo v program Topcon Link na osebem računalniku. V tem programu je možno meritve popravljati, jih izravnati in jih izvoziti v druge formate. Pi-Calib je zelo preprost program za izvedbo kalibracije - notranje orientacije fotoaparata. Izdelava 3D modela je potekala v programu PI-3000. Po uvozu podatkov (oslonilnih in kontrolnih točk ter podob) se najprej izvede zunanja orientacija stereoparov. Nato je potrebno izmeriti globino točk in s poligoni določiti meje, kjer se na modelu spremeni globina. Sledi izdelava TIN mreže in teksture modela. Končni izdelek je ploskovni 3D model fasade, ocena uporabnosti uporabljenega videotahimetra ter programske opreme in izdelava napotkov za uporabo te opreme.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 004.42:528.53:528.7(043.2)  
**Author:** Maja Debelak  
**Supervisor:** assist. prof. dr. Simona Savšek  
**Coupervisor:** assist. prof. dr. Mojca Kosmatin Fras  
**Title:** Creation of a 3D-model wall front using a videotacheometer Topcon GPT-7003i and software produced by Topcon  
**Notes:** 80 p., 10 tab., 46 fig., 26 eq., 4 ann.  
**Key words:** 3D model, polar measurement method, standard deviation of points, camera calibration, bundle adjustment, image correlation, Topcon

### **Abstract:**

This diploma thesis contains a practical review of the creation of a 3D-model wall front, from preparing data to its realization. The main feature of this task is the use of a videotacheometer Topcon GPT-7003i and software produced by Topcon (TopSURV, Topcon Link, PI-Calib, PI-3000). The main purpose was to collect all necessary data in order to create a 3D model, exclusively using the videotacheometer GPT-7003i. It came to the acknowledgement that the sensor of the instrument does not assure enough quality images, so Nikon D70 camera was used instead.

The measurements with this instrument are made in the TopSURV software program, which is loaded on the videotacheometer's internal disk. This program provides coordinates and measurements, which can be exported to the Topcon Link software on the personal computer. Topcon Link allows corrections and adjustments and exports those measurements to other formats. Pi-Calib is a simple software for implementing camera calibration - interior orientation of the camera. The creation of the 3D model is carried out in the PI-3000 software. After importing the data (control points, check points and images) in this software, the first task is to conduct the exterior orientation of the stereopairs. Then the depth of the points needs to be measured and the borders on the places where the depth of the model has changed have to be determined with polygons. The next task is to create a TIN and texture of the model. The final product is a 3D model of the wall front, the evaluation of the practicability of the software used and the instructions for using this software.

## ZAHVALA

*“Spodbude prihajajo od zunaj, spoznanja od znotraj, a le, ko oboje sovpade, dobimo razvoj.”  
(Seneka)*

Velika zahvala gre mentorici Simoni Savšek in somentorici Mojci Kosmatin Fras za spodbude, strokovno pomoč in korekten odnos ob spoznanjih, ki so se porajala tekom izdelave naloge. Zahvaljujem se tudi asistentoma Dejanu Grigillu in Oskarju Sterletu za tehnično podporo.

*“Roža potrebuje sonce, da postane roža. Človek potrebuje ljubezen, da postane človek.” (Phil Bosmans)*

Hvala tebi mama, da si me vse skozi bodrila in mi stala ob strani. Brez tebe tudi te diplome ne bi bilo. Ob enem ti želim veliko uspehov ob izdelavi tvoje diplomske naloge.

*“Najboljši prijatelj je tisti, s katerim lahko sediš na verandi, ne zineš besedice, in odideš z občutkom, da je to bil najboljši pogovor, kar si ga kdajkoli imel.” (Neznan avtor)*

Hvala vam za vso podporo tekom študija. Z vami je bila to najlepša dogodivščina.

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---



## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VIDEOTAHIMETER GPT-7003i IN OPREMA .....</b>	<b>3</b>
2.1	Specifikacija inštrumenta .....	4
2.2	Merjenje dolžin brez uporabe reflektorja .....	7
2.3	Lastnosti kamere.....	7
2.3.1	CMOS senzor .....	8
2.4	Prenos podatkov .....	9
2.5	Program Topcon Link.....	10
<b>3</b>	<b>FOTOAPARAT NIKON D70.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>PROGRAM ZA IZDELAVO 3D MODELOV PI-3000.....</b>	<b>13</b>
4.1	3D model .....	14
4.2	Delovanje programa PI-3000.....	15
4.2.1	Blokovna izravnava .....	15
4.2.2	Avtomatske meritve veznih točk .....	15
4.2.2.1	Obravnavane točke pri zajemu objekta .....	16
4.2.2.2	Korelacija oziroma slikovno ujemanje.....	17
4.2.3	Delovanje programa .....	19
4.3	Izvedba kalibracije s programom PI-Calib.....	20
4.4	Merska natančnost v programu PI-3000.....	22
<b>5</b>	<b>IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA NA PRIMERU DELA RIMSKEGA ZIDU – JUŽNA FASADA PLEČNIKOVE PIRAMIDE .....</b>	<b>23</b>
5.1	Objekt obravnave.....	23
5.2	Zajem podatkov .....	24
5.2.1	Vzpostavitev lokalnega koordinatnega sistema.....	24
5.2.2	Metoda določitve koordinat nove točke 1002 in ostalih točk.....	25
5.2.2.1	Nova točka 1002.....	25

5.2.2.2	Oslonilne, vezne in kontrolne točke .....	26
5.2.3	Zajem podob .....	28
5.2.3.1	Zajem podob z videotahimetrom GPT-7003i .....	28
5.2.3.2	Zajem podatkov s fotoaparatom Nikon D70 .....	29
5.3	Izvedba kalibracije s programom PI-Calib .....	30
5.4	Pregled podatkov v programu Topcon Link .....	34
5.4.1	Iskana točka 1002.....	38
5.4.1.1	Izračun koordinat nove točke 1002.....	39
5.4.1.2	Določitev natančnosti koordinat točke 1002 .....	40
5.4.1.3	Rezultati.....	42
5.4.2	Oslonilne in kontrolne točke na objektu .....	43
5.4.2.1	Določitev natančnosti koordinat oslonilnih točk .....	43
5.5	Obdelava podatkov v programu PI-3000 .....	47
5.5.1	Vnos podatkov .....	47
5.5.2	Izvedba zunanje orientacije.....	51
5.5.2.1	Izračun in kontrola zunanje orientacije.....	54
5.5.3	3D meritve podob.....	57
5.5.3.1	3D meritve točk .....	59
5.5.3.2	Vris poligonov .....	60
5.5.3.3	Določitev območja objekta .....	61
5.5.3.4	Komentar .....	62
5.5.4	Izdelava površja in avtomatske meritve površja .....	63
5.5.4.1	Izdelava TIN mreže in teksture.....	64
5.5.4.2	Avtomatske meritve površja .....	67
5.5.4.3	Izdelava teksture površja .....	68
5.5.5	Pregled modela v 3D okolju.....	68
5.5.6	Preverjanje koordinat kontrolnih točk in merila 3D modela.....	73
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>77</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>XV</b>
	<b>PRILOGE.....</b>	<b>XVII</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Rezultati kalibracije.....	34
Preglednica 2:	Koordinate točke 1002, TopSURV .....	38
Preglednica 3:	Reducirane smeri in sredina girusov opazovanj horizontalne smeri izračunana v Trigonometričnem obrazcu 1Hz.....	38
Preglednica 4:	Zenitne razdalje za posamezni girus in sredina zenitnih razdalj izračunana v Trigonometričnem obrazcu 1V .....	39
Preglednica 5:	Aritmetične sredine poševnih dolžin posameznih girusov in aritmetična sredina dolžin .....	39
Preglednica 6:	Izračunane koordinate točke 1002 po polarni metodi .....	42
Preglednica 7:	Natančnost koordinat točke 1002 in skupna natančnost .....	42
Preglednica 8:	Natančnost oslonilnih točk .....	46
Preglednica 9:	Razlike kontrolnih točk in srednje odstopanje razlik .....	74
Preglednica 10:	Razlika dolžin in srednje odstopanje dolžin.....	75

## KAZALO PREGLEDNIC PRIVZETIH VIROV

Preglednica (1):	Specifikacije videotahimetra GPT-7003i (Topcon, 2009).....	4
Preglednica (2):	Specifikacije fotoaparata Nikon D70 (Nikonov vodič v digitalno fotografijo D70, 2004, str. 201-204).....	11

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Topcon GPT-7003i.....	3
Slika 2:	Zaslon s tipkovnico .....	6
Slika 3:	Okno programa TopconLink .....	10
Slika 4:	Primer tarče .....	15
Slika 5:	Plečnikova piramida .....	23
Slika 6:	Prikaz stojišč in koordinatnega sistema.....	24
Slika 7:	Prikaz postavitve oslonilnih točk in niza posnetkov .....	26
Slika 8:	Prikaz oslonilnih, kontrolnih in veznih točk na objektu ter prikaz stereoparov .....	27
Slika 9:	Ločljivost tarče posnete z videotahimetrom in tarče posnete s fotoaparatom.....	28
Slika 10:	Primeri podob.....	30
Slika 11:	Izbira formata testnega polja.....	30
Slika 12:	Nastavitev goriščne razdalje .....	31
Slika 13:	Začetek meritev točk testnega polja.....	32
Slika 14:	Pregled rezultatov kalibracije v programu .....	33
Slika 15:	Primer prvega sloja preglednice <i>Points</i> .....	34
Slika 16:	Primer drugega sloja preglednice <i>TS Obs</i> .....	35
Slika 17:	Grafični prikaz posnetka .....	35
Slika 18:	Nastavitve metode izračuna .....	36
Slika 19:	Ostale nastavitve .....	37
Slika 20:	Polarna metoda izmere.....	40
Slika 21:	Nastavitev novega projekta v programu PI-3000 .....	48
Slika 22:	Vnos koordinat točk v program PI-3000.....	49
Slika 23:	Vnos slik v program PI-3000.....	50
Slika 24:	Glavno delovno okno s podatki .....	50
Slika 25:	Nastavitve orientacije.....	52
Slika 26:	Pogled na okna za izvedbo orientacije.....	53
Slika 27:	Točka pred in po izmeri .....	54
Slika 28:	Rezultati zunanje orientacije – rezultati obdelave stereoparov in vertikalne paralakse.....	55
Slika 29:	Rezultati zunanje orientacije – slikovne koordinate in prostorska ločljivost.....	55

Slika 30:	Rezultati zunanje orientacije – pozicije kamere in izračunane koordinate .....	56
Slika 31:	Stereo prikaz in nastavitve.....	57
Slika 32:	Prikaz meritev točk.....	59
Slika 33:	Prikaz merjenja poligonov.....	60
Slika 34:	Nastavitve spajanja.....	61
Slika 35:	Poligon okoli objekta – rumena linija.....	62
Slika 36:	Nastavitve površja .....	64
Slika 37:	TIN mreža – levo pravilna, desno nepravilna.....	65
Slika 38:	3D model – zgoraj pravilna TIN, spodaj nepravilna TIN.....	66
Slika 39:	3D model – pravilna TIN mreža in nanesena tekstura .....	66
Slika 40:	Nastavitve avtomatskih meritev površja .....	67
Slika 41:	Prikazani objekti na 3D modelu .....	69
Slika 42:	3D model – žični prikaz.....	70
Slika 43:	3D model – žični prikaz - detajl .....	71
Slika 44:	3D model .....	72
Slika 45:	3D model - detajl .....	72
Slika 46:	Določitev dolžine na 3D modelu .....	73

## **KAZALO SLIK PRIVZETIH VIROV**

Slika (1):	Nikon D70 (Koetsier, 2010) .....	11
Slika (2):	Združitev bloka posnetkov (Operation Manual PI-3000, 2007, str.14).....	17
Slika (3):	Testno polje (Operation Manual PI-Calib, 2007, str.6).....	20
Slika (4):	Primeri snemanja testnega polja (Operation Manual PI-Calib, 2007, str.4).....	21

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---

## 1 UVOD

V diplomski nalogi smo izdelali 3D model dela prednje fasade Plečnikove piramide, ki predstavlja del ostanka Rimskega obzidja v Ljubljani. Naloga je sestavljena iz dveh delov. Prvi del zajema pripravo na izvedbo meritev in meritve objekta, v drugem delu sledi iz pridobljenih podatkov izdelan 3D model fasade objekta. Ciljev naloge je več, naloga je praktičnega značaja.

Posebnost naloge je v uporabi tehnološko naprednega videotahimetra Topcon GPT-7003i z vgrajeno digitalno kamero, zmogljivim programskim orodjem TopSURV in operacijskim sistemom Windows, naloženim na inštrumentu, z vgrajenim digitalnim grafičnim zaslonom občutljivim na dotik. V nalogi predstavljamo značilnosti in zmogljivosti videotahimetra Topcon GPT-7003i v praksi. Preverili smo merska in računska ozadja programa TopSURV v primeru več neodvisnih meritev ter način podajanja rezultatov.

Topcon Link je program za prenos in obdelavo podatkov pridobljenih z videotahimetrom Topcon GPT-7003i. Zanima nas obdelava merjenih podatkov v tem programu.

Za izdelavo 3D modela na osnovi pridobljenih podatkov smo uporabili program PI-3000, ki je prav tako Topcon-ov produkt. Program PI-3000 je namenjen izdelavi 3D objektov izključno na osnovi stereo posnetkov. V nalogi namenjamo poseben poudarek postopku izdelave modela v tem programu.

Predvideno je bilo, da bi za pridobitev vseh podatkov uporabili izključno videotahimeter GPT-7003i. Tako bi z videotahimetrom določili lokalni koordinatni sistem ob objektu ter iz stojišč po polarni metodi izmere določili koordinate oslonilnih točk na objektu in izdelali blok stereo podob. Po poskusnem zajemu podatkov smo ugotovili, da senzor v inštrumentu ne omogoča dovolj kakovostnih podob, zato smo se odločili uporabiti drugo kamero oziroma digitalni fotoaparati Nikon D70.

Za potrebe izdelave 3D modela je bilo potrebno kamero kalibrirati, kar smo izvedli s programom PI-Calib, ki je dodan programu PI-3000.

Glavni cilj naloge je izdelava 3D modela fasade Plečnikove piramide, ki bi v največji možni meri odražal dejansko stanje na terenu. Ocenili smo uporabnost videotahimetra glede na zastavljen cilj te naloge. Proučili smo uporabnost priročnikov, ki so dodani programski opremi ter splošno ocenili programe s katerimi smo izvedli posamezne faze.

V drugem, tretjem in četrtem poglavju diplomske naloge so predstavljene teoretične osnove izdelave naloge. Drugo poglavje podaja opis in tehnične lastnosti videotahimetra Topcon GPT-7003i in opreme. V tretjem poglavju je opis fotoaparata Nikon D70. Četrto poglavje zajema delovanje programa za izdelavo 3D modela PI-3000 in programa za izvedbo kalibracije PI-Calib. V petem poglavju je opis praktične izvedbe diplomske naloge, od zajema podatkov, metode zajema, določitve natančnosti podatkov, izvedbe kalibracije in izdelave 3D modela. V zaključku je podan kratek povzetek praktičnega dela s komentarji na uporabljeno mersko in programsko opremo ter priročnike.



## 2 VIDEOTAHIMETER GPT-7003i IN OPREMA

»Ujeti realnost z novo revolucionarno tehnologijo«, se glasi moto enega večjih proizvajalcev geodetskih inštrumentov, podjetja Topcon. S tem motom so na trg pospremili serijo Topcon-ovih videotahimetrov GPT-7000i. Izdelali so štiri inštrumente te serije: GPT-7001i, GPT-7002i, GPT-7003i in GPT-7005i. Število pred črko »i« predstavlja kotno natančnost inštrumenta.



Slika 1: Topcon GPT-7003i

Glavne lastnosti inštrumenta so:

- vgrajena digitalna širokokotna kamera in kamera v daljnogledu,
- terenskim podobam so dodani terenski podatki – topologija točk, linij, ipd.,
- grafični zaslon, ki podpira našo dejavnost,
- natančno merjenje dolgih dolžin brez uporabe reflektorjev,
- podprt je z vsestranskim programom TopSURV, ki se nahaja na inštrumentu.

## 2.1 Specifikacija inštrumenta

Serijski videotahimetri Topcon GPT-7000i je bila izdelana za uporabo na terenu in elektronski zajem merjenih podatkov. Osnovne funkcije GPT-7003i so zajem terenskih podatkov, zakoličevanje točk in reševanje geodetskih nalog.

Preglednica (1): Specifikacije videotahimetra GPT-7003i (Topcon, 2009)

<b>TOPCON GPT-7003i</b>		
<b>Teleskop</b>	Dolžina	150 mm
	Premer objektiva leče	45 mm (EDM 50 mm)
	Povečava	30×
	Vidno polje	1°30'
	Najmanjša fokusna razdalja	2.0 m
<b>Merjenje razdalj</b>	Razpon velikosti dolžin merjenih brez reflektorja ob slabi svetlobi in ne obsijanosti tarče	1.5 m – 250 m
	Merjenje z reflektorjem	3000 m
<b>Natančnost merjenja razdalj</b>	Brez reflektorja (od 1.5 m naprej)	±5 mm
	Z reflektorjem do 25m od 25m naprej	± (3 mm+2 ppm×D*) ± (2 mm+2 ppm×D*)
<b>Merjenje kotov</b>	Horizontalno	Obojestransko
	Vertikalno	Obojestransko
	Ločljivost	1"/5"
	Natančnost	3"
	Premer kroga	71 mm

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

<b>Računalniška enota</b>	Operacijski sistem	Microsoft® Windows® CE.NET 4.2
	Procesor	Intel XPA255 400MHz
	Spomin RAM ROM	128MB (SDRAM) 2MB (FlashROM) + 256MB (Flash Memory)
	Zaslon	320 × 240 (QVGA) pik Graphic LCD TFT barvni na obeh straneh inštrumenta
	Spominska kartica	CompactFlash™ Card (Tip I/II)
<b>Digitalna kamera</b>	Območje pogleda	Vidno polje širokokotne kamere: 28° (f = 8 mm F2.5) Vidno polje kamere v daljnogledu: Približno 1° (f = 248.46 mm)
	Senzor	CMOS
	Velikost piksla	VGA (Wide/Finder View) maks. velikost prikaza je QVGA
<b>Vmesnik</b>	Serijski I/F vhod	RS-232C (6 pin) USB (Tip Mini-B) za ActiveSync®
<b>Grezenje</b>	Optično grezilo Povečava	3x
	Velikost fokusiranja	Od 0.5m do neskončnosti

Videotahimetru sta dodana dva programa, s katerima je omogočeno merjenje in reševanje geodetskih nalog. To sta programa TopSURV in Standard measurement mode, ki sta nameščena na operacijskem sistemu Windows, na notranjem pomnilniku videotahimetra. V obeh programih je mogoče nastaviti nastavitve merjenja, kot so nastavitve atmosferske korekcije, nastavitve konstante reflektorja...

V tej nalogi je bil uporabljen program TopSURV. Program je zelo razumljiv, omogoča lažje in predvsem hitrejše meritve, vsebuje pomembne funkcije za izračune, ki se lahko izvedejo že na terenu in je uporabniško prijazen. Več o omenjenem programu je napisano v diplomski nalogi »Možnosti uporabe geodetskega tahimetra GPT-7003i v praksi« (Kordež, 2009).

Inštrument je primeren tudi za začetnike, ki nimajo veliko stika s terenom, saj program po logičnih korakih pove, kaj mora uporabnik storiti ali dodati, da pride do želenega rezultata.



Slika 2: Zaslonski zaslon s tipkovnico

Inštrument ima digitalni zaslon občutljiv na dotik. Nekateri ukazi se izvedejo s pritiski na ekran, lahko pa tudi preko dodane tipkovnice. Zaslon je zelo pomemben del tega inštrumenta, saj grafično prikazuje vse, kar se posname na terenu. Prikazuje točke, povezave med točkami, linije, krivulje... Najbolj pomembno je, da se lahko poleg grafičnega prikaza merjenih elementov spremlja tudi dejanska slika terena, ki jo inštrument posname s kamero. Skico terenskih meritev se vodi na inštrumentu in ne potrebujemo dodatnega papirja in svinčnika, kakor pri običajnem elektronskem tahimetru. Vidi se tudi povečano sliko točke, ki jo inštrument posname. Točke se meri z viziranjem skozi okular videotahimetra ali s povečano sliko točke na ekranu videotahimetra.

Več o zajemu in delovanju videotahimetra je napisano v diplomski nalogi »Testiranje delovanja in uporabnost videosistema tahimetra GPT-7003i« (Kralj, 2009).

## 2.2 Merjenje dolžin brez uporabe reflektorja

Pogosto se zgodi, da se, zaradi nedostopnosti terena, ne da meriti dolžin z uporabo reflektorja. Pri sodobnih elektronskih tahimetrih to ne predstavlja problema, saj večinoma že vsi omogočajo merjenje dolžin brez uporabe reflektorja. To omogoča tudi videotahimeter GPT-7003i.

Poleg podob objekta potrebujemo za izdelavo 3D modela še oslonilne točke na obravnavanem objektu. Z njimi se zagotovi zunanja orientacija posnetka. Oslonilne točke se locira na obravnavanem objektu. Če je možno, jih signaliziramo z reflektorji. Tako se lahko meri na daljše razdalje, natančneje se izmeri dolžine do oslonilnih točk, posledično so bolj točne tudi koordinate oslonilnih točk. Metoda merjenja dolžin brez uporabe reflektorjev se uporabi, če na oslonilne točke pritrdimo posebne tarče ali, če se točk ne da signalizirati. Tarče naj bi bile iz gladkega belega materiala, da je odbojnost žarka čim večja.

V splošnem se z metodo merjenja dolžin brez uporabe reflektorjev ne da meriti pretirano dolgih dolžin. Inštrumentu GPT-7003i je dodan impulzni razdaljemer, ki omogoča izmero dolžin brez reflektorjev do 250 m, v slabih pogojih. Te dolžine so, ob neupoštevanju geometričnih redukcij dolžin, izmerjene z desetkrat slabšo natančnostjo od dolžin izmerjenih z uporabo reflektorjev. Doseg in natančnost sta odvisni predvsem od vrste in barve podlage ter vpadnega kota žarka od odbojne površine. Dolžino je mogoče izmeriti, če je jakost odbitega žarka od površine, ki se vrne v sprejemnik, vsaj minimalna. (Kogoj, 2002)

## 2.3 Lastnosti kamere

GPT-7003i ima vgrajeni dve digitalni kameri, ki omogočata snemanje:

- s širokokotnim 28° objektivom, velikosti VGA (640x480 pik) in
- s tridesetkratno povečavo kamere v daljnogledu z 1° objektivom, velikosti QVGA (320x240 pik).

Kameri, vgrajeni v inštrumentu, sestavlja CMOS senzor.

V digitalnih kamerah se podoba beleži na svetlobno občutljivih tipalih – senzorjih, ki zaznajo količino vpadle svetlobe. Svetlobno tipalo je polprevodniški mikročip, sestavljen iz svetlobno občutljivih fotodiod, ki svetlobo pretvorijo v električni naboj. V splošnem se uporabljata dve osnovni tehnologiji senzorjev: CCD (angl. Charge Coupled Device) in CMOS (angl. Complementary Metal-Oxide Semiconductor). Tipala se razlikujejo po načinu izdelave, delovanju, kakovosti, ločljivosti...

### **2.3.1 CMOS senzor**

V senzorju CMOS ima vsak piksel svoj nabojno napetostni pretvornik in izhodni ojačevalnik. Vsak element posebej je sestavljen iz fotodiode, vezja, napetostnega pretvornika in ojačevalca. Naboj vsake fotodiode se posebej pretvori v napetost in ojača že v vezju. Signal ne potrebuje zunanjega ojačevalca, obdela ga analogno digitalni pretvornik in ga shrani v pomnilnik. Na ta način je povečana hitrost delovanja senzorja. Senzor sestavlja vodoravna in navpična mreža vodil. Vodoravna vodila krmilijo in odčitavajo signale, navpična vodila pa so povezana z elektronikom za kodiranje in odčitavanje. Takšna sestava senzorja omogoča branje vsakega posameznega piksla. Imajo pa značilno slabost, in sicer pojav šuma v sliki. CMOS senzorji so zaradi svoje sestave cenejši in porabijo manj energije, sestavlja jih namreč en sam čip, v katerem so združene vse funkcije digitalnega fotoaparata. (Grigillo, 2003)

Več o senzorjih in merjenju dolžin brez uporabe reflektorjev je napisano v diplomski nalogi »Testiranje delovanja in uporabnost videosistema tahimetra GPT-7003i« (Kralj, 2009).

## 2.4 Prenos podatkov

Program TopSURV ob definiranju nove naloge naredi v točno določeni mapi (My Computer\Internaldisk\TopSURV\Jobs), na notranjem pomnilniku inštrumenta, mapo in datoteko *TLSV*, obe z enakim imenom kot ga ima naloga. V mapo se shranijo podobe točk, v datoteko *TLSV* pa se shranijo vse meritve, ki se opravijo v času izvedbe naloge. Datoteka *TLSV* je delovna datoteka inštrumenta.

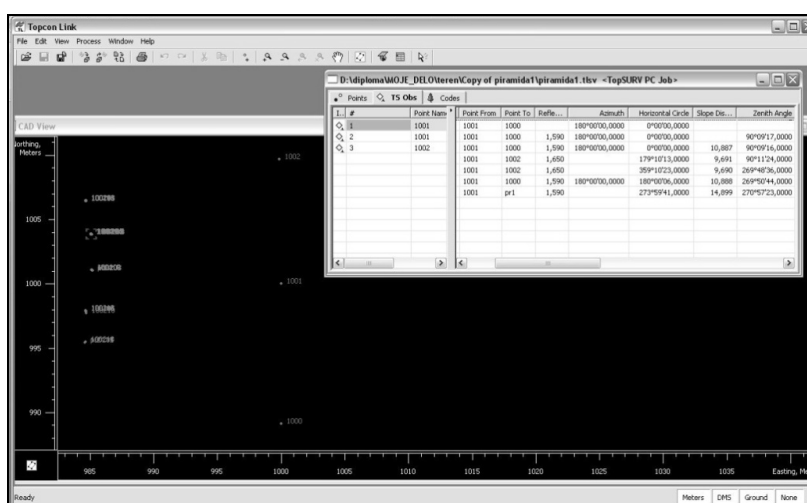
Podatki, meritve in podobe točk, se torej avtomatsko shranijo v določeni mapi na notranjem pomnilniku inštrumenta. Če želimo točke ali meritve izvoziti v določenem formatu, jih lahko izvozimo direktno iz programa TopSURV, iz delovišča, v katerem smo opravili meritve. V primeru izvoza podatkov sami nastavimo mapo na notranjem pomnilniku, v katero naj se ti podatki shranijo.

Najlažji način za prenos podatkov na osebni računalnik je preko programa ActiveSync, ki se ga predhodno naloži na osebni računalnik. Ta program je na zgoščenki, ki je dodana inštrumentu. Program omogoča sinhronizacijo med zunanjo enoto in osebnim računalnikom v primeru, če ima zunanja enota naloženo katerokoli verzijo operacijskega sistema Windows. Zunanja enota je v tem primeru videotahimeter. Sinhronizacija poteka preko mape My Documents, ki je na zunanji enoti. Mapa My Documents iz notranjega pomnilnika inštrumenta se ustvari na namizju osebnega računalnika, in vsi podatki, ki jih vsebuje inštrument v tej mapi, se prenesejo v mapo na namizju. To pomeni, da je potrebno pred prenosom podatkov iz inštrumenta, vse podatke shraniti v mapo My Documents. Videotahimeter se poveže z osebnim računalnikom preko USB priključka, ki je dodan inštrumentu.

Datoteko *TLSV* je mogoče odpreti v programu TopconLink, ki je prav tako priložen inštrumentu.

## 2.5 Program Topcon Link

Program TopconLink je priložen inštrumentu in je vmesnik med inštrumentom in osebnim računalnikom. Ta program podpira vse formate, ki se jih izvozi iz videotahimetra GPT-7003i. Njegova glavna funkcija je uvoz in izvoz podatkov v raznih formatih, ki jih podpirajo Topconovi inštrumenti vseh serij (tahimetri, nivelirji, GPS...).



Slika 3: Okno programa TopconLink

V glavnem oknu je možno spremljati vse podatke predhodno posnete na terenu, v tabelarni in grafični obliki (slika 3). Točke je mogoče brisati, jih dodajati in računati koordinate novim točkam, jih urejati, spreminjati njihove attribute, jih popravljati...

Program omogoča tudi izravnavo. Vrsto izravnave določimo sami. Vsebuje tudi izravnavo po metodi najmanjših kvadratov. V postopku izravnave se upoštevane meritve lahko poljubno izklaplajo. Pred izravnavo se določi kotno in dolžinsko a-priori natančnost, ki jo poda proizvajalec inštrumenta. A-priori natančnost se lahko oceni tudi iz opazovanj ali v postopku izravnave.

Praktična uporaba programa Topcon Link je opisana v poglavju 5.3 Pregled podatkov v programu Topcon Link.



### 3 FOTOAPARAT NIKON D70

Med izdelavo diplomske naloge smo prišli do ugotovitve, da senzor v inštrumentu ne zagotavlja podob zadovoljive ločljivosti, zato smo za izdelavo podob uporabili nemerski digitalni fotoaparati Nikon D70.



Slika (1): Nikon D70 (Koetsier, 2010)

Preglednica (2): Specifikacije fotoaparata Nikon D70 (Nikonov vodič v digitalno fotografijo D70, 2004, str. 201-204)

<b>NIKON D70 Zrcalno refleksni fotoaparati z izmenljivimi objektivimi</b>		
<b>CCD</b>	Piksli	23.7 mm x 15.6 mm, skupaj pikslov 6.24 milijonov
	Št. efektivnih pikslov	6.1 milijona
	Velikost podobe	3008x2000 (velika) 2240x1448 (srednja) 1504x1000 (mala)
<b>Objektiv</b>	Nikkor AF-S	18-70 mm goriščne razdalje
<b>Slikovni kot</b>		Ekvivalent v 35-mm je približno enak 1.5 kratnik goriščne objektivu

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

<b>Iskalo</b> Optična fiksna penta prizma	Iskalo	18 mm
	Pokritost iskala	95% objektiva vertikalno in horizontalno
	Povečava	0.75x (50 mm objektiv nastavljen na neskončno)
<b>Način fokusiranja</b>	Avtomatsko ostrenje	AF predvideno sledenje ostrenja se avtomatsko vklopi glede na status subjekta
	Ročno ostrenje	M
<b>Osvetlitev</b>	Trije načini merjenja jakosti svetlobe skozi objektiv	metrično, centralno, točkovno
<b>Nadzor osvetlitve</b>	Način delovanja	Digitalni vari programi (auto, portret, pokrajina, makro, šport, nočna pokrajina, nočni portret), programski auto P s fleksibilnimi programi, prioriteta zaklopa S, prioriteta zaslonke A, ročno M
	Korektura osvetlitve	-5 do +5EV v prirastu po 1/3 ali 1/2 EV
	Bracketing	2-3 posnetki različnih osvetlitev z/brez bliskavice
	Zaklepanje osvetlitve	
<b>Občutljivost</b>	Občutljivost filma	200-1600 ISO
<b>Zaslonka</b>	Odprtina zaslonke	4.2-29 (1/premer odprtine)
<b>Osvetlitev</b>	Čas osvetlitve	1"-8000
<b>Bliskavica</b>	Vgrajena	Avtomatska pri digitalnih vari programih ali ročna s pritiskom na gumb
<b>Hranjenje</b>	Medij	Tip I in II Compact Flash pomnilniške kartice
	kompresija	NEF (RAW) stisnjen 12 biten JPEG
<b>Monitor</b>	Nizko temperaturni TFT LCD z nastavitvijo svetlosti	1.8", 1300.000 - točki
<b>Zunanji vmesnik</b>		USB

#### **4 PROGRAM ZA IZDELAVO 3D MODELOV PI-3000**

Programska oprema PI-3000 omogoča 3D meritve iz stereo podob, izdelavo 3D modelov ter izdelavo orto podob za potrebe vizualizacije 3D modelov. Podobe so lahko narejene z mersko ali nemersko kamero. Vhodni podatki za izdelavo 3D modela so med drugim tudi kalibracijski parametri kamere. V kolikor kamera nima zagotovljene notranje orientacije, je programskemu paketu PI-3000 dodan program PI-Calib za hitro kalibriranje kamere.

Glavne funkcije programa PI-3000 so:

- zunanja orientacija podob (meritve slikovnih koordinat),
- meritve točk, linij, poligonov,
- izdelava TIN mreže,
- risanje linij, izdelava presekov,
- izračun dolžin, površin, volumnov,
- izdelava orto podob,
- upravljanje s sloji,
- priprava izrisov,
- prikaz in urejanje 3D modelov.

Program omogoča slikovne meritve in izdelavo 3D modelov na podlagi:

- stereo podob in koordinat oslonilnih točk – merilo je določeno,
- stereo podob in podane fiksne dolžine na enem od stereoparov – merilo je določeno,
- stereo podob – v tem primeru ne moremo določiti realnega merila modela, model lahko izdelamo samo v lokalnem koordinatnem sistemu.

(Operation Manual PI-3000, 2007)

#### 4.1 3D model

»Model je uporabljeno nadomestilo, ki ga sestavlja opisna in grafična predstavitev izbora ali dela stvarnosti ter podaja poenostavljeno preslikavo fizičnega okolja v smiselni in interpretativni model.« (Šumrada, 2005)

Tridimenzionalni model je sestavljen iz točk, linij, krivulj in ploskev. Možno ga je izdelati na več načinov, izbira metode izdelave pa je odvisna predvsem od tega, kako želimo model predstaviti. Fotogrametrija se med drugim ukvarja z izdelavo raznih trirazsežnih modelov objektov in fizičnih površin. Uveljavljeni sta dve metodi pridobitve podatkov za izdelavo 3D modela, in sicer laserski zajem podatkov ter bližjeslikovna fotogrametrija, ki omogoča izdelavo 3D modela na podlagi posnetkov modela.

3D modele se v splošnem deli na modele, ki ne vsebujejo merskih informacij in modele, ki merske informacije imajo. V prvem primeru je govora o modelih, ki se izdelajo v raznih programih za modeliranje in se predhodno ne izmerijo v prostoru. Takšni modeli se uporabljajo za animacije, v filmski industriji, računalniških igrah... V tehniki in znanosti so veliko bolj zaželeni in uporabni modeli, ki so narejeni na osnovi predhodnih meritev objekta in vsebujejo topološke in geometrijske informacije objekta.

Model je v splošnem sestavljen iz dveh sestavin. Osnova modela je geometrična predstavitev, ki je v obliki kvadratne mreže, 3D vektorjev ali trikotniške – TIN mreže. Pomemben gradnik modela predstavlja površje, ki se ga ponazori z nanosom tekstur in podob, kot so ortofoto, razni posnetki, materiali... Model se lahko prikaže samo skeletno ali z dodano teksturo.

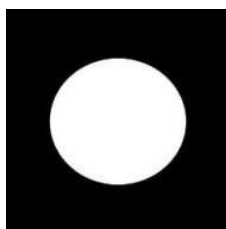
## 4.2 Delovanje programa PI-3000

### 4.2.1 Blokovna izravnava

Uporaba blokovne izravnave, kot metode za izračun zunanje orientacije, omogoča meritve celega niza podob hkrati z vsemi zajetimi oslonilnimi točkami, ki nastopajo v določeni izvedbi 3D modela. V blokovni izravnavi se sočasno izravnavajo položaji in zasuki kamere ter koordinate oslonilnih točk. Definira se tudi matematično razmerje med prekrivajočimi se podobami, senzorjem v kameri in terenom. Vhodni podatki so torej podobe, koordinate oslonilnih točk in njihova natančnost. Izhodni podatki vsebujejo koordinate veznih točk, koordinate perspektivnih centrov za posamezen posnetek in rotacijske kote, torej elemente zunanje orientacije ter natančnost elementov zunanje orientacije. Obenem se modelu določi tudi dejansko merilo, da lahko model vključimo v referenčni koordinatni sistem. Ta metoda zagotavlja zelo natančne rezultate.

### 4.2.2 Avtomatske meritve veznih točk

Program vsebuje funkcijo avtomatskega zaznavanja približne lokacije veznih točk na desni podobi, če mu na levi podobi pokažemo točno lokacijo točke. Ta funkcija deluje na podlagi metode slikovnega ujemanja, in programu omogoča merjenje homolognih entitet na posnetkih, čeprav detajli niso označeni s posebnimi tarčami.



Slika 4: Primer tarče

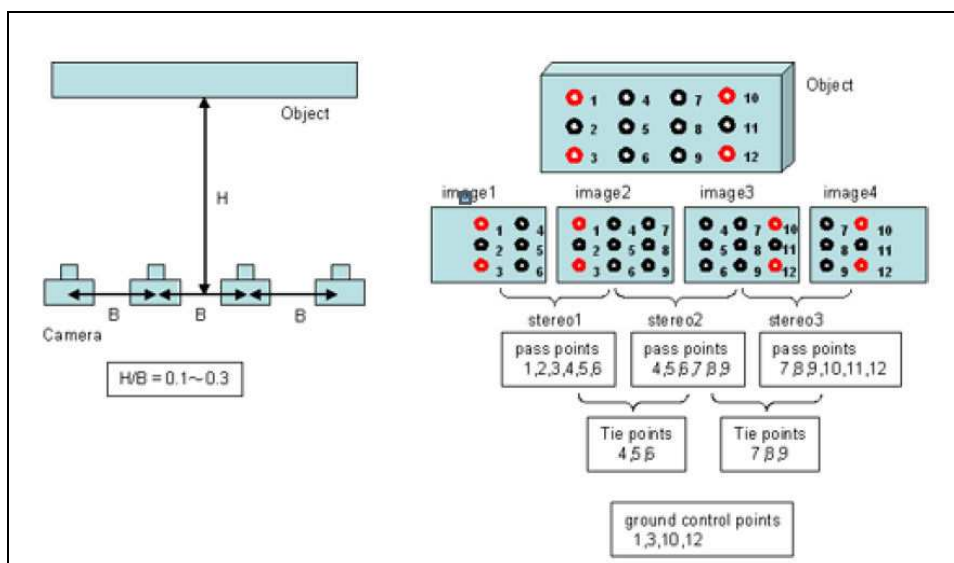
Ob uporabi posebnih belih okroglih tarč (slika 4) se lahko pri določanju zunanje orientacije uporabi funkcijo avtomatskega centriranja. Meritev centra točke se izvede s točnostjo, ki je boljša od 1 piksla. Tako se dobi zelo natančne meritve, ki so neodvisne od subjektivnih vplivov.

#### **4.2.2.1 Obravnavane točke pri zajemu objekta**

Pri zajemu objekta za potrebe izdelave 3D modela je govora o treh vrstah točk. To so oslonilne, vezne in kontrolne točke. Oslonilne točke morajo imeti terenske koordinate, uporabijo pa se za zunanjo orientacijo stereo podob. Vezne točke ne potrebujejo terenskih koordinat, morajo pa biti homologne na obeh podobah. Kontrolne točke morajo imeti terenske koordinate, uporabijo pa se za kontrolo po izdelavi 3D modela.

Oslonilne in vezne točke se razvrstijo po objektu na podlagi predhodno določene velikosti podob, s katerimi se posname objekt. Oslonilne in vezne točke morajo biti zastopane na vseh podobah v pravilnem razporedu, z njimi mora biti zajet celoten objekt. Če je zajet večji objekt iz več stojišč, moramo predvideti, koliko podob bomo imeli in koliko oslonilnih ter veznih točk bomo pri tem potrebovali.

V splošnem velja, da se na dveh podobah, stereoparu, določi vsaj 6 identičnih točk. Če so od tega 4 oslonilne, potem morata biti vsaj 2 vezni točki, lahko jih je tudi več. Te točke morajo biti vidne na obeh podobah. To je zadosten pogoj, da se podobi združi v stereopar in sestavi model. Oslonilnim in veznim točkam se doda nekaj kontrolnih točk, ki ne gredo v izravnavo za določitev zunanje orientacije posnetka, uporabijo se za kontrolo koordinat točk izmerjenih na objektu in izmerjenih na modelu.



Slika (2): Združitev bloka posnetkov (Operation Manual PI-3000, 2007, str.14)

Zunanjo orientacijo sestavljata relativna in absolutna orientaciji. Relativna orientacija pomeni postavitve stereoparov v pravi medsebojni položaj, absolutna orientacija pa pomeni postavitve stereoparov v pravi položaj v prostoru. Za izdelavo modela se v programu PI-3000, ob uporabi bloka štirih podob, to je za izdelavo treh stereoparov, razvrsti štiri oslonilne točke – ang. ground control points (na sliki (2) so obarvane rdeče). Oslonilne točke služijo za absolutno orientacijo stereoparov. Angl. pass points iz slike (2) so vezne točke, uporabljene pri relativni orientaciji stereoparov, ki se imenujejo tudi Gruberjeve točke. Angl. tie points so vezne točke in se uporabijo za povezavo stereoparov med seboj.

#### 4.2.2.2 Korelacija oziroma slikovno ujemanje

S slikovno korelacijo ali slikovnim ujemanjem se na obeh podobah stereopara išče in meri homologne točke. Osnova tega algoritma je funkcija korelacije, ki določa povezavo med obema podobama. Poznamo več metod slikovnega ujemanja, kot so metoda križnega korelacijskega koeficienta, metoda ujemanja površin (angl. ABM – Area Based Matching), metoda ujemanja geometričnih entitet (angl. FBM – Feature Based Matching)...

Algoritmi korelacije iščejo homologne vzorce na dveh podobah posnetih iz različnih položajev kamere. Govorimo o najboljšem možnem ujemanju podob oziroma dveh vzorcev na podobah. Eden izmed dveh vzorcev je lahko znan geometrični vzorec, s pomočjo katerega algoritem ugotavlja podobnost na drugi podobi na podlagi vzorčenja oziroma prepoznavanja vzorca. Znan geometrični vzorec je npr. črn križ na beli podlagi, ki je umetno narejena digitalna podoba. To je tako imenovana referenčna matrika ali vzorec. Druga podoba je podana kot matrika iskanja ali iskano okno. Na iskanem oknu se išče najverjetnejši položaj križa iz vzorca. Položaj iščemo na podlagi sivih vrednosti vzorca in iskanega okna (sive vrednosti so radiometrične vrednosti posameznega kanala podobe).

Položaj vzorca v iskanem oknu iščemo na podlagi izračuna korelacije oziroma korelacijskega koeficienta:

$$r = \frac{\sigma_{rs}}{\sigma_r \sigma_s} = \frac{\sum (g_r - \overline{g_r})(g_s - \overline{g_s})}{\sqrt{\sum (g_r - \overline{g_r})^2 \sum (g_s - \overline{g_s})^2}} \quad (4.1)$$

(Photogrametry: Geometry from Images and Laser Scans, Kraus, 2004, str. 324)

Za izračun korelacijskega koeficienta potrebujemo standardne deviacije sivih vrednosti vzorčne podobe in iskanega okna  $\sigma_r, \sigma_s$  ter kovariance sivih vrednosti med podobama  $\sigma_{rs}$ .  $\overline{g_r}$  in  $\overline{g_s}$  sta aritmetični sredini sivih vrednosti vzorca in iskanega okna. Izračunajo se korelacijski koeficienti za vse možne položaje vzorca v iskanem oknu. Iskani položaj je določen z največjim korelacijskim koeficientom. (Kraus 2004)

Ta metoda se uporablja tako pri iskanju homolognih položajev na podobah, kjer homologne točke niso označene s posebnimi tarčami, kakor tudi tam, kjer so točke označene s tarčami. Takrat se uporablja funkcija avtomatskega prepoznavanja centra tarče.



### 4.2.3 Delovanje programa

S programom PI-3000 je mogoče izdelati stereopare iz podob zajetih iz katerekoli lokacije okoli objekta, v kolikor se te podobe prekrivajo – 60% preklap in vsebujejo zadostno število izmerjenih oslonilnih točk ter homolognih veznih točk. Na stereo podobah se nato izvedejo 3D meritve, ki so neodvisne od uporabe polarizacijskih očal. Program namreč omogoča meritve na prikazu leve in desne podobe brez polarizacijskih očal ali v 3D okolju z njihovo uporabo.

Globino objektu določimo z nizom meritev na objektu. Meri se globino točk in detajlom, kjer se na objektu spremeni globina, očrta poligone. Pri zajemu globin na objektu je mogoče uporabiti funkcijo avtomatske korelacije, ki avtomatsko določi lokacijo točke na desni podobi, če jo predhodno ročno določimo na levi podobi.

S funkcijo stereo ujemanja (angl. Stereo matching) se avtomatsko izračunajo globine iz stereo podob. Omogočeno je merjenje digitalnega modela površja celotnega modela ali samo določenega dela modela, odvisno od potreb operaterja. Rezultat stereo ujemanja je TIN mreža, s katero se prikaže 3D model.

Z uporabo TIN mreže se lahko izdelata načrt objekta, preseke, orto podobe, podobe iz ptičje perspektive, izračuna dolžine, površine, volumne...

Funkcija prikaza in urejanja 3D modela omogoča direkten izris 3D modela, izdelanega na osnovi 3D meritev več podob, vključno z naneseno teksturo. Za boljšo 3D izvedbo modela je potrebno model snemati iz čim več zornih kotov, te posnetke pa vključiti v 3D meritve za izdelavo modela. Na ta način lahko model nato opazujemo iz katerekoli točke.

Model je obravnavan v svoji dejanski velikosti. V primeru tiskanja se lahko modelu spremeni merilo na željeno velikost.

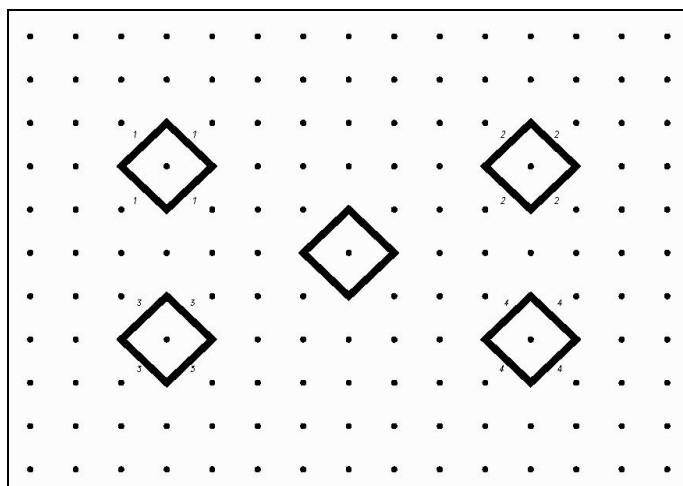
3D podatki se izvozijo v *CSV*, *DXF*, *APA* in *SIMA* formatih. Slike se izvozijo v *BMP*, *JPG* in *TIFF* formatu. S formatom *VRML* izvozimo 3D model. (Operation Manual PI-3000, 2007)

### 4.3 Izvedba kalibracije s programom PI-Calib

V postopku kalibracije ugotavljamo elemente notranje orientacije fotoaparata. To sta koordinati projekcijskega centra  $x_0$  in  $y_0$ , goriščna razdalja projekcijskega centra v slikovnem koordinatnem sistemu, simetrična radialna distorzija (definirana s koeficientoma  $K1$  in  $K2$ ) ter nesimetrična tangencialna distorzija (definirana s koeficientoma  $P1$  in  $P2$ ).

Za izvedbo kalibracije se uporabi testno polje, ki se ga fotografira iz več zornih kotov tako, da je na fotografijah zajeto v celoti. Testno polje je običajno sestavljeno iz točk, ki si sledijo v vodoravni in navpični smeri v enakem razmaku. Te točke imajo določene koordinate.

Predhodno je pomembno naravnati povečavo fotoaparata, saj se goriščna razdalja po kalibraciji do zajema objekta s kalibriranim fotoaparatom, ne sme spreminjati. Priporočljivo je, da se kalibracija, snemanje testnega polja, izvede med zajemom objekta, torej na terenu, da se zagotovi čim bolj podobne pogoje snemanja.



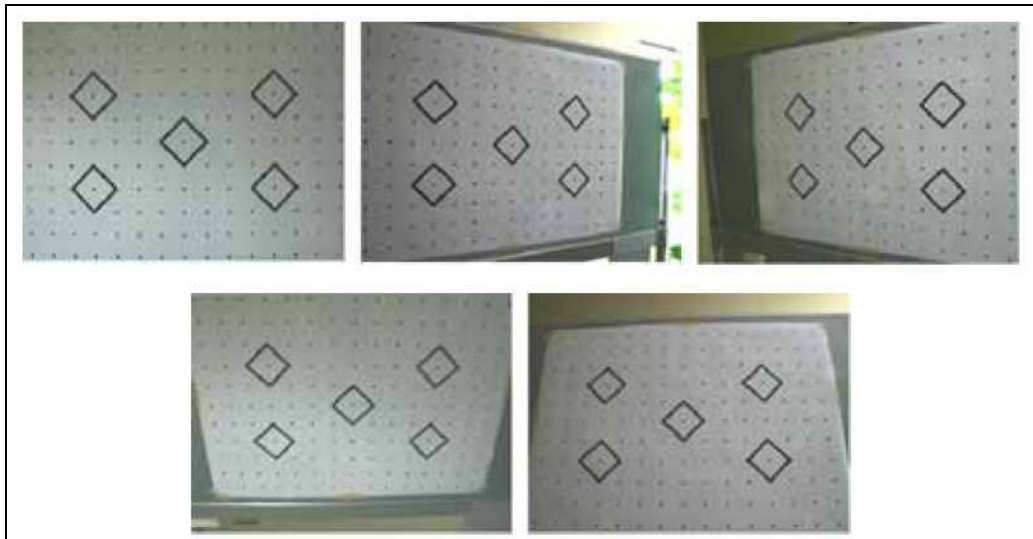
Slika (3): Testno polje (Operation Manual PI-Calib, 2007, str.6)

Program PI-Calib vsebuje točno določeno testno polje (slika (3)), ki ga mora uporabnik natisniti in nato uporabiti za kalibracijo. Testno polje je mogoče izvoziti v *PDF* format iz programa, prej se določi le velikost testnega polja (možnosti od formata A4 do formata A0). Testno polje se

lahko natisne tudi direktno iz programa, vendar bi za to potrebovali povezavo osebnega računalnika s »ploterjem« (za večje formate) oziroma tiskalnikom.

Priročnik programa PI-Calib vsebuje podroben protokol snemanja testnega polja slika (4). Za kalibriranje kamere v PI-Calib je potrebnih vsaj pet podob testnega polja, snemanih iz različnih kotov. Snema se iz ospredja, iz leve in desne strani, ter od spodaj in od zgoraj, kot je prikazano na sliki (4). Podobe se nato uvozijo v program, kjer se izvede kalibracija.

Kalibracija se izvede s postopkom blokovne izravnave.



Slika (4): Primeri snemanja testnega polja (Operation Manual PI-Calib, Topcon, 2007, str.4)

#### 4.4 Merska natančnost v programu PI-3000

Ločljivost izdelanega 3D modela je dana z naslednjima enačbama:

$$\Delta XY = \frac{H}{f} \cdot \sigma_p \quad (4.2)$$

$$\Delta Z = \frac{H}{B} \cdot \Delta XY \quad (4.3)$$

(Operation Manual PI-3000, 2007, str. 18)

Kjer so:

- $\Delta XY$  → ploskovna ločljivost,
- $\Delta Z$  → globinska ločljivost,
- $F$  → goriščna razdalja,
- $\sigma_p$  → slikovna ločljivost,
- $H$  → razdalja med kamero in objektom,
- $B$  → dolžina baze.

PI-3000 je zasnovan tako, da omogoča izvedbo zunanje orientacije z natančnostjo manjšo od 1 piksla. Merska natančnost je približno enaka ploskovni ločljivosti modela. Če so rezultati zunanje orientacije dobri, se lahko izračuna natančnost meritev stereo podob iz zgornjih enačb.

Pri blokovni izravnavi se natančnost poveča z uporabo zelo natančno izmerjenih oslonilnih točk. Veliko pripomore tudi snemanje v dobrih pogojih (dobra svetloba, sončna lega objekta...). Položaj točk na stereo posnetku se v tem primeru določi z natančnostjo od 1/10 do 1/30 piksla.

(Operation Manual PI-3000, 2007)

## **5 IZDELAVA TRIRAZSEŽNEGA MODELA NA PRIMERU DELA RIMSKEGA ZIDU – JUŽNA FASADA PLEČNIKOVE PIRAMIDE**

### **5.1 Objekt obravnave**

Plečnikova piramida je umeščena v sklop Rimskega obzidja s parkom, ki se nahaja za Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani (slika 5). Kot že ime pove, jo je zasnoval arhitekt Jože Plečnik med rekonstrukcijo Rimskega zidu. Plečnik si je piramido zamislil kot prehod na južno stran mesta, saj je v tistem času Rimski zid predstavljal oviro za širitev mesta na jug. Na sprednji, južni strani, je dodal stebre, ki so ostanki Rimskega zidu. Piramida naj bi bila po prvotnih načrtih poraščena s travo, kakor je poraščen Rimski zid. (Arhitekturni vodnik, 2009)

Izdelali smo 3D model fasade dela obzidja in piramide v obsegu, kot je viden na sliki 5.



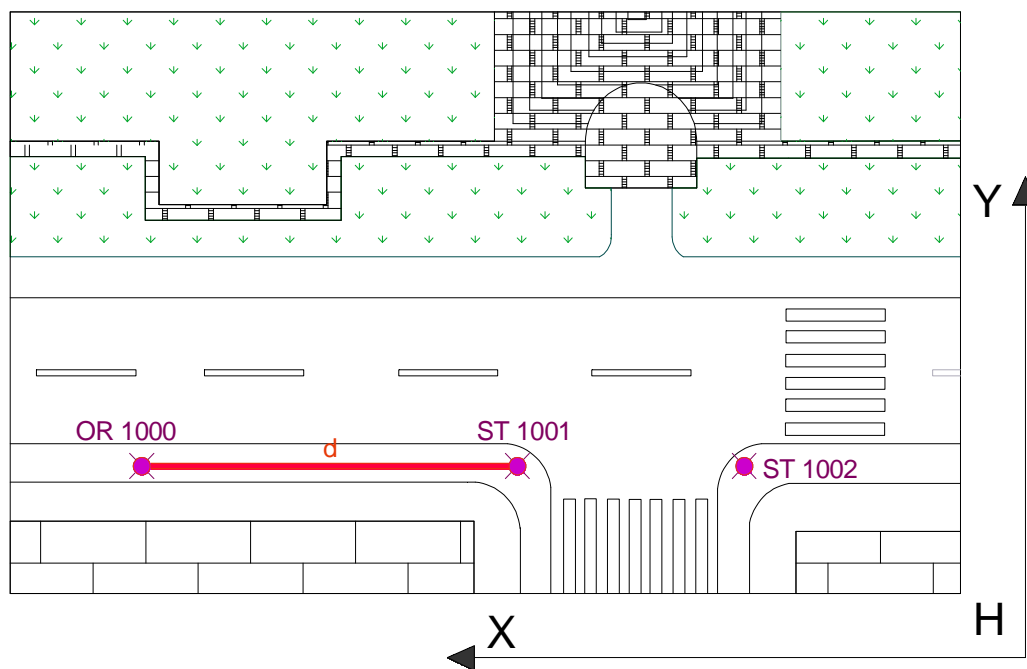
Slika 5: Plečnikova piramida

## 5.2 Zajem podatkov

Za izdelavo 3D modela v programu PI-3000 potrebujemo stereo podobe objekta, kalibracijske parametre kamere, koordinate oslonilnih točk na objektu ter njihovo natančnost, vezne točke in koordinate kontrolnih točk.

Uporabljena merska oprema zajema videotahimeter Topcon GPT-7003i, fotoaparat Nikon D70, tri stativne, dve prizmi, dva peclja, dva podnožja z optičnim grezilom, merski trak, termometer, barometer.

### 5.2.1 Vzpostavitev lokalnega koordinatnega sistema



Slika 6: Prikaz stojišč in koordinatnega sistema

Na drugi strani cestišča, nasproti obzidja, smo na pločniku določili dve stojiščni točki in točko za orientacijo (slika 6). Točki 1000 in 1002 sta označeni z markirnim sprejem, točko 1001 definira vogal jaška.

Objekt je zajet v lokalnem koordinatnem sistemu. Koordinate (X, Y, H) točk so:

- stojiščna točka 1001 (100m, 100m, 10m),
- orientacijska točka 1000 ((100m - d), 100m, 10m),
- točka 1002 je neznana, njene koordinate računamo.

Meritve oslonilnih, kontrolnih in detajlnih točk na piramidi smo izvedli iz znane stojiščne točke 1001 in iz nove točke 1002. Meritve iz nove točke 1002 so služile za kontrolo.

Točko 1002 smo uporabili tudi zato, da bi ugotovili, kako inštrument oziroma programska oprema inštrumenta na osnovi girusne metode meritev izračuna koordinate nove točke.

## **5.2.2 Metoda določitve koordinat nove točke 1002 in ostalih točk**

### **5.2.2.1 Nova točka 1002**

Inštrument omogoča merjenje v obeh krožnih legah. Že po meritvi na točko v prvi krožni legi (horizontalni kot, zenitna razdalja in poševna dolžina) določi koordinate stojišča. Pri meritvi v drugi krožni legi poda inštrument odstopanje od rezultata izmerjenega v prvi krožni legi. Če je odstopanje preveliko, lahko ponovimo meritev v drugi krožni legi, sicer izmero sprejmemo. Vse meritve se shranijo v notranjem spominu inštrumenta.

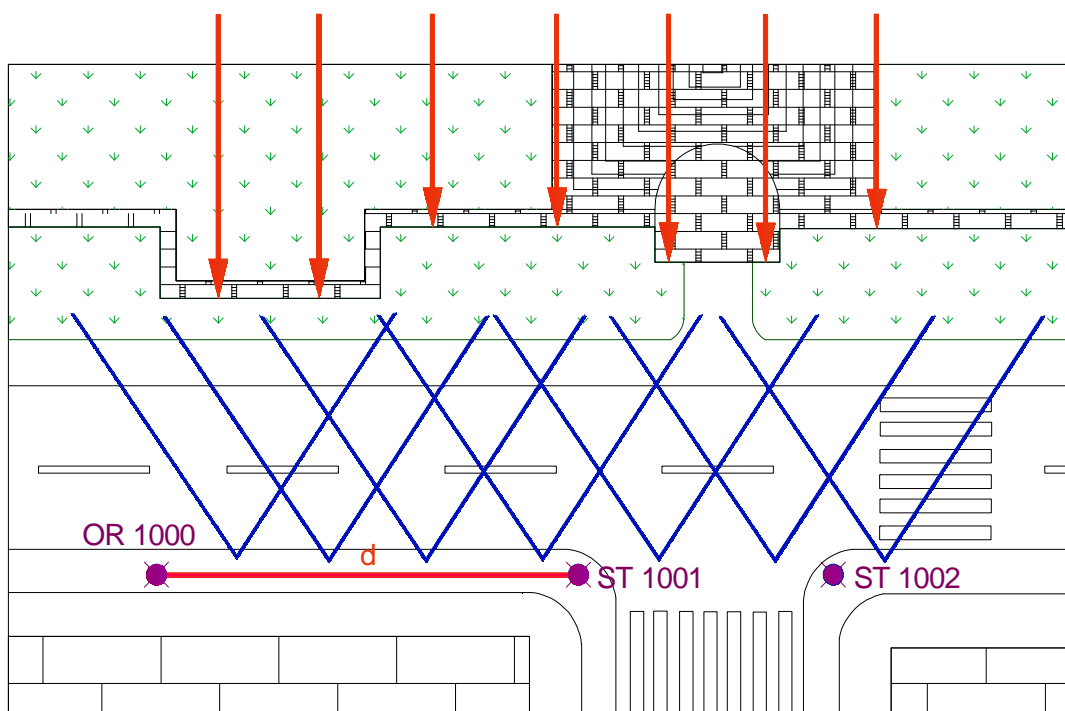
Meritve iz točke 1001 na točko 1002 smo izvedli v štirih girusih. Ugotoviti želimo, ali inštrument upošteva in ločeno shrani več neodvisnih meritev iz istega stojišča na isto točko.

Koordinate točke 1002 so izračunane v lokalnem koordinatnem sistemu na osnovi polarne metode izmere (poglavje 5.3.1.1).

### 5.2.2.2 Oslonilne, vezne in kontrolne točke

Signalizacijo oslonilnih, veznih in kontrolnih točk na objektu smo izvedli s posebnimi tarčami, ki so opisane v četrtem poglavju.

Do signaliziranih oslonilnih in kontrolnih točk na objektu opazujemo horizontalni kot, zenitno razdaljo in poševno dolžino, torej izvajamo polarno metodo meritev.



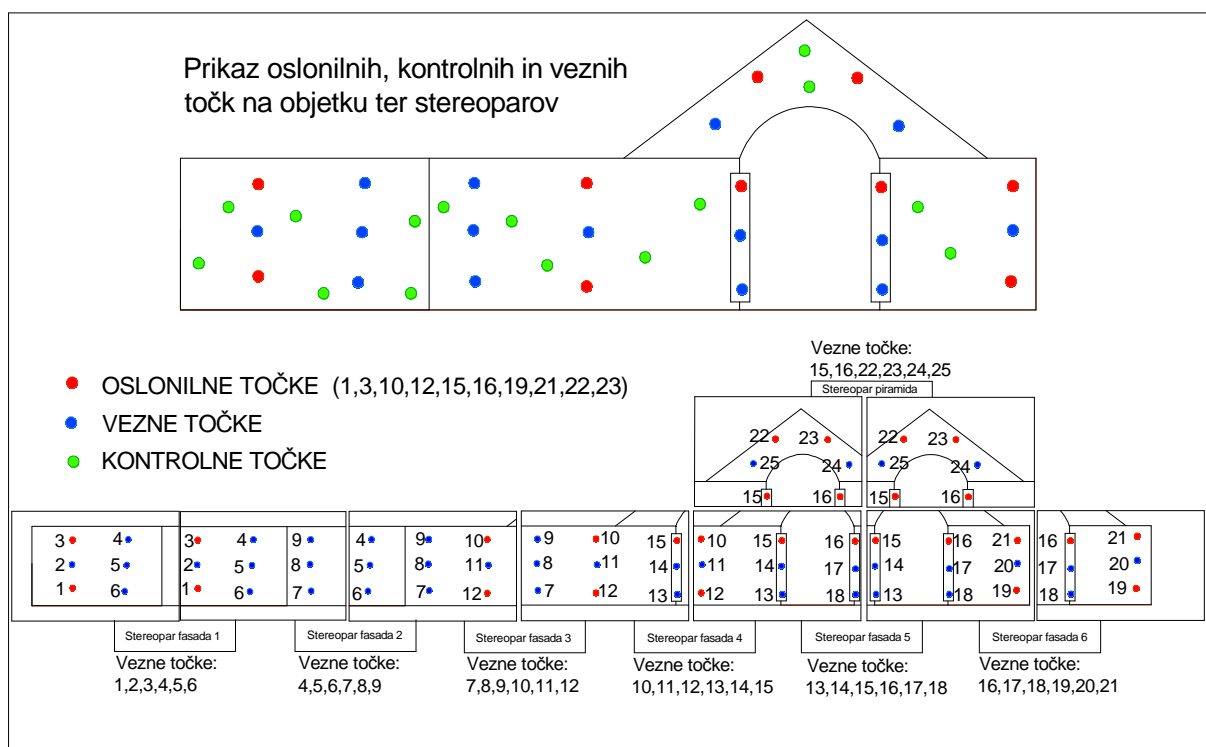
Slika 7: Prikaz postavitve oslonilnih točk in niza posnetkov

Koordinate oslonilnih točk služijo za izravnavo zunanje orientacije posnetkov, koordinate kontrolnih točk za kontrolo rezultatov po izravnavi. Signalizirane vezne točke potrebujemo za izdelavo stereo podob. Poleg oslonilnih in kontrolnih točk zajamemo še značilne točke objekta kot so vogali, robovi, stopnice ipd. s katerimi lažje definiramo objekt.



Rdeče puščice na sliki 7 prikazujejo smer postavitve oslonilnih in veznih točk na obzidje, po tri na vsaki lokaciji puščice. Skupno število oslonilnih in veznih točk na obzidju je  $7 \times 3 = 21$ . Niz oziroma blok podob obzidja predstavljajo modri smerniki na sliki 7. Blok podob obzidja zajema skupno sedem podob.

Na piramidi bodo oslonilne in vezne točke postavljene naključno, skupno morajo biti vsaj štiri. Piramida bo zajeta z dvema podobama, na katerih morata biti vidni vsaj dve oslonilni točki iz obzidja. Prikaz oslonilnih, kontrolnih in veznih točk na objektu ter prikaz stereoparov prikazuje slika 8.



Slika 8: Prikaz oslonilnih, kontrolnih in veznih točk na objektu ter prikaz stereoparov

### 5.2.3 Zajem podob

#### 5.2.3.1 Zajem podob z videotahimetrom GPT-7003i

Podobe objekta se registrirajo skupaj z merjenjem oslonilnih točk na objektu. Stereo podobe pridobimo tako, da snemamo objekt iz več stojišč, ki jih razporedimo ob objektu. Podobe se shranijo v notranjem spominu inštrumenta v datoteko *JPG*.

Pred dejanskim zajemom podatkov na terenu smo opravili poskusni zajem zato, da ugotovimo kakšne podatke zagotavlja inštrument, predvsem kakšne kakovosti so podobe. Podobe potrebujemo za določitev lokacije oslonilnih in veznih točk na objektu. Po pregledu podob smo ugotovili, da je ločljivost podob prešlaba za izdelavo 3D modela fasade piramide. Tarče na podobah niso bile vidne. Tarče oslonilnih točk so bile velikosti 5 cm (krog oziroma center tarče je velikosti 2 cm). Če bi uporabili večje tarče, bi bilo težje določiti center.



Slika 9: Ločljivost tarče posnete z videotahimetrom in tarče posnete s fotoaparatom

Podob, ki jih zagotavlja videotahimeter torej ne moremo uporabiti, zato smo se odločili za alternativno rešitev, uporabo druge kamere za izdelavo posnetkov.

### 5.2.3.2 Zajem podatkov s fotoaparatom Nikon D70

Za izdelavo 3D modela so mi na Katedri za kartografijo, fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje UL FGG omogočili uporabo fotoaparata Nikon D70. Z njim smo opravili poskusno snemanje objekta, da ugotovimo možne položaje tarč oslonilnih točk na objektu (slika 8). Najprej je bilo potrebno prilagoditi in izostriti objektiv kamere. Nastavili smo takšno goriščno razdaljo, da smo dobili čim boljši blok podob. Objektiv smo nato fiksirali z lepilnim trakom. Na dan zajema posnetkov smo fotoaparata kalibrirali. Fotoaparata je najbolje kalibrirati takoj pred, med ali po opravljenem snemanju, saj so notranji parametri digitalnih fotoaparatov zelo nestabilni.

Na dan zajema je bilo sončno vreme, sonce je bilo usmerjeno direktno v objekt, zato je bilo snemanje oteženo. Najboljši pogoji pri snemanju za potrebe fotogrametrije so v difuzni svetlobi, saj morajo biti detajli na objektu dobro vidni. Če je svetloba premočna, lahko pride do presvetlitve podob. Temu primerno se nekoliko prilagodi nastavitve fotoaparata. Prilagajali smo občutljivost senzorja, odprtino zaslonke in čas osvetlitve pri ekspoziciji – trenutku zajema fotografije. Manjša kot je občutljivost filma (ISO), manjša je verjetnost šuma, posledično je podoba temnejša. Zaslonko odpiramo, če je manj svetlobe in jo zapiramo, če je svetloba premočna. Temu se prilagodi tudi čas osvetlitve senzorja. Z večanjem odprtine zaslonke se manjša globinska ostrina.

Posneli smo več podob določenega dela objekta iz istega stojišča, različnih nastavitvev fotoaparata. Pri vseh posnetkih smo uporabili občutljivost ISO 200, odprtino zaslonke 9 ali 11 in čas osvetlitve 400, 800 ali 1000 (slika 10).

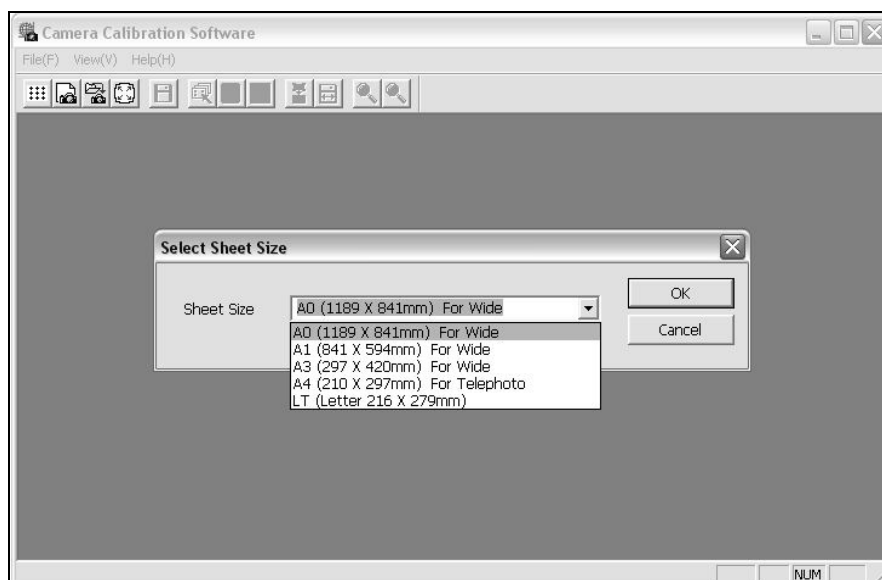
Za izdelavo 3D modela v programu PI-3000 so zaradi kontrasta primernejše temnejše podobe. Programu je dodana funkcija avtomatskega prepoznavanja centra tarč. Bolj kot tarče izstopajo iz podobe, lažje program prepozna center tarče. Za izdelavo modela so najprimernejše podobe ISO 200/9/1000, ISO 200/11/1000 in ISO 200/11/800.



Slika 10: Primeri podob

### 5.3 Izvedba kalibracije s programom PI-Calib

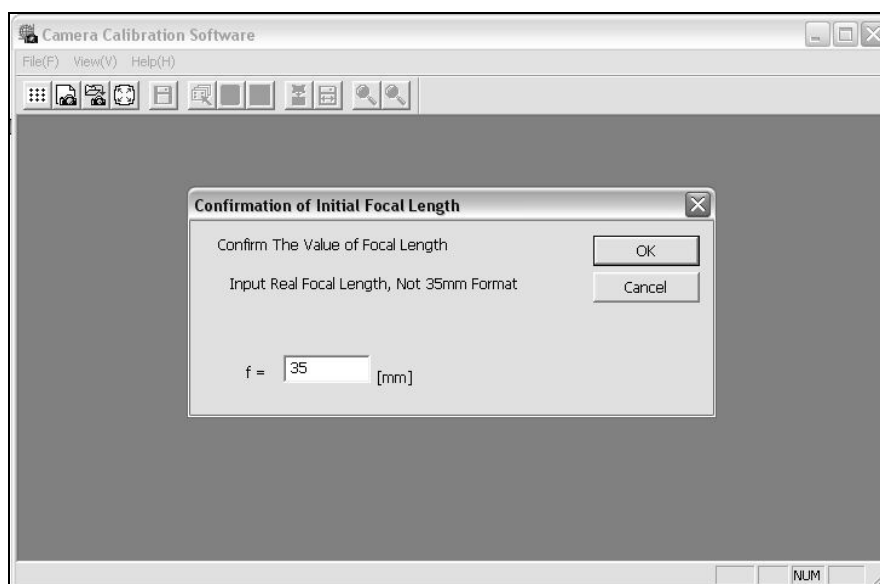
Testno polje smo posneli pred zajemom podob na terenu. Sledila je izvedba kalibracije.



Slika 11: Izbira formata testnega polja

Kalibracijske parametre smo pridobili s programom PI-Calib. Posneli smo 5 podob testnega polja, formata A0, Podobe smo nato uvozili v program, za potrebe izračuna kalibracijskih parametrov kamere. Izhodno datoteko s končnico *CMR*, ki vsebuje parametre, smo nato dodali programu PI-3000 v katerem je potekala obdelava 3D modela.

Najprej se nastavi ime novega projekta in pot do mape, kamor se bodo rezultati shranili (*File → New Project*). V isto mapo se shrani še določenih pet podob testnega polja, kot je opisano v poglavju 4. Program poda formate testnega polja (slika 11). Izberemo format, ki smo ga uporabili. Nato iz mape projekta uvozimo podobe testnega polja. Še prej nas program vpraša po približni vrednosti goriščne razdalje fotoaparata, s katero smo zajemali testno polje (slika 12).



Slika 12: Nastavitev goriščne razdalje

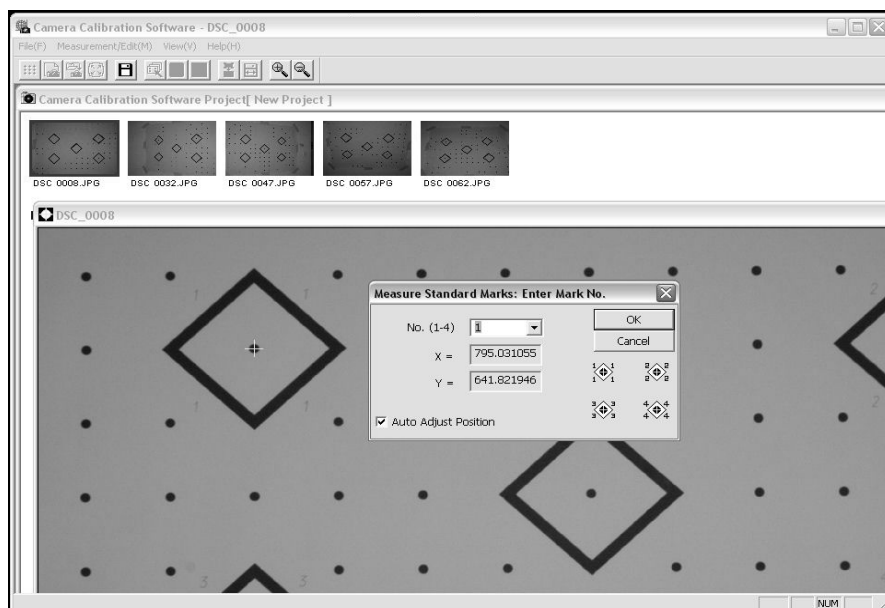
Goriščno razdaljo navadno program poda že sam, saj jo razbere iz formata podob.

Po potrditvi goriščne razdalje se v programu pokažejo uvožene podobe testnega polja. Z ukazom *Process → Measure standard marks of all images* poženemo proces določitve 4 značilnih točk in meritev ostalih točk testnega polja. Program poda najprej prvo podobo v nizu podob testnega

polja (slika 13). Določimo centre 4 točk, ki so posebej označene na testnem polju. Točke na vseh podobah določamo vedno v enakem vrstnem redu:

- 1. točka levo zgoraj,
- 2. točka desno zgoraj,
- 3. točka levo spodaj,
- 4. točka desno spodaj.

Določitev centrov točk začnemo s preprostim klikom levega gumba miške. Odpre se okno, v katerem določimo številko točke ali jo enostavno kar privzamemo, ker jo poda program sam. Program vsebuje funkcijo avtomatske določitve centra točke. Potrebno je približno označiti točko, nato program sam poišče center. Ko izmerimo točke na prvi podobi, poda program naslednjo podobo in tako do konca izmerimo točke na vseh podobah.



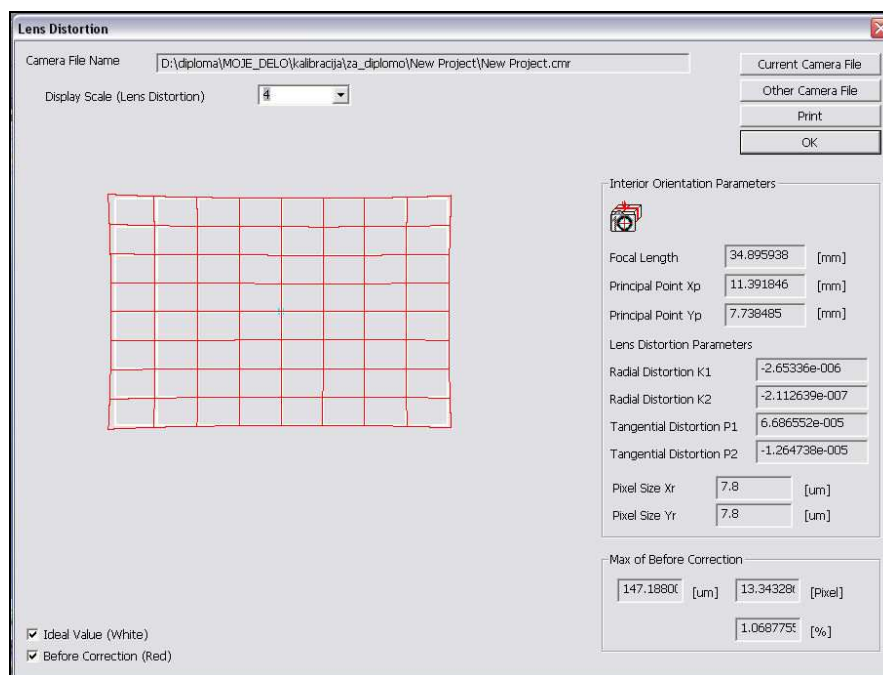
Slika 13: Začetek meritev točk testnega polja

Po določitvi centrov točk vseh slik se prične avtomatski izračun ostalih točk polja, velikosti pikslov in kalibracijskih parametrov. Če program ne more izvesti kalibracije, to sporoči. Razlogi za to so slabo posnete podobe, če niso zajete vse točke polja ali, če so podobe pretemne. Če so

podobe pretemne jih lahko osvetlimo v katerem koli programu za urejanje slik in nato ponovno izvedemo kalibracijo. V primeru, ko niso zajete vse točke polja, ponovno posnamemo testno polje.

Po uspešno izvedeni kalibraciji program poda pogovorno okno *Lens Distortion*, kjer določi distorzijo leč za uporabljen fotoapararat (slika 14). Uporabljene podobe v kalibraciji se popravijo za vpliv distorzije, kot je prikazano v pogovornem oknu. V istem oknu so prikazani tudi rezultati kalibracije, ki jih s klikom na gumb *OK* potrdimo. S tem je kalibracija končana, potrebno je shraniti rezultate.

Vsi rezultati se shranijo v mapo, ki smo jo definirali na začetku projekta. Rezultati so popravljene podobe za vpliv distorzije leč, izpis blokovne izravnave, datoteka kalibracijskih parametrov... Pomembna je datoteka *CMR*, ki vsebuje kalibracijsko poročilo. Ta datoteka je vhodna datoteka v program PI-3000, za izdelavo 3D modela.



Slika 14: Pregled rezultatov kalibracije v programu

#### Preglednica 1: Rezultati kalibracije

Goriščna razdalja projekcijskega centra [mm]	<b>34.895938</b>
Koordinata projekcijskega centra $x_0$ [mm]	<b>11.391846</b>
Koordinata projekcijskega centra $y_0$ [mm]	<b>7.738485</b>
Simetrična radialna distorzija K1	<b>-0.000002653360</b>
Simetrična radialna distorzija K2	<b>-0.000000211264</b>
Tangencialna distorzija P1	<b>0.000066865520</b>
Tangencialna distorzija P2	<b>-0.00001264738</b>

#### 5.4 Pregled podatkov v programu Topcon Link

V programu TopconLink odpremo delovno datoteko *TLSV*, v kateri so shranjene vse meritve.

V prvem zavihku preglednice *Points* so podana imena vseh točk, danih in tistih na katere so bile izvedene meritve ter njihove koordinate (slika 15). V tem primeru so bile dane koordinate točke 1000, ki je služila kot orientacijska točka in točke 1001, ki je bila dana stojiščna točka. Točka 1002, na katero so bili merjeni štiri girusi iz stojiščne točke 1001, je imela že izračunane koordinate.

Points					
Icon	Name	Ground Northin...	Ground Easti...	Elevation (m)	Code
◇	1001	100,000	100,000	10,000	
◇	1000	100,000	89,131	10,000	OR
◇	1002	100,131	109,725	9,941	VIZ

Slika 15: Primer prvega sloja preglednice *Points*

Meritve na točko 1002 smo izvedli v štirih girusih z namenom, da preverimo, ali inštrument upošteva meritve girusov in jih ločeno odpre v programu, torej, če inštrument in program upoštevata več meritev na isto točko. Z večjim številom girusov smo želeli povečati natančnost in zanesljivost koordinate točke 1002.

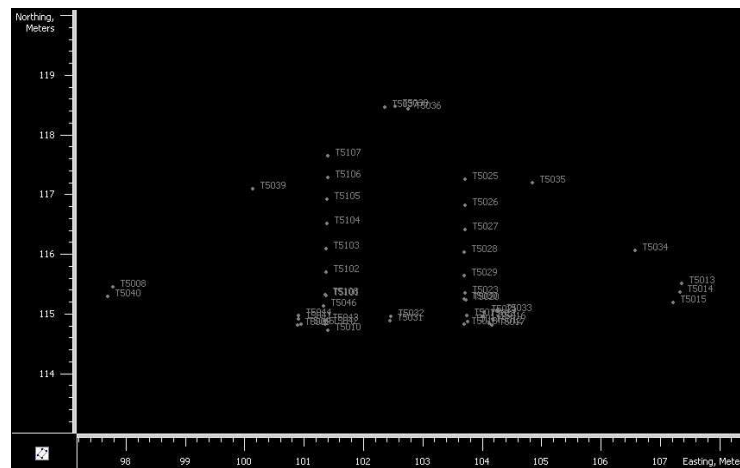


Meritve, ki so bile izvedene iz posamezne točke, so v drugem zavihku preglednice *TS Obs* (slika 16). V tem zavihku so na skrajni levi strani podane točke, iz katerih so bile izvedene meritve. S klikom na posamezno točko, v tem primeru na točko 1001, se pokažejo meritve girusov na točki 1000 in 1002 ter meritve oslonilnih in kontrolnih točk objekta.

Icon	#	Point From	Point To	Reflector Heigh...	Azimuth	Horizontal Circle	Slope Distance ...	Zenith Angle
1001	1	1001	1000		270°00'00,0000	0°00'00,0000		
1001	2	1001	1000		270°00'00,0000	0°00'00,0000		
1001	3	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	0°00'00,0000		89°45'34,0000
1001	4	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	0°00'00,0000	10,867	89°45'34,0000
1001	5	1001	1002	1,548	179°13'43,0000	179°13'43,0000	9,725	89°57'45,0000
1001	6	1001	1002	1,548	359°13'45,0000	359°13'45,0000	9,725	270°02'11,0000
1001	7	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	179°59'57,0000	10,868	270°14'29,0000
1001	8	1001	1000		270°00'00,0000	0°00'00,0000		
1001	9	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	0°00'00,0000		89°45'49,0000
1001	10	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	359°59'59,0000	10,868	89°45'50,0000
1001	11	1001	1002	1,548	179°13'52,0000	179°13'52,0000	9,726	89°57'57,0000
1001	12	1001	1002	1,548	359°13'53,0000	359°13'53,0000	9,725	270°02'01,0000
1001	13	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	179°59'58,0000	10,868	270°14'10,0000
1001	14	1001	1000		270°00'00,0000	0°00'00,0000		
1001	15	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	0°00'00,0000		89°45'27,0000
1001	16	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	0°00'00,0000	10,867	89°45'27,0000
1001	17	1001	1002	1,548	179°13'55,0000	179°13'55,0000	9,726	89°57'48,0000
1001	18	1001	1002	1,548	359°13'57,0000	359°13'57,0000	9,726	270°02'10,0000
1001	19	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	180°00'04,0000	10,868	270°14'37,0000
1001	20	1001	1000		270°00'00,0000	0°00'00,0000		
1001	21	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	359°59'59,0000		89°45'43,0000
1001	22	1001	1000	1,532	270°00'00,0000	359°59'59,0000	10,868	89°45'44,0000

Slika 16: Primer drugega sloja preglednice *TS Obs*

V tretjem zavihku *Codes* so podane kode opazovanih točk, ki jih v tem primeru ni bilo, uporabljajo pa se pri zajemu posnetkov terena.

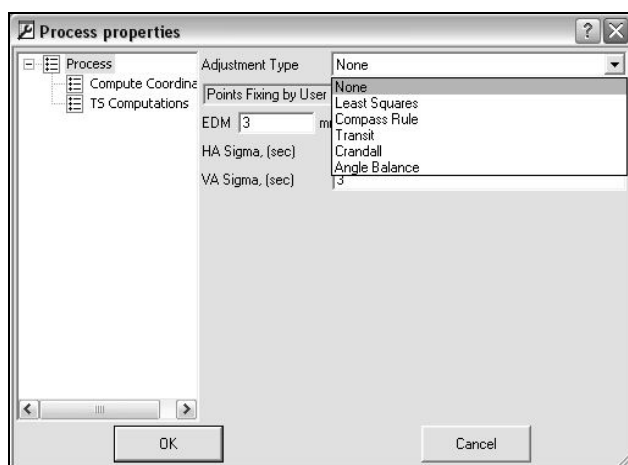


Slika 17: Grafični prikaz posnetka

Pomanjkljivost grafičnega prikaza je v tem, da vidimo posnetek samo iz ptičje perspektive (slika 17). Vidimo v smeri višinske komponente Z ravnino XY. Glede na to, da sta progama na inštrumentu TopSURV in podporni program Topcon Link takšne konfiguracije, da upoštevata in računata v 3D sistemu, bi lahko višinsko komponento vseboval tudi grafični prikaz. Iz programa Topcon Link lahko izvozimo točke na primer v *DXF* datoteko, ki jo potem odpremo v programu AvtoCAD. Tam lahko pregledamo posnetek v 3D obliki.

Programska oprema videotahimetra TopSURV ter podporni program Topcon Link imata zelo pregleden način shranjevanja meritev. Pri izvedbi več neodvisnih meritev na iste točke jih upoštevata v zaporedju. Prednost je tudi v grafičnem prikazu točk. Takoj ugotovimo, če katera točka odstopa in jo je potrebno popraviti.

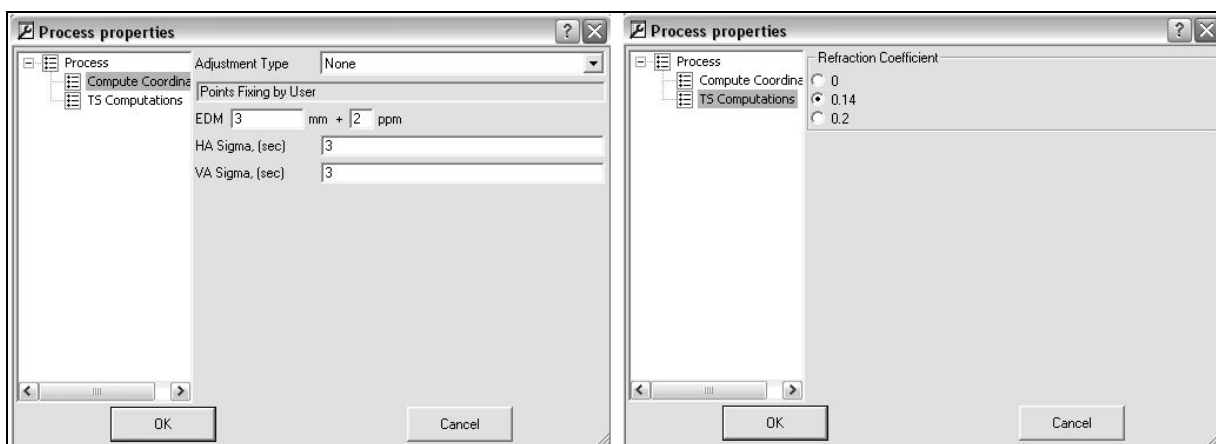
Pri opisu programa Topcon Link v poglavju 2.5 smo omenili, da je v tem programu mogoče izravnovati opazovanja. Izravnave nismo uporabili, saj nimamo nadštevlnih opazovanj, koordinate točk smo izračunali na osnovi polarne metode izmere. Izravnavo omenjamo zgolj kot možnost v programu. Topcon Link omogoča popravljanje podatkov, ki smo jih pozabili vnesti v inštrument ali smo jih vnesli narobe.



Slika 18: Nastavitve metode izračuna

Če na terenu pozabimo vnesti višino inštrumenta ali reflektorja, jo vnesemo naknadno v programu Topcon Link. V tem primeru popravimo samo želeno točko. Seveda tu ne govorimo o izravnavi točke, ampak o preprostemu izračunu, ki ga program ob ukazu izvede.

Pri točki, kjer smo se zmotili, popravimo višino inštrumenta ali višino reflektorja. Nato nastavimo način izračuna (slika 18). V orodni vrstici z miško označimo na *Process* → *Process Properties*, in odpre se okno, kjer nastavimo način izračuna (v tem primeru None) in vhodne a-priori natančnosti opazovanj. Nato v zavihku Points označimo točko, ki jo želimo popraviti in poženemo s klikom na *Process* → *Compute Coordinates* ali na tipko F8 na tipkovnici.



Slika 19: Ostale nastavitve

Podobno kot je napisano že v zgornjem odstavku izvedemo tudi izravnavo. Namesto metode None, v oknu *Process Properties* izberemo metodo Least Squares. Prav tako nastavimo a-priori ocene natančnosti, določimo tudi koeficient refrakcije (slika 19). Nato poženemo izravnavo.

Oslonilne točke, ki jih potrebujemo za izdelavo 3D modela izvozimo v CSV obliko datoteke. To naredimo s *File* → *Save as*. V pogovornem oknu, ki se odpre, določimo ime datoteke in v polju *Format name* poiščemo v sklopu *Coordinates* CSV obliko datoteke.

#### 5.4.1 Iskana točka 1002

Izračun koordinat točke 1002 je bil izveden že med izmero v programu TopSURV, ki je nameščen na videotahimetru. Predvidevamo, da so bile za izračun koordinat te točke upoštevane meritve vseh štirih girusov. Program je pri izračunu višine točke upošteval tudi višino inštrumenta na stojiščni točki in reflektorja na merjeni točki (preglednica 2).

Preglednica 2: Koordinate točke 1002, TopSURV

Točka	X [m]	Y[m]	H [m]
1001	100.000	100.000	10.000
1000	89.131	100.000	10.000
1002	<b>109.725</b>	<b>100.131</b>	<b>9.941</b>

Ker so možnosti nadzora in kontrole postopka določitve koordinat v programu TopSURV precej omejene, izvedemo neodvisno kontrolo.

Kontrolo izvedemo z izračunom koordinat točke 1002 na podlagi enačb polarne metode. Za potrebe izračuna horizontalne smeri vseh štirih girusov reduciramo, zenitnim razdaljam in poševnim dolžinam izračunamo aritmetično sredino. Rezultate podajajo preglednice 3, 4 in 5 v nadaljevanju.

Preglednica 3: Reducirane smeri in sredina girusov opazovanj horizontalne smeri izračunana v Trigonometričnem obrazcu 1Hz

Stojišče in vizura	Reducirane smeri 1. girus [° ' "]	Reducirane smeri 2. girus [° ' "]	Reducirane smeri 3. girus [° ' "]	Reducirane smeri 4. girus [° ' "]	Sredina girusov [° ' "]
1001-1000	0 00 00	0 00 00	0 00 00	0 00 00	0 00 00
1001-1002	179 13 45.5	179 13 54	179 13 54	179 13 47.5	<b>179 13 50.3</b>

Preglednica 4: Zenitne razdalje za posamezni girus in sredina zenitnih razdalj izračunana v Trigonometričnem obrazcu 1V

Stojišče in vizura	Računana zenitna razdalja 1. girus [° ' "]	Računana zenitna razdalja 2. girus [° ' "]	Računana zenitna razdalja 3. girus [° ' "]	Računana zenitna razdalja 4. girus [° ' "]	Sredina zenitnih razdalj [° ' "]
1001-1002	89 57 47	89 57 58	89 57 49	89 57 45	<b>89 57 49.8</b>

Preglednica 5: Aritmetične sredine poševnih dolžin posameznih girusov in aritmetična sredina dolžin

Stojišče in vizura	Sredina dolžine 1. girus [m]	Sredina dolžine 1. girus [m]	Sredina dolžine 1. girus [m]	Sredina dolžine 1. girus [m]	Skupna sredina dolžine [m]
1001-1002	9.7250	9.7255	9.7260	9.7260	<b>9.7260</b>

#### 5.4.1.1 Izračun koordinat nove točke 1002

Za izračun koordinat točke 1002 smo uporabili enačbe polarne metode (enačbe 5.1, 5.2, 5.3).

$$X_{1002} = X_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.1)$$

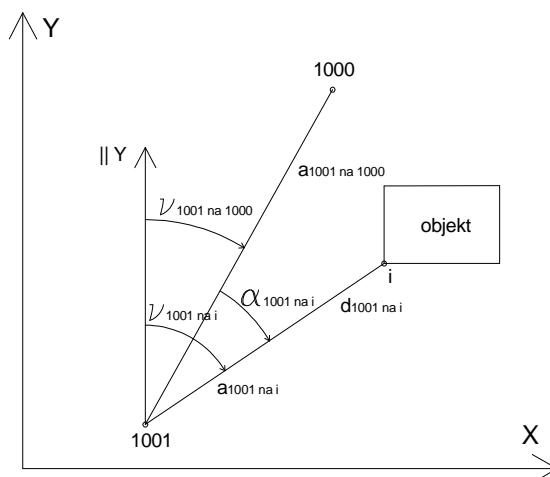
$$Y_{1002} = Y_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.2)$$

$$H_{1002} = H_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \cos z_{1001}^{1002} + i - l \quad (5.3)$$

- Dano: 1001 (stojišče), 1000 (orientacija).
- Merjeno:  $a_{1001}^{1000}$ ,  $a_{1001}^{1002}$ ,  $d_{1001}^{1002}$ ,  $z_{1001}^{1002}$ , višina inštrumenta –  $i$ , višina reflektorja –  $l$ ,
  - $a_{1001}^{1002}$  sredina reduciranih horizontalnih smeri,

- $z_{1001}^{1002}$  sredina zenitnih razdalj vseh girusov,
- $d_{1001}^{1002}$  aritmetična sredina poševnih dolžin.

– Računano: 1002 (X, Y, H).



Slika 20: Polarna metoda izmere

#### 5.4.1.2 Določitev natančnosti koordinat točke 1002

Določiti želimo standardno deviacijo koordinat točke 1002. Uporabili smo zakon o prenosu varianc in kovarianc. Izhajali smo iz enačb polarne metode za določitev koordinat. V tem primeru ni uporabljen matrični izračun, ker neznanke med seboj niso korelirane. Enačbe, ki smo jih uporabili za izračun nove točke 1002 odvajamo po neznankah, odvode nato kvadriramo in jih pomnožimo s pripadajočimi variancami (enačbe 5.5, 5.8, 5.11).

– Računano:  $\sigma_{T1002} (\sigma_{X1002}, \sigma_{Y1002}, \sigma_{H1002})$ .

Izpeljava enačb za določitev natančnosti koordinat točke 1002 je opisana v enačbah od 5.4 do 5.13.

Koordinata X:

$$X_{1002} = X_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.4)$$

$$\sigma_{X_{1002}}^2 = \left( \frac{\partial X_{1002}}{\partial d_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial X_{1002}}{\partial z_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial X_{1002}}{\partial \alpha_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial X_{1002}}{\partial \alpha_{1001}^{1000}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{X_{1002}}^2 &= \sigma_{X_{1001}}^2 + \left( \sin z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^{1002} \cdot \cos z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1002}}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \end{aligned} \quad (5.6)$$

Koordinata Y:

$$Y_{1002} = Y_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.7)$$

$$\sigma_{Y_{1002}}^2 = \left( \frac{\partial Y_{1002}}{\partial d_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial Y_{1002}}{\partial z_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial Y_{1002}}{\partial \alpha_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial Y_{1002}}{\partial \alpha_{1001}^{1000}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Y_{1002}}^2 &= \sigma_{Y_{1001}}^2 + \left( \sin z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \\ &\left( d_{1001}^{1002} \cdot \cos z_{1001}^{1002} \cdot \cos(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \\ &\left( d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1002}}^2 + \\ &\left( d_{1001}^{1002} \cdot \sin z_{1001}^{1002} \cdot \sin(\alpha_{1001}^{1002} - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \end{aligned} \quad (5.9)$$

Koordinata H:

$$H_{1002} = H_{1001} + d_{1001}^{1002} \cdot \cos z_{1001}^{1002} + i - l \quad (5.10)$$

$$\sigma_{H_{1002}}^2 = \left( \frac{\partial H_{1002}}{\partial d_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial H_{1002}}{\partial z_{1001}^{1002}} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \left( \frac{\partial H_{1002}}{\partial i} \right)^2 \cdot \sigma_i^2 + \left( \frac{\partial H_{1002}}{\partial l} \right)^2 \cdot \sigma_l^2 \quad (5.11)$$

$$\sigma_{H_{1002}}^2 = \sigma_{H_{1001}}^2 + \left( \cos z_{1001}^{1002} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^{1002}}^2 + \left( d_{1001}^{1002} \sin z_{1001}^{1002} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^{1002}}^2 + \sigma_i^2 + \sigma_l^2 \quad (5.12)$$

Skupna natančnost točke 1002:

$$\sigma_{T1002} = \sqrt{\sigma_{X1002}^2 + \sigma_{Y1002}^2 + \sigma_{H1002}^2} \quad (5.13)$$

Točko 1001 upoštevamo kot absolutno natančno, saj predstavlja izhodišče lokalnega koordinatnega sistema. Kotne in dolžinske standardne deviacije privzamemo od proizvajalca inštrumenta. Določimo natančnost, s katero smo ocenili višino inštrumenta in prizme:

- natančnost merjene dolžine, ki znaša za kratke dolžine do 25m, merjene z reflektorjem:

$$\sigma_d = \sqrt{3mm^2 + 2ppm^2 \cdot D_{[km]}^2}, \quad (5.14)$$

- natančnost merjenih horizontalnih smeri in zenitnih razdalj:  $\sigma_{H_z, V} = 3''$ ,
- natančnost določitve višine inštrumenta in reflektorja:  $\sigma_{i, l} = 1mm$ .

### 5.4.1.3 Rezultati

Preglednica 6: Izračunane koordinate točke 1002 po polarni metodi

Točka	X [m]	Y[m]	H [m]
1002	<b>109.725</b>	<b>100.131</b>	<b>9.941</b>

Neodvisen izračun koordinat nove točke 1002 poda enake rezultate, kot smo jih predhodno pridobili na podlagi opazovanj s programom TopSURV na inštrumentu. Rečemo lahko, da so bile za izračun koordinat nove točke upoštevane vse meritve na novo točko.

Preglednica 7: Natančnost koordinat točke 1002 in skupna natančnost

Natančnost	$\sigma_X$ [m]	$\sigma_Y$ [m]	$\sigma_H$ [m]
	<b>0.0030</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0014</b>
$\sigma_T$ [m]	<b>0.0033</b>		



## 5.4.2 Oslonilne in kontrolne točke na objektu

Oslonilne in kontrolne točke na zajetem objektu so bile merjene s polarno metodo. Program TopSURV na inštrumentu avtomatsko izračuna koordinate teh točk, pri tem upošteva meteorološke korekcije ter geometrične popravke, kar se nanaša na merjene dolžine.

Točke na fasadi so bile merjene iz dveh stojišč, iz točk 1001 in 1002, meritve iz stojišča 1002 so služile za kontrolo, če iz stojišča 1001 ne bi bilo mogoče izmeriti vseh točk.

Kontrolne in oslonilne točke smo zajeli iz vsakega stojišča (1001 in 1002) enkrat. Za nadaljnjo obdelavo, torej za izdelavo 3D modela, uporabimo oslonilne točke, ki smo jih posneli iz stojišča 1001. Točke posnete iz stojišča 1002 so služile za kontrolo. Ker je 1001 stojišče dano, so točke zajete iz tega stojišča natančneje določene, kot točke posnete iz stojišča 1002, katerega položaj je bil določen na osnovi uporabljenih meritev.

### 5.4.2.1 Določitev natančnosti koordinat oslonilnih točk

Določiti moramo natančnost koordinat oslonilnih točk, saj je to vhodni podatek za izdelavo 3D modela fasade v programu PI-3000.

Izhajali smo iz enačb polarne metode za določitev koordinat teh točk, enako kot pri točki 1002. Računamo natančnost vsake posamezne oslonilne točke. Ker nas zanima povprečna natančnost določitve točk, smo za izračun uporabili sredino natančnosti vseh oslonilnih točk (enačbe 5.18, 5.22, 5.26). Izpeljava enačb za določitev natančnosti koordinat oslonilnih točk je opisana v enačbah od 5.15 do 5.26.

- Dano: 1001 (stojišče), 1000 (orientacija).
- Merjeno:  $a_{1001}^{1000}$ ,  $a_{1001}^i$ ,  $d_{1001}^i$ ,  $z_{1001}^i$ , višina inštrumenta –  $i$ , (točke so na objektu na dejanski višini, zato ni upoštevana višina reflektorja).
- Računano:  $\sigma_{Ti}$  ( $\sigma_{Xi}, \sigma_{Yi}, \sigma_{Hi}$ ).

Koordinata Xi:

$$X_i = X_{1001} + d_{1002}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \sin(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.15)$$

$$\sigma_{X_i}^2 = \left( \frac{\partial X_i}{\partial d_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial X_i}{\partial z_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial X_i}{\partial \alpha_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial X_i}{\partial \alpha_{1001}^{1000}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \quad (5.16)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{X_i}^2 &= \sigma_{X_{1001}}^2 + \left( \sin z_{1001}^i \cdot \sin(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \cos z_{1001}^i \cdot \sin(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \cos(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \cos(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \end{aligned} \quad (5.17)$$

$$\sigma_X = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sigma_{X_i}}{10} ; \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.18)$$

Koordinata Yi:

$$Y_i = Y_{1001} + d_{1001}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \cos(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \quad (5.19)$$

$$\sigma_{Y_i}^2 = \left( \frac{\partial Y_i}{\partial d_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial Y_i}{\partial z_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial Y_i}{\partial \alpha_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial Y_i}{\partial \alpha_{1001}^{1000}} \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \quad (5.20)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Y_i}^2 &= \sigma_{Y_{1001}}^2 + \left( \sin z_{1001}^i \cdot \cos(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \cos z_{1001}^i \cdot \cos(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \sin(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^i}^2 + \\ &+ \left( d_{1001}^i \cdot \sin z_{1001}^i \cdot \sin(\alpha_{1001}^i - \alpha_{1001}^{1000} + \nu_{1001}^{1000}) \right)^2 \cdot \sigma_{\alpha_{1001}^{1000}}^2 \end{aligned} \quad (5.21)$$

$$\sigma_Y = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sigma_{Y_i}}{10} ; \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.22)$$

Koordinata  $H_i$ :

$$H_i = H_{1001} + d_{1001}^i \cdot \cos z_{1001}^i + i \quad (5.23)$$

$$\sigma_{H_i}^2 = \left( \frac{\partial Y_i}{\partial d_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial Y_i}{\partial z_{1001}^i} \right)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \left( \frac{\partial Y_i}{\partial i} \right)^2 \cdot \sigma_i^2 \quad (5.24)$$

$$\sigma_{H_i}^2 = \sigma_{H_{1001}}^2 + (\cos z_{1001}^i)^2 \cdot \sigma_{d_{1001}^i}^2 + (d_{1001}^i \sin z_{1001}^i)^2 \cdot \sigma_{z_{1001}^i}^2 + \sigma_i^2 \quad (5.25)$$

$$\sigma_H = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sigma_{H_i}}{10} ; \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.26)$$

Tudi tu točko 1001 upoštevamo kot absolutno natančno. Kotne in dolžinske standardne deviacije privzamemo od proizvajalca inštrumenta. Določimo natančnost, s katero smo ocenili višino inštrumenta:

- natančnost merjene dolžine, ki znaša za dolžine od 1.5m naprej, merjene brez reflektorja:  $\sigma_d = 5mm$ ,
- natančnost merjenih horizontalnih smeri in zenitnih razdalj:  $\sigma_{H_z, V} = 3''$ ,
- natančnost določitve višine inštrumenta:  $\sigma_i = 1mm$ .

Iz preglednice 8 razberemo nekoliko slabšo natančnost v smeri koordinatne osi Y glede na X os in višino H. Y os je postavljena v smeri objekta glede na stojiščno točko 1001, ki predstavlja koordinatno izhodišče. V tej smeri so bile merjene dolžine na objekt.

Preglednica 8: Natančnost oslonilnih točk






Oslonilne točke:	$\sigma_X$ [m]	$\sigma_Y$ [m]	$\sigma_H$ [m]
OT01	0.0028	0.0042	0.0010
OT03	0.0028	0.0041	0.0011
OT10	0.0006	0.0050	0.0011
OT12	0.0006	0.0050	0.0010
OT15	0.0005	0.0050	0.0012
OT17	0.0005	0.0048	0.0018
OT20	0.0011	0.0048	0.0017
OT22	0.0013	0.0048	0.0012
OT25	0.0021	0.0045	0.0010
OT27	0.0021	0.0045	0.0011
Srednja natančnost:	<b>0.0014</b>	<b>0.0047</b>	<b>0.0012</b>
$\sigma_T$ [m]	<b>0.0050</b>		

Izračunana povprečna natančnost koordinat oslonilnih točk zadostuje natančnosti, ki je potrebna za izdelavo 3D modela.

## 5.5 Obdelava podatkov v programu PI-3000

V tem poglavju je opisan postopek izdelave 3D modela objekta. 3D model smo izdelali s pomočjo programa PI-3000, ki smo ga okvirno že predstavili v poglavju 4.2 Delovanje programa Pi-3000. Pri postopku izdelave smo si pomagali s priročnikom programa.

Izdelava 3D modela se izvaja v štirih korakih:

1. vnos podatkov in izdelava stereoparov – poteka v delovnem oknu *Main Screen*, ki ga najdemo pod bližnjico  v orodni vrstici,
2. izvedba zunanje orientacije – poteka v delovnem oknu *Orientation screen* ,
3. 3D meritve na stereoparih – poteka v delovnem oknu *Stereo Screen* ,
4. izdelava TIN mreže in teksture modela – poteka deloma v oknu *Stereo Screen* , deloma v oknu *Model Screen* .



Med izdelavo 3D modela prosto preklapljamo med temi okni, saj lahko služijo za sprotno preverjanje izdelka.

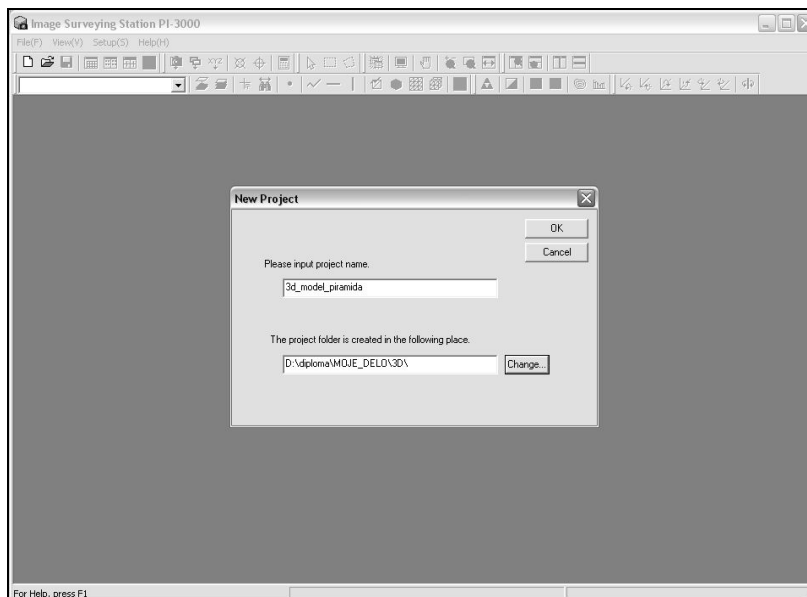
### 5.5.1 Vnos podatkov

Po odprtju programa najprej definiramo nov projekt. To naredimo s klikom na *File* → *New*. V pogovornem oknu, ki se ob tem odpre, nastavimo ime projekta in pot do želene mape na disku računalnika, kamor naj se projekt shrani (slika 21). Ob odprtju novega projekta naredi program mapo z imenom projekta, v to mapo pa shranjuje vse rezultate. Pomembna datoteka v tej mapi je datoteka *PI4*, ki je delovna datoteka programa. Ko projekt shranimo in zapremo, ga ponovno odpremo z uvozom te datoteke v program.

Pri vnosu podatkov uporabljamo naslednje bližnjice v orodni vrstici:

-  *Load 3D Data File* – vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk,

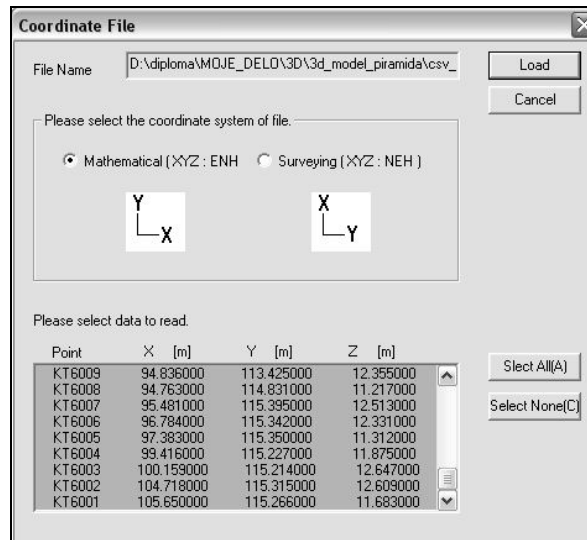
-  *Register Image* – vnos podob v program,
-  *Register Stereo Pair* – izdelava stereoparov.



Slika 21: Nastavitev novega projekta v programu PI-3000

Odpre se glavno delovno okno *Main Screen*. V tem oknu bodo prikazani podatki o točkah in podobah, ki jih vnesemo v projekt, o stereoparih, ki jih nastavimo, o poligonih, ki jih izdelamo...

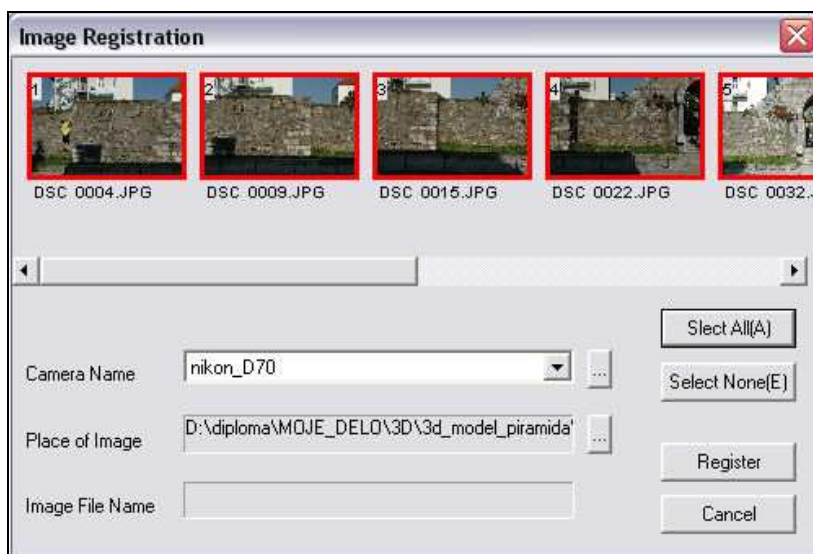
Najprimernejša oblika datoteke za vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk, je datoteka s končnico *CSV*. V to obliko datoteke izvozimo točke iz programa Topcon Link. To vrsto datoteke po potrebi urejamo s programom Microsoft Office Excel. Za vnos v program PI-3000 podatkov v datoteki ni potrebno prirejati ali popravljati. V datoteki je najprej navedeno ime točke, nato X, Y in Z koordinate točke. Podatki so razmejeni z vejico. Pripravimo si podobe s katerimi izdelamo stereopare. Vhodni podatek je tudi kalibracijsko poročilo, datoteka *CMR*, ki smo jo pridobili po kalibraciji s programom PI-Calib. Datoteko s točkami, kalibracijsko poročilo in mapo s podobami si predhodno shranimo v delovno mapo, ki jo z novim projektom naredi program, preprosto zato, da so vsi podatki na enem mestu.



Slika 22: Vnos koordinat točk v program PI-3000

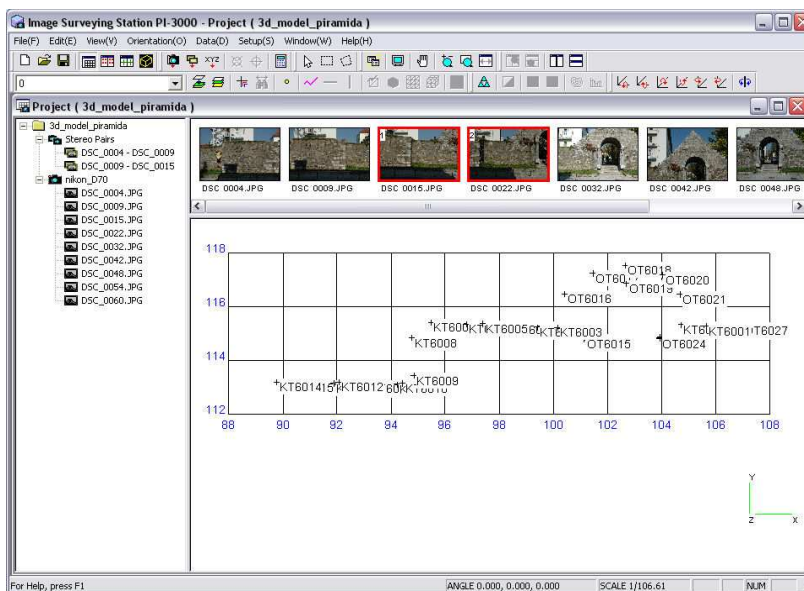
S klikom na bližnjico *Load 3D Data File* se odpre okno za vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk (slika 22). V oknu poiščemo pot do datoteke *CSV* s točkami in jo odpremo. Odpre se novo okno *Coordinat File*, v katerem nastavimo koordinatni sistem, v tem primeru matematični sistem *XY*, ker smo meritve izvedli v lokalnem koordinatnem sistemu. V spodnjem delu okna lahko pregledamo točke, uvozimo jih z ukazom *Load*.

Podobe vnesemo s pomočjo bližnjice *Regsiter Image*. Poiščemo mapo v kateri so shranjene podobe, nato izberemo *Select*. Počakamo nekaj trenutkov, da se podobe naložijo. Odpre se novo okno, v katerem pregledamo podobe, ki jih uvozimo (slika 23). Tu dodamo tudi kalibracijsko poročilo, in sicer ga poiščemo ter dodamo v polju *Camera Name*. Preden uvozimo podobe, jih izberemo. Izberemo ali vse - *Select all* ali samo določene podobe, s klikom nanje. Izbrane podobe se obarvajo rdeče. Uvozimo jih s klikom na *Register*. Program nas vpraša, če želimo uvoziti podobe v delovno mapo, kar potrdimo s klikom na *OK*.



Slika 23: Vnos slik v program PI-3000

Na levi strani glavnega delovnega okna *Main screen* je v drevesni strukturi prikazan seznam podob, v zgornji strani okna prikaz slik, v sredini okna pa koordinatni sistem z vnesenimi točkami in mrežo (slika24).



Slika 24: Glavno delovno okno s podatki

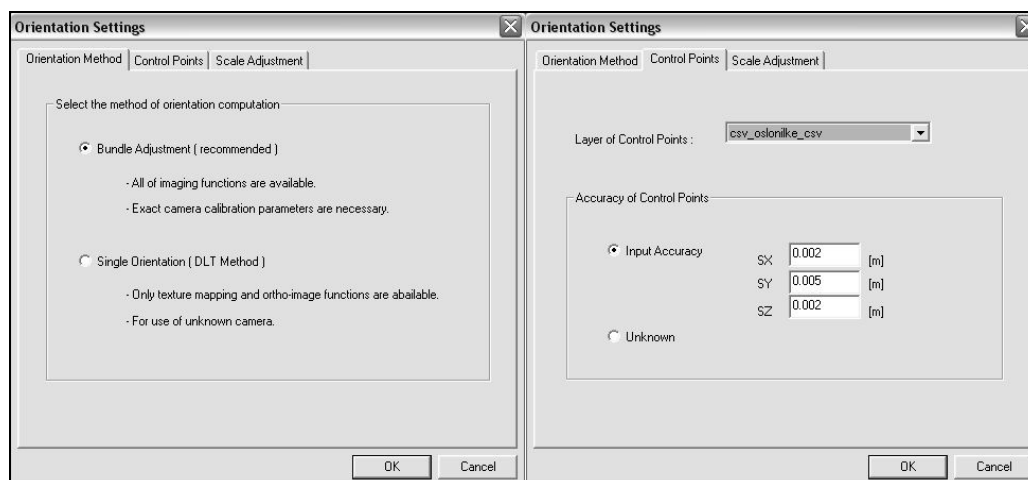


Sledi izdelava stereoparov. Kot je razvidno na sliki 24, je seznam stereoparov prav tako prikazan na levi strani glavnega delovnega okna. Stereopare določimo z izborom prikazanih podob na zgornji strani okna. Najprej označimo podobo, ki prikazuje levi posnetek, nato označimo podobo, ki prikazuje desni posnetek. Leva podoba dobi oznako 1, desna pa oznako 2, obe se obarvata rdeče. Stereopar registriramo z izbiro bližnjice *Register Stereo Pair* v orodni vrstici. Z registriranjem se nov stereopar doda seznamu na levi strani. Enako naredimo za vse stereopare, ki jih želimo izdelati.

V program smo uvozili sedem podob fasade piramide in dve podobi kupole piramide, skupaj 9 podob. Ker je fasada zajeta v bloku posnetkov, smo tvorili stereopare: 1f-2f, 2f-3f, 3f-4f, 4f-5f, 5f-6f, 6f-7f (1f – prva podoba fasade itn.). Za kupolo smo tvorili en stereopar: 1k-2k (1k – prva podoba kupole itn.). Skupaj je sedem stereoparov.

### 5.5.2 Izvedba zunanje orientacije




Pred začetkom zunanje orientacije uredimo nastavitve orientacije. Izberemo *Orientation* → *Orientation Setup*. Odpre se okno *Orientation Settings*. V prvem zavihku *Orientation Method* nastavimo metodo zunanje orientacije, v tem primeru Blokovna izravnava. V drugem zavihku *Control Points* nastavimo sloj, v katerem operiramo z oslonilnimi točkami – program poda ime vhodne datoteke točk, zato tega ni potrebno spreminjati. Dodamo natančnosti, s katerimi smo določili koordinate oslonilnih točk (slika 25).



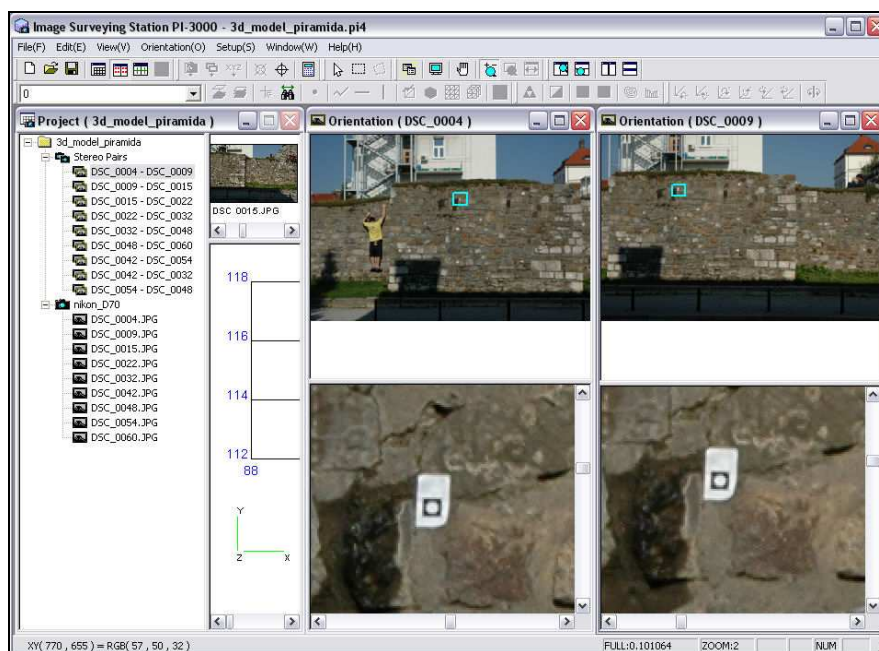
Slika 25: Nastavitve orientacije

Postopek zunanje orientacije začnemo tako, da izberemo prvi stereopar iz drevesnega seznama na levi strani delovnega okna in izberemo ikono *Orientation screen* v orodni vrstici. Odpreta se dve okni za izvedbo zunanje orientacije, ki prikazujeta obe podobi stereopara, zgoraj celo podobo in spodaj detajl podobe, ki je na zgornji podobi označen z modrim okvirjem (slika 26).

Pri zunanji orientaciji uporabljamo naslednje bližnjice v orodni vrstici:

-  *Zoom* – povečava,
-  *Plot Image Coordinate* – definiranje slikovnih koordinat točk,
-  *Calculate Orientation* – izračun orientacije.

Preden začnemo z meritvami na oslonilne in vezne točke moramo vedeti, katero točko na objektu obravnavamo, saj se ne smemo zmotiti in uporabiti koordinate katere druge točke.

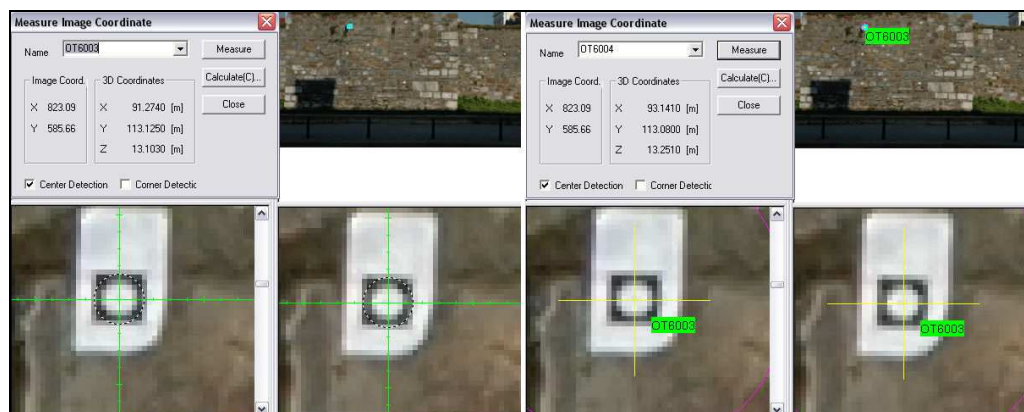


Slika 26: Pogled na okna za izvedbo orientacije

Merimo oslonilne in vezne točke. Točke iščemo v zgornjem oknu. Najprej povečamo mesto točke na zgornji podobi, nato še na spodnji, do takšne velikosti, kot se zdi primerna. Pri uporabi povečala »klikamo« z levo tipko miške, če želimo sliko povečati in z desno tipko miške, če jo želimo pomanjšati. Nato poiščemo funkcijo *Plot Image Koordinate*, s katero odpremo okno *Mesure Image Koordinate*. V spodnjem delu okna označimo ukaz *Center Detection*. To je funkcija, ki omogoča avtomatsko iskanje centra okrogle tarče. S kurzorjem miške se postavimo najprej v bližino centra tarče na levi sliki in ga označimo. Nato ga označimo še na desni sliki. Če je center tarče samodejno zaznan, se okrog tarče pojavi črtkan krog. Če ukaz centra tarče ne zazna, program to javi in center tarče je potrebno poiskati ročno. Ta metoda je dosti hitrejša od ročnega iskanja centra tarče, potrebno pa je imeti tarče, katerih rob je resnično dobro definiran na podobi.

Po določitvi centrov obeh točk poiščemo v oknu *Maesure Image Koordinate* ime oslonilne točke, ki smo jo merili in potrdimo z *Measure*. Če merimo vezno točko brez terenskih koordinat, je v seznamu ne iščemo, dodamo ji ime in jo izmerimo. Izmerjenim točkam se na sliki doda ime

točke, ki je označeno z zeleno (slika 27). Oslonilne točke so obkrožene z vijoličnim krogcem. Tako naredimo za vseh šest točk na stereoparu.



Slika 27: Točka pred in po izmeri

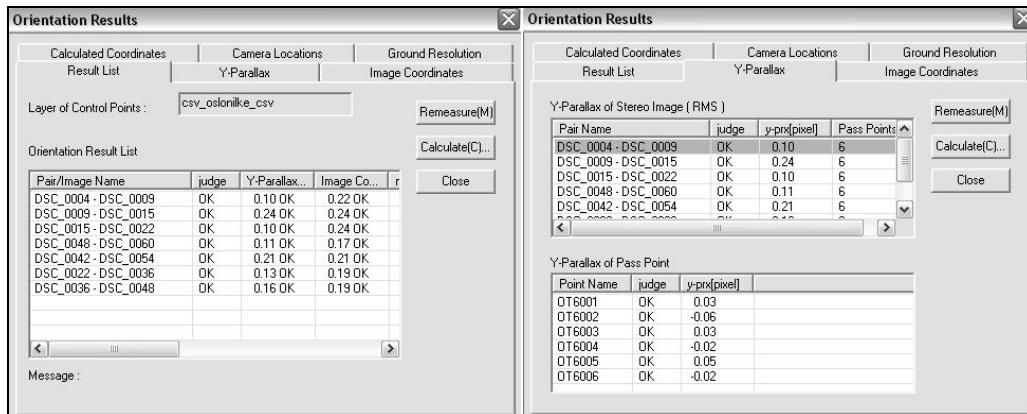
Po zaključku meritev na enem stereoparu, se vrnemo v glavno delovno okno, izberemo nov stereopar in ponovimo postopek. Med preklopom meritev iz merjenega na nov stereopar nas program sproti obveščila o shranjevanju meritev. Enak postopek ponovimo za vse stereopare. Po končanem merjenju oslonilnih in veznih točk pregledamo vse stereopare. Na posameznem stereoparu mora biti zeleno označenih vsaj šest točk. Ko je to izpolnjeno, izvedemo izračun zunanje orientacije.

### 5.5.2.1 Izračun in kontrola zunanje orientacije

Izračun zunanje orientacije izvedemo z izbiro bližnjice *Calculate Orientation*. Odpre se okno *Orientation Results*, kjer preverimo rezultate orientacije.

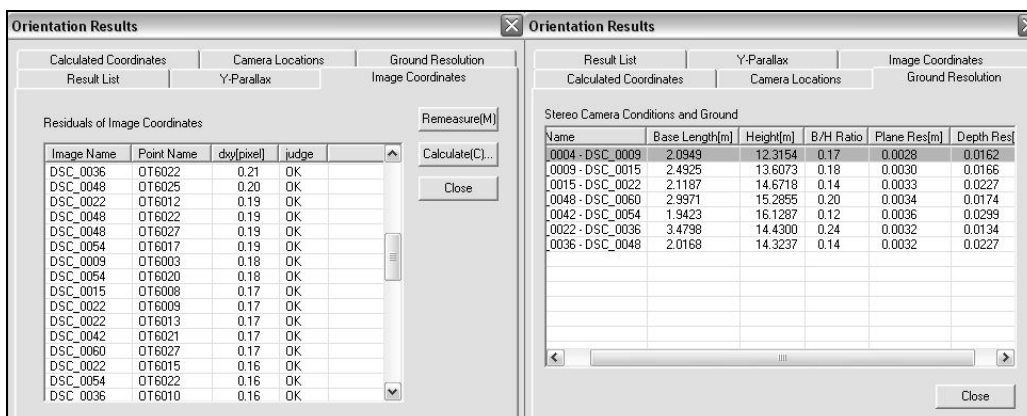
V prvem zavihku *Result List* so podani rezultati obdelave stereoparov (slika 28). Če piše v stolpcu *Judge OK*, je natančnost orientacije do 1 piksla. Če je to mesto prazno, potem natančnost orientacije ni zadovoljiva. Če piše na tem mestu NG, potem izračun orientacije ni bil korektno izveden.

V drugem zavihku *Y-Parallax* (slika 28) so pod *Y-Parallax of Stereo Image (RMS)* zapisane standardne deviacije vertikalne paralakse za vsak stereopar posebej, pod *Y-Parallax of Pass Point* pa napake vertikalne paralakse za posamezno točko v stereoparu. V stolpcu Judge mora prav tako povsod pisati OK.



Slika 28: Rezultati zunanje orientacije – rezultati obdelave stereoparov in vertikalne paralakse

Tretji zavihek *Image Coordinates* (slika 29) podaja seznam vseh točk posameznih slik in popravke slikovnih koordinat. Poleg vsake oslonilne točke mora biti v stolpcu *Judge* napis OK. Če tega napisa ni pri kateri od oslonilnih točk, potem to točko ponovno izmerimo, kar izvedemo z ukazom *Remesure* na desni strani okna. Po ponovni izmeri točke uporabimo ukaz *Calculate*, kjer ponovno izračunamo orientacijo.



Slika 29: Rezultati zunanje orientacije – slikovne koordinate in prostorska ločljivost

Četrti zavihek *Ground Resolution* (slika 29) podaja posamezne stereopare in podatek o razdalji baze, torej razliko med levim in desnim posnetkom – *Base Length*, povprečno razdaljo med levo pozicijo kamere in objektom – *Height*, razmerje med prej omenjenima podatkom – *B/H Ratio*, ploskovno ločljivost in globinsko ločljivost.

Peti zavihek *Camera Locations* (slika 30) podaja položaje kamer za posamezni posnetek v času snemanja, torej rezultate zunanje orientacije.

V šestem zavihku *Calculated Coordinates* (slika 30) je seznam izravnanih koordinat oslonilnih in veznih točk, ki so bile uporabljene v blokovni izravnavi, z odstopanji za vsako koordinato posebej, skupnim največjim odstopanjem in standardno deviacijo. Natančnost koordinat izravnanih točk je manj kot milimeter. Poudarimo naj, da so bili večinoma vsi centri tarč točk, ki smo jih uporabili v izravnavi, določeni na podlagi funkcije avtomatske določitve centra.

The screenshot shows two windows of the 'Orientation Results' software. The left window displays 'Camera Positions and Angles' with a table of camera data. The right window displays 'Calculated Coordinates and Residuals' with a table of point data.

Image Name	Xo [m]	Yo [m]	Zo [m]	omega[deg]	phi [deg]	kappa[deg]
*SC_0004	91.5394	100.8448	11.5072	-93.602	-0.092	-3.352
*SC_0009	93.6878	100.6819	11.5329	-91.987	0.305	-2.817
*SC_0015	96.1801	100.7106	11.5392	-90.711	0.316	-2.778
*SC_0022	98.2988	100.7035	11.5345	-90.802	-0.279	-2.495
*SC_0042	101.7920	100.4452	11.4657	-103.029	-0.928	-1.242
*SC_0048	103.6792	99.8774	11.4272	-93.462	0.802	-0.971
*SC_0054	103.6290	99.8143	11.4546	-102.393	-0.598	-0.428
*SC_0060	106.6703	100.0456	11.3436	-92.980	-0.399	-3.308
*SC_0096	101.7722	100.5338	11.4115	-92.515	0.399	-3.337

Point Name	X [m]	Y [m]	Z [m]	Dx [m]	DY [m]	DZ [m]
DT6001	91.1827	113.1486	11.2623	-0.0003	-0.0004	0.0003
DT6002	91.2171	113.1458	12.2193	0.0001	-0.0002	0.0003
DT6003	91.2736	113.1252	13.1026	-0.0004	0.0002	-0.0004
DT6004	93.1407	113.0798	13.2509	-0.0003	-0.0002	-0.0001
DT6005	93.0899	113.1131	12.2160	0.0009	0.0001	0.0000
DT6006	93.1008	113.1459	11.2788	-0.0002	-0.0001	-0.0002
DT6007	96.0198	115.3757	11.1704	0.0008	-0.0003	0.0004
DT6008	96.0391	115.3714	12.1860	0.0001	0.0004	0.0000
DT6009	96.0848	115.3839	12.9340	-0.0002	-0.0001	0.0000

Slika 30: Rezultati zunanje orientacije – pozicije kamere in izračunane koordinate

Funkcija avtomatske določitve centra tarče omogoča veliko bolj točno določitev centra, kot je ročna določitev. To dejstvo precej doprinese k dobrim rezultatom. Za dobre rezultate je zelo pomembna pravilna razporeditev oslonilnih in veznih točk na posnetkih, korektno izvedene meritve na točke ter pravilno narejena kalibracija oziroma notranja orientacija kamere.

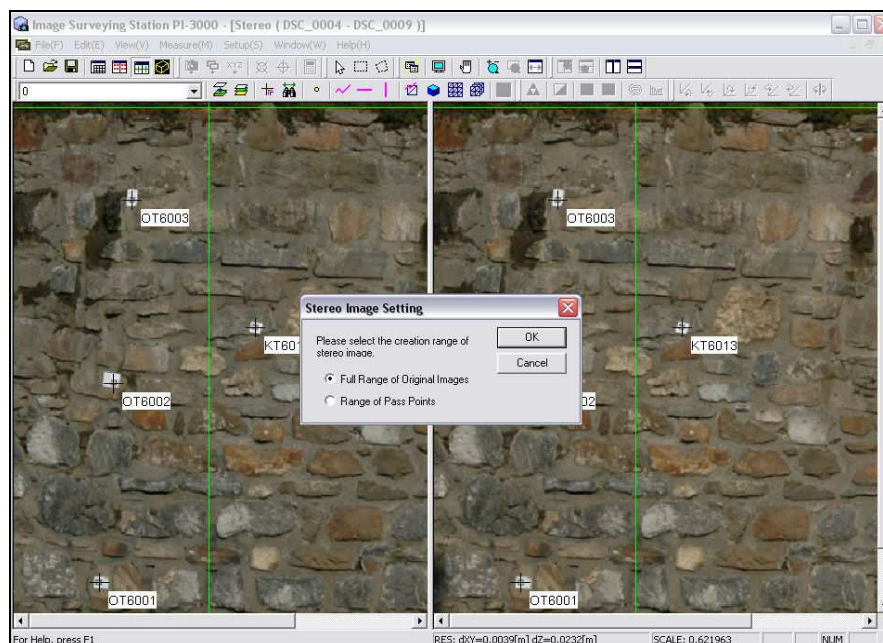
Zavihka *Camera Locations* in *Calculated Coordinates* imata možnost izvoza rezultatov izravnave v datoteko. Rezultate izvozimo v *CSV*, *TXT* ali *SIM* obliko datoteke. Datoteke se brez določitve druge lokacije na disku shranijo v mapo projekta.

### 5.5.3 3D meritve podob

Po izvedeni zunanji orientaciji sledi 3D merjenje podob, merjenje globine na podobah. Meritve izvajamo na stereoparu, istočasno na obeh podobah. Prva možnost je, da merimo brez uporabe polarizacijskih očal, leva podoba je na levi strani monitorja, desna podoba na desni strani. Druga možnost je merjenje z uporabo polarizacijskih očal na 3D načinu prikaza stereopara.

Meritve se izvajajo v treh korakih:

1. 3D meritev oslonilnih točk na objektu,
2. vris poligonov, kjer se spremeni globina objekta,
3. oris objekta – izris poligona za celotni objekt.








Slika 31: Stereo prikaz in nastavitve

Izberemo prvi stereopar in na namizju poiščemo ikono *Stereo Screen*. Pojavita se leva in desna podoba stereopara. Nato izberemo *Setup* → *Stereo Image Setup*. Nastavitve podajo dve možnosti: prva možnost je prikaz podob stereopara v celotni velikosti, druga možnost pa prikaz podob le v obsegu oslonilnih točk na podobah. Izbrali smo prvo možnost *Full Range of Original Images*, saj druga možnost *Range of Pass Points* ne zajame celega objekta. Program nato podobe stereopara deformira v takšnem obsegu, da na obeh podobah stereopara oslonilne točke sovpadajo. Ta proces traja nekaj trenutkov. Postopek se samodejno izvede ob prvem odprtju ostalih stereoparov.

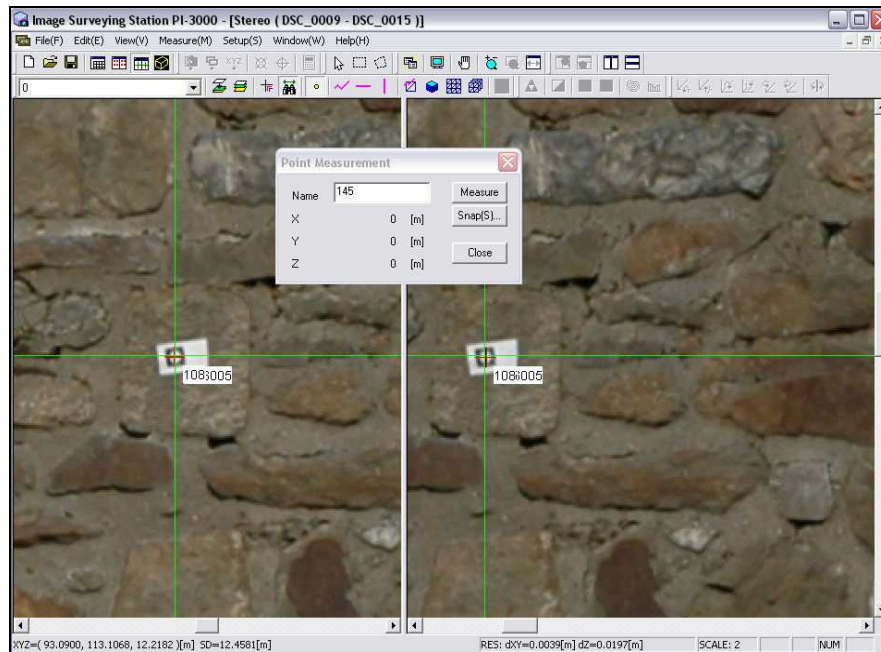
Za merjenje s polarizacijskimi očali nastavimo nastavitve za 3D prikaz. Izberemo *Setup* → *Adjust 3D Display*. Prikaže se rumeno zelen ekran z obvestilom, ki ga samo potrdimo. Poda tudi možnost zamenjave levega in desnega posnetka.

Ukazi in bližnjice:

- preklon med 3D načinom in navadnim načinom pogleda → tipka d,
- točko ali lomno točko poligona potrdimo → levi klik miške,
- nastavitve globine → premikanje kolesčka na miški ali smernih tipk levo/desno na tipkovnici,
- avtomatska korelacija → klik na srednjo tipko miške – navadno na kolesček,
- preklapljanje med stereopari → tipki Page Up/ Page Down (uporabno pri merjenju poligonov, ko detajl zavzema več stereoparov),
- povečava → povečalo najdemo v orodni vrstici ali lažje z numeričnimi tipkami na tipkovnici 1, 2, 3, 4 (1 - manjša povečava, 4 - največja povečava),
-  *Add Layer* – dodajanje novega sloja,
-  *Layer Setting* – urejanje ostalih slojev,
-  *Point Measurement* – 3D meritve točk na objektu,
-  *Polyline* – izdelava poligonov na objektu,
-  *Select* – izbira ustreznega objekta (točka, poligon, TIN mreža...).



### 5.5.3.1 3D meritve točk

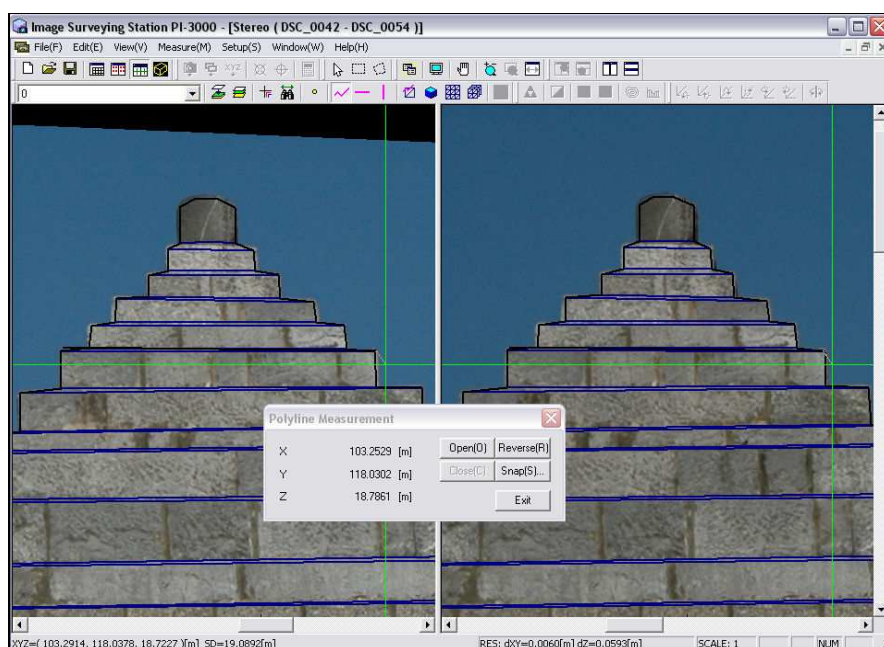


Slika 32: Prikaz meritev točk

Meritve potekajo v obeh načinih (3D in navadni pogled) enako. Nastavimo nov sloj, na primer *3D točke*. Meritve pričnemo z ukazom *Point Measurement*. Odpre se okno *Point Measurement* s pomočjo katerega izvedemo meritve točk (slika 32). V oknu najprej nastavimo ime točke, na primer od 101 naprej. Za vsako novo točko program poda naslednjo številko. Kurzor na levem posnetku nastavimo na točko, mu na desnem posnetku popravimo globino, torej ga poravnamo desno ali levo na isto točko. Uporabimo lahko tudi avtomatsko korelacijo. Najprej točko označimo z miško, nato uporabimo ukaz *Point Measurement* → *Mesure*. Tako izmerimo oslonilne točke na vseh stereoparih.

### 5.5.3.2 Vris poligonov

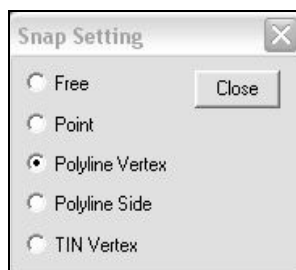
Za poligone si ponovno nastavimo nov sloj, na primer *3D poligoni*. S poligoni označimo detajle objekta, kjer se v naravi objektu spremeni globina. Paziti je potrebno, da je globina lomnih točk poligona dobro določena, saj 3D model sicer ne bo pravilne oblike. Ker vidimo na stereoparu samo v dveh dimenzijah, si pomagamo z glavnim oknom *Main Screen*, kjer se sproti izrišejo poligoni. Tam preverjamo globino izrisanih poligonov.



Slika 33: Prikaz merjenja poligonov

Izberemo ukaz *Polyline* in odpre se okno za merjenje poligonov *Polyline Measurement*. Izberemo prvi detajl, ki ga orišemo. Začetno točko poiščemo na levem posnetku, na desnem posnetku nato nastavimo globino na isto točko in označimo z levim gumbom miške. Nato poiščemo novo točko in ponovimo postopek. Poligon zaključimo s klikom na *Close* v oknu za merjenje poligonov (slika 33). Poligon se zaključi na začetni točki. Nadaljujemo z novim poligonom. Dva poligona lahko sestavimo skupaj tako, da ju združimo po robu. To naredimo s spojitvijo lomnih točk poligonov, z ukazom *Snap*. Odpre se okno *Snap settings* (slika 34), kjer določimo način spajanja,

v tem primeru *Polyline Vertex*. Ko z miško označimo na levi sliki okolico lomne točke poligona, s katero bi spojili nov poligon, program avtomatsko spoji lomni točki. Na desnem posnetku zato ni potrebno nastaviti globine. Za ponovni prehod na prosto spajanje označimo ukaz *Free*.



Slika 34: Nastavitve spajanja

Velikokrat se pojavi problem, ko je ploskev, ki jo želimo orisati, razdeljena na dva ali več stereoparov. Na prvem stereoparu začnemo risati poligon. Ko pridemo do točke, ko ploskev ni več vidna, nikakor ne zaključimo poligona, temveč s tipkama *Page Up* ali *Page Down* poiščemo stereopar, kjer je poligon viden ter nadaljujemo do konca.

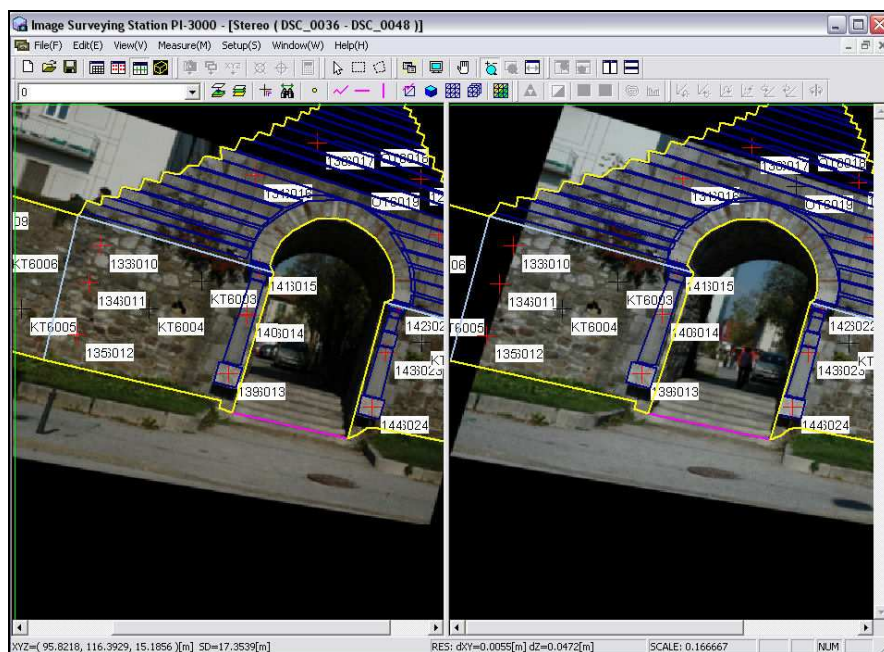
Lomno točko poligona, ki je nismo označili na pravem mestu, zberemo z desnim klikom miške. Poligon, ki ga želimo izbrisati, označimo z ukazom *Select* → *Polyline* → *OK*, označimo poligon in ga zberemo z *Delete*.

### 5.5.3.3 Določitev območja objekta

Postopek je enak kot pri prejšnji točki, vendar tokrat orišemo celoten objekt. S tem definiramo meje objekta, razmejimo objekt od okolice. Tako določimo programu predmet obdelave.

Nastavimo nov sloj, v katerem izdelamo obod objekta. Uporabimo ukaz *Polyline*. Tu je pomembno le, da se po robu objekta čimbolj približamo poligonom, ki smo jih že izrisali. Najbolje je, da spojimo poligon obod objekta z že obstoječimi poligoni po zunanji liniji objekta. Na sliki 35 je obod objekta prikazan z rumenim poligonom. Program na podlagi vrisanih

poligonov izdela TIN mrežo tako, da poligone medsebojno poveže. Če pravilno definiramo robove objekta, ter ne puščamo med poligonom orisa objekta in ostalimi poligoni prostega prostora, potem bo TIN mreža pravilnejše oblike.



Slika 35: Poligon okoli objekta – rumena linija

#### 5.5.3.4 Komentar

Največji problem pri izdelavi 3D modela so predstavljali izrisi poligonov. Fasada in kupola piramide sta sestavljeni iz kamnov, ki so nepravilne oblike. Težko je določiti točen rob kamna, določevati globino ter tako spajati poligone v celoto. Fasada ni bila problematična, saj je ravna. Pri kupoli, ki je stopničasta, je bilo težko določiti vse robove, saj je meja med stopnicami zakrita. Zato smo globino merili nekoliko pod ali nad robom.

Pri krožnih ploskvah je potrebno posebno paziti na pravilno določitev globin, saj je od tega odvisno, ali bo program prepoznal okroglino ali ne.

Objekt je poslikan frontalno, tako ni bilo mogoče določiti poligonov zgornjih ploskev stopnic na kupoli in zgornje ploskve polkrožnega nadstreška nad prehodom skozi kupolo.





Težava nastane tudi pri stebrih, ki so ob prehodu skozi piramido in nadstreškom. Tam zaradi senc ne dobimo pravih globin, detajli so premajhni, da bi lahko bili točno zajeti. Rešitev za ta problem bi predstavljal bolj podroben zajem objekta, torej več detajlnih posnetkov in posledično več oslonilnih in veznih točk.

#### 5.5.4 Izdelava površja in avtomatske meritve površja

Izdelan oris objekta definira programu območje obravnave, kjer bo na podlagi poligonov izdelal TIN mrežo, teksturo in izvedel izračun globin modela.

Sicer pomeni kratica TIN - Triangular Irregular Network (nepravilna trikotniška mreža), vendar je v programu tako pojmovana tudi izdelava pravilne trikotniške mreže.

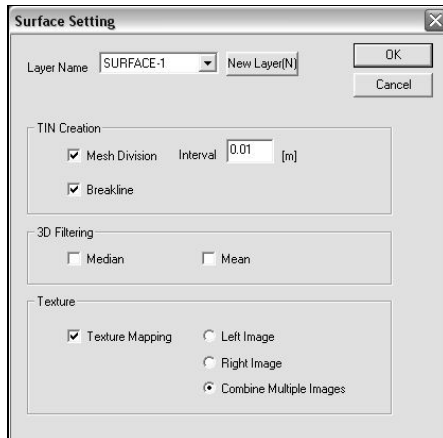
V orodni vrstici najdemo štiri ukaze, ki jih potrebujemo za dokončno izdelavo 3D modela.

1.  *Create Surface* – Izdela se TIN mreža glede na zajete poligone in po želji tudi tekstura.
2.  *Avto Surface Measurement* – Izdela se nova TIN mreža, ki je bolj podobna realnemu modelu, saj se izračuna površje modela, torej globine. Po želji je možno dodati teksturo. Ta ukaz se izvede samo na območju trenutnega stereopara.
3.  *Avto Surface Measurement (Batch Processing)* – Enako kot pri 2. ukazu, le da se ta ukaz izvede za celo serijo stereoparov.
4.  *Texture Mapping* – Če pri prejšnjih ukazih nismo dodali teksture površja, jo izdelamo naknadno.

#### 5.5.4.1 Izdelava TIN mreže in teksture

Preden uporabimo ukaz za izdelavo TIN mreže označimo poligon okoli objekta. Poligon izberemo na kateremkoli stereoparu. Paziti je potrebno, da se izbere pravi poligon. Če je pod linijo poligona, ki ga želimo označiti, kakšen drug poligon, je verjetno, da se označi spodnji. Zato poskušamo najti takšno linijo poligona, ki ne sovpada s kakšno drugo.

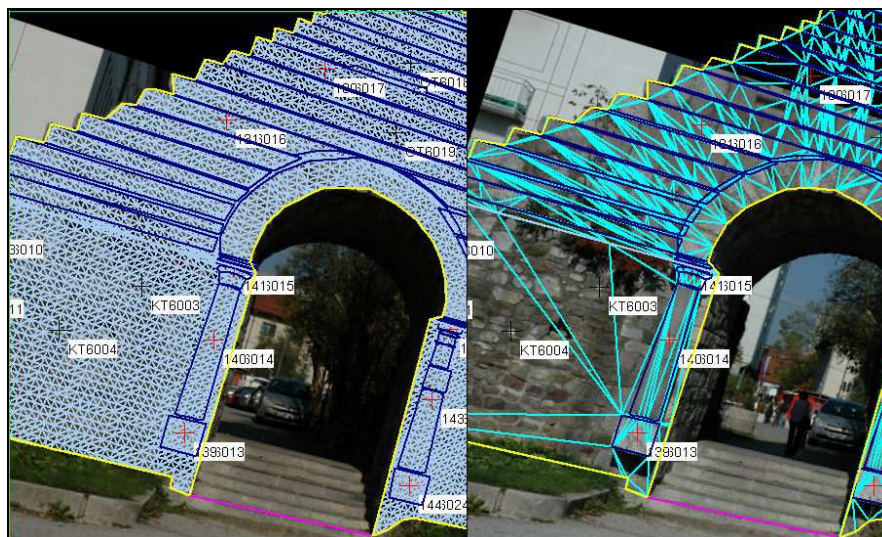
Izberemo ukaz *Create Surface*. Odpre se okno *Surface Setting* (slika 36). Najprej je potrebno določiti nov sloj, v katerem se bo izdelala TIN mreža. Lahko izdelamo pravilno ali nepravilno TIN mrežo. Za pravilno mrežo pod *TIN Creation* določimo velikost mreže, torej kakšno gostoto mreže želimo – označimo *Mesh Division* in pod *Interval* vnesemo želeno velikost. Pri določitvi nepravilne TIN mreže ta korak preskočimo. Označimo tudi polje *Breakline*, ki programu pove, da so znotraj glavnega poligona, ki smo ga predhodno označili, tudi drugi poligoni, ki določajo spremembo globine na objektu.



Slika 36: Nastavitve površja

TIN mreži dodamo tudi teksturo, ni pa potrebno. Dodana tekstura je v pomoč v primeru, ko želimo preveriti, ali smo bili uspešni pri izdelavi TIN mreže. Če želimo izdelati tudi teksturo, pod *Texture* označimo *Texture Mapping* ter določimo, ali se naredi tekstura iz leve ali iz desne ali iz vseh podob. Kliknemo *OK* in počakamo nekaj trenutkov, da program izdela TIN mrežo in

teksturo. Na tem stereoparu se pojavi mreža, ki je tudi na ostalih stereoparih, torej na območju celotnega modela. Izdelana TIN mreža se prilagodi poligonom na modelu. Na območju poligona je TIN mreža ravna ploskev. V oknu *Model Screen* lahko pregledamo izgled modela.

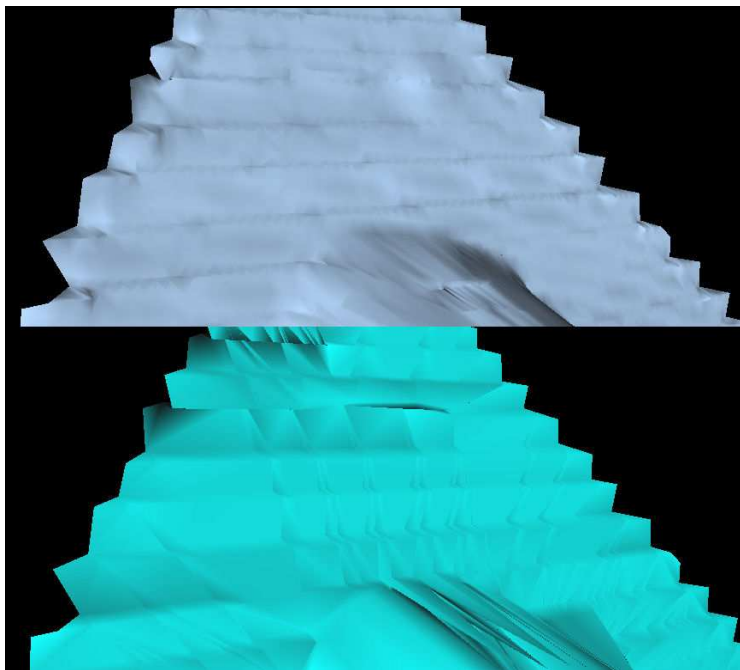


Slika 37: TIN mreža – levo pravilna, desno nepravilna

Razlika med uporabo pravilne ali nepravilne mreže je v tem, da pri pravilni izbiramo velikost celic - manjše so celice, bolj podrobno se površje obravnava. Pri nepravilni TIN mreži te možnosti ni. Pravilna TIN mreža podaja tudi lepši 3D model. Pri uporabi nepravilne TIN mreže so velikosti trikotnikov odvisne od velikosti poligonov, ki smo jih orisali objektu. Model je v tem primeru bolj grob.

Očitnejša razlika je vidna na sliki 38, kjer je prikazan detajl kupole piramide. Zgoraj je 3D model izdelan iz pravilne TIN mreže, spodnji model pa prikazuje nepravilno mrežo. Vidimo, da je zgornji model veliko lepše izpeljan, robovi so gladki, meje med posameznimi trikotniki so zabrisane.

Za končno obliko prikaza 3D modela smo uporabili pravilno TIN mrežo (slika 39).



Slika 38: 3D model – zgoraj pravilna TIN, spodaj nepravilna TIN



Slika 39: 3D model – pravilna TIN mreža in nanesena tekstura



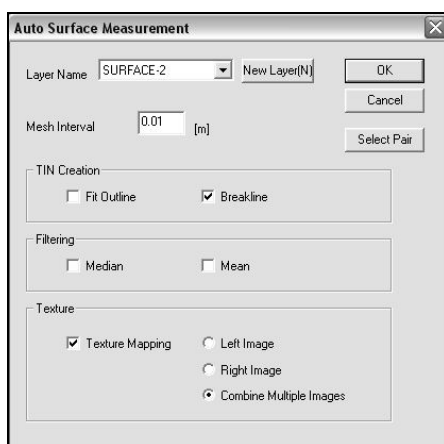
### 5.5.4.2 Avtomatske meritve površja

Po izdelavi TIN mreže izvedemo avtomatsko izmero modela, torej določitev globine vseh točk na objektu. V tem postopku se prav tako izdelava TIN mreža, ki pa naj bi bila realnejša od prejšnje, saj se prilagodi površini modela.

Postopek se izvede skoraj analogno kot v prejšnji točki. Označimo poligon okoli objekta. Če želimo izdelati meritve samo za prikazan stereopar, potem uporabimo ukaz *Auto Surface Measurement*, sicer uporabimo *Auto Surface Measurement (Batch Processing)*. Nastavitve so v obeh primerih enake.

V oknu *Auto Surface Measurement* nastavimo nov sloj (slika 40). Pri oknu *Mesh Interval* določimo gostoto mreže. V razdelku *TIN Creation* označimo *Breakline* ter v razdelku *Texture* označimo *Texture Mapping* in *Combine Multiple Images*. Tako izdelamo vzporedno še teksturo površja.

Če uporabimo ta proces za vse stereopare, lahko izračun traja kar nekaj minut. Vse je odvisno od tega, koliko stereoparov imamo in kako gosto mrežo želimo. Na stereoparih se nato izriše dodatna TIN mreža.



Slika 40: Nastavitve avtomatskih meritev površja

### 5.5.4.3 Izdelava teksture površja

Teksturo površja izdelamo neodvisno od prejšnjih dveh točk. To je smiselno le, če je nismo izdelali že v prejšnjih procesih.

V tem primeru označimo TIN mrežo, na podlagi katere se bo izdelala tekstura. Izberemo *Selection* → *TIN* → *OK*. Na stereoparu nato označimo mrežo. Uporabimo ukaz *Texture Mapping*. Odpre se okno *Texture mapping*, kjer določimo, iz katerega posnetka se izdelata tekstura, iz levega ali iz desnega ali program uporabi vse posnetke. Če delamo teksturo za celoten model, potem je logično uporabiti vse posnetke. V naslednjem oknu določimo *Ground Resolution*, kar pomeni, koliko centimetrov ali milimetrov bo zajetih v enem pikslu teksture. Podaja razmerje med velikostjo TIN mreže v metrih in velikostjo slik v pikslah.



Določimo referenčno podobo, ki bo služila za barvno uskladitev vseh fotografij. Označimo *Color Adjustment*. Po kliku na *OK*, se odpre novo okno *Image Selection*, na katerem nato označimo eno iz serije fotografij. Nato se izvede proces izdelave teksture modela.

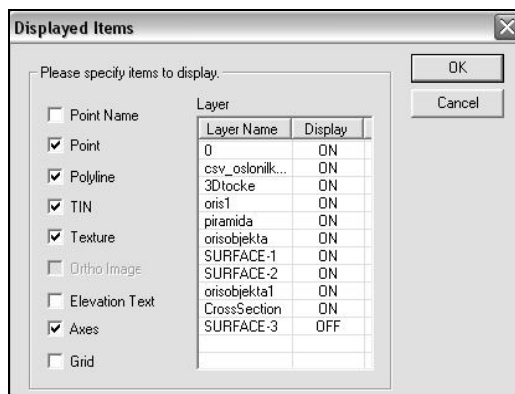
### 5.5.5 Pregled modela v 3D okolju

V orodni vrstici poiščemo ikono *Model Screen*. Odpre se okno *3D Model*, kjer pregledamo izdelan 3D model iz vseh zornih kotov. Pri premikanju si pomagamo s tipkami na miški. Z levo tipko model premikamo v prostoru, z desno ga rotiramo, s kolesčkom povečamo in zmanjšamo.

V oknu *3D Model* lahko pregledamo model že tekom izdelave, npr. pri izrisu poligonov ali pri pregledu izdelane TIN mreže.

Ukazi:

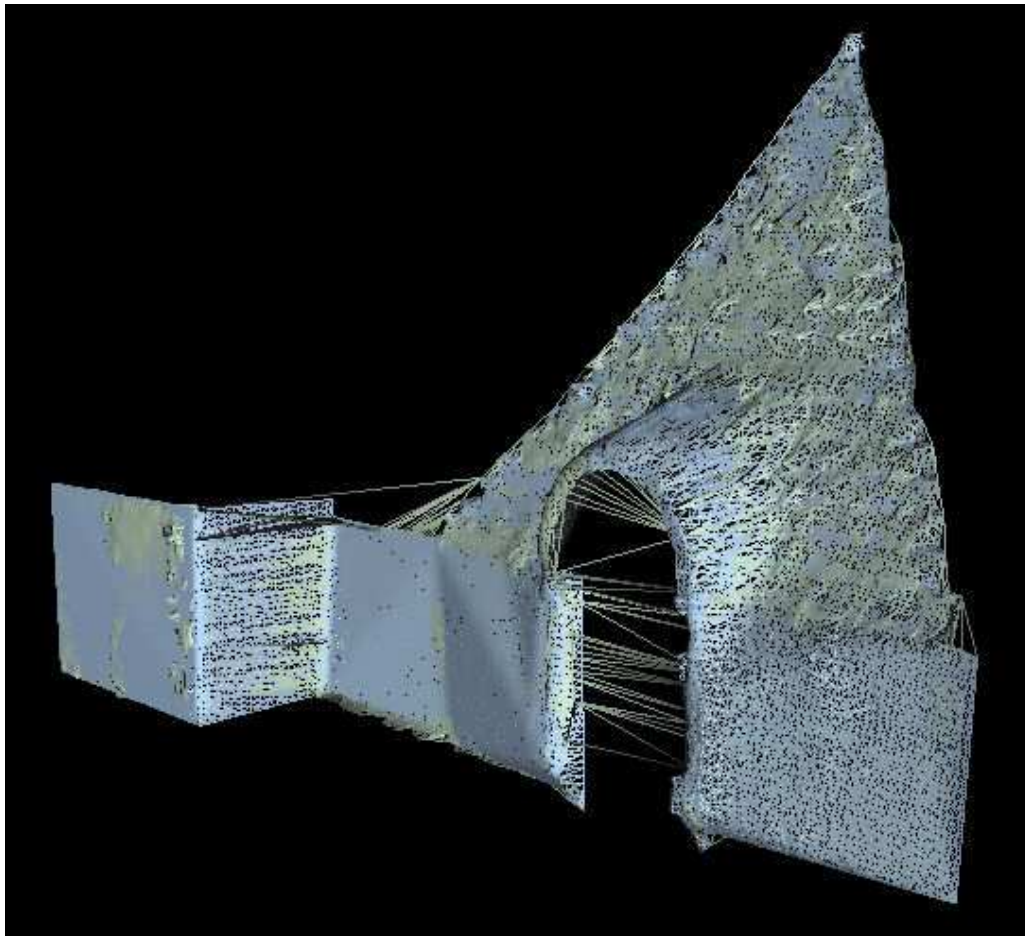
-  *Displayed Items* – prikazani objekti,
-  *Rendering* – prikazovanje modela v žičnem načinu.



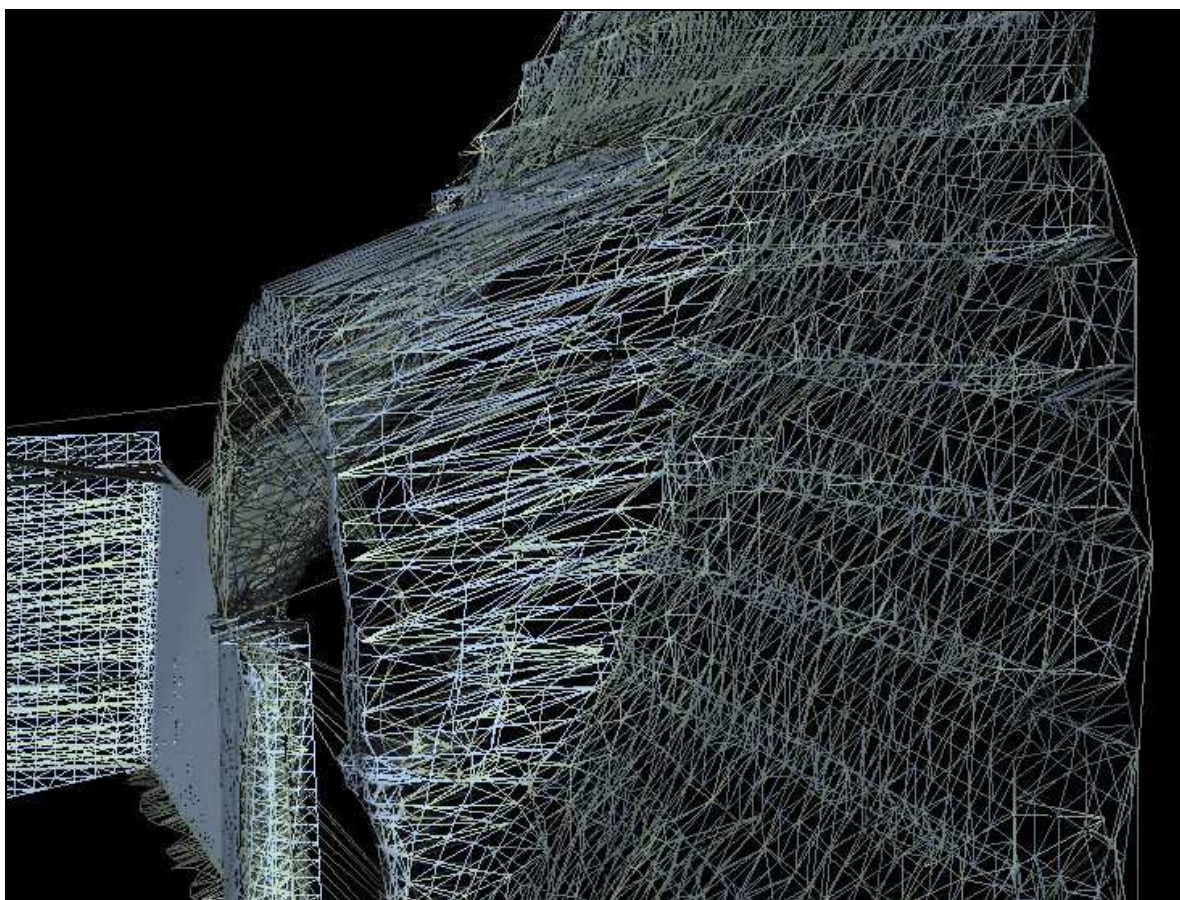
Slika 41: Prikazani objekti na 3D modelu

Z izborom ukaza *Displayed Items* se odpre okno, v katerem je seznam objektov in uporabljenih slojev (slika 41). Imamo možnost izbire, kaj želimo na modelu videti, samo TIN mrežo in teksturo ali tudi oslonilne točke, poligone... Če so objekti označeni, potem bodo prikazani na 3D modelu.

Ukaz *Rendering* prikaže 3D model v žičnem načinu. Za ta prikaz morata biti v oknu *3D Model* vidna TIN mreža in tekstura.



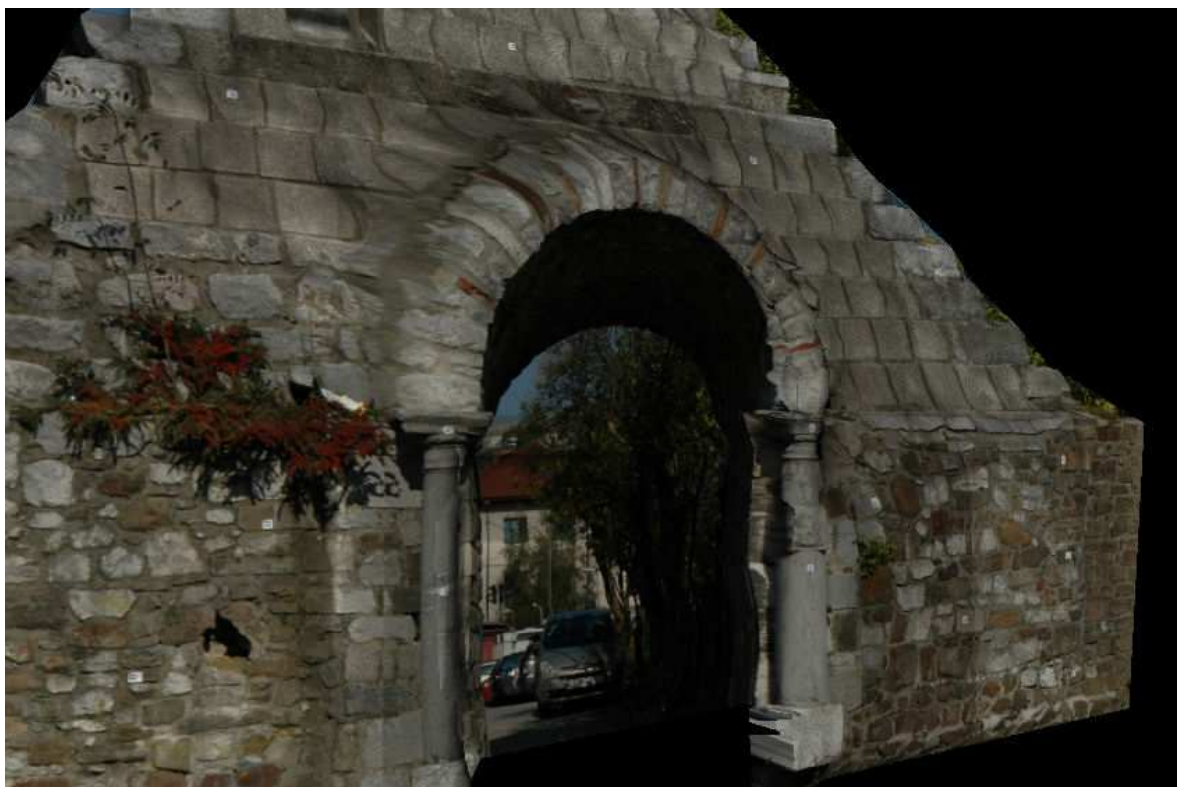
Slika 42: 3D model – žični prikaz



Slika 43: 3D model – žični prikaz - detajl



Slika 44: 3D model

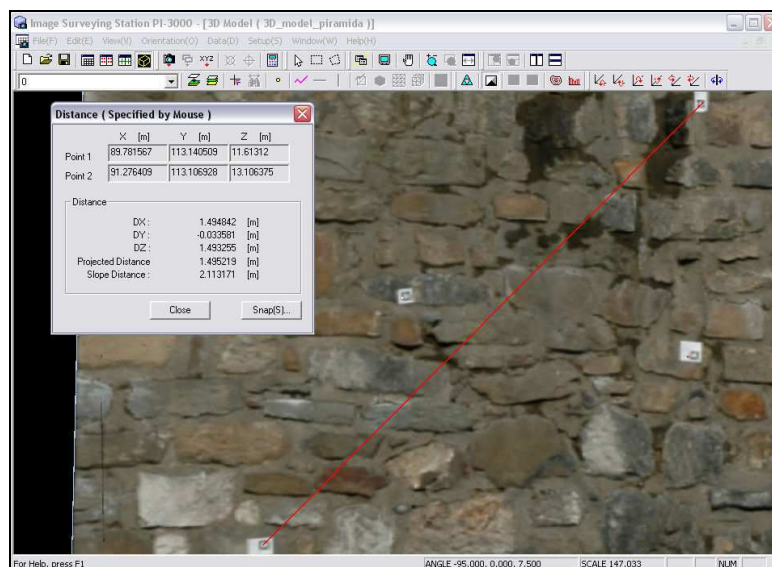


Slika 45: 3D model - detajl

### 5.5.6 Preverjanje koordinat kontrolnih točk in merila 3D modela

Preveriti želimo, kakšna je razlika koordinat kontrolnih točk izmerjenih s terenskimi meritvami in kontrolnih točk izmerjenih na 3D modelu. Izračunali smo razlike koordinat vseh kontrolnih točk ter izračunali srednje odstopanje. Merilo modela preverimo z razdaljo določeno na modelu med dvema kontrolnima točkama in razdaljo izračunano iz terenskih koordinat teh točk. S tem dobimo vpogled v točnost izdelanega 3D modela.

V oknu *Model Screen*, na 3D modelu, izberemo dve kontrolni točki. Izberemo *Data* → *Distance* → *Plot On Screen*. Odpre se okno *Distance (Specified by Mouse)*. Z miško določimo center prve kontrolne točke, nato še center druge kontrolne točke. Na zaslonu se izriše povezava med točkama. V oknu *Distance* se izpišejo koordinate prve točke, druge točke, koordinatne razlike med točkama, projicirana razdalja – *Projected Distance* in poševna razdalja – *Slope Distance*. Prvi določeni točki na modelu se izpišejo modelne koordinate v *Point 1*, v *Point 2* so koordinate druge določene točke. Tako primerjamo modelne koordinate kontrolnih točk s terenskimi. V oknu *Distance* poiščemo poševno dolžino ter jo primerjamo z dolžino izračunano iz terenskih koordinat.



Slika 46: Določitev dolžine na 3D modelu

Preglednica 9: Razlike kontrolnih točk in srednje odstopanje razlik

Kontrolna točka	DX [m]	DY[m]	DH [m]
KT01	0.072	0.273	0.001
KT02	0.066	0.311	0.02
KT03	0.015	0.127	0.003
KT04	0.017	0.175	-0.001
KT05	-0.001	0.043	-0.006
KT06	0.007	0.09	0.001
KT07	-0.001	0.142	0.007
KT08	0.007	0.065	-0.01
KT09	0.004	-0.014	-0.005
KT10	0.004	0.047	-0.007
KT11	0.004	0.046	-0.001
KT12	0.001	0.031	-0.006
KT13	-0.003	0.053	-0.001
KT14	0.004	-0.003	-0.003
KT15	0.009	0.033	0.009
Srednje odstopanje razlik	<b>0.014</b>	<b>0.097</b>	<b>0.005</b>
Srednje odstopanje brez pogrešenih točk	<b>0.004</b>	<b>0.052</b>	<b>0.005</b>

Srednje odstopanje koordinat kontrolnih točk na modelu znaša po X osi 1,4 cm, po višini 5 mm. Odstopanje osi Y je bistveno večje in sicer okoli 10 cm. Y os podaja globino objekta. Razlog tako velikega odstopanja Y osi je deformacija modela na območju, kjer se nahajajo točke KT01, KT02, KT03 in KT04. Model je deformiran zaradi nezmožnosti zajema globin ob stebrih zaradi senc. Če od srednjega odstopanja izvzamemo zaradi deformacije modela pogrešene točke, potem znaša srednje odstopanje za Y os 5,2 cm. To odstopanje je zaradi oblike fasade sprejemljivo. Fasada je sestavljena iz kamnov, zato njeno površje variira.



Preglednica 10: Razlika dolžin in srednje odstopanje dolžin

KT - OT	D računana [m]	D merjena na modelu [m]	Razlika [m]
KT01 – KT02	1.315	1.296	0.019
KT02 – KT03	4.5605	4.514	0.046
KT03 – KT04	1.072	1.071	0.001
KT04 – KT05	2.113	2.106	0.007
KT05 – KT06	1.182	1.181	0.001
KT06 – KT07	1.317	1.307	0.010
KT07 – KT08	2.986	2.921	0.065
KT08 – KT09	1.628	1.623	0.005
KT09 – KT10	2.754	2.752	0.002
KT10 – KT11	1.738	1.732	0.006
KT11 – KT12	2.284	2.280	0.004
KT12 – KT13	0.918	0.916	0.002
KT13 – KT14	13.484	13.494	-0.010
KT14 – KT15	1.489	1.462	0.027
Srednje odstopanje razlik			<b>0.015</b>

Skupno srednje odstopanje dolžin znaša 1,5 cm. Koordinate točk, ki so na določenem delu ravnega območja, se premaknejo v isti smeri. Četudi so razlike med točkami, merjene na terenu in merjene na modelu večje, se dolžine med njimi ne spremenijo bistveno.

Glede na dobljene rezultate lahko trdimo, da je bila izdelava modela korektno izvedena, merilo modela je pravo. V modelu ni bistvenih napak, razen na območjih, ki jih ni bilo mogoče bolj podrobno zajeti oziroma o njih ni bilo zadostnih podatkov.

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---

## 6 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga je zajemala več obravnavanih področij. Praktično je zasnovana v dveh delih. Tekom izdelave diplomske naloge smo dobili podrobnejši vpogled v produkte podjetja Topcon.

V prvem delu je govora o pripravah na zajem in o zajemu podatkov. Vhodne podatke za izdelavo 3D modela smo določili glede na zahteve programa PI-3000. Vhodni podatki za izdelavo 3D modela so fotografije modela z upoštevanim 60% preklpom, koordinate oslonilnih točk, ki morajo biti glede na fotografije pravilno postavljene na objekt in njihove natančnosti ter kalibracijsko poročilo kamere. Sledila je izdelava plana zajema podatkov. Na objektu je bilo potrebno določiti lokacije oslonilnih, veznih in kontrolnih točk, ter stojišč inštrumenta za izdelavo fotografij modela.

Po poskusnem zajemu z videotahimetrom GPT-7003i smo prišli do ugotovitve, da je senzor inštrumenta preslab, da bi bile fotografije uporabne. Videotahimeter Topcon GPT-7003i ima dodana dva senzorja, ki zajemata podobe terena in merskih točk. Mislili smo, da bo to poenostavilo delo, saj bi poleg koordinat točk takoj pridobili tudi podobe. Širokokotni senzor je velikosti VGA, kar pomeni 640x480 pikselov, torej 0.3 mega pikselov na podobo. Ta format zadostuje samo za prikaz na zaslonu inštrumenta, zaslon inštrumenta je velikosti QVGA, 320x240 pikselov. Teh podob ni bilo mogoče uporabiti. Za primerjavo naj navedemo, da imajo mobilni telefoni senzorje od 2.0 mega pikselov dalje.

Kot alternativno rešitev smo uporabili fotoaparatus Nikon D70. Pred izvedbo terenskih meritev je bilo potrebno s fotoaparatom posneti testno polje za potrebe kalibracije fotoaparata. Protokol zajema testnega polja podajajo navodila programa za kalibriranje PI-Calib. Med izvedbo meritev oslonilnih in kontrolnih točk na objektu, te so bile merjene s polarno metodo, smo merili še na neznano točko v več girusih. Zanimalo nas je, kako program TopSURV na inštrumentu upošteva več neodvisnih meritev ter kako jih shranjuje.

Drugi del zajema pregled in obdelavo podatkov.

Najprej smo izvedli kalibracijo fotoaparata s programom PI-Calib. Izvedba kalibracije s tem programom je bila zelo enostavna. Celoten postopek je napisan v navodilih programa in tu ni bilo težav.

Meritve oslonilnih in kontrolnih točk, ter meritve girusov na novo točko prenesemo iz inštrumenta v program Topcon Link. Koordinate oslonilnih in kontrolnih točk ter nove točke so že bile podane. Koordinate in meritve so v dveh različnih preglednicah, točke je mogoče pregledovati tudi v grafičnem prikazu. Ugotovili smo, da se girusne meritve na novo točko shranijo ločeno. Pojavilo se je vprašanje, ali program TopSURV za izračun koordinat nove točke uporabi več neodvisnih meritev izvedenih na to točko. Glede na rezultate neodvisne kontrole izračuna nove točke z enačbami polarne metode lahko z gotovostjo trdimo, da so za izračun nove točke v programu TopSURV bile uporabljene vse meritve.

Pri avtomatiziranih inštrumentih, kot je videotahimeter GPT-7003i, uporabniki običajno nimamo vpogleda v podrobno delovanje inštrumenta, torej v algoritme izračunov. Zato tudi ne moremo vedeti, na podlagi česa inštrument oziroma program nameščen na inštrumentu dobi rezultate. Lahko le sklepamo.

Dodatna obdelava meritev nove točke in ostalih meritev oslonilnih, veznih in kontrolnih točk v programu Topcon Link ni potrebna. Priročnik za program Topcon Link je sicer kar precej obsežen, vendar je o samem delovanju programa napisanega malo. Večji poudarek je na formatih datotek uvoza v program in izvoza iz programa.

Določiti je bilo potrebno natančnost nove točke in srednjo natančnost oslonilnih točk. Določili smo jih na osnovi uporabljenih enačb za polarno metodo izmere in zakona o prenosu varianc in kovarianc.

Sledi opis izdelave 3D modela v programu PI-3000. Po uvozu podatkov oslonilnih in kontrolnih točk ter podob, se najprej izvede zunanja orientacija stereoparov. Nato je potrebno izmeriti globino točk in s poligoni določiti meje, kjer se modelu spremeni globina. Sledi izdelava TIN mreže in texture modela. Objekt je bil sneman frontalno, zato za vodoravne ploskve, ki niso bile

zajete, ni podatkov. Prav tako so slabše zajeti detajli na objektu. Na modelu smo nato preverili merilo ter izračunali srednje odstopanje objektnih in modelnih koordinat kontrolnih točk.

Za izvedbo naloge smo predelali kar nekaj priročnikov programov ter preizkusili njihovo delovanje. Preseneča predvsem to, da sta priročnika programov PI-3000 in PI-Calib v primerjavi s priročnikom programa Topcon Link zelo podrobno napisana, postopki imajo zelo pregledne opise korakov do rezultatov, veliko je slikovnega gradiva.

Rezultat diplomske naloge je 3D model dela fasade Plečnikove piramide, ki dobro prikazuje stanje v naravi. Videotahimeter Topcon GPT-7003i ima za izdelavo 3D modelov omejeno uporabnost, saj postane uporaben šele v kombinaciji z zmogljivejšim fotoaparatom. Izdelali smo tudi navodila za uporabo programa PI-3000.

Program PI-3000 uporablja za izdelavo 3D modela blokovno izravnavo za zunanjo orientacijo, slikovno korelacijo za identifikacijo in merjenje homolognih točk, zajem globin modela, izdelavo TIN mreže, nanašanje teksture na ploskev... Vsebuje skupek nalog, ki smo jih sicer kot posamične vaje izdelali pri vajah predmeta Fotogrametrija, njihove teoretične osnove pa spoznali na predavanjih. Je zelo poučen program in enostaven za uporabo. Morda bi bilo študentom, z izdelavo kakšne vaje z uporabo tega programa pri predmetu Fotogrametrija, lažje povezati osnove iz predavanj in vaj v celoto. S tem bi v praksi spoznali bližjeslikovno fotogrametrijo in morda bi jim ta, v dobi laserskih skenerjev, postala bolj zanimiva.

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---

## VIRI

Arhitekturni vodnik,

<http://www.arhitekturni-vodnik.org/?result=158%2C1%2C29> (15.9.2009)

Erjavec, R., Plečnikov pozabljeni otrok,

<http://arhaeoblog.blog.siol.net/2008/01/07/plecnikov-pozabljeni-otrok/> (15.9.2009)

Grigillo, D. 2003. Uporaba nemetričnih digitalnih fotoaparatorov v fotogrametriji. Geodetski vestnik 2003, 3:240-249 str.

Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 42 str.

Kralj, J. 2009. Testiranje delovanja in uporabnost videosistema tahimetra GPT-7003i. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 60 str.

Kraus, K. 2004. Photogrametry: Geometry from Images and Laser Scans. Vienna, Austria, Vienna University of technology, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing: 323 - 325 str.

Koetsier, A.,

[http://www.akoetsier.nl/MyInfo/imgs/Nikon\\_D70.jpg](http://www.akoetsier.nl/MyInfo/imgs/Nikon_D70.jpg) (5.5.2010)

Kordež, D. 2009. Možnosti uporabe geodetskega tahimetra GPT-7000i v praksi. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 95 str.

Kosmatin Fras, M. 2005/06. Zapiski iz predmeta Fotogrametrija II, 2006/07. Zapiski iz predmeta Fotogrametrija III. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za kartografijo, fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---

Kosmatin Fras, M., Vezočnik, R., Gvozdanovič, T., Kogoj, D. 2008. Avtomatizacija celotnega postopka relativne orientacije stereopara, Geodetski vestnik 2008, 2:241-253str.

Nikon, 2004. Nikon D70: Nikonov vodič v digitalno fotografijo, 2004. Ljubljana, Nikon Slovenija: 210 str.

Savšek, S. 2005/06. Zapiski iz predmeta Geodezija II – vaje, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo

Šumrada, R. 2005. Strukture podatkov in prostorske analize, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geoinformatiko in kataster nepremičnin: 272 str.

Topcon, 2006a. Reference Manual TopSURV OnBoard for GPT-7000i, 1.Function. Topcon Japan: 59 str.

Topcon, 2006b. Reference Manual TopSURV OnBoard for GPT-7000i, 2.Observation. Topcon Japan: 81 str.

Topcon, 2007a. Operation Manual Image Surveying Station PI-3000, Topcon Japan: 249 str.

Topcon, 2007b. Operation Manual Image Surveying Station PI-Calib, Topcon Japan: 30 str.

Topcon, 2007c. Reference Manual Topcon Link, Topcon Japan: 220 str.

Topcon

[http://www.topcon.co.jp/eng/positioning/pdf/gpt-7000i\\_e.pdf](http://www.topcon.co.jp/eng/positioning/pdf/gpt-7000i_e.pdf), (8. 9. 2009)



## **PRILOGE**

PRILOGA A:	Kalibracijsko poročilo .....	XIX
PRILOGA B:	Girusi, program Topcon Link.....	XX
PRILOGA C:	Kontrolne in oslonilne točke, program Topcon Link.....	XXI
PRILOGA D:	Navodila za uporabo programa PI-3000 .....	XXIII

Debelak, M. 2010. Izdelava 3D modela fasade z uporabo videotahimetra Topcon GPT-7003i...  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodezija

---

## PRILOGA A: Kalibracijsko poročilo

```
34.895938 // Focal Length
11.391846 // Xp
7.738485 // Yp
2 // Distortion Model
4 // Number of Distortion Parameters
-2.653360e-006 // k1
-2.112639e-007 // k2
6.686552e-005 // p1
-1.264738e-005 // p2
0.007800 // X Resolution
0.007800 // Y Resolution
0 // Number of Fiducial Marks
```

PRILOGA B: Girusi, program Topcon Link

Point From	Point To	Reflector Height (m)	Horizontal Circle	Slope Distance (m)	Zenith Angle
1001	1000	1,532	0°00'00,0000		89°45'34,0000
1001	1000	1,532	0°00'00,0000	10,867	89°45'34,0000
1001	1002	1,548	179°13'43,0000	9,725	89°57'45,0000
1001	1002	1,548	359°13'45,0000	9,725	270°02'11,0000
1001	1000	1,532	179°59'57,0000	10,868	270°14'29,0000
1001	1000		0°00'00,0000		
1001	1000	1,532	0°00'00,0000		89°45'49,0000
1001	1000	1,532	359°59'59,0000	10,868	89°45'50,0000
1001	1002	1,548	179°13'52,0000	9,726	89°57'57,0000
1001	1002	1,548	359°13'53,0000	9,725	270°02'01,0000
1001	1000	1,532	179°59'58,0000	10,868	270°14'10,0000
1001	1000		0°00'00,0000		
1001	1000	1,532	0°00'00,0000		89°45'27,0000
1001	1000	1,532	0°00'00,0000	10,867	89°45'27,0000
1001	1002	1,548	179°13'55,0000	9,726	89°57'48,0000
1001	1002	1,548	359°13'57,0000	9,726	270°02'10,0000
1001	1000	1,532	180°00'04,0000	10,868	270°14'37,0000
1001	1000		0°00'00,0000		
1001	1000	1,532	359°59'59,0000		89°45'43,0000
1001	1000	1,532	359°59'59,0000	10,868	89°45'44,0000
1001	1002	1,548	179°13'44,0000	9,726	89°57'42,0000
1001	1002	1,548	359°13'49,0000	9,726	270°02'12,0000
1001	1000	1,532	179°59'59,0000	10,868	270°14'17,0000

### PRILOGA C: Kontrolne in oslonilne točke, program Topcon Link

Oslonilne točke koordinate:

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
OT6001	91,183	113,149	11,262
OT6003	91,274	113,125	13,103
OT6010	98,300	115,268	12,803
OT6012	98,377	115,319	11,080
OT6015	101,145	114,780	13,150
OT6017	101,466	117,225	16,685
OT6020	104,045	117,159	16,657
OT6022	103,933	114,845	13,134
OT6025	106,983	115,224	11,103
OT6027	106,962	115,288	12,879

Kontrolne točke koordinate:

Name	Ground Easting (m)	Ground Northing (m)	Elevation (m)
KT6001	105,650	115,266	11,683
KT6002	104,718	115,315	12,609
KT6003	100,159	115,214	12,647
KT6004	99,416	115,227	11,875
KT6005	97,383	115,350	11,312
KT6006	96,784	115,342	12,331
KT6007	95,481	115,395	12,513
KT6008	94,425	113,130	10,879
KT6009	94,223	113,100	12,494
KT6010	92,066	113,182	10,783
KT6011	91,879	113,130	12,510
KT6012	89,781	113,172	11,608
KT6013	90,228	113,166	12,410
KT6014	102,695	116,845	15,997
KT6015	102,662	117,525	17,321

Oslonilne točke meritve:

Point From	Point To	Reflector Height (m)	Horizontal Circle	Slope Distance (m)	Zenith Angle
1001	OT6001	0	56°09'19,0000	15,833	90°50'32,0000
1001	OT6003	0	56°22'54,0000	15,843	84°10'23,0000
1001	OT6010	0	83°38'50,0000	15,418	85°08'01,0000
1001	OT6012	0	83°57'08,0000	15,41	91°32'40,0000
1001	OT6015	0	94°25'46,0000	14,916	83°37'44,0000
1001	OT6017	0	94°51'47,0000	18,05	73°17'20,0000
1001	OT6020	0	103°15'49,0000	18,369	73°40'49,0000
1001	OT6022	0	104°50'18,0000	15,444	83°54'27,0000
1001	OT6025	0	114°38'28,0000	16,754	91°20'28,0000
1001	OT6027	0	114°29'02,0000	16,855	85°17'23,0000






Kontrolne točke meritve:

Point From	Point To	Reflector Height (m)	Horizontal Circle	Slope Distance (m)	Zenith Angle
1001	KT6001	0	110°18'41,0000	16,279	89°20'17,0000
1001	KT6002	0	107°07'21,0000	16,064	86°01'26,0000
1001	KT6003	0	90°35'56,0000	15,258	85°40'06,0000
1001	KT6004	0	87°48'17,0000	15,243	88°34'16,0000
1001	KT6005	0	80°19'26,0000	15,573	90°40'30,0000
1001	KT6006	0	78°09'47,0000	15,698	86°56'51,0000
1001	KT6007	0	73°38'23,0000	16,077	86°22'17,0000
1001	KT6008	0	66°59'46,0000	14,278	92°28'18,0000
1001	KT6009	0	66°12'15,0000	14,352	86°00'24,0000
1001	KT6010	0	58°57'22,0000	15,402	92°38'57,0000
1001	KT6011	0	58°15'52,0000	15,472	86°14'14,0000
1001	KT6012	0	52°11'45,0000	16,672	89°36'47,0000
1001	KT6013	0	53°24'56,0000	16,422	86°48'27,0000
1001	KT6014	0	99°05'17,0000	17,643	75°13'01,0000
1001	KT6015	0	98°38'12,0000	18,659	71°48'18,0000

## PRILOGA D: Navodila za uporabo programa PI-3000

### NAVODILA ZA UPORABO PROGRAMA PI-3000

Izdelava 3D modela se izvaja v štirih korakih:




1. vnos podatkov in izdelava stereoparov – poteka v delovnem oknu *Main Screen*, ki ga najdete pod bližnjico  v orodni vrstici,
2. izvedba zunanje orientacije – poteka v delovnem oknu *Orientation screen* ,
3. 3D meritve na stereoparih – poteka v delovnem oknu *Stereo Screen* ,
4. izdelava TIN mreže in teksture modela – Poteka deloma v oknu *Stereo Screen* , deloma v oknu *Model Screen* .

Med izdelavo 3D modela prosto preklapljate med temi okni, saj lahko služijo za sprotno preverjanje izdelka.

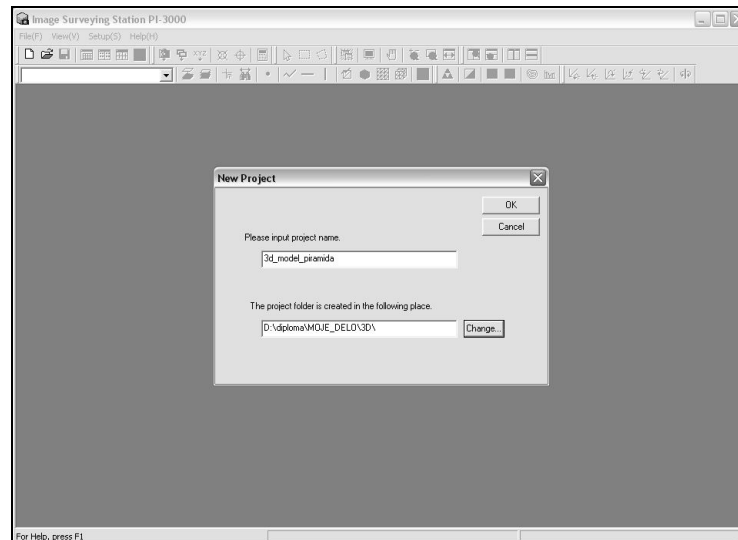
#### 1. Vnos podatkov

Definirate nov projekt: *File* → *New*. V pogovornem oknu, ki se ob tem odpre, nastavite ime projekta in pot do zelene mape na disku računalnika (slika 1). Ob odprtju novega projekta naredi program mapo z imenom projekta, v to mapo shranjuje vse rezultate. Pomembna datoteka v tej mapi je datoteka *PI4*, ki je delovna datoteka programa.

Pri vnosu podatkov uporabljate naslednje bližnjice v orodni vrstici:

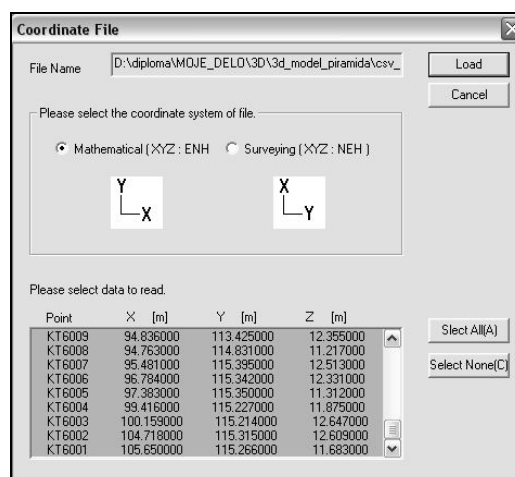
-  *Load 3D Data File* – vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk,
-  *Register Image* – vnos podob v program,
-  *Register Stereo Pair* – izdelava stereoparov.

Odpre se glavno delovno okno *Main Screen*. V tem oknu bodo prikazani podatki o točkah in podobah, ki jih vnesete v projekt, o steroparih, ki jih nastavite, o poligonih, ki jih izdelate...



Slika (1): Nastavitev novega projekta v programu PI-3000

Sledi vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk - datoteka s končnico *CSV*. Pripravite podobe s katerimi izdelate stereopare. V hodni podatek je tudi kalibracijsko poročilo, datoteka *CMR*, ki ste jo pridobili po kalibraciji s programom *PI-Calib*.

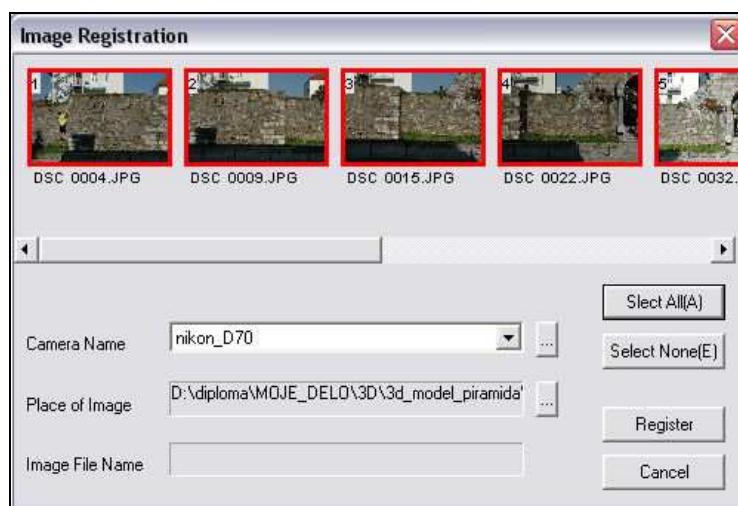


Slika (2): Vnos koordinat točk v program PI-3000



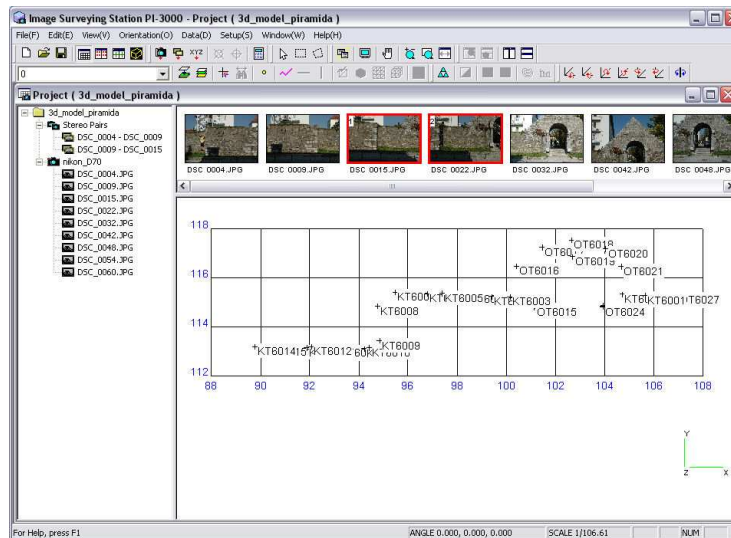
S klikom na bližnjico *Load 3D Data File* se odpre okno za vnos koordinat oslonilnih in kontrolnih točk (slika 2). V oknu poiščete pot do datoteke *CSV* s točkami in jo odprete. Odpre se novo okno *Coordinat File*, v katerem nastavite koordinatni sistem. V spodnjem delu okna lahko pregledate točke, uvozite jih z ukazom *Load*.

Podobe vnesete s pomočjo bližnjice *Register Image*. Poiščete mapo, v kateri so shranjene podobe, nato izberete *Select*. Odpre se novo okno, v katerem pregledate podobe, ki jih uvozite (slika 3). Tu dodate tudi kalibracijsko poročilo, in sicer ga poiščete in dodate v polju *Camera Name*. Izberete vse *Select all*, ali samo določene podobe, s klikom nanje. Izbrane podobe se obarvajo rdeče. Uvozite jih z izbiro ukaza *Register*. Program vas vpraša, če želite uvoziti podobe v delovno mapo, kar potrdite na *OK*.



Slika (3): Vnos slik v program PI-3000

Na levi strani glavnega delovnega okna *Main screen* je v drevesni strukturi prikazan seznam podob, na zgornji strani okna prikaz slik, v sredini okna pa koordinatni sistem z vnesenimi točkami in mrežo (slika 4).

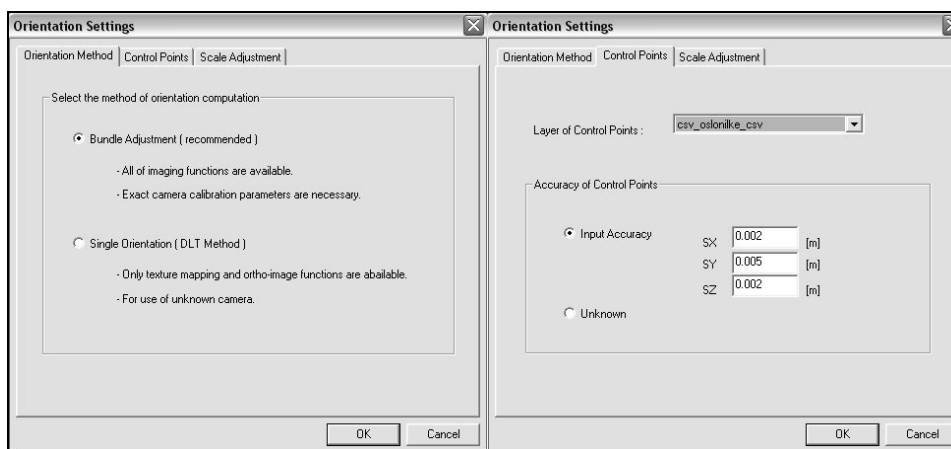


Slika (4): Glavno delovno okno s podatki

Sledi izdelava stereoparov. Stereopare določite z izborom prikazanih podob na zgornji strani okna. Najprej označite podobo, ki prikazuje levi posnetek, nato označite podobo, ki prikazuje desni posnetek. Leva podoba dobi oznako 1, desna oznako 2, obe se obarvata rdeče. Stereopar registrirate z izbiro bližnjice *Register Stereo Pair* v orodni vrstici. Z registriranjem se nov stereopar doda seznamu na levi strani. Enako naredite za vse stereopare, ki jih želite izdelati.

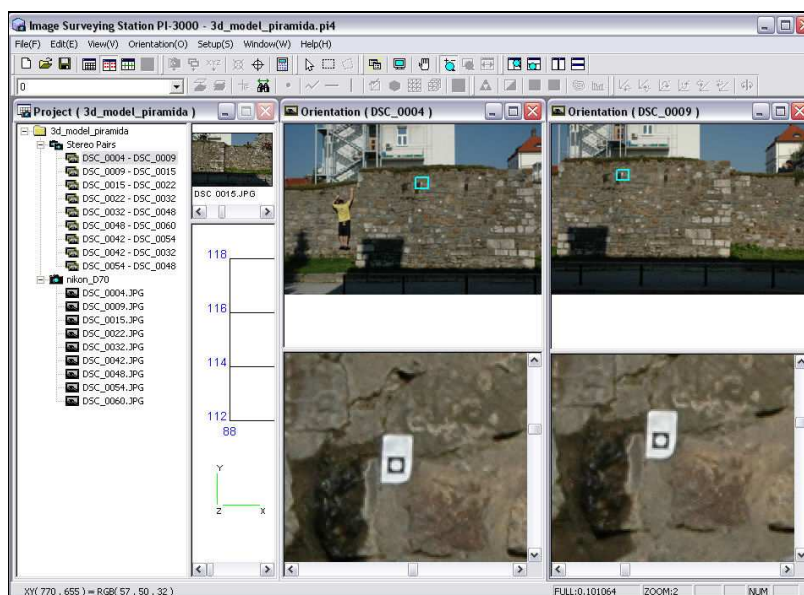
## 2. Izvedba zunanje orientacije

Uredite nastavitve zunanje orientacije. Izberete *Orientation* → *Orientation Setup*. Odpre se okno *Orientation Settings*. V prvem zavihku *Orientation Method* nastavite metodo zunanje orientacije. V drugem zavihku *Control Points* nastavite sloj, v katerem operirate z oslonilnimi točkami – program poda kar ime vhodne datoteke točk, zato tega ni potrebno spreminjati. Dodate natančnosti koordinat oslonilnih točk (slika 25).






Slika (5): Nastavitve orientacije

Postopek zunanje orientacije začnete tako, da izberete prvi stereopar iz drevesnega seznama na levi strani delovnega okna in izberete ikono *Orientation screen* v orodni vrstici. Odpreta se dve okni za izvedbo zunanje orientacije, ki prikazujeta obe podobi stereopara, zgoraj celo podobo in spodaj detajl podobe, ki je na zgornji podobi označen z modrim okvirjem (slika 6).



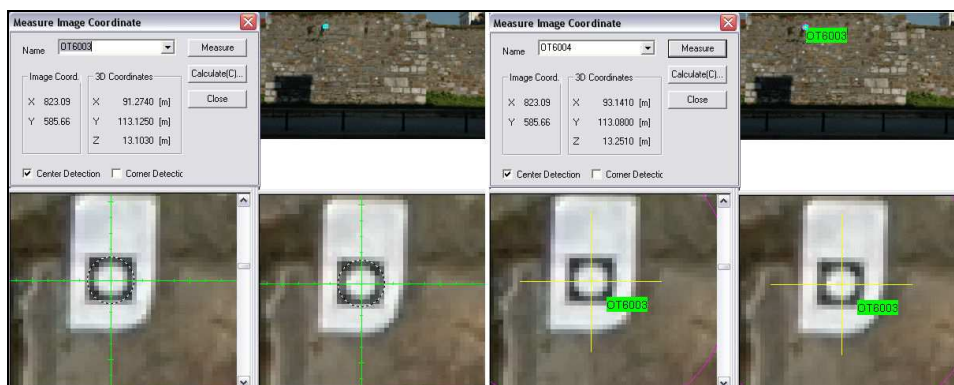
Slika (6): Pogled na okna za izvedbo orientacije

Pri zunanji orientaciji uporabljate naslednje bližnjice v orodni vrstici:

-  *Zoom* – povečava ,
-  *Plot Image Coordinate* – definiranje slikovnih koordinat točk,
-  *Calculate Orientation* – izračun orientacije.

Merite oslonilne in vezne točke. Najprej povečate mesto točke na zgornji podobi in nato še na spodnji. Pri uporabi povečala »klikate« z levo tipko miške, če želite sliko povečati in z desno tipko miške, če jo želite pomanjšati. Nato poiščete funkcijo *Plot Image Koordinate*, s katero odprete okno *Measure Image Koordinate*. V spodnjem delu okna označite ukaz *Center Detection*. To je funkcija, ki omogoča avtomatsko iskanje centra okrogle tarče. S kurzorjem miške se postavite najprej v bližino centra tarče na levi sliki in ga označite. Nato ga označite še na desni sliki. Če je center tarče samodejno zaznan, se okrog tarče pojavi črtkan krog. Če ukaz centra tarče ne zazna, program to javi in center tarče je potrebno poiskati ročno.

Po določitvi centrov obeh točk poiščete v oknu *Measure Image Koordinate* ime oslonilne točke, ki ste jo merili in potrdite z *Measure*. Če merite vezno točko brez terenskih koordinat, je v seznamu ne iščete, dodate ji ime in jo izmerite. Izmerjenim točkam se na sliki doda ime točke, ki je označeno z zeleno (slika 7). Oslonilne točke so obkrožene z vijoličnim krogcem. Tako naredite za vseh šest točk na stereoparu.



Slika (7): Točka pred in po izmeri

Po končanem merjenju oslonilnih in veznih točk pregledate vse stereopare. Na posameznem stereoparu mora biti zeleno označenih vsaj šest točk. Ko je to izpolnjeno, izvedete izračun zunanje orientacije.

## 2.1 Izračun in kontrola zunanje orientacije

Izračun zunanje orientacije izvedete s klikom na bližnjico *Calculate Orientation*. Odpre se okno *Orientation Results*, kjer preverite rezultate orientacije.

V prvem zavihku *Result List* so podani rezultati obdelave stereoparov (slika 8). Če piše v stolpcu *Judge* OK, je natančnost orientacije do 1 piksla. Če je to mesto prazno, potem natančnost orientacije ni zadovoljiva. Če piše na tem mestu NG, potem izračun orientacije ni bil korektno izveden.

V drugem zavihku *Y-Parallax* (slika 8) so pod *Y-Parallax of Stereo Image (RMS)* zapisane standardne deviacije vertikalne paralakse za vsak stereopar posebej, pod *Y-Parallax of Pass Point* pa napake vertikalne paralakse za posamezno točko v stereoparu. V stolpcu *Judge* mora prav tako povsod pisati OK.

The screenshot shows two windows of the 'Orientation Results' application. The left window displays the 'Result List' tab with a table of stereo pairs. The right window displays the 'Y-Parallax of Stereo Image (RMS)' tab with two tables: one for RMS values and one for pass point errors.

Pair/Image Name	judge	Y-Parallax...	Image Co...
DSC_0004 - DSC_0009	OK	0.10 OK	0.22 OK
DSC_0009 - DSC_0015	OK	0.24 OK	0.24 OK
DSC_0015 - DSC_0022	OK	0.10 OK	0.24 OK
DSC_0048 - DSC_0060	OK	0.11 OK	0.17 OK
DSC_0042 - DSC_0054	OK	0.21 OK	0.21 OK
DSC_0022 - DSC_0036	OK	0.13 OK	0.19 OK
DSC_0036 - DSC_0048	OK	0.16 OK	0.19 OK

Pair Name	judge	y-prx[pixel]	Pass Points
DSC_0004 - DSC_0009	OK	0.10	6
DSC_0009 - DSC_0015	OK	0.24	6
DSC_0015 - DSC_0022	OK	0.10	6
DSC_0048 - DSC_0060	OK	0.11	6
DSC_0042 - DSC_0054	OK	0.21	6

Point Name	judge	y-prx[pixel]
OT6001	OK	0.03
OT6002	OK	-0.06
OT6003	OK	0.03
OT6004	OK	-0.02
OT6005	OK	0.05
OT6006	OK	-0.02

Slika (8): Rezultati zunanje orientacije – rezultati obdelave stereoparov in vertikalne paralakse

Tretji zavihek *Image Coordinates* (slika 9) podaja seznam vseh točk posameznih slik in popravke slikovnih koordinat. Poleg vsake oslonilne točke mora biti v stolpcu *Judge* napis OK. Če tega napisa ni pri kateri od oslonilnih točk, potem to točko ponovno izmerite, kar izvedete z ukazom *Remesure* na desni strani okna. Po ponovni izmeri točke uporabite ukaz *Calculate*, kjer ponovno izračunate orientacijo.

Četrty zavihek *Ground Resolution* (slika 9) podaja posamezne stereopare in podatek o razdalji baze, torej razliko med levim in desnim posnetkom – *Base Length*, povprečno razdaljo med levo pozicijo kamere in objektom *Height*, razmerje med prej omenjenima podatkomoma *B/H Ratio*, ploskovno ločljivost in globinsko ločljivost.

The image shows two overlapping windows from the 'Orientation Results' software. The left window, titled 'Orientation Results', has tabs for 'Calculated Coordinates', 'Camera Locations', and 'Ground Resolution'. It displays a table of residuals for image coordinates with columns for Image Name, Point Name, dxy[px], and Judge. The right window, also titled 'Orientation Results', has tabs for 'Result List', 'Y-Parallax', and 'Image Coordinates'. It displays a table of stereo camera conditions and ground resolution with columns for Name, Base Length[m], Height[m], B/H Ratio, Plane Res[m], and Depth Res.

Image Name	Point Name	dxy[px]	Judge
DSC_0036	OT6022	0.21	OK
DSC_0048	OT6025	0.20	OK
DSC_0022	OT6012	0.19	OK
DSC_0048	OT6022	0.19	OK
DSC_0048	OT6027	0.19	OK
DSC_0054	OT6017	0.19	OK
DSC_0009	OT6003	0.18	OK
DSC_0054	OT6020	0.18	OK
DSC_0015	OT6008	0.17	OK
DSC_0022	OT6009	0.17	OK
DSC_0022	OT6013	0.17	OK
DSC_0042	OT6021	0.17	OK
DSC_0060	OT6027	0.17	OK
DSC_0022	OT6015	0.16	OK
DSC_0054	OT6022	0.16	OK
DSC_0036	OT6010	0.16	OK

Name	Base Length[m]	Height[m]	B/H Ratio	Plane Res[m]	Depth Res
0004 - DSC_0009	2.0949	12.3154	0.17	0.0028	0.0162
0009 - DSC_0015	2.4925	13.6073	0.18	0.0030	0.0166
0015 - DSC_0022	2.1187	14.6718	0.14	0.0033	0.0227
0048 - DSC_0060	2.9971	15.2895	0.20	0.0034	0.0174
0042 - DSC_0054	1.9423	16.1287	0.12	0.0036	0.0299
0022 - DSC_0036	3.4798	14.4300	0.24	0.0032	0.0134
0036 - DSC_0048	2.0168	14.3237	0.14	0.0032	0.0227

Slika (9): Rezultati zunanje orientacije – slikovne koordinate in prostorska ločljivost

Peti zavihek *Camera Locations* (slika 10) podaja položaje kamer za posamezni posnetek v času snemanja, torej rezultate zunanje orientacije.

V šestem zavihku *Calculated Coordinates* (slika 10) je seznam izravnanih koordinat oslonilnih in veznih točk, ki so bile uporabljene v blokovni izravnavi, z odstopanji za vsako koordinato posebej, skupnim največjim odstopanjem in standardno deviacijo, torej natančnostjo.

Zavihka *Camera Locations* in *Calculated Coordinates* imata možnost izvoza rezultatov izravnave v datoteko. Rezultate izvozite v *CSV* ali *TXT* ali *SIM* obliko datoteke. Datoteke se brez določitve druge lokacije na disku, shranijo v mapo projekta.

**Orientation Results**

Image Name	Xo [m]	Yo [m]	Zo [m]	omega[deg]	phi [deg]	kappa[deg]
SC_0004	91.5994	100.8448	11.5072	-93.602	-0.092	-3.352
SC_0009	93.6878	100.6819	11.5329	-91.987	0.305	-2.817
SC_0015	96.1801	100.7106	11.5392	-90.711	0.316	-2.778
SC_0022	98.2988	100.7035	11.5345	-90.802	-0.279	-2.495
SC_0042	101.7920	100.4452	11.4667	-103.029	-0.928	-1.242
SC_0048	103.6792	99.8774	11.4272	-93.462	0.802	-0.971
SC_0064	103.6230	93.6143	11.4546	-102.993	-0.596	-0.428
SC_0060	106.6703	100.0456	11.3436	-92.980	-0.399	-3.368
SC_0036	101.7722	100.5338	11.4115	-92.515	0.399	-3.337

**Orientation Results**

Point Name	X [m]	Y [m]	Z [m]	DX [m]	DY [m]	DZ [m]
DT6001	91.1827	113.1486	11.2623	-0.0003	-0.0004	0.0003
DT6002	91.2171	113.1458	12.2193	0.0001	-0.0002	0.0003
DT6003	91.2736	113.1252	13.1026	-0.0004	0.0002	-0.0004
DT6004	93.1407	113.0798	13.2509	-0.0003	-0.0002	-0.0001
DT6005	93.0899	113.1131	12.2160	0.0009	0.0001	0.0000
DT6006	93.1008	113.1459	11.2788	-0.0002	-0.0001	-0.0002
DT6007	96.0198	115.3757	11.1704	0.0008	-0.0003	0.0004
DT6008	96.0391	115.3714	12.1860	0.0001	0.0004	0.0000
DT6009	96.0848	115.3839	12.9340	-0.0002	-0.0001	0.0000

Slika (10): Rezultati zunanje orientacije – pozicije kamere in izračunane koordinate

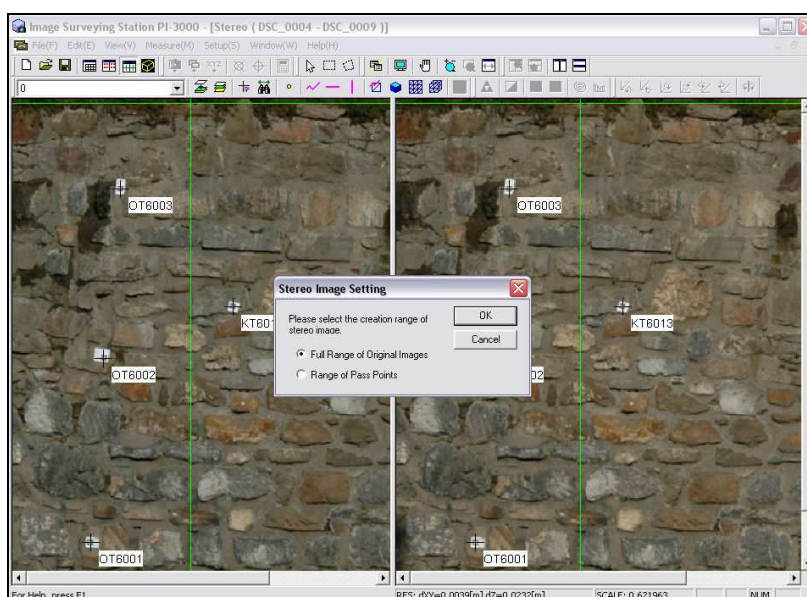
### 3. 3D meritve podob

Meritve izvajate na stereoparu, istočasno na obeh podobah. Prva možnost je, da merite brez uporabe polarizacijskih očal, leva podoba je na levi strani monitorja, desna podoba na desni strani. Druga možnost je merjenje z uporabo polarizacijskih očal na 3D načinu prikaza stereopara.

Meritve se izvajajo v treh korakih:

1. 3D meritev oslonilnih točk na objektu,
2. vris poligonov, kjer se spremeni globina objekta,
3. oris objekta – izris poligona za celotni objekt.



Izberete prvi stereopar in na namizju poiščete ikono *Stereo Screen*. Pojavita se leva in desna podoba stereopara. Nato izberete *Setup* → *Stereo Image Setup*. Nastavitve podajo dve možnosti: prva možnost je prikaz podob stereopara v celotni velikosti, druga možnost pa prikaz podob le v obsegu oslonilnih točk na podobah. Izberete prvo možnost *Full Range of Original Images*, saj druga možnost *Range of Pass Points* ne zajame celega objekta. Ta proces traja nekaj trenutkov. Samodejno se izvede ob prvem odprtju ostalih stereoparov.






Slika (11): Stereo prikaz in nastavitve

Za merjenje s polarizacijskimi očali nastavite nastavitve za 3D prikaz. Izberete *Setup* → *Adjust 3D Display*. Prikaže se rumeno zelen ekran z obvestilom, ki ga samo potrdite. Podatki tudi možnost zamenjave levega in desnega posnetka.

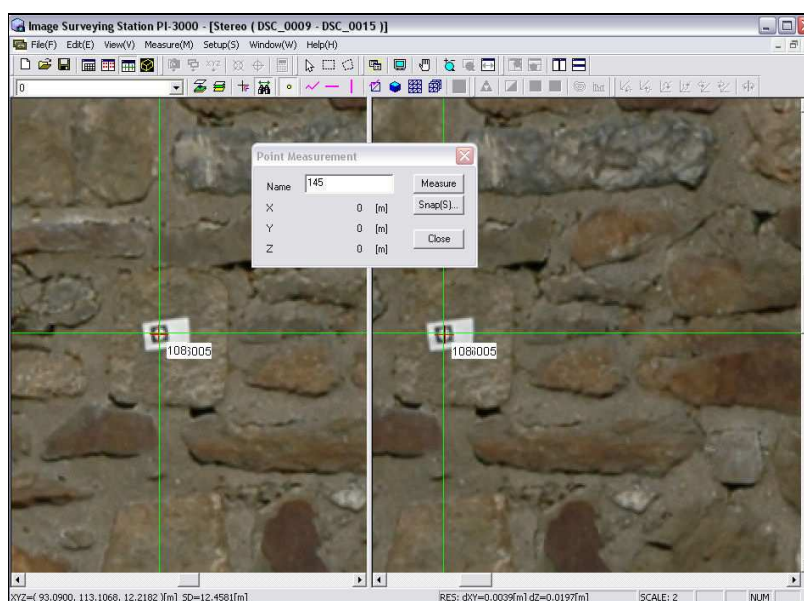
Ukazi in bližnjice:

- preklop med 3D načinom in navadnim načinom pogleda → tipka d,
- točko ali lomno točko poligona potrdite → levi klik miške,
- nastavitve globine → premikanje kolesčeka na miški ali smernih tipk levo/desno na tipkovnici,
- avtomatska korelacija → klik na srednjo tipko miške – navadno na kolesček,
- preklapljanje med stereopari → tipki Page Up/ Page Down (uporabno pri merjenju poligonov, ko detajl zavzema več stereoparov),
- povečava → povečalo najdete v orodni vrstici, ali lažje z numeričnimi tipkami na tipkovnici 1, 2, 3, 4 (1 - manjša povečava, 4 - največja povečava),
-  *Add Layer* – dodajanje novega sloja,
-  *Layer Setting* – urejanje ostalih slojev,



-  *Point Measurement* – 3D meritve točk na objektu,
-  *Polyline* – izdelava poligonov na objektu,
-  *Select* – izbira ustreznega objekta (točka, poligon, TIN mreža...).

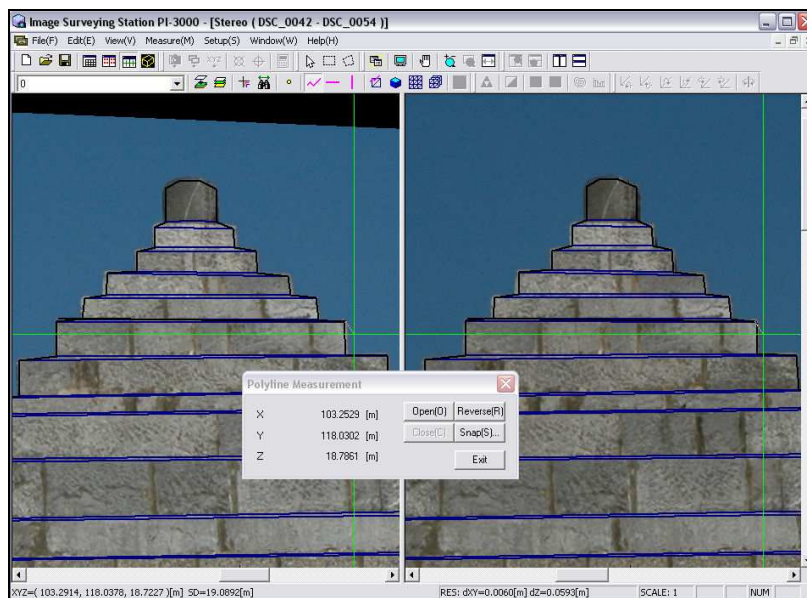
### 3.1 3D meritve točk



Slika (12): Prikaz meritev točk

Meritve potekajo v obeh načinih (3D in navadni pogled) enako. Nastavite nov sloj. Meritve pričnete z ukazom *Point Measurement*. Odpre se okno *Point Measurement* s pomočjo katerega izvedete meritve točk (slika 12). V oknu najprej nastavite ime točke, na primer od 101 naprej. Za vsako novo točko program poda naslednjo številko. Kurzor na levem posnetku nastavite na točko in mu na desnem posnetku popravite globino, torej ga poravnate desno ali levo na isto točko. Uporabite lahko tudi avtomatsko korelacijo. Najprej na točko kliknete z miško, nato uporabite ukaz *Point Measurement* → *Measure*. Tako izmerite oslonilne točke na vseh stereoparih.

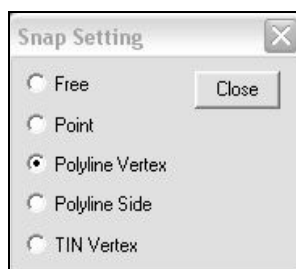
### 3.2 Vris poligonov



Slika (13): Prikaz merjenja poligonov

Za poligone si ponovno nastavite nov sloj. S poligoni označite detajle objekta, kjer se v naravi objektu spremeni globina. Paziti je potrebno, da je globina lomnih točk poligona dobro določena, saj 3D model sicer ne bo pravilne oblike.

Izberete ukaz *Polyline* in odpre se okno za merjenje poligonov *Polyline Measurement*. Izberete prvi detajl, ki ga orišete. Začetno točko poiščete na levem posnetku, na desnem posnetku nato nastavite globino isto točko in označite z levim gumbom miške. Nato poiščete novo točko in ponovite postopek. Poligon zaključite s klikom na *Close* v oknu za merjenje poligonov (slika 13). Poligon se zaključi na začetni točki. Nadaljujete z novim poligonom. Dva poligona lahko sestavite skupaj tako, da ju združite po robu. To naredite s spojitvijo lomnih točk poligonov, z ukazom *Snap*. Odpre se okno *Snap settings* (slika 14), kjer določite način spajanja - *Polyline Vertex*. Ko z miško kliknete na levi sliki v okolico lomne točke poligona, s katero bi spojili nov poligon, program avtomatsko spoji lomni točki. Na desnem posnetku zato ni potrebno nastavljati globine. Za ponovni prehod na prosto spajanje označite ukaz *Free*.



Slika (14): Nastavitve spajanja

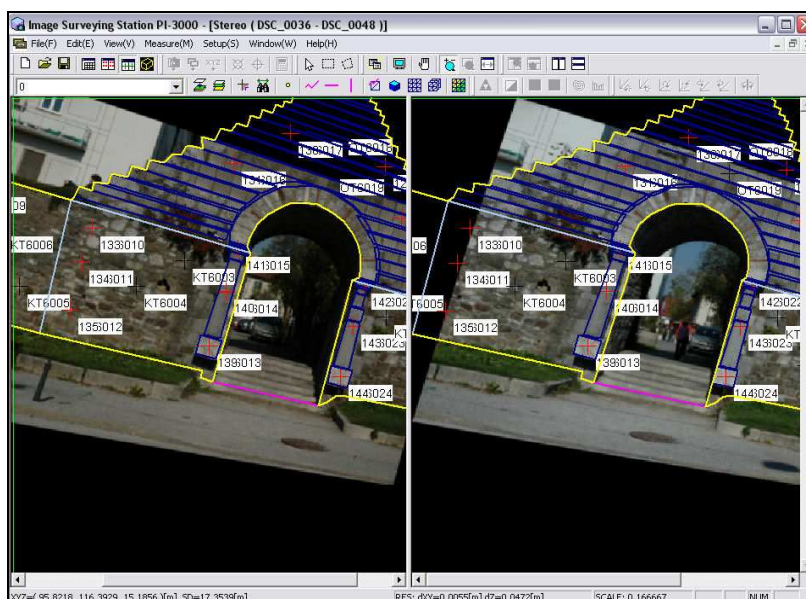
Velikokrat se pojavi problem, ko je ploskev, ki jo želite orisati, razdeljena na dva ali več stereoparov. Na prvem stereoparu začnete risati poligon. Ko pridete do točke, ko ploskev ni več vidna, nikakor ne zaključite poligona, temveč s tipkama *Page Up* ali *Page Down* poiščete stereopar, kjer je poligon viden ter nadaljujete do konca.

Lomno točko poligona, ki je niste označili na pravem mestu, zbrisete z desnim klikom miške. Poligon, ki ga želite izbrisati, označite z ukazom *Select* → *Polyline* → *OK*, označite poligon in ga zbrisete z *Delete*.

### 3.3 Določitev območja objekta

Postopek je enak kot že pri prejšnji točki, vendar tokrat orišete celoten objekt. S tem definirate meje objekta, razmejite objekt od okolice.

Nastavite nov sloj, v katerem izdelate obod objekta. Uporabite ukaz *Polyline*. Tu je pomembno le, da se po robu objekta čimbolj približate poligonom, ki ste jih že izrisali. Najbolje je, da spojite poligon obod objekta z že obstoječimi poligoni po zunanji liniji objekta. Na sliki 15 je obod objekta prikazan z rumenim poligonom. Program na podlagi vrisanih poligonov izdelava TIN mrežo tako, da poligone medsebojno poveže.







Slika (15): Poligon okoli objekta – rumena linija

#### 4. Izdelava površja in avtomatske meritve površja

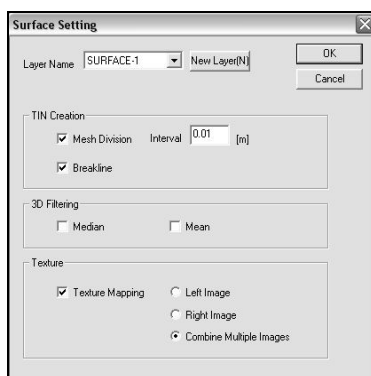
Sicer pomeni kratica TIN - Triangular Irregular Network (nepravilna trikotniška mreža), vendar je v programu pojmovana tako tudi izdelava pravilne trikotniške mreže.

V orodni vrstici najdete štiri ukaze, ki jih potrebujete za dokončno izdelavo 3D modela.

1.  *Create Surface* – Izdelava se TIN mreža glede na zajete poligone in po želji tudi tekstura.
2.  *Avto Surface Measurement* – Izdelava se nova TIN mreža, ki je bolj podobna realnemu modelu, saj se izračuna površje modela, torej globine. Po želji je možno dodati teksturo. Ta ukaz se izvede samo na območju trenutnega stereopara.
3.  *Avto Surface Measurement (Batch Processing)* – Enako kot pri 2. ukazu, le da se ta ukaz izvede za celo serijo stereoparov.
4.  *Texture Mapping* – Če pri prejšnjih ukazih niste dodali teksture površja, jo izdelate naknadno.

#### 4.1 Izdelava TIN mreže in teksture

Preden uporabite ukaz za izdelavo TIN mreže označite poligon okoli objekta. Poligon izberete na kateremkoli stereoparu. Paziti je potrebno, da se izbere pravi poligon. Če je pod linijo poligona, ki ga želite označiti, kakšen drug poligon, je verjetno, da se označi spodnji.



Slika (16): Nastavitve površja

Izberete ukaz *Create Surface*. Odpre se okno *Surface Setting* (slika 16). Najprej je potrebno določiti nov sloj, v katerem se bo izdelala TIN mreža. Lahko izdelate pravilno ali nepravilno TIN mrežo. Za pravilno mrežo pod *TIN Creation* določite velikost mreže, torej kakšno gostoto mreže želite – označite *Mesh Division* in pod *Interval* vnesete želeno velikost. Pri določitvi nepravilne TIN ta korak preskočite. Označite tudi polje *Breakline*, ki programu pove, da so znotraj glavnega poligona, ki ste ga predhodno označili, tudi drugi poligoni, ki določajo spremembo globine na objektu.

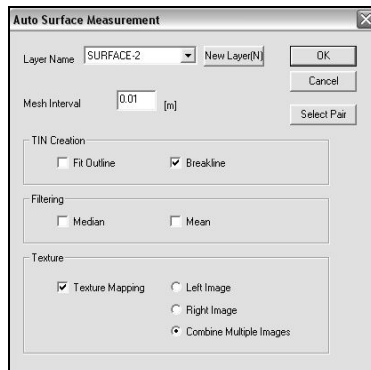
TIN mreži dodate tudi teksturo, ni pa potrebno. Če želite izdelati teksturo, pod *Texture* označite *Texture Mapping* ter določite, ali se naredi tekstura iz leve ali iz desne ali iz vseh podob. Kliknete *OK* in počakate nekaj trenutkov, da program izdela TIN mrežo in teksturo. Na stereoparu se pojavi mreža, ki je tudi na ostalih stereoparih, torej na območju celotnega modela.

## 4.2 Avtomatske meritve površja

Po izdelavi TIN mreže izvedete avtomatsko izmero modela, torej določitev globine vseh točk na objektu. Postopek se izvede skoraj analogno kot v prejšnji točki. Označite poligon okoli objekta. Če želite izdelati meritve samo za prikazan stereopar, potem uporabite ukaz *Auto Surface Measurement*, sicer uporabite *Auto Surface Measurement (Batch Proccesing)*. Nastavitve so v obeh primerih enake.

V oknu *Avto Surface Measurement* nastavite nov sloj (slika 17). Pri oknu *Mesh Interval* določite gostoto mreže. V razdelku *TIN Creation* označite *Breakline* ter v razdelku *Texture* označite *Texture Mapping* in *Combine Multiple Images*. Tako izdelate vzporedno še teksturo površja.

Če uporabite ta proces za vse stereopare, lahko izračun traja kar nekaj minut. Vse je odvisno od tega, koliko stereoparov imate in kako gosto mrežo želite. Na stereoparih se nato izriše dodatna TIN mreža.



Slika (17): Nastavitve avtomatskih meritev površja

## 4.3 Izdelava teksture površja



V tem primeru označite TIN mrežo, na podlagi katere se bo izdelala tekstura. Izberete *Selection* → *TIN* → *OK*. Na stereoparu nato označite TIN mrežo. Uporabite ukaz *Texture Mapping*. Odpre se okno *Texture mapping*, kjer določite, iz katerega posnetka se izdelata tekstura, iz levega ali iz desnega ali program uporabi vse posnetke. Če delate teksturo za celoten model, potem je logično

uporabiti vse posnetke. V naslednjem oknu določite *Ground Resolution*, kar pomeni, koliko centimetrov ali milimetrov bo zajetih v enem pikslu teksture. Določite referenčno podobo, ki bo služila za barvno uskladitev vseh podob. Označite *Color Adjustment*. Po kliku na *OK*, se odpre novo okno *Image Selection*, na katerem nato označite eno iz serije fotografij. Nato se izvede proces izdelave teksture modela.

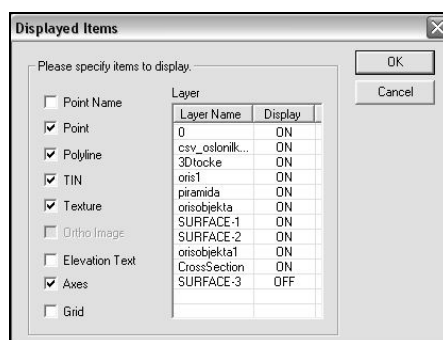
#### 4.4 Pregled modela v 3D okolju

V orodni vrstici poiščete ikono *Model Screen*. Odpre se okno *3D Model*, kjer pregledate izdelan 3D model iz vseh zornih kotov. Pri premikanju si pomagajte s tipkami na miški. Z levo tipko model premikate v prostoru, z desno ga rotirate, s kolesčkom povečate in zmanjšate.

Ukazi:

-  *Displayed Items* – prikazani objekti,
-  *Rendering* – prikazovanje modela v žičnem načinu.

Z izborom ukaza *Displayed Items* se odpre okno, v katerem je seznam objektov in uporabljenih slojev (slika 18). Imate možnost izbire, kaj želite na modelu videti, samo TIN mrežo in teksturo, ali tudi oslonilne točke, poligone... Če so objekti označeni, potem bodo prikazani na 3D modelu.

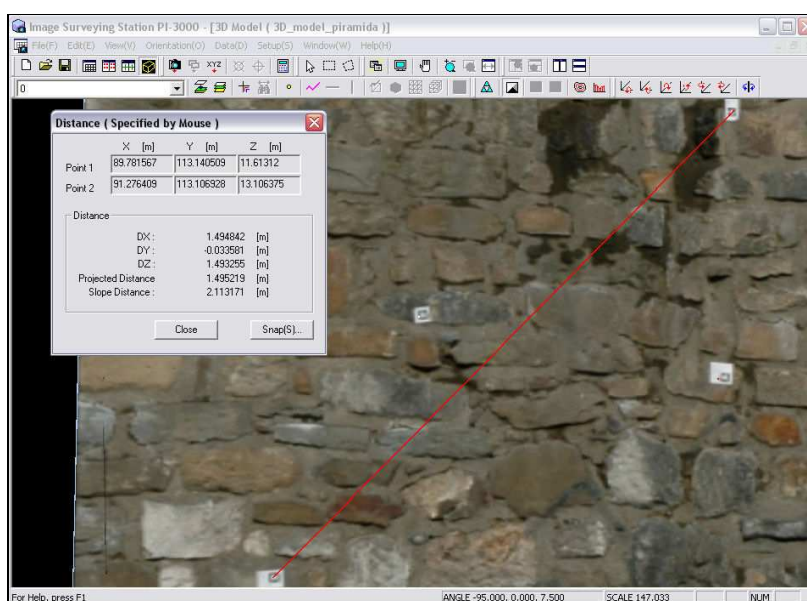


Slika (18): Prikazani objekti na 3D modelu

Ukaz *Rendering* prikaže 3D model v žičnem načinu. Za ta prikaz morata biti v oknu *3D Model* vidna TIN mreža in tekstura.

## 5. Preverjanje koordinat kontrolnih točk in merila 3D modela

V oknu *Model Screen*, na 3D modelu, izberete dve kontrolni točki. Izberete *Data* → *Distance* → *Plot On Screen*. Odpre se okno *Distance (Specified by Mouse)*. Z miško določite center prve kontrolne točke, nato še center druge kontrolne točke. Na zaslonu se izriše povezava med točkama. V oknu *Distance* se izpišejo koordinate prve točke, druge točke, koordinatne razlike med točkama, projicirana razdalja – *Projected Distance* in poševna razdalja – *Slope Distance*. Prvi določeni točki na modelu se izpišejo modelne koordinate v *Point 1*, v *Point 2* so koordinate druge določene točke. Tako primerjate modelne koordinate kontrolnih točk s terenskimi. V oknu *Distance* poiščete poševno dolžino ter jo primerjate z dolžino izračunano iz terenskih koordinat.



Slika (19): Določitev dolžine na 3D modelu