TEST UPORABNOSTI INTERAKTIVNE METODE ORIENTACIJE NA PRIMERU POSNETKOV TRIGLAVSKEGA LEDENIKA

TEST OF THE INTERACTIVE ORIENTATION METHOD ON THE EXAMPLE OF THE TRIGLAV GLACIER

Mihaela Triglav Čekada, Erik Štrumbelj, Alen Jakovac

UDK: 528.8

IZVLEČEK

Predstavljena je interaktivna metoda orientacije dvorazsežne podobe s pomočjo trorazsežnega detajlnega modela višin, kjer z iskanjem najboljšega prileganja projeciranih trorazsežnih točk v dvorazsežno podobo iščemo parametre orientacije podobe (rotacije in položaj fotoaparata). To je interaktivna metoda, ki zahteva od operaterja dobro poznavanja detajlov na podobi in veliko časa. Za interaktivno metodo orientacije so najbolj primerni panoramski posnetki z odstranjenimi distorzijami in številnimi dobro opredeljenimi detajli na podobah (robovi ...). Metoda je bila razvita za iskanje odstopanj laserskih meritev od dejanskega stanja na terenu (Rönnholm et al., 2003a, 2003b).

Testirali smo uporabnost interaktivne metode orientacije na primeru arhivskih posnetkov Triglavskega ledenika, narejenih z nemetričnim fotoaparatom Horizont. Zaradi premajhnega števila dobro opredeljenih detajlov, vidnih na podobah in v digitalnem modelu višin, dobimo s to metodo le približne vrednosti orientacijskih parametrov. To pa ni dovolj za izmero višin ledenika na posnetkih. Če bi le prišli do pravih parametrov orientacije za vsak posnetek posebej, bi lahko izvedli tudi izmero višinskih sprememb med stanjem na trorazsežnem modelu in stanjem na posnetkih fotoaparata Horizont. Višinske spremembe bi lahko izmerili tako, da bi na dveh posnetkih predstavljali projekcije istih trorazsežnih točk, tako da bi se projekcije bolje ujemale z detajlom, vidnim na posnetkih.

Trorazsežni model točk, uporabljen v testu, predstavlja stanje ledenika izmerjenega v letu 2005, Horizontovi posnetki pa stanje iz preteklosti od leta 1976 naprej, ko je bil ledenik še večji.

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

ABSTRACT

The interactive method of orientation between 2D photographs and a 3D height model presented with a point cloud is described. The orientation parameters of the 2D photograph (rotations and location of the camera) are derived using the interactive searching for the best fit of the projected 3D height model points on the image. This method requires good operator's knowledge of the photograph and its details and above all a lot of time. The most suitable photographs for the interactive method of orientation are the panoramic ones, with removed distortions. On the photograph there should be many easily found targets or details (edges ...). The method was developed for the error search in the laser scanning point cloud (Rönnholm et al., 2003a, 2003b).

In this paper a test of the usefulness of the interactive method of orientation on the example of Horizont nonmetric panoramic photographs of the Triglav glacier is presented. Because of the lack of good details seen on the photographs and in the 3D model, we derived only approximate values for the orientation parameters. Unfortunately this is not enough for conducting measurements of height difference out of the Horizont photograph. If correct values of orientation were available, the height differences between the 3D model and photographs could be measured. This would be done with shifts of the 3D point images on two Horizont photographs, so that they would fit the photographs better. The 3D model presents the state of the Triglav glacier in the year 2005. The Horizont photographs present the state of the glacier in each month from 1976 on.

KLJUČNE BESEDE

daljinsko zaznavanje, digitalni model višin, interaktivna metoda orientacije podob, lasersko skeniranje

KEY WORDS

remote sensing, digital elevation model, interactive photo orientation method, laser scanning

1 UVOD

Obdelava arhivskih nemetričnih posnetkov v fotogrametrične namene je svojevrsten raziskovalni izziv. Arhivski posnetki Triglavskega ledenika, narejeni z nemetričnim panoramskim fotoaparatom Horizont, predstavljajo obsežen del arhivskega gradiva Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU, saj dokumentirajo vsakoletno in celo mesečno dinamiko spreminjanja Triglavskega ledenika od leta 1976 dalje. Vsakič sta istočasno posneti dve fotografiji iz dveh fiksnih stojišč (slika 1), ki pa žal ne tvorita stereoefekta, saj sta optični osi snemanja med seboj divergentni. Tako za njuno obdelavo ne moremo uporabiti standardnih fotogrametričnih postopkov, ki temeljijo na stereozajemu.

Slika 1: *Originalna posnetka Triglavskega ledenika narejena s fotoaparatom Horizont dne 13. 8. 1976 z obeh stojišč.*

V preteklosti je bila na Tehnični univerzi na Dunaju že izvedena kalibracija fotoaparata Horizont, ki nam je omogočila transformacijo posnetkov v centralno projekcijo (Triglav, 2002). Tudi za test, opisan v tem članku, smo posnetke transformirali na enak način (slika 4).

V preteklosti smo poizkusili prevzorčiti posnetke s pomočjo znanega novejšega digitalnega modela višin v psevdoortografije. Ko preučujemo posnetke iz določenega leta, lahko pričakujemo na dveh Horizontovih psevdoortografijah vertikalno paralakso, saj so psevdoortografije narejene na napačnem digitalnem modelu višin (novejši). Višinsko razliko določimo z odpravo vertikalnih paralaks med psevdoortografijami. Vendar žal ta metoda ni dala želenih rezultatov (Triglav, 2002). Tudi monoslikovna restitucija vsakega posnetka posebej s pomočjo klinometrije (Triglav Čekada, 2005) ni obrodila sadov.

Zato smo se odločili preveriti še uporabnost interaktivne metode relativne orientacije, ki omogoča projiciranje digitalnih modelov višin na dvorazsežno podobo. Metodo so razvili predvsem kot pomagalo pri preverjanju pravilnosti digitalnega modela reliefa, izdelanega s pomočjo laserskih meritev, saj operater zelo hitro opazi, če se kakšna točka ali skupina točk ne ujema s podobo (Rönnholm et al., 2003a, 2003b). Na ta način bi projicirali na starejše posnetke Horizont novejši

digitalni model višin in iskali odstopanja. Predpostavili bi, da je digitalni model višin pravilen in iskali odstopanja na podobi, ki bi bila posledica spreminjanja ledenika. Pravilnost orientacije bi preverili na skalah, ki vedno gledajo iz snega, na samem snegu pa bi iskali spremembe. S pomočjo prestavljanja projekcij trorazsežnih točk na podobi (slikovnih koordinat) na območju ledenika bi dobili nove koordinate točk, torej stanje ledenika v preteklosti.

2 INTERAKTIVNA METODA ORIENTACIJE

Interaktivna metoda orientacije med množico točk, ki jo predstavlja digitalni model višin, in fotografijo je bila razvita za potrebe iskanja napak v digitalnih modelih višin, ki jih pridobimo s terestričnim in letalskim laserskim skeniranjem. Metoda je interaktivna zato, ker operater vizualno išče najboljše prileganje projekcije trorazsežnih točk na podobo s tem, da spreminja parametre orientacije. Metodo so razvili predvsem kot pomagalo pri preučevanju kakovosti letalskega laserskega skeniranja (Rönnholm et al., 2003a). Najbolj problematično je letalsko lasersko skeniranje, kjer se lahko pojavijo nesistematična odstopanja zaradi načina izračuna laserskih točk. Pri letalskem laserskem skeniranju točke digitalnega modela višin izračunamo z geometrično ekstrapolacijo, saj je lega letala v letu izmerjena redkeje (ena meritev vsakih nekaj minut), kot pa so izmerjene laserske točke (ena meritev vsak delček sekunde, kar je odvisno od frekvence laserskega skenerja).

Interaktivna metoda relativne orientacije trorazsežnih točk na dvorazsežno sliko je sestavljena iz naslednjih korakov:

- zajem trorazsežnih točk,
- pridobitev enega ali več posnetkov istega območja, ki jih združimo v večjo panoramo,
- interaktivna poravnava projekcije trorazsežnih točk na dvorazsežno sliko.

Pri uporabi posnetkov moramo paziti, da ti obsegajo kolikor se le da veliko območje, kar pomeni, da so bolj primerni panoramski posnetki. Vendar moramo pred uporabo panoramskih posnetkov najprej odstraniti sistematične distorzije takih posnetkov.

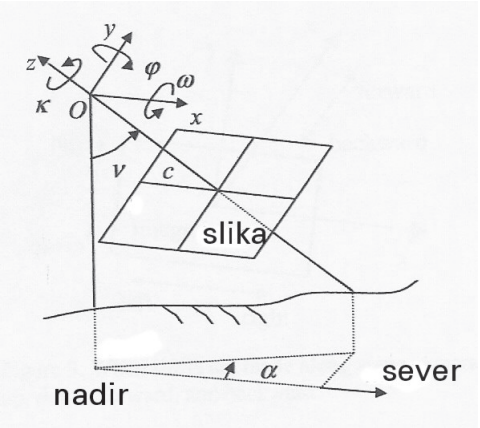
Interaktivno metodo orientacije so (Rönnholm et al., 2003a; Rönnholm, 2004) primerjali s samodejnim iskanjem najboljšega prileganja po metodi najmanjših kvadratov ob uporabi dodatnih kontrolnih terenskih meritev in ugotovili, da se interaktivna metoda odreže le nekoliko slabše od najboljšega prileganja po metodi najmanjših kvadratov. S tem so potrdili uporabnost interaktivne metode orientacije v primerih, ko nimamo zadostnega števila nadštevilnih meritev za uporabo metode najmanjših kvadratov.

2.1 Matematično ozadje interaktivne metode orientacije

Osnova interaktivne metode orientacije je projiciranje točk iz globalnega koordinatnega sistema (trorazsežne točke, zajete z laserjem ali kakšno drugo metodo) v slikovni koordinatni sistem, opisan s fotoaparatom. Če orientacija ni pravilna, se točke ne prilegajo detajlu na sliki. Pri dobri ločljivosti slike in dobro definiranih tarčah na sliki lahko opazimo že majhne napake v digitalnem modelu višin. Interaktivno spreminjamo parametre zunanje orientacije slike: rotacijo kamere in

lokacije projekcijskega centra (X_0, Y_0, Z_0), s čimer operater prilagaja trorazsežne podatke terena na samo sliko (Rönnholm et al., 2003b).

Da lahko rešimo problem, moramo poznati vsaj približne začetne vrednosti za lokacijo projekcijskega centra fotoaparata (X_0, Y_0, Z_0) v globalnem koordinatnem sistemu. Priporočljivo je tudi, da imamo približne vrednosti kotov snemanja, vendar le te niso nujne. Poznati pa moramo tudi konstanto fotoaparata *c*.



Slika 2: *Koordinatni sistem fotoaparata, opisan z rotacijami (ω, φ, κ) za aerosnemanje ali (α,ν,κ) za terestrično snemanje v globalnem koordinatnem sistemu. Rotacije so pozitivne v smeri nasproti urinega kazalca gledano proti izhodišču koordinatnega sistema. Povzeto po Rönnholm et al. (2003a, 2003b).*

Interaktivna metoda orientacije je sestavljena iz treh delov:

- rotiranje slikovnega koordinatnega sistema v globalnem koordinatnem sistemu,
- translacija stojišča fotoaparata, ki ga izvedemo po geometrijskih oseh fotoaparata *(x, y, z)*,
- uporaba novih vrednosti rotacij in translacij za izračun novih slikovnih koordinat trorazsežnih točk, ki jih prilegamo na sliko.

Rotacijo iz slikovnega koordinatnega sistema (ξ, ψ, ζ) v globalni koordinatni sistem (*X, Y, Z*) lahko opišemo z enačbo (1) (Rönnholm et al., 2003b; Kraus, 1997) s pomočjo kotov (ω, φ, κ) za aerosnemanje ali kotov (α, ν, κ) za terestrično snemanje (slika 2). V primeru terestričnega snemanja je *Z*-os fotoaparata skoraj horizontalna. Terestrični primer je prikladnejši za interaktivno orientacijo, saj za kontrolo velikokrat uporabimo terestrične posnetke. Tako je tudi v našem primeru.

$$\boldsymbol{X} = R\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \boldsymbol{x} \qquad (1)$$

Rotacije na osnovi azimuta, naklona in zasuka fotoaparata (α,ν,κ) zapišemo (enačba 2):

$$
\begin{aligned}
r_{11} &= \cos\alpha\cos\kappa - \sin\alpha\cos\nu\sin\kappa \\
r_{12} &= -\cos\sin\kappa - \sin\alpha\cos\nu\cos\kappa \\
r_{13} &= \sin\alpha\sin\nu \\
r_{21} &= \sin\alpha\cos\kappa + \cos\alpha\cos\nu\sin\kappa \\
r_{22} &= -\sin\alpha\sin\kappa + \cos\alpha\cos\nu\cos\kappa \\
r_{23} &= -\cos\alpha\sin\nu \\
r_{31} &= \sin\nu\sin\kappa \\
r_{32} &= \sin\nu\cos\kappa \\
r_{33} &= \cos\nu
\end{aligned}
\tag{2}
$$

Premike stojišča fotoaparata po geometričnih oseh fotoaparata (*x, y, z*) opisujemo v globalnem koordinatnem sistemu (enačba 3), kjer je *n* število enot pomika po določeni geometrični osi fotoaparata (Rönnholm et al., 2003b):

$$
\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{p\,x} = n\begin{bmatrix} r_{11} \\ r_{21} \\ r_{31} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}, \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{p\,y} = n\begin{bmatrix} r_{12} \\ r_{22} \\ r_{32} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}, \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{p\,z} = n\begin{bmatrix} r_{13} \\ r_{23} \\ r_{33} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{original}
\tag{3}
$$

V enačbi 3 so rezultati pomaknjene točke v globalnem koordinatnem sistemu: *p x* – točka pomaknjena samo po *x* v koordinatnem sistemu fotoaparata itn. Te enačbe nam pomagajo tudi pri reševanju inverznega problema, ki je, kako priti do koordinat premaknjenih točk, katerih premike smo izvedli lokalno na sliki zaradi neujemanja z detajlom – pri meritvi sprememb.

Nove slikovne koordinate (*x, y*) trorazsežnih točk dobimo z enačbami kolinearnosti (enačba 4); kjer je *c* konstanta fotoaparata, (X_0, Y_0, Z_0) koordinate projekcijskega centra fotoaparata v globalnem koordinatnem sistemu, (x_0,y_0) slikovne koordinate projekcijskega centra (koordinate glavne točke) in (*X, Y, Z*) koordinate točk v globalnem koordinatnem sistemu (Rönnholm et al., 2003b; Kraus, 1997):

$$
\begin{aligned}
x &= -c\,\frac{r_{11}(X-X_0)+r_{21}(Y-Y_0)+r_{31}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0)+r_{23}(Y-Y_0)+r_{33}(Z-Z_0)} + x_0 \\
y &= -c\,\frac{r_{12}(X-X_0)+r_{22}(Y-Y_0)+r_{32}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0)+r_{23}(Y-Y_0)+r_{33}(Z-Z_0)} + y_0
\end{aligned}
\tag{4}
$$

Če so slikovne koordinate (x, y) že reducirane na glavno točko (izhodišče slikovnega koordinatnega sistema v ravnini posnetka), člena x_0 in y_0 v enačbi (4) odpadeta.

Interaktivno spreminjamo rotacije in premik fotoaparata tako dolgo, da dobimo najboljše vizualno ujemanje med prikazom na sliki in projekcijo trorazsežnih točk na sliko. Če ne poznamo vseh šestih neznanih parametrov (rotacije in pomiki fotoaparata), je ta postopek zelo dolgotrajen. Postopek lahko pospešimo, če uporabimo oslonilne točke oz. področja. Oslonilne točke so znane točke oz. detajli v množici trorazsežnih točk, ki jih lahko identificiramo tudi na posnetku.

2.2 Izvedba

V okviru seminarske naloge na Fakulteti za računalništvo in informatiko (Jakovac in Štrumbelj, 2006) je bil izdelan računalniški program, ki omogoča interaktivno orientacijo. S pomočjo menijev naložimo osnovne podatke: dvorazsežno sliko, množico trorazsežnih točk in približne podatke o fotoaparatu. Trorazsežne točke so hipsometrično obarvane. Najboljše prileganje iščemo s spreminjanjem kotov (azimuta, naklona in zasuka kamere) in popravljanjem koordinat stojišča fotoaparata ter konstante fotoaparata. Ker je preračun novih koordinat trorazsežnega modela, po spremembi orientacije, računsko zelo intenziven, se zanj porabi tudi veliko časa. Za hitrejši preračun orientacije ob velikem številu točk trorazsežnega modela in s tem hitrejše iskanje pravih parametrov orientacije imamo v programu na voljo tudi filtriranje točk. Ko s hitrim orientiranjem filtriranega oblaka trorazsežnega modela dosežemo grobo prileganje točk, lahko stopnjo filtriranja zmanjšamo in prikažemo vse točke trorazsežnega modela.

Program je izdelan kot aplikacija za Okna, ki je napisana v okolju .NET in programskem jeziku C# (slika 3).

Slika 3: *Rezultat interaktivne orientacije posnetka, narejenega 3. 3. 1998, v aplikaciji za interaktivno orientacijo.*

3 TEST

Namen naše raziskave je bil preučiti možnost uporabe interaktivne metode orientacije na primeru arhivskih posnetkov Triglavskega ledenika, narejenih z nemetričnim fotoaparatom Horizont. Kot testne posnetke smo vzeli zasnežene posnetke Triglava, saj ti predstavljajo večino posnetkov v arhivu posnetkov Horizont. Ker poznamo lego stojišč fotoaparata, vsaj na nekaj metrov natančno, pri interaktivni metodi ostanejo kot neznanke samo trije koti in konstanta fotoaparata, ki jih spreminjamo interaktivno. V naši aplikaciji lahko spreminjamo tudi lego stojišča fotoaparata, kar uporabimo, če nam spreminjanje ostalih parametrov orientacije ne da zadovoljivih rezultatov.

V testu smo uporabili naslednje vhodne podatke:

- Detajlni trorazsežni model višin ledenika in njegove širše okolice, narejen s pomočjo aerosnemanja avgusta 2005 (Geografski inštitut ..., 2005). Izmerjene so bile plastnice z ekvidistanco 5 m;
- Trorazsežni model reliefa širše okolice ledenika (DMR 25): pogorje vrha Triglava;
- Več testnih posnetkov ledenika, narejenih z nemetričnim fotoaparatom Horizont, uporabili smo razpačene posnetke v centralni projekciji (slika 3), katerih razpačitev je bila izvedena na osnovi kalibracije kamere, narejene na TU Dunaj (Triglav, 2002);
- Koordinate obeh stojišč fotoaparata Horizont v času snemanja.

Ob preizkušanju interaktivne metode orientacije smo ugotovili, da operater potrebuje zelo veliko časa, da pravilno poravna točke na sliko. Nasploh je zasneženo območje Triglavskega ledenika zelo slab primer za preizkušanje interaktivne metode, saj imamo na posnetkih Horizont zelo malo detajlov, ki jih hitro prepoznamo tudi v projiciranem trorazsežnem modelu. Pri orientaciji smo se naslanjali predvsem na pobočje vrha Triglava in Glavo, ki ju vidimo na obeh posnetkih. Vsak posnetek z istega stojišča moramo orientirati posebej, saj lega fotoaparata in koti rotacije kamere niso povsem enaki, kar poveča število obdelovalnih ur. Samo za oceno povejmo, da smo porabili za orientacijo enega posnetka približno 3 ure, saj ob vsaki spremembi položaja fotoaparata ponovno iščemo nove boljše vrednosti rotacij in obratno.

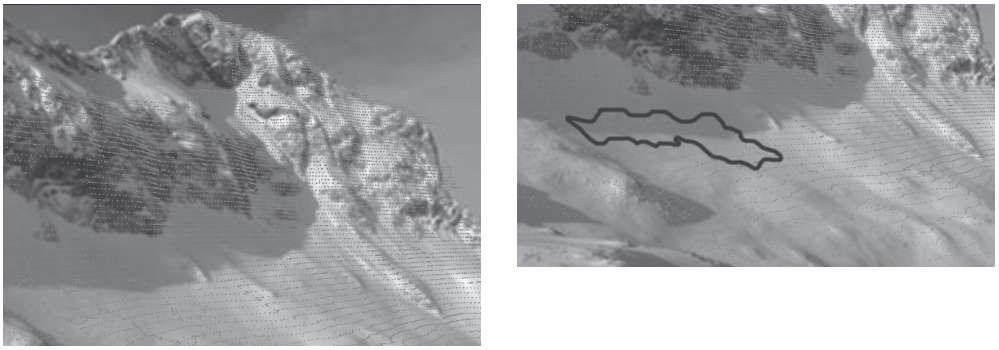
Slika 4: *Pretvorba posnetka Horizont v centralno projekcijo, posnetek je bil narejen 24. 3. 1977.*

Na sliki 5a je prikazana poravnava detajlov na samem grebenu Triglava. Vidimo, da se grape lepo ujemajo na trorazsežnem modelu in na sliki. Na sliki 5b, ki prikazuje ožje območje okoli ledenika iz leta 2005, pa žal lahko le slutimo manjše strukture reliefa, ki molijo izpod snega.

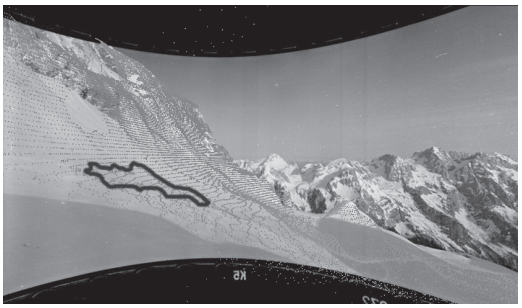
Tako vidimo manjše izbokline in vdrtine, za katere pa ne moremo z gotovostjo trditi, da so pravilno poravnane. Celotno območje zunaj debelejše linije, ki razmejuje stanje ledenika iz leta 2005, je na aeroposnetkih skalno dno ledenika. Žal ne moremo presoditi, kam bi morali prestaviti projekcije trorazsežnih točk, da bi se ujemale s stanjem ledenika oz. snega na Horizontovem posnetku iz leta 1998.

Interaktivno metodo orientacije lahko uporabimo tudi za orientacijo posnetkov Horizont, narejenih iz drugega stojišča (slika 6). Vendar imamo na teh posnetkih še manj oprijemljivih detajlov za orientacijo. Nasploh je slabo, da so edini detajli vidni samo v premici med pobočjem Triglava in Glavo, v levem spodnjem kotu pa nimamo nobenega detajla, na katerega bi lahko oprli našo orientacijo. Najbližje temu je luknja v trorazsežnem modelu točk v zgornjem levem vogalu slike, ki predstavlja skalni rob, a ga tudi na posnetku težko najdemo. To pomeni, da lahko trorazsežni model poljubno rotiramo okoli prej omenjene premice, kar pa nam ne mora zagotavljati dobre orientacije. Na manj zasneženih posnetkih bi tak detajl lahko našli, npr. skale v levem spodnjem vogalu na sliki 1, kar bi pripomoglo k boljši orientaciji.

Uspešnost metode vsaj na začetku vrednotimo predvsem vizualno, če imamo na razpolago še kakšne referenčne parametre orientacije, pa tudi številčno. V našem primeru smo se ustavili na vizualni oceni primernosti metode za naše potrebe.



Slika 5:*Detajli prileganja trorazsežnih točk na stanju ledenika z dne 3. 3. 1998. a) vrh Triglava, b) izrez območja ledenika, z debelejšo črto je omejeno stanje ledenika v avgustu 2005.*



Slika 6: *Detajli prileganja trorazsežnih točk na drugem stojišču na stanju ledenika z dne 24. 3. 1977. Z debelejšo črto je omejeno stanje ledenika v avgustu 2005.*

4 SKLEP

Interaktivna metoda orientacije trorazsežnega modela na dvorazsežno podobo daje zelo dobre rezultate v urbanih območjih, kjer imamo veliko dobro določljivih detajlov, kot so vogali stavb in druge ravne linije (Rönnholm et al., 2003a). Na ta način operater zelo dobro sorazmerno hitro poravna trorazsežni model na podobo. Za hitrejše poravnavanje moramo poznati vsaj približne vrednosti neznank: tri rotacije in lego fotoaparata ter konstanto fotoaparata. Če teh vrednosti ne poznamo, je metoda zelo dolgotrajna. Ko poravnamo trorazsežni model na podobo, se lahko lotimo meritev sprememb oz. iskanja odstopanj v trorazsežnem modelu od stanja, ki ga predstavlja podoba. Posamezne točke na eni podobi premikamo tako dolgo, da se ujemajo z detajlom na podobi, in kot rezultat spremenjenih slikovnih koordinat, na osnovi sedaj poznanih orientacijskih parametrov, izračunamo koordinate premaknjenih točk v globalnem koordinatnem sistemu.

V našem primeru posnetkov Triglavskega ledenika smo ugotovili, da metoda zaenkrat ne da zadovoljivih rezultatov. Na posnetku imamo že za orientacijo trorazsežnega modela premalo dobro določljivih detajlov vidnih na posamezni podobi in trorazsežnem modelu. Na zasneženem območju najdemo le malo dobro definiranih detajlov kot sta Glava in vrh Triglava. Lahko rečemo, da nam je uspela le približna orientacija testnih posnetkov. Po orientaciji je problematično tudi iskanje odstopanj med starim stanjem, prikazanim na slikah, in trorazsežnim modelom, saj je območje Triglavskega ledenika zasneženo in zato gladko in nerazgibano. Tako težko vizualno ocenimo, kam bi točke trorazsežnega modela morali prestavili, da bi se ujemale s terenom.

Ob zgostitvi trorazsežnega modela reliefa (na nekaj točk na m^2), bodisi z bolj gostim fotogrametričnim zajemom ali s pomočjo laserskega skeniranja, bi lahko poiskali boljše prileganje na podobo. Vendar bi bilo tudi v tem primeru bolj smiselno uporabiti interaktivno orientacijo le kot pomagalo pri iskanju najlepšega prileganja, po že izračunanih parametrih orientacije, saj bi na ta način prihranili veliko časa. Predlagamo, da se orientacija posnetkov naredi v fotogrametričnem programu za orientacijo bloka posnetkov, tako kot je bilo izvedeno v Triglav (2002). Z interaktivno relativno orientacijo se nato poišče najboljše prileganje trorazsežnih točk na detajlu na vsakem posnetku posebej, s čimer dobimo manjše popravke parametrov orientacije. Potem se istočasno prestavlja identične točke trorazsežnega modela na paru Horizontovih slik, s čimer bi prišli do novih koordinat točk, ki predstavljajo stanje ledenika na Horizontovih slikah.

LITERATURA IN VIRI:

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU in Geodetski inštitut Slovenije (2005). Triglavski ledenik kot pokazatelj podnebnih sprememb, prvo vmesno poročilo december 2005, projekt ARRS L6-7136.

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU in Geodetski inštitut Slovenije (2006). Triglavski ledenik kot pokazatelj podnebnih sprememb, drugo vmesno poročilo maj 2006, projekt ARRS L6-7136.

Jakovac, A., Štrumbelj, E. (2006). Projiciranje 3D-modelov na 2D-slike, seminarska naloga pri predmetu Računalniška grafika na Fakulteti za računalništvo in informatiko, dodiplomski študij.

Kraus, K. (1997). Photogrammetry, volume 2: Advanced methods and applications, Ferd. Dummler's Verlag, Bonn, Poglavje E: Calibration of photogrammetric systems, str. 440–457.

Rönnholm, P., Hyyppä, H., Pöntinen, P., Haggrén, H. (2003a). Interactive relative orientation between terrestrial images and airborne laser scanning data, Proceedings of the ISPRS working group III/3 workshop

"3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data" Dresden, Nemčija, 8.–10. oktober 2003. http://

www.isprs.org/commission3/wg3/workshop_laserscanning/papers/Ronnholm_ALSDD2003.pdf (zadnjič dostopano 8. 12. 2006)

Rönnholm, P., Hyyppä, H., Pöntinen, P., Haggrén, H., Hyyppä, J. (2003b). A method for interactive orientation of digital images using backprojection of 3D data, The Photogrammetric Journal of Finland, 18(2), str. 16–31.

Rönnholm, P. (2004). The evaluation of the internal quality of laser scanning strips using the interactive orientation method and point cloud, XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turčija, IAPRS, XXXY, str. 255–261.

http://www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/276.pdf (zadnjič dostopano 8. 12. 2006)

Triglav, M. (2002). Določitev sprememb površja Triglavskega ledenika s fotogrametrijo, Geodetski vestnik, št. 46-1 & 2, str. 53–62.

Triglav Čekada, M. (2005). Test uporabnosti fotoklinometrije za monoslikovno restitucijo, Geodetski vestnik, št. 49-3, str. 395–406.

Prispelo v objavo: 15. december 2006
Sprejeto: 22. februar 2007

Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
E-pošta: mihaela.triglav@geod-is.si

Alen Jakovac,
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Erik Štrumbelj,
Fakulteta za računalništvo in informatiko