

Admir Mulahusić *
Mihajlo Krmpotić **

UDK 528.065:067:08
Pregledni rad

KREIRANJE I IZBOR NAJPOVOLJNIJEG DIGITALNOG MODELA TERENA

1. Uvod

U okviru postdiplomske nastave na Građevinskom fakultetu - Odsjeku za geodeziju, Univerziteta u Sarajevu, autori su posjetili TU Vienna (Austria) i Institut za fotogrametriju i daljinska istraživanja. Kako je program na našem postdiplomskom studiju koncipiran na internacionalnom nivou, i to prije svega zahvaljujući svesrdnom zalaganju Rukovodioca Odsjeka za geodeziju, imali smo čast da naši profesori budu Prof.dr Karl Kraus, Prof.dr Peter Waldhausl, Prof.dr Ladislav Feil, Prof.dr Miljenko Lapaine, Prof.dr Zoran Stančić i dr. Ovom prilikom navodimo samo imena cijenjenih profesora izvan Bosne i Hercegovine.

U okviru seminarskog rada iz predmeta "Analitička i digitalna fotogrametrija" (voditelj predmeta je Prof.dr Peter Waldhausl), dobili smo zadatak da dođemo do digitalnog modela terena u softverskom paketu SCOP++, a na osnovu podataka dobivenih na digitalnoj fotogrametrijskoj radnoj stanici PHODIS (Z/I Imaging-Zeiss Intergraph). Inače softverski paket SCOP već dugi niz godina razvija Institut za fotogrametriju i daljinska istraživanja TU Vienna. Verzija sa kojom smo mi radili (SCOP++) je prilagođena za rad u Windows okruženju, a u vrijeme u kom smo mi radili na raspolaganju nam je bila samo beta-verzija sa manjim nedostacima (npr. bez mogućnosti rada sa poprečnim profilima itsl.).

U narednom poglavlju opisat ćemo, u osnovnim crtama, i uz module koji su nam stajali na raspolaganju, digitalnu fotogrametrijsku radnu stanicu PHODIS. Kao ulazne podatke koristili smo dvije fotografije područja za koji se tražio DTM (digitalni model terena). Podaci su dobiveni u PHODIS-u, te su nakon toga prebačeni u SCOP++ (u narednim poglavljima nešto više i o samom postupku, te o zaključcima koji su izvedeni na osnovu istraživanja).

* Asis. Admir Mulahusić, dipl.inž.geod., Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

** Mihajlo Krmpotić, dipl.inž.geod., IPSA Sarajevo

2. Sistem PHODIS (osnovne naznake)

PHODIS je kratica koja je nastala od **Photogrammetric Digital Image processing System**. PHODIS posjeduje fotogrametrijski softverski sistem kao i odgovarajuće hardverske komponente (Slika 1).

Jedna od glavnih komponenti je SGI radna stanica sa duplim monitorom. Centralni kontrolni element za metričko plotiranje je P-miš (kontrolni uređaj, koji je namijenjen za plotanje). Mogućnost stereo gledanja je data na principu "liquid crystal shutter" (tečno kristalnog zatvarača). Operator nosi poseban uređaj - aktivne stereo naočale, a na vrhu ekrana je postavljen infracrveni emiter.



Slika 1.: Digitalna fotogrametrijska radna stanica PHODIS [Willkomm, Dörstel 1995]

Hardver

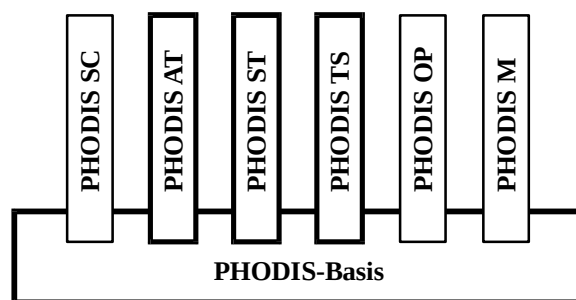
Potrebno je posebno istaći da je PHODIS izuzetno zahtjevan kada govorimo o hardveru. Hardver komponente koje smo koristili na Institutu za fotogrametriju i daljinska istraživanja TU u Beču i njihove karakteristike sumirane su u slijedećoj tabeli:

Workstation	Silicon Graphics Indigo 2 Maximum Impact
Processor	R10000, 195 MHz, 1 MByte Cache, 4 MByte Texture Memory
RAM	364 Mbyte
Hard discs	1 x 4 Gbyte (system-disk) 5 x 8 GByte (external discs)
monitor	2 x 20"
drives	CD-ROM 4mm HP-DAT-tape-drive DDS2)
Equipment for co-ordinate measurement	P-Mouse und Foot-Switches
Stereo view	2 active stereo glasses
Operating System	IRIX 6.2

Tabela 1: Hardverske komponente korištenog sistema

Softver

Softver se sastoji od nekoliko modula (Slika 2). Moduli koji su označeni nešto debljim linijama su bili dostupni na Institutu.



Slika 2.: Softver moduli PHODIS-a [Dörstel 1995]

PHODIS SC: "Scanning module"
 PHODIS AT: Aerial Triangulation
 PHODIS ST: Stereoplotter
 PHODIS TS: DEM Generation
 PHODIS OP: Orthophoto
 PHODIS M: Monoplotting

2.1. PHODIS-Base

PHODIS Base pruža programe i funkcije u koje svi PHODIS moduli imaju pristup.

PHODIS AT

PHODIS AT je programski paket za potpunu automatsku triangulaciju uz korištenje digitalnih slikovnih korelacionih metoda. PHODIS AT u kombinaciji sa "Block adjustment"-om daje konačne orijentacione parametre. Slikovna korelacija koristi metode FBM-feature based matching i LSM-least square matching. Za razliku od analitičke triangulacije, postupak pripreme blokova, mjerenja i izravnjanja blokova se obavlja u jednom krugu i u najvećoj mjeri je automatiziran ([www-product information for PHODIS](http://www-product.information-for-phodis.org)).

Tipičan radni postupak se sastoji od definiranja projekta, pripreme bloka, mjerenja i izravnjanja bloka.

Priprema bloka uključuje definiranje blokova i tzv. podblokova (ako je to neophodno), kreiranja slikovnih piramida i mjerenja i utvrđivanja unutarnje orijentacije snimaka.

Mjerenje veznih tačaka može biti obavljeno automatski. Mjerenje kontrolnih tačaka i dodatnih veznih tačaka (ako je to neophodno) može obaviti operator. Operator može obaviti ovo monoskopsko mjerenje manualno ili poluautomatski.

Izravnjanje blokova može biti obavljeno pomoću programa koji nije uključen u sam PHODIS. PHODIS AT podržava razne formate. Na spomenutom Institutu, za izravnjanje blokova se koristi program ORIENT.

PHODIS ST

PHODIS ST je stereo orijentirani modul PHODIS-a i koristi se za generiranje i metričko plotanje digitalnih stereo modela. PHODIS ST je dostupan u verzijama ST30 (nepokretna slika, pomjerajući kursor) i ST10 (pomjerajuća slika, nepokretni kursor) koji je lakši za rad. Hardver platforma PHODIS ST-a se sastoji od SGI radne stanice sa dva monitora. Stereo monitor služi za stereoskopski prikaz modela, a drugi monitor služi kao korisnički interfejs za stereoplotanje i implementirano plotanje.

Stereo efekat je baziran na principu "liquid crystal shutter" (tečno kristalnog zatvarača). Centralni kontrolni element je P-miš, koji je optimiziran za fotogrametrijski "plotting" softver ([www-product information for PHODIS](http://www-product.information-for-phodis.org)).

Slikovna orijentacija za par snimaka, koje čine jedan stereo model, se izvodi pomoću PHODIS ST-a. Za ovu svrhu PHODIS ST uključuje osobine automatskih i poluautomatskih procesa unutarnje, relativne i apsolutne orijentacije i "bundle" orijentacije. Za blokove snimaka orijentacioni podaci su (ili mogu biti) pruženi od strane PHODIS ATa.

U svrhu fotogrametrijskog plotanja možemo koristiti nekoliko sistema kao što su PHOCUS, MicroStation i CADMAP, koji mogu biti priključeni na PHODIS ST.

PHODIS TS

PHODIS TS je sistem za automatsko generiranje digitalnih elevacionih modela ("point cloud of elevation points"-slikovni oblak elevacionih tačaka), njihovu verifikaciju i interaktivno procesiranje. Centralna tačka PHODIS ST-a je TopoSURF programski paket koji koristi digitalne slikovne podatke da bi utvrdio digitalne elevacione podatke pomoću slikovnih korelacionih metoda, a iz kojih se izvode DEM (digital elevation model). Za potrebe verifikacije i interaktivnog procesiranja, PHODIS ST digitalni stereoploter je integriran u PHODIS TS.

3. Kreiranje digitalnog modela terena

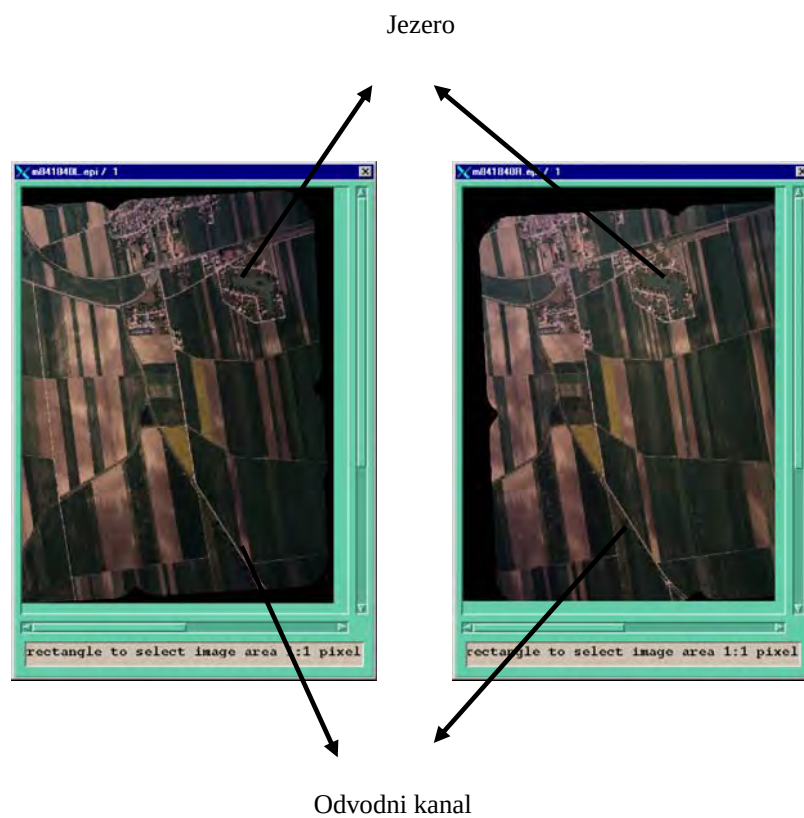
U primjeru koji je uzet, teren je bio prilično ravan, ali uz nekoliko odvodnih kanala. Zato je odlučeno da se uzmu tri tipa ulaznih podataka:

- Samo tačke koje smo dobili automatski iz softvera,
- Tačke i lomne linije na mjestima gdje su kanali,
- Tačke i lomne linije na mjestima gdje su kanali, ali bez tačaka unutar lomnih linija, tako da su lomne linije i granične linije u isto vrijeme.

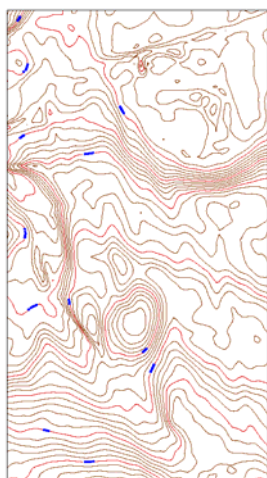
Sva tri skupa podataka su prebačena uz opciju "export" iz MicroStation formata u Winput format. Inače Winput format je neophodan za rad u SCOP-u.

Kao rezultat, a u cilju samog istraživanja kreirana su tri tipa modela koje smo analizirali i na kraju razmatranja izveli zaključke.

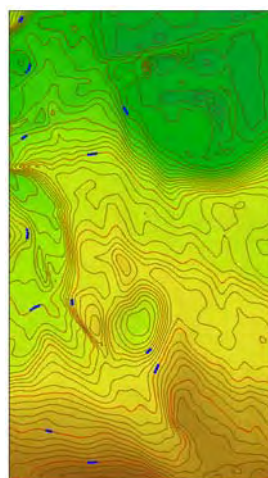
Prvi model ("Points model") je model kreiran iz samih tačaka (automatski). Na prvi pogled, ovaj model izgleda dobro, ali lomne linije i jezero nisu vidljivi. Sve ovo proizilazi kao rezultat automatskog utvrđivanja tačaka. U ovom slučaju softver nije u mogućnosti da "vidi" promjene u visini i upravo iz tog razloga koristi neke aproksimacije i proces "glačanja" (smoothing), gdje određeni objekti (koji mogu biti i veoma važni) nisu prikazani. U našem slučaju kanali i jezero nisu vidljivi (isto se može vidjeti i na slikama 4, 5 i 6). Dakle, prvi SCOP++ model je sračunat iz samo automatski mjenjenih (i unutarne izglacanih) tačaka pomoću PHODIS-a.



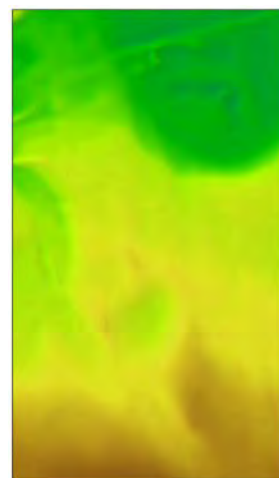
Slika 3: Epipolarni snimci područja (lijevi i desni snimak)



Slika 4: Points model – isolines



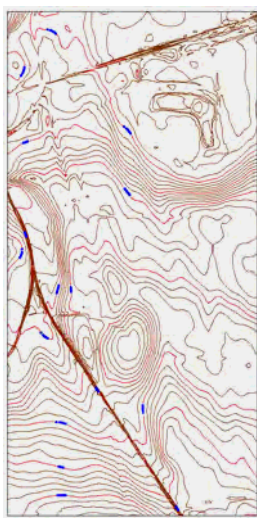
Slika 5: Points model – isolines,shade, Z – code



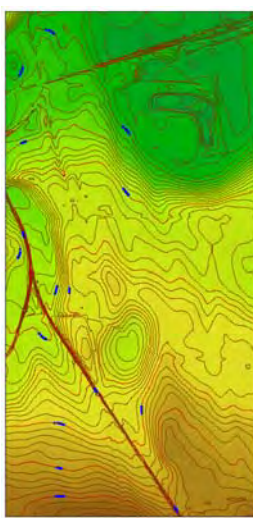
Slika 6: Points model – shade, Z – code

Drugi model ("Breaklines model") izgleda dosta tačan (slike 7,8 i 9), ali to nije slučaj u stvarnosti. Kada bi koristili razmjeru 1:1000 ili 1:500 za kreiranje digitalnog modela terena i kada bi imali mogućnost korištenja "Cross section" aplikacije (aplikacije za kreiranje poprečnih profila), što nažalost nismo bili u mogućnosti jer smo u to vrijeme radili sa beta verzijom SCOP++ programa, tada bi dobili pogrešne profile na mjestima gdje bi trebali biti kanali. Ovi profili bi imali oblik pile, što je rezultat korištenja automatski utvrđenih tačaka u okviru lomnih linija (ili između lomnih linija).

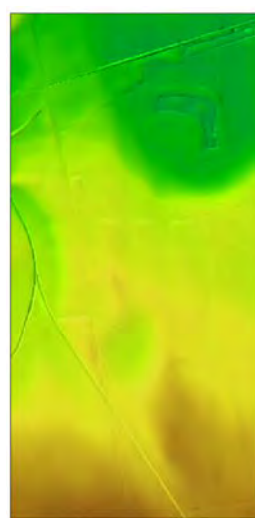
Ukratko rečeno ovaj model koristi sve tačke uključujući tačke lomnih linija. Ali, ovdje se "miješaju" i neke tačke koje je PHODIS pogrešno interpolirao u okolini lomnih linija. I upravo iz tog razloga, rezultat nije oštra slika.



Slika 7: Breaklines model – isolines

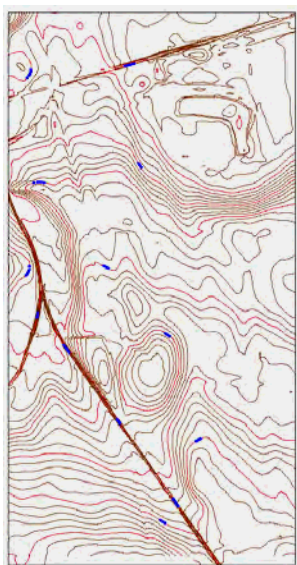


Slika 8: Breaklines model – isolines, shade, Z – code

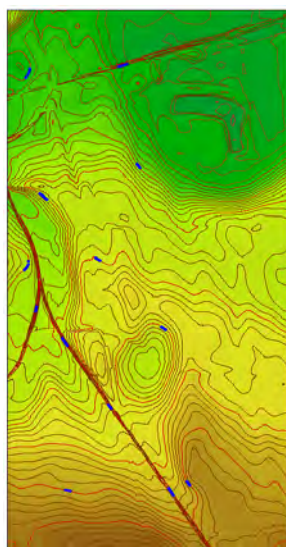


Slika 9: Breaklines model – shade, Z – code

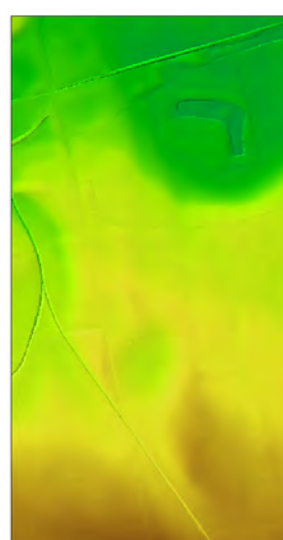
Treći SCOP++ model ("Boundary model") isključuje (eliminira) iz automatski interpoliranih tačaka one koje su pod utjecajem lomova desno i lijevo u odnosu na lomnu liniju i dodaje lomne tačke (Slike 10,11,12).



Slika 10: Boundary model - isolines



Slika 11: Boundary model – isolines, shade, Z code



Slika 12: Boundary model – shade, Z code

4. ZAKLJUČAK

Rezultat pokazuje da je važno osloboditi se automatski mjerenih tačaka u okolini lomova i da je bitno dodati stereomjerene lomne linije prije rada sa SCOP-om.

5. Veza između ARC VIEW/INFO i SCOP-a

DTM koji smo dobili može biti transferiran u ARC VIEW/INFO kao raster. Ovi podaci mogu biti korišteni u već pomenutim programima. DTM se može digitalizirati (onaj koji smo importirali kao raster) kroz opcije digitaliziranja tačaka, linija i poligona. Kroz ovaj proces mi dobivamo vektorske podatke. Također se mogu pridružiti određeni atributi za ove vektorizirane DTM-ove. Uz kombinaciju vektoriziranog DTM-a i atributa u bazi podataka može se kreirati GIS baza podataka i dalje se može manipulirati istom i koristiti je za razne namjene.

6. Sažetak

Zadatak koji nam je povjeren (da dodemo do digitalnog modela terena u softverskom paketu SCOP++, a na osnovu podataka dobivenih na digitalnoj fotogrametrijskoj radnoj stanici PHODIS te da odaberemo najpovoljniji digitalni model terena), autori su obavili te su došli do zaključka koji je naveden pod tačkom 4.

7. Abstract and conclusion

Task: Making DTM-s in the program SCOP++ according to data from PHODIS.

First SCOP model is computed from only automatically measured (and internally smoothed) points by PHODIS without the breakline points as measured separately by an operator.

The second model uses all points including these breakline points. But, here interfere some points, which PHODIS has wrongly interpolated in the neighborhood of the breaklines. The results are therefore not sharp.

The third SCOP model excludes from the automatically interpolated points those influenced by the breaks left and right from the breakline and adds the breakline points themselves.

The result shows that it is important to get rid of those automatically measured points in the neighborhood of breaks and add there the stereo measured breaklines themselves prior to SCOP treatment.

And finally we want to say that we are very satisfied with everything we have seen at the Institute. One of the things we are very pleased with is SCOP++. Unfortunately final version was not ready, so we could not work on cross sections (what we have planned to show in our work). Since we haven't had manual for this version of SCOP++ we were so lucky to use the knowledge of our respectful colleagues Dr. L. Molnar and Dipl.ing. C. Ries, in some sections of our work.

Next what we want to say is that SCOP is something that has the future at the market and reason is that it can work with the huge amount of data. Isolines are almost perfect. Shading and Z-code are very interesting, too. The part that is missing, so far, is perspective view.

8. Literatura

Kraus K. (with contributions by Waldhäusl P.) (1993): Photogrammetry, Volume 1, Fundamentals and Standard Processes, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, Germany.

SCOP++ Manual, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology, Vienna, Austria.

Braun J., 1997: Automated Photogrammetry with PHODIS, Proceedings of the 46th Photogrammetric Week, Stuttgart 1997, S. 33-40

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien, 1994: Produktinformation zum Programmsystem SCOP, Eigenverlag, Wien, 1994

www-product information for PHODIS (Z/I IMAGING-ZEISS INTERGRAPH)