

# IZDELAVA METRIČNIH MODELOV STAVB Z NIZKOCENOVNIM ORODJEM

## GENERATION OF METRIC BUILDING MODELS USING A LOW-COST TOOL

*Luka Dobričić, Mojca Kosmatin Fras*

UDK: 528.7

### IZVLEČEK

*V prispevku je opisan postopek izdelave metričnega trirazsežnega (3R) modela stavb z nizkocenovnim orodjem, ki deluje na principu večslikovne metode preseka slikovnih žarkov. Prednost te metode je, da za izvedbo modela med posnetki ne potrebujemo stereoeffekta in ne potrebujemo fotogrametričnega instrumenta za 3R-zajem. Metoda je bila preizkušena na dveh stavbah. Uporabljen je bil programski paket Photomodeler verzija 5, ki omogoča celotno izvedbo projekta po omenjeni metodi in med drugim omogoča kalibracijo fotoaparata, merjenje slikovnih točk, izračun prostorskih koordinat z izravnavo, izgradnjo topološko urejenega ploskovnega 3R-modela stavbe in lepljenje teksture na posamezne ploskve modela. Opisan je postopek izvedbe in omejitve ter težave pri uporabi omenjene metode v praksi. Predstavljeni rezultati kažejo dobre potencialne možnosti za širšo uporabo pri določenih vrstah nalog.*

### KLJUČNE BESEDE

**fotogrametrija, kalibracija fotoaparata, večslikovna metoda, 3R-model, Photomodeler**

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

### ABSTRACT

*The paper describes the procedure of generating a 3D metric building model using a low-cost program package that operates on principles of multiple-image ray intersection. The advantage of the method is that stereoview is not required and we do not need a photogrammetric instrument or workstation for 3D data acquisition. The method was tested on two buildings. The program package Photomodeler version 5 was used, enabling the complete project accomplishment that includes camera calibration, image measurements, adjustments of object coordinates, generation of surface 3D models and photorendering. The phases of the project are described as well as limitations and problems encountered in practice. The results show good potentials for broad use in different applications.*

### KEY WORDS

**photogrammetry, camera calibration, multiple image method, 3D model, Photomodeler**

## 1 UVOD

Dokumentiranje stanja stavb in izdelava metričnih trirazsežnih (3R) modelov stavb se danes potrebuje in izdeluje za različne namene. V nalogi, ki je predstavljena v tem članku, smo si zastavili cilj preizkusiti alternativno možnost izdelave 3R-modela zunanosti stavbe s poudarkom na nizkocenovni opremi (tj. cena od tisoč do nekaj tisoč evrov). Stavbe lahko metrično dokumentiramo z različnimi tehnologijami in metodami, npr. z ročnimi meritvami, geodetskimi

meritvami, laserskim skeniranjem, fotogrametričnim zajemom idr. Prav fotogrametrija se že poldrugo stoletje uspešno uporablja za dokumentiranje kulturnih spomenikov in drugih grajenih objektov. Fotografija kot medij za zapis (običajno) vidnega valovanja elektromagnetnega spektra nudi veliko semantičnih informacij o objektu, fotogrametrične metode pa omogočajo pridobivanje metričnih podatkov iz fotografij. Danes se hitro in zelo uspešno uveljavlja metoda 3R laserskega skeniranja, vendar je oprema še razmeroma draga (Kraus, 2005). Na terenu lahko podatke s skenerjem hitro zajamemo, vendar pa je postopek izdelave topološko urejenega 3R-modela zahteven in časovno zamuden (Dorninger, 2005). Smer razvoja, ki jo kažejo raziskave in praksa, je sočasna uporaba različnih tehnologij in virov podatkov (Kraus, 2005).

Fotogrametrične metode običajno temeljijo na stereoskopskem opazovanju. V tem primeru potrebujemo analitični fotogrametrični instrument ali digitalno fotogrametrično postajo, ki omogoča orientacijo stereopara posnetkov in 3R-opazovanje in merjenje v stereomodelu. Profesionalna oprema je sorazmerno draga, potrebno znanje in usposobljenost operaterjev pa mora biti visoko, da lahko zagotovimo kakovostne rezultate. Obstajajo pa tudi drugačne metode, ki omogočajo zajem po metodi analitične rekonstrukcije posameznih točk objekta iz preseka slikovnih žarkov iz več posnetkov (večslikovne metode), pri čemer stereoeffekt med posnetki ni potreben. Na tržišču obstajajo izdelki različnih cenovnih razredov, ki delujejo na principu te metode.

Eden izmed nizkocenovnih programov je Photomodeler, ki ga razvija podjetje EOS Systems iz Kanade (<http://www.photomodeler.com/index.html>). Podjetje nam je omogočilo brezplačno uporabo verzije 5 tega programa in nudilo svetovanje za namene izvedbe praktičnega primera v diplomski nalogi (Dobričič, 2005). Poleg študija teoretičnih osnov metode in konkretnih navodil za uporabo programa je bil glavni namen naloge predvsem preizkusiti metodo v praksi in preveriti, ali je postopek dovolj hiter, enostaven in uporaben za manj zahtevne (predvsem z vidika pozicijske natančnosti) aplikacije.

Program deluje v okolju Windows, oblika grafičnega vmesnika pa je podobna večini razširjenih programov (npr. AutoCAD, Microstation, CorelDraw ipd.). Za izvedbo projekta potrebujemo običajni digitalni fotoaparatus, računalnik in računalniški program. Lahko snemamo tudi z analognim fotoaparatom, vendar moramo potem fotografije še skenirati. Program omogoča popolnoma avtomatizirano kalibracijo fotoaparata. Za zajem točk uporabimo postopek označevanja točk in njihovega prepoznavanja na več fotografijah, ki so prikazane na zaslonu, brez uporabe stereoeffekta. Tako postopoma in interaktivno gradimo 3R-model objekta. Program omogoča zapis krivih linij oziroma modeliranje zakrivljenih površin in izvoz datotek v standardnih formatih.

Nekateri drugi podobni programi so:

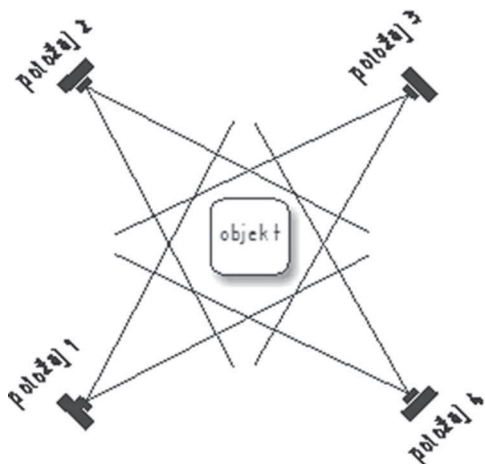
- Kodak Digital Science Dimension Software (<http://www.kodak.com>),
- Canoma (<http://www.metacreations.com>),
- Rolleimetric CDW (<http://www.rolleimetric.de>) idr.

## 2 OPIS METODE IN PRAKTIČNEGA PRIMERA

Večslikovno metodo preseka žarkov lahko uporabimo za izvrednotenje različnih vrst in velikosti objektov, predvsem pa v bližnjieslikovnih aplikacijah (arhitektura, arheologija, industrija idr.). Bistveni pogoj za uspešno uporabo te metode je dobra prepoznavnost in določljivost detajlov, iz katerih bomo zgradili 3R-model. Na homogenih površinah brez značilnih detajlov (npr. enakomeren omet stene fasade, gladke površine karoserije avtomobila) namreč ne moremo izmeriti istih točk na več posnetkih. Ena od možnih rešitev je signalizacija točk, ki jih želimo zajeti (lepljenje tarč, risanje direktno na površino, projekcija točk z diaprojektorjem ipd.).

Posebej pozorno moramo izdelati plan fotografiranja. Predvideti moramo, da se vsak detajl, ki ga želimo zajeti, pojavi na najmanj dveh, še bolje pa na več fotografijah. Upoštevati moramo, kakšen fotoaparati in objektivne imamo na razpolago, saj je od tega pri isti oddaljenosti od objekta odvisno vidno polje in merilo snemanja. Več težav lahko pričakujemo pri fotografiranju zelo razgibanih ali zakrivljenih površin.

Praktična aplikacija, ki je opisana v tem članku, se nanaša na izdelavo 3D-modela zunanosti stavbe velikosti individualne hiše. Splošni napotki primerne fotografiranja in problemi, ki jih lahko pričakujemo, se zato nanašajo na tovrstne aplikacije. Običajno ločimo fotografiranje za celotno »pokritje« objekta in fotografiranje kritičnih delov in pomembnih detajlov, ki je ponavadi narejeno iz krajših razdalj. Najbolj enostaven primer bi bil fotografiranje objekta v obliki kocke, ki bi ga teoretično lahko zajeli iz samo štirih fotografij (slika 1).



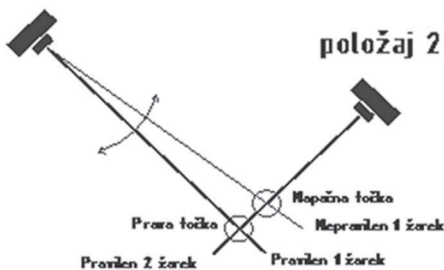
*Slika 1: Snemanja objekta v obliki kocke z minimalnim številom posnetkov.*

Pri obravnavani metodi se prostorske koordinate vsake posamezne točke na objektu, ki jo želimo izmeriti, izračunajo z izravnavo prostorskega preseka pripadajočih slikovnih žarkov iz različnih posnetkov. Na vsaki fotografiji merimo slikovne koordinate posameznih točk. Skozi vsako slikovno točko in projekcijski center fotoaparata, ki ga določimo z izravnavo preko znanih koordinat oslonilnih točk, lahko matematično zapišemo enačbo premice v prostoru. Zaradi značilnosti centralne projekcije fotografije, da slikovna točka, projekcijski center in objektna točka ležijo na isti premici (so kolinearne), mora iskana objektna točka ležati nekje na premici skozi slikovno

točko in projekcijski center. Ta položaj lahko določimo, če iz drugega posnetka zapišemo še eno prostorsko premico, in z izravnavo izračunamo najbolj verjetno točko preseka premic. Vsaka dodatna fotografija z upodobljeno isto objektno točko prispeva dodatno prostorsko premico in izračunane koordinate objektne točke so lahko zanesljivejše in natančnejše.

Iz opisane matematične razlage postopka sledi, da je natančnost in zanesljivost izračunanega položaja objektne točke močno odvisna od geometričnih pogojev, pod katerimi se prostorske premice sekajo. Idealen kot, pod katerim naj bi se slikovna žarka sekala, je pravi kot. V praksi tega pogoja seveda ne moremo zagotoviti za vse točke, vendar se poskušamo temu čim bolj približati. Neposreden vpliv na natančnost določitve objektne točke imajo tudi izračunani parametri zunanje orientacije posnetka (pozicija fotoaparata in zasuki okrog treh koordinatnih osi), saj določajo položaj slikovnega žarka. Vpliv napačne določitve položaja fotoaparata na pozicijo objektne točke je prikazan na slikah 2 in 3. Na sliki 2 je prikazana napaka določitve objektne točke pri napačni določitvi orientacije fotoaparata na stojišču 1 in pravilni določitvi orientacija fotoaparata na stojišču 2, pri čemer se slikovna žarka sekata pod pravim kotom.

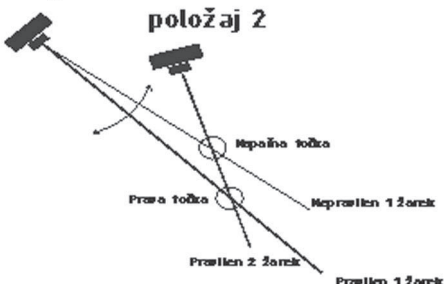
### položaj 1



*Slika 2: Vpliv napake orientacije fotografije na izračun objektne točke pri pravokotnem preseku žarkov.*

Na sliki 3 je prikazana ista napaka v določitvi orientacije fotoaparata na stojišču 1, pri čemer presek slikovnih žarkov nastane pod ozkim kotom – napaka se opazno poveča.

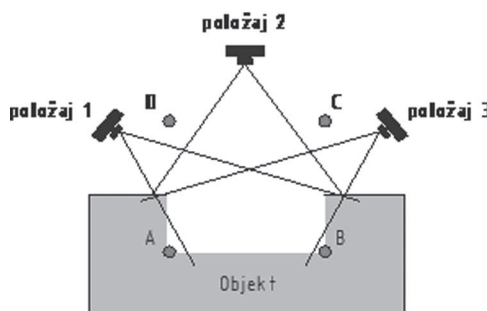
### položaj 1



*Slika 3: Vpliv napake orientacije fotografije na izračun objektne točke pri ozkem kotu preseka žarkov.*

Poleg opisanih pogojev (pravilnost orientacije fotografij, dober geometrični presek žarkov) moramo za doseg dobrih rezultatov zagotoviti dobro vidnost in določljivost objektnih točk na vseh posnetkih, kar pa praktično ni vedno možno. Posamezen detajl je na posnetku lahko nejasen

ali razpotegnjen, zato slikovne točke ne moremo točno zajeti. Napake, ki lahko zaradi tega nastanejo, lahko kompenziramo oz. zmanjšamo z večjim številom fotografij. S statistično obravnavo, ki je vključena v programu izravnave preseka slikovnih žarkov, je možno opredeliti zanesljivost posameznega žarka in »sumljivim« ustrežno zmanjšati vpliv na končni rezultat. Zato je priporočljivo, da zagotovimo pokritost posameznih delov objekta z vsaj tremi fotografijami. Na sliki 4 je prikazan primer snemanja niše v fasadi, kjer je položaj snemanja določen tako, da zagotavlja tri posnetke in hkrati čim boljši geometrični presek žarkov. Pri doslednem upoštevanju teoretičnih pogojev pa v tem primeru pride do pojava »mrtvih« kotov, ko del niše ni upodobljen na vseh treh posnetkih (točka A se ne vidi na fotografiji 1, točka B pa se ne vidi na fotografiji 3). Takšen konkreten primer bi rešili tako, da bi objekt posneli še iz dveh dodatnih stojišč C in D.



**Slika 4:** Zagotavljanje ustrezne konfiguracije posnetkov in pojav »mrtvih« kotov.

Iz opisanih primerov je razvidno, da je pravilna konfiguracija posnetkov zelo pomembna za nadaljnjo obdelavo. Kot neko splošno vodilo pri snemanju lahko uporabimo metodo prstana ali metodo dveh prstanov (Photomodeler, 2004). Metoda prstana pomeni, da objekt snemamo iz določene razdalje in se premikamo po navideznem krogu (prstanu) centrično okrog objekta. Pri tem so vse fotografije v približno enakem merilu. Metoda dveh prstanov pa pomeni, da se premikamo po dveh krogih (prstanih), ki sta ekscentrična na objekt. Pri tem dobimo dobro celostno pokritje objekta, hkrati pa tudi posnetke iz krajših razdalj za boljše določevanje detajlov.

Metodo smo v praksi preizkusili na dveh primerih stavb v različnih okoljih in različnih arhitekturnih oblik. Prva stavba se nahaja v kompleksu hotela Belvi pod Rožnikom (slika 5), druga pa je stanovanjska vila v središču Bleda (slika 6).



**Slika 5:** Prvi primer praktične obdelave – depandansa hotela Belvi pod Rožnikom v Ljubljani.



**Slika 6:** Drugi primer praktične obdelave – vila na Bledu.

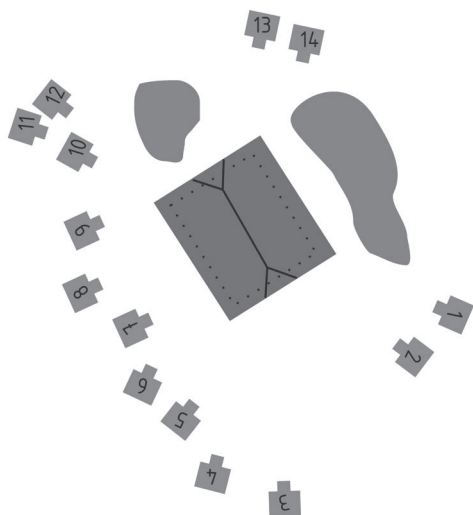
### 3 POTEK IZDELAVE OD SNEMANJA DO 3R-MODELA NA PRIMERU

V tem poglavju so opisane posamezne faze, ki jih je v projektu izdelave 3R-modela stavbe po večslikovni metodi preseka žarkov treba izvesti. Splošna pravila, ki jih moramo upoštevati pri snemanju zaradi značilnosti obravnavane metode, so podana že v poglavju 2, zato se tu osredotočimo na opis konkretnega primera. Za snemanje lahko uporabimo tudi nemetrični fotoaparati, priporočljivo seveda digitalnega. Photomodeler ima vgrajen modul za izvedbo kalibracije, postopek je na kratko opisan. Sledi identifikacija in merjenje slikovnih točk na vseh posnetkih, izravnava podatkov, katere glavni rezultat so izračunani parametri in prostorske koordinate, ter njihova statistična analiza in zanesljivost ter izdelava topološko urejenega 3R-modela stavbe. Ploskovni model lahko na koncu še opremimo s fotografijami, da dobimo fotorealistični prikaz 3R-modela stavbe.

#### 3.1 Plan in izvedba snemanja

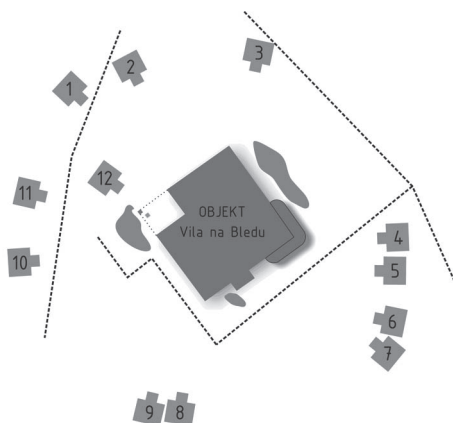
Delo se je začelo z ogledom obeh lokacij. Pri tem se prepričamo, kakšna je dostopnost objekta za snemanje, če obstajajo kakšne ovire za snemanje ipd. Preverimo tudi, ali lahko na objektu najdemo dobro definirane točke, ki bi nam lahko služile kot oslonilne točke. Pri stavbi pod Rožnikom smo na zunanosti objekta lahko našli veliko uporabnih detajlov, ki smo jih uporabili za oslonilne točke. Pri vili na Bledu pa smo uporabili markirne tarče, ki smo jih prilepili na objekt.

Kot je opisano v poglavju 2, je zelo pomembna pravilna razporeditev stojišč za snemanje, zato smo temu tudi posvetili največ pozornosti. Stavba pod Rožnikom je dvokapnica s čopom na obeh straneh. Ker je stavba grajena v klančini, je bilo možno slikati tudi streho. Na severni strani segajo drevesa do samega objekta, zato tega dela stavbe nismo mogli zajeti. Na sliki 7 so prikazana stojišča za snemanje in ovire (vegetacija). Objekt je bil zajet s štirinajstimi posnetki.



**Slika 7:** Stojišča za snemanje stavbe pod Rožnikom in ovire.

Drugačni problemi pa so se pokazali pri snemanju vile na Bledu, saj je stavba precej visoka in so točke na strešnem vencu in balkonskih ograjah slabše vidne s tal. Ta problem bi lahko rešili, če bi snemali iz dvizžne košare, česar pa si v našem primeru nismo mogli privoščiti. Na sliki 8 so prikazana stojišča za snemanje in ovire (vegetacija), črtkano pa parcelne meje. Objekt je bil zajet z dvanajstimi posnetki.



**Slika 8:** Stojišča za snemanje vile na Bledu in ovire.

Pri terenskem delu smo uporabili naslednjo opremo:

- digitalni fotoaparat Nikon D70,
- distomat Leica,
- TC Leica 605 L.

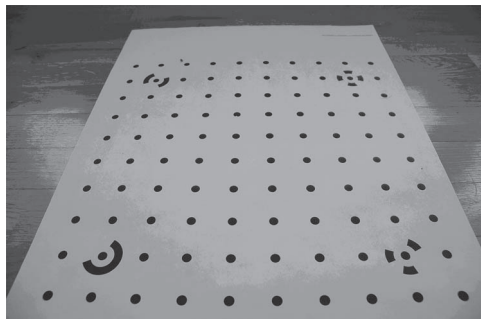
Nikon D70 je zrcalno-refleksni fotoaparatus, katerega senzor ima okoli 6 milijonov pikselov, velikost senzorja je 23,5 mm × 15,6 mm. Uporabili smo objektiv Nikkor 18-70 mm. Distomat in elektronski teodolit smo uporabili za izmero oslonilnih točk na objektu, ki jih potrebujemo za določitev položaja posnetkov in absolutno orientacijo modela v prostoru. Na vsaki fasadi, ki predstavlja eno od glavnih ploskev stavbe, smo izmerili najmanj štiri oslonilne točke (izmerimo podatke za izračun koordinat, lahko pa tudi samo razdalje med točkami).

Za doseg dobrih rezultatov je zelo pomembna tudi dobra radiometrična kakovost fotografij (ostrina, barvna globina, kontrast ipd.). Na to vpliva predvsem izbira fotoaparata in objektiva, ki naj bosta čim bolj kakovostna, pravilna nastavitvev parametrov ekspozicije ter trenutni vremenski pogoji. Najboljša je difuzna svetloba, ki preprečuje nastanek zelo temnih senc. Ob sončnem vremenu včasih ne moremo celega objekta posneti naenkrat, temveč moramo počakati, da pride sonce v primeren položaj. Tako smo snemali vilo na Bledu, ko smo en del objekta posneli v dopoldanskem času (okrog 10. ure), drug del pa popoldan (okrog 15. ure). Pri snemanju objekta pod Rožnikom pa nismo imeli težav, saj je dokaj gosto senco nutil okoliški gozd.

### 3.2 Kalibracija fotoaparata

Kalibracija je proces določevanja elementov notranje orientacije fotoaparata (položaj glavne točke, ki je izhodišče slikovnega koordinatnega sistema; goriščna razdalja, ki je v glavni točki pravokotna na posnetek in določa položaj projekcijskega centra; distorzija objektiva). Pri metričnih fotoaparatih kalibracijske parametre določi proizvajalec z laboratorijsko kalibracijo. Če uporabimo nemetrični fotoaparatus, pa se kalibracijsko snemanje običajno izvede tik pred ali sočasno s snemanjem objekta.

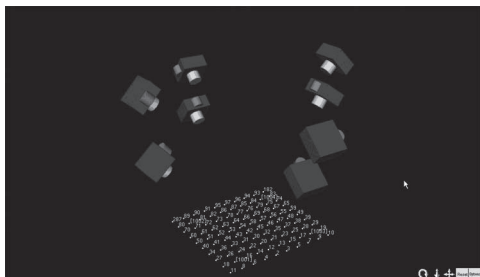
Program Photomodeler vsebuje modul za kalibracijo fotoaparata (Camera Calibrator). Postopek je precej enostaven. Uporabimo kalibrirno mrežo točk, ki jo izrišemo na papirju ali podobnem materialu, ali diapozitiv, ki ga s pomočjo diaprojektorja projiciramo na ravno površino (oboje dobimo od proizvajalca). V našem primeru smo uporabili kalibrirno mrežo, izrisano na formatu lista A0 (slika 9). Mreža je sestavljena iz desetih točk horizontalno in desetih točk vertikalno, skupaj torej 100 točk. Štiri točke so posebej označene kot kontrolne točke s posebnimi oznakami, ki jih program prepozna samodejno.



**Slika 9:** Primer kalibrirne mreže s štirimi posebej označenimi kontrolnimi točkami.



Izrisano mrežo prilepimo na ravno površino in jo slikamo iz osmih različnih položajev (slika 10). Vse nastavitve fotoaparata pri tem ohranimo nespremenjene. Če je možno, slikamo v monokromatskem načinu, saj tako povečamo hitrost obdelave.



**Slika 10:** Slikanje kalibrirne mreže iz osmih različnih položajev.

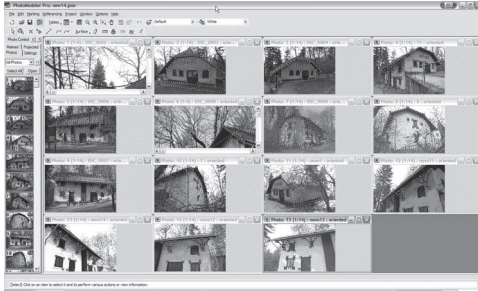
Vse slike kalibrirne mreže uvozimo v program, ki sam najde lokacije točk na posnetku, jih označi in izmeri. Pri avtomatskem prepoznavanju kalibrirnih točk lahko pride do napak, ki pa jih s pregledom v različnih dialognih oknih lahko ročno odpravimo. Kakovost določitve kalibracijskih parametrov se zapiše v kalibracijskem poročilu (preglednica 1).

<p><i>Camera Calibration Standard Deviations</i></p> <p><i>Camera: NIKON D70 JUSTIN</i></p> <p><i>Focal Length</i> Value: 18.042 mm Deviation: Focal: 0.001 mm</p> <p><i>Xp - principal point x</i> Value: 11.969 mm Deviation: Xp: 0.002 mm</p> <p><i>Yp - principal point y</i> Value: 7.968 mm Deviation: Yp: 0.002 mm</p> <p><i>Fw - format width</i> Value: 23.803 mm Deviation: Fw: 9.2e-004 mm</p>	<p><i>K1 - radial distortion 1</i> Value: 6.746e-004 Deviation: K1: 1.1e-006</p> <p><i>K2 - radial distortion 2</i> Value: -1.483e-006 Deviation: K2: 5.8e-009</p> <p><i>K3 - radial distortion 3</i> Value: 0.000e+000</p> <p><i>P1 - decentering distortion 1</i> Value: -3.987e-005</p>
---	--

**Preglednica 1:** Izsek izpisa iz kalibracijskega protokola.

### 3.3 Merjenje slikovnih točk

V Photomodelerju zgradimo 3R-model iz slikovnih točk na različnih posnetkih. Zajem točk in določanje njihove topologije (točke na isti liniji, točke na isti ploskvi ipd.) se izvaja interaktivno preko posebnega meritvenega modula, ki je prikazan na sliki 11.

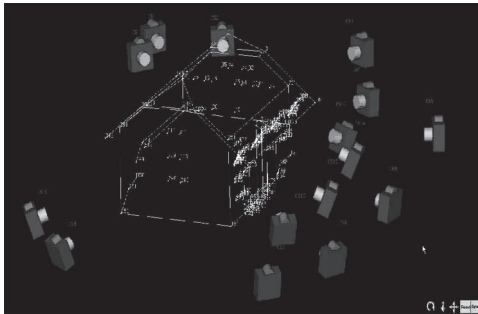


**Slika 11:** Meritveni modul za zajem slikovnih podatkov.

Sproti lahko preverjamo statistične parametre izračuna objektnih točk (numerično in grafično). Tako se lahko odločamo oz. ugotovljamo morebitne napake pri identifikaciji istih točk. Sumljive točke lahko izberemo in jih iz posnetka ponovno zajamemo. V naših dveh primerih stavb je bila napaka določanja točk v objektnem prostoru od 2 mm do 10 mm, le v nekaj točkah, ki so bile zelo slabo določljive iz fotografij, je bila napaka večja od 10 mm.

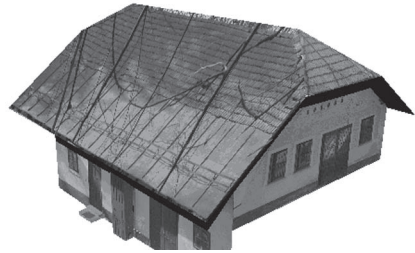
### 3.4 Izdelava topološko urejenega modela

Po uspešnem označevanju točk v določenih mejah odstopanja izvedemo izgradnjo 3R-modela. Na sliki 12 je prikazan osnovni 3R-model stavbe pod Rožnikom, ki smo ga izdelali iz posameznih posnetkov. Topologijo modela gradimo iz osnovnih gradnikov: točk, linij in ploskev.

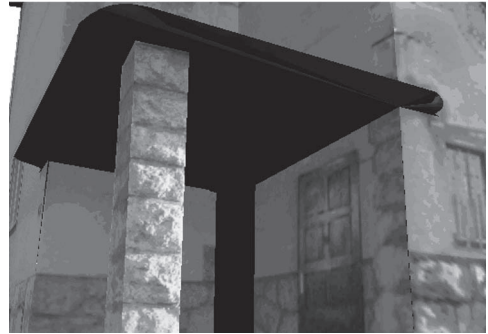
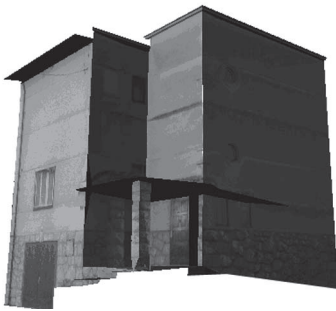


**Slika 12:** Izgradnja topološko urejenega modela – primer stavbe pod Rožnikom.

Model lahko zgradimo v lokalnem koordinatnem sistemu, ki ga definiramo v programu. Za absolutno orientacijo modela v objektnem koordinatnem sistemu pa moramo določiti rotacije modela in merilo. Merilo modela določimo lahko preko znanih dolžin med točkami na objektu. Točke, med katerimi poznamo razdalje, lahko enostavno pokažemo na posnetkih. Za rotacijo modela definiramo izhodišče rotacije in dve koordinatni osi, tretjo os program določi sam. Ko je model absolutno orientiran, lahko na njem odčitavamo dolžine, površine in prostornine. S programom lahko izdelamo tudi ortofoto, ki ga lahko nalepimo na model, da dobimo fotorealistični prikaz. Na slikah 13 (levo, desno) in 14 (levo, desno) so prikazani nekateri pogledi na končna fotorenderirana modela.



**Slika 13:** Končni fotorenderiran model stavbe pod Rožnikom.



**Slika 14:** Končni fotorenderiran model vile na Bledu.

## 4 ZAKLJUČEK

Predstavljena metoda fotogrametričnega zajema in izdelave 3R-modela stavb je nizkocenovna alternativa običajnim fotogrametričnim postopkom. Je enostavna za uporabo, predvsem pa ne potrebujemo drage fotogrametrične opreme in obsežnega fotogrametričnega znanja. 3R-model lahko oblikujemo postopno in sproti preverjamo podatke o natančnosti in zanesljivosti izravnanih količin, na koncu ga lahko še oblepimo s fotografijami in dosežemo fotorealistični izgled modela.

Glavni pogoji, ki jih moramo pri izvedbi projekta izpolniti, so:

- posamezen del stavbe naj bo viden na vsaj treh fotografijah,
- preseki slikovnih žarkov naj bodo čim bližje pravemu kotu,
- uporabimo čim bolj kakovosten (lahko nemetričen) fotoaparatus,
- točke pred snemanjem signaliziramo, če na stavbi ni dovolj jasnih detajlov,
- snemamo v ugodnih vremenskih pogojih.

Če smo snemanje skrbno planirali in izvedli, potem pri obdelavi ni večjih težav. Kadar pa nimamo dovolj časa za pripravo plana snemanja, lahko na terenu naredimo več posnetkov in se kasneje pri obdelavi odločamo, katere fotografije uporabiti.

Glede na pridobljene izkušnje sklepamo, da je postopek primeren za zajem enostavnih stavb velikostnega razreda družinske hiše. Količina dela na terenu oz. v pisarni je bila v opisanem praktičnem primeru približno v razmerju 1 : 4. Metodo lahko uporabimo za dokumentiranje manj obsežnih spomenikov kulturne dediščine, škode ob naravnih nesrečah (npr. ob potresih), škode ob prometnih nesrečah, za aplikacije v arhitekturi, strojništvu, industriji in drugih bližnjelikovnih področjih. Menimo, da je pri večjih in bolj kompleksnih stavbah bolje uporabiti stereo metode.

Za objektivno metrično ovrednotenje metode bi bilo treba v prihodnje izdelati ciljne teste, s katerimi bi bolj podrobno raziskali vplive posameznih delov procesa (npr. kot preseka žarkov, natančnost izračuna parametrov fotoaparata, določljivost detajla idr.) na pozicijsko natančnost izdelanega modela. Proizvajalec navaja, da s programom Photomodeler pri dobro definiranih točkah dosežemo relativno natančnost dolžin v modelu v razmerju 1 : 2000.

***Zahvala:** Avtorja se zahvaljujeta podjetju EOS Systems, ki je omogočilo brezplačno uporabo programa Photomodeler, verzije 5, za namene izdelave diplomske naloge. Posebej velja zahvala g. Jamesu Hardgraveu, ki je svetoval pri strokovnih fotogrametričnih problemih, ter g. Mattu Klymsonu, ki je pomagal z nasveti za organizacijo projekta na terenu.*  
***Acknowledgement:** The authors gratefully thank the EOS Systems for offering the Photomodeler ver. 5 free of charge for the purpose of the diploma project. Especially, our gratitude goes to Mr. James Hardgrave for his help on professional topics, and to Mr. Matt Klymson for his help on project organization.*

## Literatura in viri:

**Dobričič, L. (2005).** *Uporaba programa Photomodeler za izdelavo metričnih modelov stavb. Diplomaska naloga.* Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

**Dorninger, P. (2005).** *Terrestrial Laser Scanners for Documentation and Modeling of Historical Rooms. Univesity Course Laserscanning – Data Acquisition and Modeling. Zbornik predavanj.* Dunaj: Tehniška univerza, Inštitut za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje.

**Kraus, K. (2005).** *Introduction to the Univesity Course Laserscanning – Data Acquisition and Modeling. Zbornik predavanj.* Dunaj: Tehniška univerza, Inštitut za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje.

*Photomodeler User Guide, (2004).* Photomodeler 5.0 Pro. Eos Systems Canada.

<http://www.kodak.com>, pridobljeno 20. 1. 2006

<http://www.metacreations.com>, pridobljeno 20. 1. 2006

<http://www.rolleimetric.de>, pridobljeno 20. 1. 2006

**Luka Dobričič, univ. dipl. inž. geod.**

ADAL d.o.o., Ul. Bratov Učakar 18, SI-1118 Ljubljana

E-pošta: luka.dobricic@adal.si

**doc. dr. Mojca Kosmatin Fras, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: mfras@fgg.uni-lj.si

**Prispelo v objavo: 6. februar 2006**

**Sprejeto: 15. marec 2006**