

APPLICATION OF RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGY IN 3D VISUALIZATION OF RELIEF SURFACES

PRIMJENA TEHNOLOGIJE BRZE IZRADE PROTOTIPA U 3D VIZUALIZACIJI RELJEFNIH POVRŠINA

CERJAKOVIC, Edin; TOPCIC, Alan; LOVRIC, Slađan & AHMETBEGOVIĆ, Semir

Abstract: Strong development and progress in the field of manufacturing and IT technology has provided performance and implementation of many activities that involve an interdisciplinary approach in solving of specific problems. 3D visualization of relief surfaces is a multidisciplinary scientific-research area that combines a series of knowledge and practical skills in geography, engineering and IT. Result of 3D visualization process is digital or physical 3D model / prototype of certain relief surface with satisfactory accuracy.

Key words: 3D visualisation, Rapid Prototyping, relief surface

Sažetak: Snažan razvoj i napredak na području proizvodnih i IT tehnologija omogućio je izvođenje i realizaciju brojnih aktivnosti koje uključuju interdisciplinarni pristup pri rješavanju konkretnih problema. 3D vizualizacija reljefnih površina je multidisciplinarno područje koje u sebi objedinjuje niz znanja i praktičnih vještina iz geografije, strojarstva i IT. Rezultat procesa 3D vizualizacije je digitalni ili fizički 3D model određene reljefne površine zadovoljavajuće točnosti.

Ključne riječi: 3D vizualizacija, brza izrada prototipa, reljefna površina



Authors' data: Edin **Cerjakovic**, mr.sc., Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet, Tuzla, edin.cerjakovic@untz.ba; Alan **Topcic**, doc.dr.sc., Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet, Tuzla, alan.topcic@untz.ba; Slađan **Lovric**, dipl. ing. maš., Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet, Tuzla, sladjan.lovric@untz.ba; Semir **Ahmetbegović**, mr.sc., Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet, Tuzla, semir.ahmetbegovic@untz.ba;

1. Uvod

Ubrzani razvoj proizvodnih i informacionih tehnologija u dva posljednja desetljeća rezultirao je značajnim promjenama na brojnim područjima ljudske djelatnosti, što se naročito odrazilo na područje tehnike i naučno-istraživačkog rada općenito. Direktna posljedica ovakvoga razvoja situacije je značajno unaprijeđenje postojećih tehničko-tehnoloških rješenja i metodologija, ali i iznalaženje novih koje dodatno proširuju horizonte i mogućnosti primjene u svim naučnim oblastima [1]. Pored razvoja informacionih sistema, te posljedičnog unaprijeđenja tehničko-tehnoloških mogućnosti proizvodnih sistema, ključni čimbenik u ovome procesu je i sinergijski pristup, kojim se objedinjavaju znanja i vještine iz različitih naučnih oblasti u jedan interdisciplinarni pristup rješavanju postavljenog problema. Implementacija ovakvoga pristupa zahtjeva od svih članova projektnog tima visoki stepen razumijevanja za drugačije koncepte shvaćanja, sagledavanja i pristupa rješavanju istog problema, kao i izrazitu sklonost ka timskom radu.

Sa aspekta fizičke geografije, predstavljanje i analiziranje određenog geografskog prostora i njegovih odrednica, može se sagledati kroz dva pristupa. Prvi klasični pristup podrazumijeva prikaz određenog prostora na ravanskim dvodimenzionalnim kartama, pri čemu se treća dimenzija – visina iskazuje skupom krivih linija izohipsi sa pripadajućom visinskom razlikom između njih (funkcija razmjera karte). Ovakav pristup predstavljanja i razumijevanja reljefnih obilježja određenog geografskog prostora je veoma apstraktan, zahtijeva od korisnika dobro poznavanje kartografskih pravila i normi, dok su primjenjivani algoritmi za analizu karakteristika prostornih obilježja uglavnom slabo automatizirani. Za nešto realnije fizičko trodimenzionalno predstavljanje prostornih obilježja određenog geografskog područja, pri klasičnom pristupu, koriste se reljefne karte koje osim izrazito visoke cijene imaju značajan stepen odstupanja u odnosu na realno stanje, značajna dinamička ograničenja sa aspekta prilagođavanja novonastalom stanju reljefnih obilježja. Generalno klasični pristup predstavljanje i analiziranje određenog geografskog prostora i njegovih odrednica zahtijevao je značajan kvantum stručnog znanja iz oblasti kartografije, te se odlikuje niskim stupnjem prilagodljivosti i automatizacije procesa u cjelini.

Posljednjih godina u nekoliko oblasti (GPS, reverzibilni inženjering i brza izrada prototipa) dolazi do značajnih iskoraka koji stvaraju preduvjete za sinergijsko djelovanje na području kreiranja, prikazivanja, vizualizacije i analize prostornih obilježja određenih geografskih površina, uz iznimno visok stupanj automatizacije cjelokupnog procesa. Primjenom razvijenih alata omogućava se u visoko automatiziran proces generiranja fizički opipljivih trodimenzionalnih modela reljefa određenog geografskog područja sa svim njegovim specifičnostima, te značajnim stupnjem točnosti prikaza.

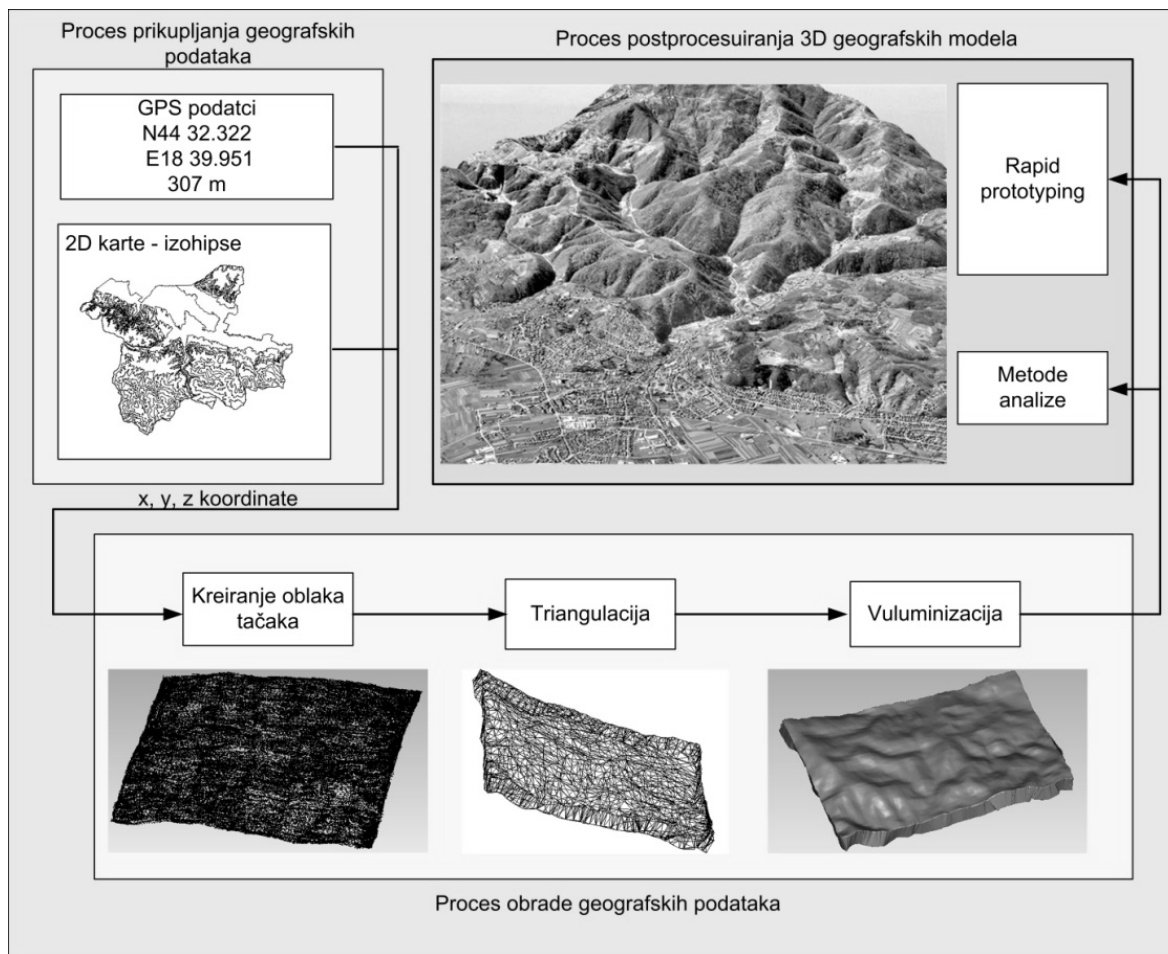
2. Teorijske osnove trodimenzionalne vizualizacije reljefnih obilježja

Proces trodimenzionalne vizualizacije reljefnih obilježja određenog geografskog područja zasniva se na tri faze, od kojih svaka ima podjednaku važnost (slika 1):

prikupljanje podataka, obrada podataka, proizvodnja trodimenzionalnog modela. Prikupljanje podataka, predstavlja fundamentalnu fazu od iznimne važnosti za vjerodostojnost i kvalitetu krajnjeg rezultata trodimenzionalne vizualizacije reljefnih obilježja određenog geografskog područja, pri čemu se podatci mogu crpiti iz:

- dvodimenzionalnih geografskih karata, te
- GPS sistema podataka dobivenih na osnovu skeniranja zemljine površine.

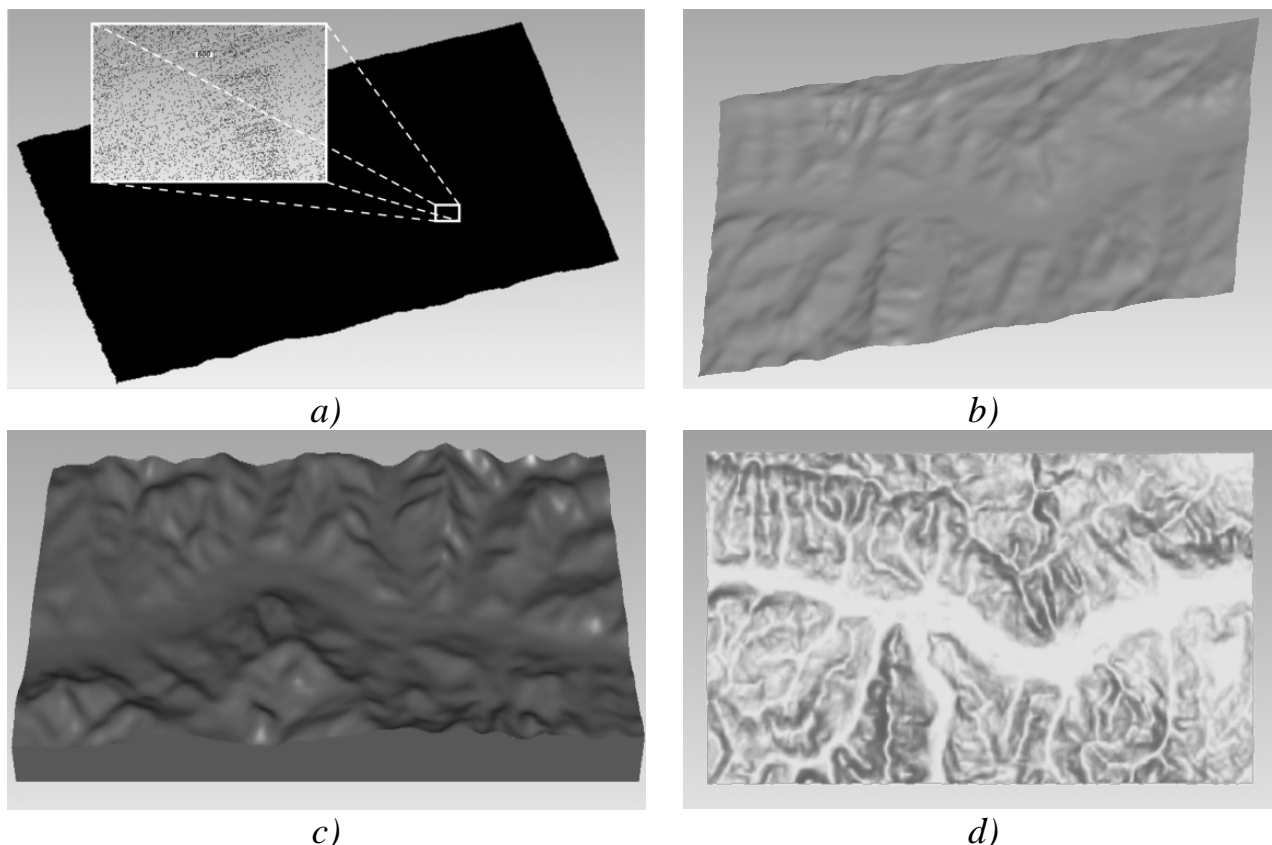
Ukoliko je prostorna „gustina“ točaka zadovoljavajuća i ukoliko je greška odstupanja prikupljenih prostornih točaka niska, u odnosu na realno stanje, prikupljeni podatci iz oba izvora se mogu tretirati kao relevantni, te se može pristupiti daljnjoj obradi istih.



Slika 1. Metodološki pristup vizualizaciji geografskih površina

Polazni korak u fazi obrade podataka je transformacija dobivenih prostornih točaka određenog geografskog područja u Dekartov koordinatni sistema virtualnog okruženja koje se koristi za obradu prikupljenih podataka, čime se generira takozvani „oblak točaka“ (slika 2a i 2b). U sljedećem koraku se iz „oblaka točaka“ vrši kreiranje triangulacione mreže čime se prostorne točke spajaju u jednu homogenu površinu [2]. Cijeneći činjenicu da bez obzira na kvalitetu prikupljenih podataka uvijek postoji određeni broj točaka unutar kreiranog „oblaka točaka“, koje više ili manje divergiraju, to se pri generiranju triangulacione mreže metodom interpolacije svjesno dozvoljava nastajanje određenog stupnja greške u odnosu na polazne podatke. S obzirom da je dobivena površina sastavljena iz mnoštva trouglova, ista

nije „tečnog“ oblika, zbog čega se izvodi proces volumizacije, to jeste, triangulaciona homogena površina se aproksimira krivima višeg reda čime se dobiva „tečna“ konturna površina (slika 2c) uz definiranje ostalih obilježja koje određuju trodimenzionalno zapreminsko tijelo. Po okončanju navedenog koraka pristupa se procjeni odstupanja u odnosu na početne „sirove“ podatke (slika 4). Rezultat procesa obrade podataka je virtualni trodimenzionalni model promatranog geografskog prostora odgovarajuće razmjere (slika 5).

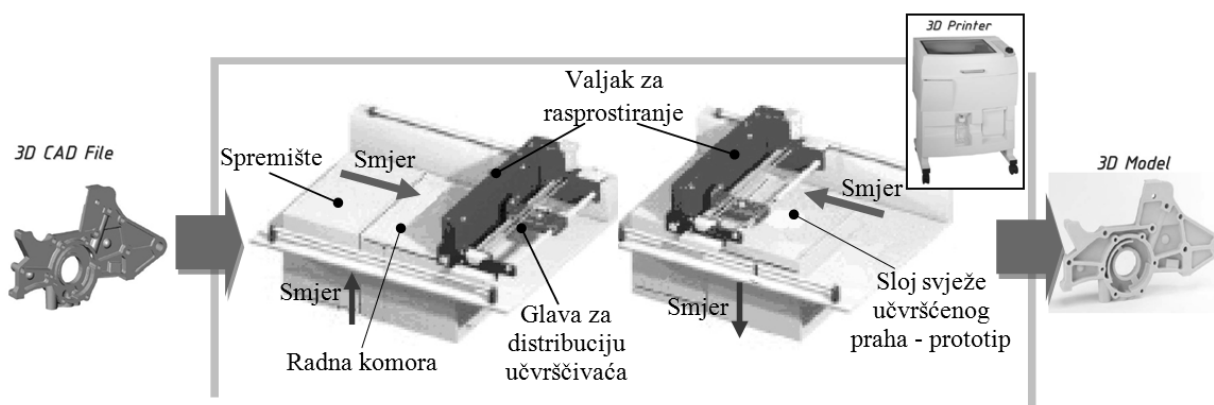


Slika 2. Prikaza oblaka točaka cjelokupnog promatranog područja (a), površinski model zasnovan na triangulacionoj mreži, R 1:1:1 (b), površinski model zasnovan na triangulacionoj mreži, R 1:1:2 (c), ortogonalna projekcija površinskog modela (d)

Dobiveni virtualni trodimenzionalni model je osnova za proizvodnju realnog trodimenzionalnog modela promatranog geografskog područja. Jedna od tehnologija koja omogućava proizvodnju realnih trodimenzionalnih modela na osnovu digitaliziranih podataka je tehnologija za brzu izradu prototipa [3]. Brza izrada prototipa je u suštini ime za niz sličnih tehnologija kojima se fizički objekti proizvode direktno iz CAD fajlova ili drugih digitaliziranih podataka, pri čemu se formiranje čvrstog objekta vrši sukcesivnim nanošenjem i spajanjem slojeva gradivnog materijala, slika 3. Navedeni princip gradnje kao i karakteristike primjenjivanih gradivnih materijala omogućavaju proizvodnju gotovo svake forme čvrstog objekta odgovarajućih kvalitativnih karakteristika uz ograničenje zapreminom radnog prostora mašine.

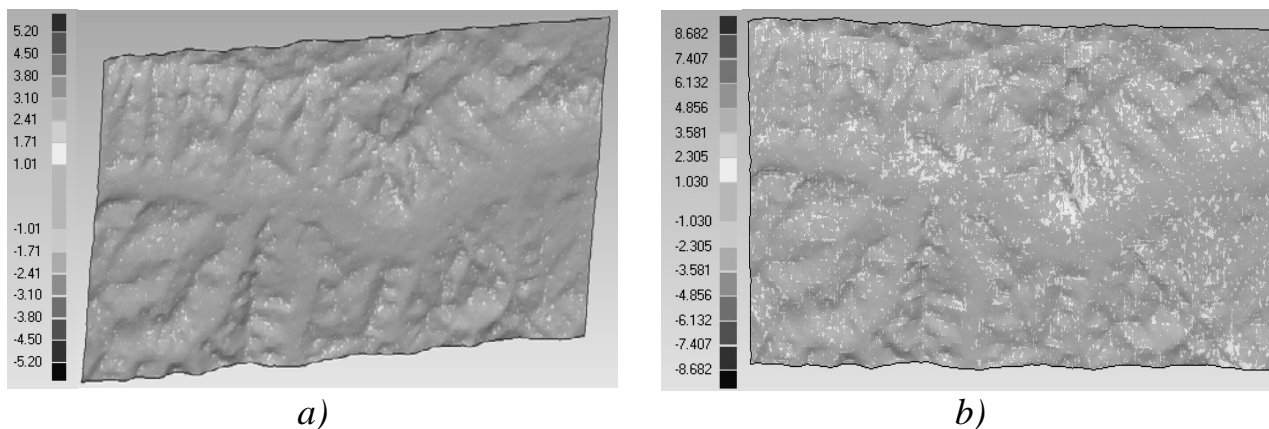
3. Trodimenzionalni model reljefnih obilježja urbanog područja Tuzle

Kao osnova za generiranje realnog trodimenzionalnog modela reljefnih obilježja urbanog područja Tuzle poslužila je baza podataka iz dostupnog GPS sistema, premda su preliminarne analize ukazale i na mogućnost primjene klasične dvodimenzionalne geografske karte sa visinskom razlikom među izohipsama od 2,5 metara. Promatrani geografski prostor urbanog dijela Tuzle je veličine $9,0 \times 4,5$ kilometara, te je predstavljen „oblakom“ točaka koji sadrži 857.000 prostornih tačaka sa pripadajućim x, y, z koordinatama virtualnog Dekartovog koordinatnog sistema, slika 2a. Po kreiranju „oblaka“ točaka pristupilo se generiranju triangulacione mreže odgovarajućih karakteristika, slika 4.a i tabela 1. U sljedećem koraku na osnovu generirane triangulacione mreže pristupilo se procesu volumizacije, odnosno, kreiranju glatke površine (eng. *surface*) koja u osnovi trouglastu površinu zamjenjuje sa površinom zasnovanoj na matematskim krivima, slika 4.b i tabela 1.



Slika 3. Proces trodimenzionalnog štampanja, Z Print 310+

Na slici 4.a i 4.b uočavaju se određena odstupanja generirane triangulacione mreže i volumetričkog modela od „sirovih“ podataka tj. oblaka točaka. Navedena odstupanja nastaju kao rezultat: izvođenja interpolacionih procedura u međukoracima navedenih operacija, zbog nedostatka točaka, te popunjavanja modela na pojedinim mjestima [4].

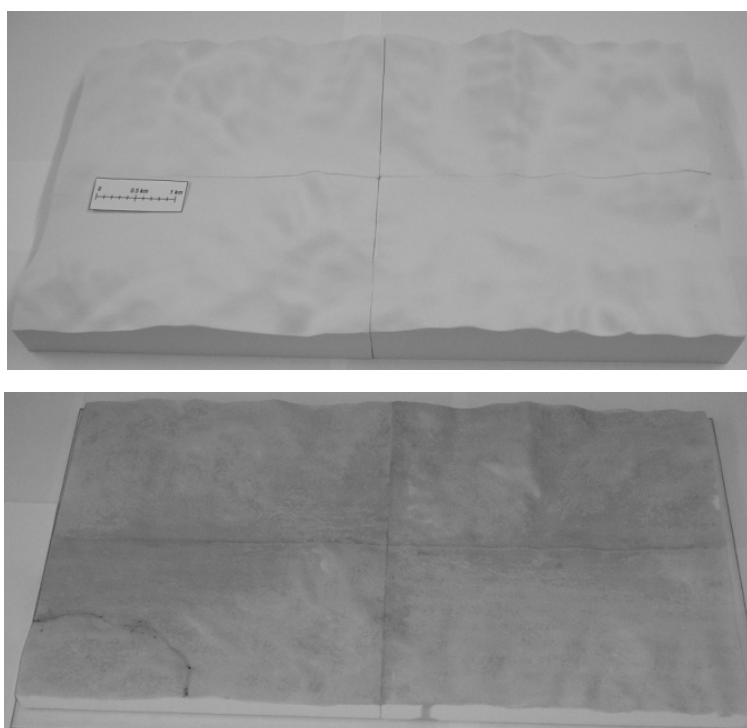


Slika 4. Odstupanja prilikom generiranja: a) triangulacione mreže, b) procesa volumizacije

Karakteristike triangulacione mreže	vrijednosti	
	triangulacija	volumizacija
Broj trouglova	105.800	-
Maksimalno odstupanje u odnosu na ulazne podatke	+ 5.20 m	+ 8.602 m
Minimalno odstupanje u odnosu na ulazne podatke	- 3.88 m	0 m
Prosječno rastojanje ukupno	- 0.001 m	0 m
Prosječno rastojanje u pozitivnom smjeru	+ 0.350 m	+ 0.445 m
Prosječno rastojanje u negativnom smjeru	- 0.422 m	0 m
Standardna devijacija	0.52 m	0.379 m

Tablica 1. Karakteristike procesa obrade podataka

Generirani virtualni trodimenzionalni površinski model, zapisan u neutralnom formatu za razmjenu podataka, predstavlja ulazni set podataka za CAD softvere (ProE, Catia, I-DEAS, ...) u kojima se vrši: generiranje trodimenzionalnog zapreminskog modela, vizualno predstavljanje istoga i kreiranje odgovarajućeg zapisa podataka podesnog za rad mašine za brzu izradu prototipa [5]. Proizvodnja realnog trodimenzionalnog modela reljefnih obilježja urbanog područja Tuzle (slika 8) izvršeno je na trodimenzionalnom printeru ZPrint 310+ (proizvođač Z Corp, USA), iz gradivnog materijala na bazi gipsa (zp130), sa debljinom gradivnog sloja od 0,0875 mm, infiltrantom Z Snap, te razmjerom modela 1:18.000. S obzirom da proces proizvodnje na trodimenzionalnom printeru dozvoljava segmentnu gradnju modela to postoji mogućnost proizvodnje modela u željenoj krajnjoj razmjeri.



Slika 5. Trodimenzionalni model reljefnih obilježja urbanog područja Tuzle

4. Zaključak

Primjenom i kombinacijom suvremenih naučnih metoda i postupaka iz različitih naučno-tehničkih oblasti otvaraju se brojne mogućnosti i područja za istraživanje.

Snažni iskoraci na području informacionih tehnologija i CAD/CAM softvera stvorili su preduvjete za razvoj niza sustava zasnovanih na sukcesivnoj slojevitoj gradnji trodimenzionalnih modela, poznatih pod zajedničkim nazivom Rapid Prototyping tehnologije. Primjenom navedenih tehnologija omogućena je proizvodnja realnih trodimenzionalnih modela bilo koje slobodne forme bez obzira na geometriju iste. Paralelno sa razvojem Rapid Prototyping tehnologija ostvareni su iskoraci i na području trodimenzionalnog virtualnog generiranja oblika-formi, zasnovanih na realnim objektima – Reverse Engineering. Kombinacija dva gore navedena pristupa generiranju, razvoju, analizi i optimiranju geometrijskih karakteristika trodimenzionalnih modela – prototipa osigurala je značajan kvalitativni iskorak na području dizajna i modeliranja svih vrsta geometrijskih objekata.

Trodimenzionalna vizualizacija geografskih površina je multidisciplinarna naučna oblast koja ubrzava izradu, daje točnije i pouzdanije modele za naknadne geografske analize promatranog regiona. Dobiveni trodimenzionalni realni modeli su dobra osnova za izradu meteoroloških modela, planiranje urbanih sredina, planiranje cestovne infrastrukture, planiranje i izgradnju zaštitnih mjera protiv poplava, odlično su nastavno sredstvo, itd.

8. Literatura

- [1] Cerjaković, E.; Šelo, R.; Tufekčić, Dž. & Topčić, A. (2005). Production of Rapid Prototyping models in medicine. *4th International Conference on Advanced Technologies for Developing Countries ATDC2005*, pp. 225-229
- [2] Topčić, A. ; Tufekčić, Dž. & Šelo, R. (2002). CAD systems and different ways of data representation for Rapid Prototyping machines. *1st International Conference on Advanced Technologies for Developing Countries ATDC2002*, pp. 71-78, ISBN 3-901509-32-1, ISBN 953-7611-64-X
- [3] Plančak, M. (2004). *Brza izrada prototipova, modela i alata-Rapid Prototyping i Rapid Tooling*, FTN Izdavaštvo, ISBN 86-80249-96-3
- [4] Topčić, A.; Cerjaković, E.; Babović, Z. & Trakić, E. (2008). Implementation of systems for Reverse Engineering in product development. *Zbornik radova sa 1st International conference VALLIS AUREA 2008*, pp. 969-973, ISBN 978-953-98762-7-0
- [5] Fajić, A.; Tufekčić, Dž.; Topčić, A. & Mujić, E. (2009). Rapid Prototyping data formats. *7th International Scientific Conference on Production Engineering, Development and modernisation of production - RIM 2009*, pp. 1-6, ISBN 978-9958-624-29-2

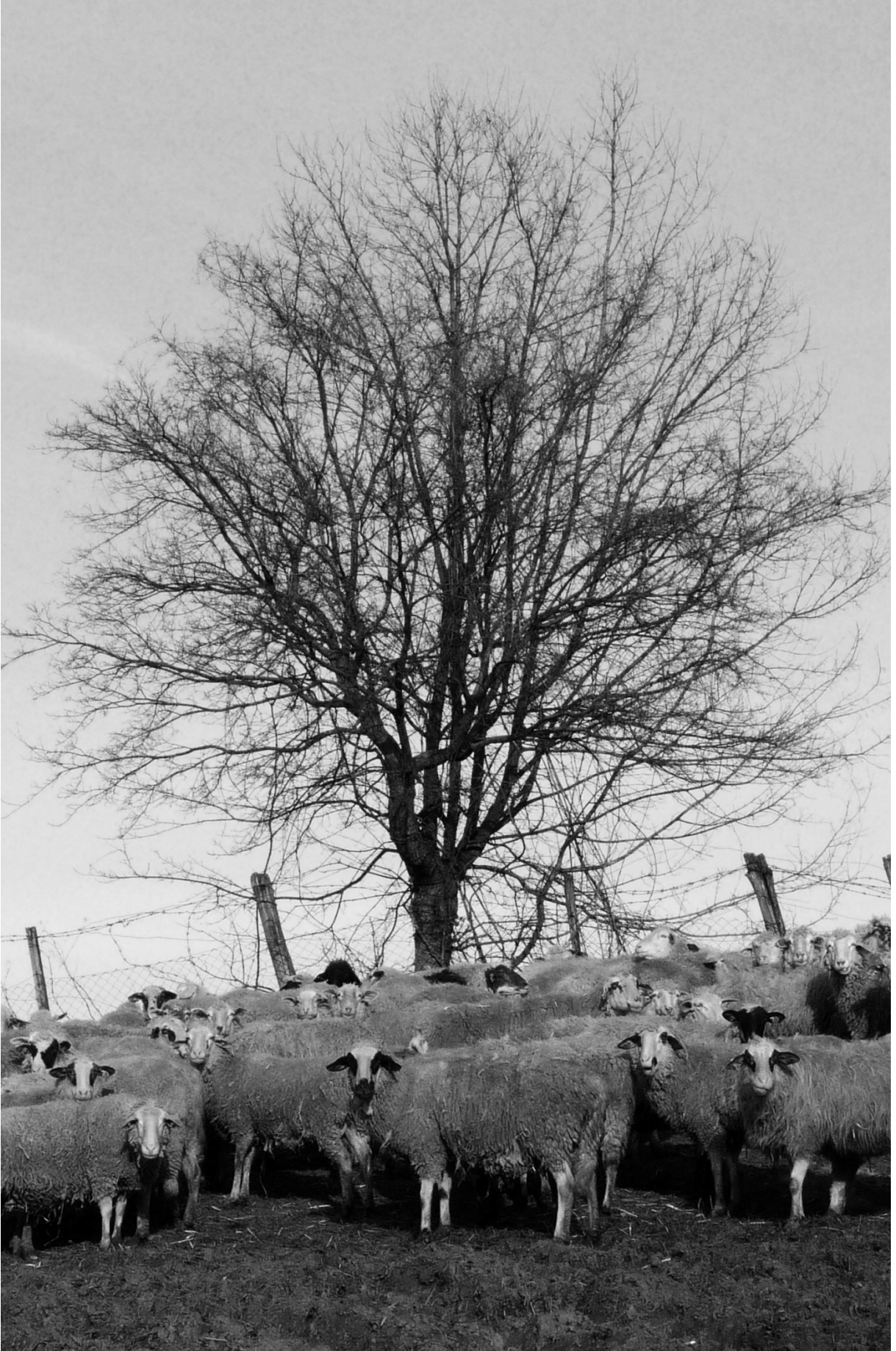


Photo 031. Sheep / Ovce