

Specifičnosti modela prostora za izradu karata buke

Hrvoje Tomić, Vlado Cetl, Zdravko Kapović

Ključne riječi

karta buke,
3D model prostora,
digitalni model terena,
geodetske metode,
općina Popovača,
kartografska podloga

Key words

noise map,
3D space model,
digital terrain model,
topographic methods,
Popovača Municipality,
existing cartographic
information

Mots clés

carte de bruit,
modèle spatial
tridimensionnel,
modèle digital de terrain,
méthodes topographiques,
municipalité de Popovača,
données cartographiques
existantes

Ключевые слова

шумовая карта,
3D модель
пространства,
цифровая модель
участка, геодезические
методы,
община Поповача,
картографическая база

Schlüsselworte

Lärmkarte, 3D Raum-
Modell,
digitales Terrainmodell,
Vermessungsmethoden,
Gemeinde Popovača,
kartographische
Unterlage

H. Tomić, V. Cetl, Z. Kapović

Pregledni rad

Specifičnosti modela prostora za izradu karata buke

Za izradu karte buke temeljna je podloga 3D model prostora odnosno digitalni model terena. U radu je teorijski prikaz mogućnosti izrade modela različitim geodetskim metodama. Također, detaljno je opisan postupak i specifičnost izrade digitalnog modela terena za potrebe izrade karte buke dijela općine Popovača. Nedostatak službenih 3D modela terena, moguće je nadomjestiti kombiniranjem prostornih podataka s postojećih kartografskih podloga i izradom digitalnog modela objekata.

H. Tomić, V. Cetl, Z. Kapović

Subject review

Characteristics of space model for noise mapping

The three-dimensional space model, or the digital terrain model, is the principal tool for preparation of noise maps. A theoretical overview of model elaboration, based on various topographic methods, is presented in the paper. In addition, the digital soil modelling as needed for noise mapping of a part of Popovača municipality, is described in full detail. The absence of official three-dimensional terrain models can be compensated by combining space data from the existing cartographic documents, and by digital object modelling.

H. Tomić, V. Cetl, Z. Kapović

Ouvrage de synthèse

Caractéristiques du modèle spatial pour l'établissement des cartes de bruit

Le modèle spatial tridimensionnel, ou le modèle digital du terrain, est l'outil principal pour l'établissement des cartes de bruit. Un aperçu théorique de l'établissement du modèle, basé sur des méthodes topographiques variées, est présenté dans l'ouvrage. En outre, la modélisation digitale du sol, faite dans le cadre d'établissement des cartes de bruit pour une partie de la municipalité de Popovača, est décrite en détail. L'absence des modèles officiels tridimensionnels du terrain peut être compensée en combinant les données spatiales provenant des documents cartographiques existants, et en établissant le modèle digital des objets.

Х. Томич, В. Цетл, З. Капович

Обзорная работа

Специфичности моделей для разработки шумовых карт

Базой для разработки шумовых карт является 3D модель пространства, т.е. цифровая модель участка. В работе описаны теоретические возможности разработки моделей различными геодезическими методами. Также подробно описана процедура и специфичность разработки цифровой модели участка для потребностей разработки шумовой карты части общины Поповача. Недостаток официальных 3D моделей участков возможно компенсировать путем комбинирования данных о пространстве с существующими картографическими базами посредством разработки цифровой модели объекта.

H. Tomić, V. Cetl, Z. Kapović

Übersichtsarbeit

Spezifitäten des Raum-Modells für die Herstellung von Lärmkarten

Für die Herstellung von Lärmkarten ist die Grundunterlage das 3D Modell des Raums, bzw. das digitale Modell des Terrains. Der Beitrag enthält eine theoretische Darstellung der Möglichkeit das Modell mittels verschiedener Vermessungsmethoden herzustellen. Detailliert beschreibt man das Verfahren und Spezifitäten der Herstellung des Digitalen Terrainmodells für die Herstellung der Lärmkarte eines Teils der Gemeinde Popovača. Der Mangel offizieller 3D Terrainmodells kann durch Kombination von Raumangaben aus bestehenden kartographischen Unterlagen und Herstellung des digitalen Modells des Objekts ersetzt werden.

Autori: **Hrvoje Tomić**, dipl. ing. geod.; doc. dr. sc. **Vlado Cetl**, dipl. ing. geod., prof. dr. sc. **Zdravko Kapović**, dipl. ing. geod., Zavod za primijenjenu geodeziju, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26

1 Uvod

Razvijeni se svijet danas susreće sa sve većom potrebom za opširnijim i boljim mehanizmima iskorištavanja zemljišta i regulacije odnosa u prostoru. Kako bi se odnosi u prostoru razvijali u skladu s modernim tehnološkim spoznajama, a sukladno načelima održivog razvoja, potrebno je omogućiti sve potrebne preduvjete. Oko 80 % svih raspoloživih informacija sadrži neku prostornu komponentu [1, 2], koju je, za učinkovito upravljanje, nužno urediti na način koji omogućava jednostavniji pristup i multidisciplinarnu integraciju [3]. Time se omogućuje upotreba naprednijih postupaka planiranja upravljanja prostorom, odnosno donošenje kvalitetnijih dokumenata prostornog uređenja.

Jedan od čimbenika koji se uzima u obzir u prostornom uređenju jest i zagađenje bukom koje uvelike utječe na zdravlje ljudi. Strategija Europske unije za održivi razvoj, odnosno trenutačno valjani šesti Akcijski program, stavlja među ciljeve i aktivnosti smanjenja utjecaja buke na ljude. Trenutačno ih je u Europi ugroženo oko 100 milijuna, do 2010. povećat će se za 10 %, a za daljnjih 20 % do 2020. godine [4].

U Hrvatskoj se zaštita od buke počela intenzivnije razmatrati tek u posljednjih nekoliko godina [5, 6, 7, 8], a zakonska regulativa uređena je Zakonom o zaštiti od buke [9] i pripadajućim pravilnicima.

Iako je buka subjektivni pojam određen fizikalnim značajkama zvuka i fiziološkim svojstvima uha i ljudskog organizma [10], moguće je objektivno mjeriti indikatore buke i na osnovi mjerenja modelirati, odnosno ocjenjivati količinu zagađenja bukom. Obveznici izrade karata buke dužni su, sukladno zakonu, osigurati trodimenzijski digitalan model područja izrade karte buke. Za to je potreban specifičan 3D model prostora kojega su sastavni dijelovi [11]:

- visinske točke kojih je relativni međuodnos s najvećom mogućom dostupnom točnošću, ali ne lošijom od 1,5 m
- prijelomnice i linije oblika
- sve građevine i vrste pokriva terena.

Osim podataka koji su definirani pravilnikom, u model je potrebno ugraditi i modelirati izvore buke: ceste i prometnice (autoceste, državne ceste, županijske ceste, glavne gradske prometnice i lokalne ceste) i željezničke pruge. Ostali su izvori buke (zračni promet i industrijska područja) već obuhvaćeni podacima modela građevina.

Takav 3D model prostora, s geodetskog gledišta, podrazumijeva izradu digitalnog modela terena. U ovom radu teorijski se razmatra 3D modeliranje prostora i prikazuje originalna izrada digitalnog 3D modela terena za potrebe izrade karte buke dijela općine Popovača.

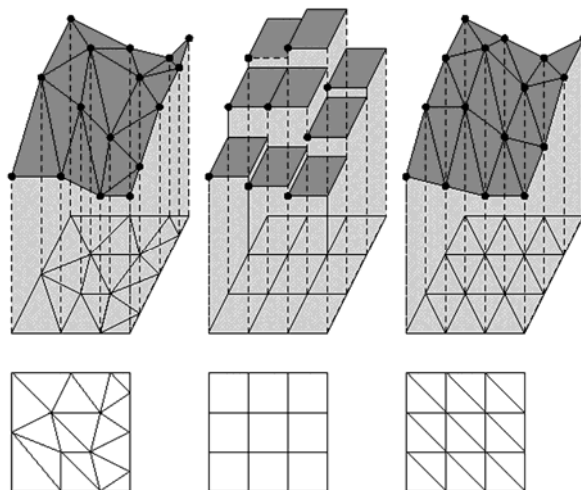
2 3D modeli prostora

3D modeli predstavljaju matematički prikaz trodimenzijskoga prostora. U suštini radi se o skupu podataka o točkama u 3D prostoru i drugih informacija koje računalo interpretira u virtualni objekt koji se vizualizira na zaslonu ili nekom drugom izlaznom uređaju računala.

2.1 Vrste 3D modela

Kada se govori o 3D modelima prostora najčešće se podrazumijevaju digitalni model reljefa (DMR) i digitalni model terena (DMT) ili digitalni model površine (DMP) [12].

DMR (*Digital Elevation Model* - DEM) predstavlja skup točaka na površini Zemlje kojih su prostorne koordinate pogodne za računalnu obradu [13]. On sadrži numerički zapis položajno i visinski određenih točaka i geometrijskih elemenata koji prikazuju reljef zemljišta. To je "čisti" model terena Zemlje bez vegetacije, građevina i drugih ljudskih tvorevina. Raspored točaka može biti pravilan (*regular square grid* - RSG) i nepravilan (*triangulated irregular network* - TIN). Kod pravilnog se rasporeda rabi kvadratna mreža, a kod nepravilnog najčešće trokutna mreža. Kvadrati u RSG modelu mogu biti podijeljeni na dva trokuta, što se naziva triangulirani model (*triangulated RSG* - TRSG) ili jednaka visina može biti dodijeljena cijelom kvadratu pa nastaje tzv. stepenasti model RSG (*stepped RSG* - SRSG) (slika 1.).

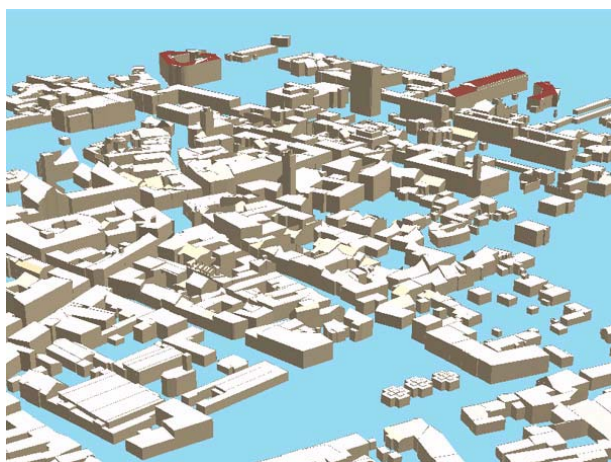


Slika 1. TIN, stepenasti RSG i triangulirani RSG [14]

DMR se rabi na različitim razinama i u različite svrhe. U aerofotogrametriji DMR čini temelj za izradu digitalnog ortofota - DOF-a [15]. Također se rabi za određivanje vidljivosti [14], za vizualizaciju [16], hidrološke analize [17], u procjeni nekretnina [18] i dr.

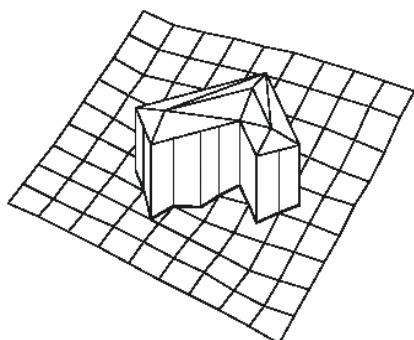
DMR je definiran kao kontinuirana površina u kojoj svaka točka u položajnom smislu ima samo jednu pripadajuću visinu [19]. To znači da nije moguće ispravno modelira-

ti teren kod zahtjevnih karakteristika reljefa kao što je vertikalna stijena ili kod umjetnih građevina kao što su brane, mostovi, vijadukti i dr. Za tu se svrhu rabi DMT odnosno digitalni model terena (*Digital Terrain Model - DTM*). U literaturi se upotrebljava i pojam digitalni model površine DMP (*Digital Surface Model - DSM*). DMT je topografski model Zemljine površine koji uključuje građevine, vegetaciju, putove i prirodnu površinu terena. Sadrži i druge geografske elemente (npr. padnice, vode i sl.) Također može uključivati i ostale izvedene elemente o terenu poput nagiba, zakrivljenosti, vidljivosti i dr. On nastaje spajanjem dvaju modela, DMR-a i digitalnog modela građevina (DMO). DMO (*Digital Building Model - DBM*) nastaje prikupljanjem podataka o izgrađenim građevinama i najbolje se može opisati kao skup malih pojedinačnih 3D objekata koji nisu međusobno povezani (slika 2.).



Slika 2. Digitalni model građevina [20]

DMT je također kontinuirani model, ali u kojem svaka točka u položajnom smislu može imati jednu ili više pripadajućih visina. To se postiže spajanjem modela reljefa i građevina tako da model građevina isključuje model reljefa na mjestima na kojima se nalazi i obrnuto (slika 3.).



Slika 3. Digitalni model terena [21]

2.2 Izrada 3D modela

3D modeli prostora izrađuju se iz prostornih podataka dobivenih različitim metodama: terestričkom izmjerom,

aerofotogrametrijom, laserskim skeniranjem iz zraka, satelitima, dubinomjerima i iz postojećih kartografskih podataka. Točnost 3D modela podataka izravno ovisi o točnosti podataka iz kojeg se izrađuje.

2.2.1 Terestrička izmjera

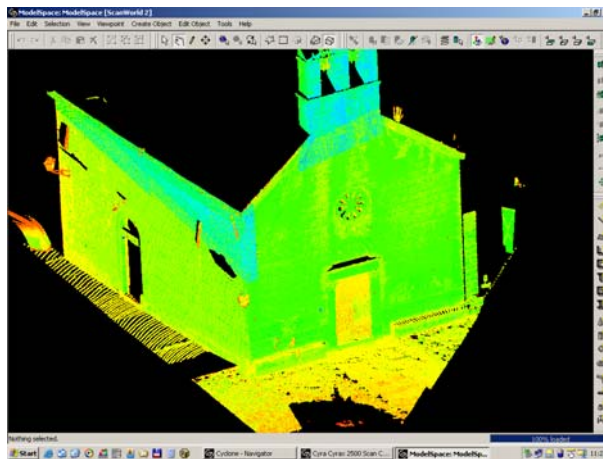
U terestričke metode izmjere i prikupljanja 3D koordinata točaka u prostoru ubrajaju se:

- tahimetrija
- GPS
- terestrički laserski skeneri.

Tahimetrijska metoda podrazumijeva izmjeru kuta i dužine između stajališne i ciljne točke totalnom stanicom, a visina ciljne točke određuje se mjerenjem vertikalnog kuta ili zenitne udaljenosti [22]. Ova je metoda pogodna za izradu 3D modela prostora manjeg područja.

Kod GPS-a najčešće se primjenjuju dvije metode: RTK (*Real time Kinematic*) i DGPS (*Differential GPS*). Kao i kod tahimetrijske, ove su metode pogodne za manja područja.

U novije vrijeme za izradu 3D modela građevina i površina na manjem području rabe se terestrički laserski skeneri. Njihov princip rada temelji se na tahimetriji, odnosno mjerenju horizontalnog i vertikalnog kuta te udaljenosti do pojedine točke prostora. Rezultat je skup trodimenzijskih koordinata XYZ točaka koji se naziva oblak točaka (slika 4.).



Slika 4. Oblak točaka [23]

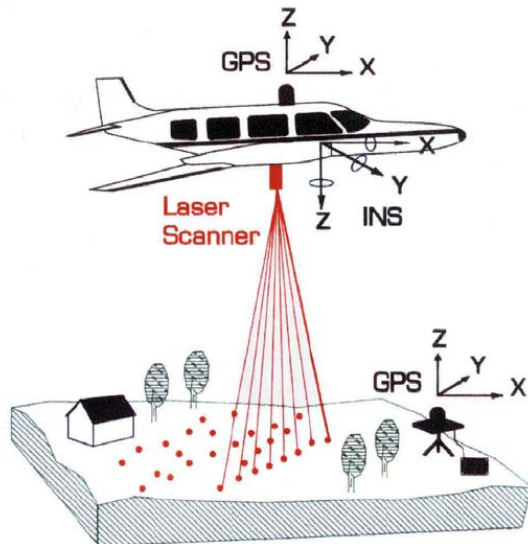
Ovom metodom otvorena je mogućnost prikupljanja velike količine 3D podataka o prostoru i pojedinačnih objekata i terena [24].

2.2.2 Aerofotogrametrija

Ovom se metodom podaci o prostoru dobivaju procesom zabilježbe, mjerenja i interpretacije zračnih snimaka [15]. 3D se model dobiva stereofotogrametrijskom restitucijom snimaka. Metoda je pogodna za izradu DMR-a većih područja.

2.2.3 Lasersko skeniranje iz zraka

Ova se metoda afirmirala u posljednjih desetak godina kao potpuno automatizirana i izuzetno učinkovita metoda prikupljanja prostornih podataka [25]. U literaturi se uobičajeno rabi pojam laserska altimetrija ili LiDAR (*Light Detection and Ranging*) (slika 5.).



Slika 5. LiDAR [26]

S obzirom na veliku učestalost mjerenja i do 200 kHz, u kratkom je vremenu moguće detaljno izmjeriti oblik površine terena i građevina na njoj. Radi dobivanja položajnih koordinata uz laser se upotrebljava i inercijalni sustav (*Inertial Navigation System*) te GPS senzor koji istodobno određuje (opaža) položaj. Prednost ove metode jest izravno dobivanje DMT-a (slika 6.).



Slika 6. DMT grada Mannheima dobiven LiDAR-om [26]

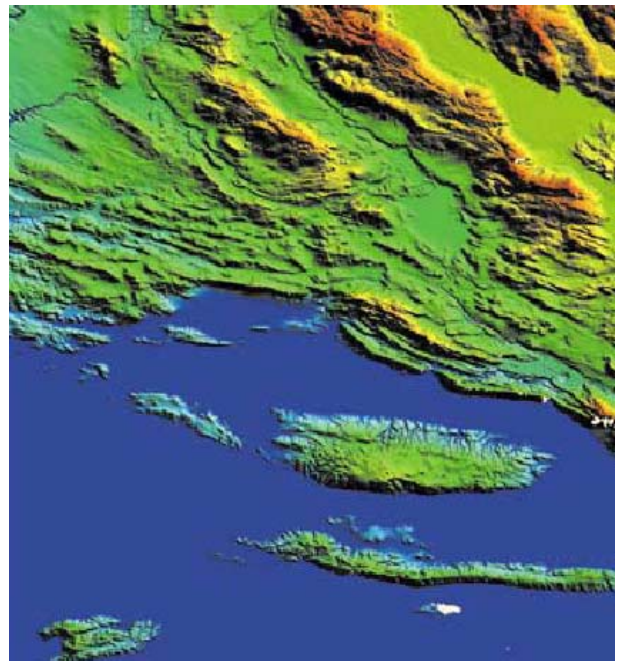
Također treba istaknuti da je metoda mnogo brža od aerofotogrametrijske i pogodna je za izradu DMT-a većih područja.

2.2.4 Sateliti

Opažanje Zemljine površine moguće je primjenom senzora smještenih na satelitima. S obzirom na izvore energije ti uređaji mogu biti pasivni i aktivni. Pasivni uređaji

registriraju emitirana ili reflektirana zračenja građevina na površini Zemlje, dok se aktivni koriste vlastitim izvorom energije koja se odašilje prema površini Zemlje, odakle se njezin reflektirani dio prima i registrira (radari).

Najčešće primjenjivani podaci u praksi za izradu DMR-a jesu podaci SRTM-a (*Shuttle Radar Topography Mission*). Podaci SRTM-a dostupni su javnosti od kraja 2003. godine i pokrivaju širine na području 60° sjeverne i 54° južne geografske širine. Za područje Hrvatske dostupni su podaci 3"x3" (~92 m x 66 m) u datotekama koje pokrivaju područje 1°x1°. Također dostupan je i DMR izrađen od tih podataka na rezoluciju 30"x30" [27] (slika 7.).



Slika 7. DMR iz SRTM podataka za dio Hrvatske

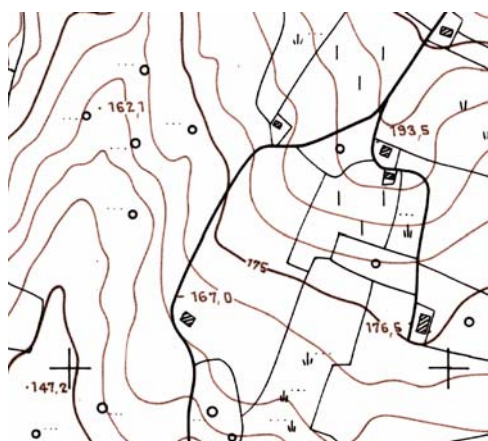
Deklarirana točnost podataka SRTM-a jest 16 m za vinski i 20 m za horizontalnu komponentu, a stvarna je točnost još i bolja. Općenito, satelitskim se metodama mogu izrađivati 3D modeli velikih područja, ali sa smanjenom točnošću.

2.2.5 Dubinomjeri

Dubinomeri (engl. Echo Sounder) se rabe za mjerenje dubina i izradu 3D modela morskog dna [28]. Osim na moru ova se metoda primjenjuje i na kopnu kod rijeka, jezera i dr. [29].

2.2.6 Postojeći kartografski podaci

Iz postojećih analognih kartografskih podataka moguće je izrađivati DMR. U tu je svrhu s analognih izvornika potrebno digitalizirati slojnice (izohipse) i kote (visine) prikazanih karakterističnih točaka. Slojnice su na analognoj karti prikazane kao linije s određenom ekvidistancijom (slika 8.).



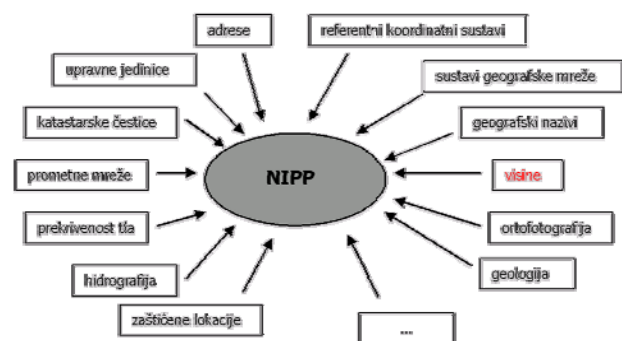
Slika 8. Prikaz reljefa na HOK-u (Hrvatska osnovna karta) slojnicama i kotama

Svaka slojnica sadrži beskonačan broj točaka na istoj visini. Kod digitalizacije se slojnica vektorizira određenim brojem točaka. Najčešće se radi o točkama infleksije uzduž slojnice [30], a pravilo je da digitalna slojnica ne smije odstupati od njezine odgovarajuće analogne slojnice.

2.3 3D modeli u nacionalnoj infrastrukturi prostornih podataka

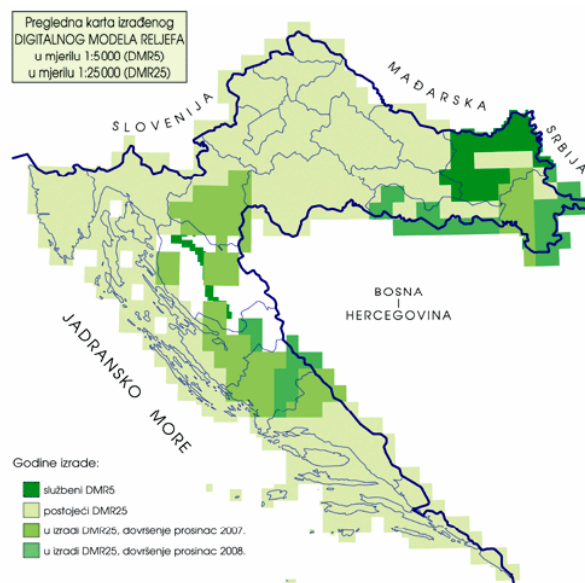
Zakonom o državnoj izmjeri i katastru nekretnina [31] propisana je uspostava nacionalne infrastrukture prostornih podataka (NIPP) kao skup mjera, norma, specifikacija i servisa koji imaju za cilj, u okviru uspostave e-vlade, omogućiti učinkovito prikupljanje, vođenje, razmjenu i uporabu georeferenciranih prostornih podataka. NIPP se odnosi i primjenjuje na prostorne podatke u digitalnome obliku koji se odnose na cijeli teritorij Hrvatske, teritorijalno more i njezina ekološko-zaštitna ili gospodarska područja, a njezin je sadržaj usklađen s INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) direktivom [32].

Prostorni podaci koje obuhvaća NIPP dijele se na osnovne i ostale [3], među koje ulaze i visine, što obuhvaća nadmorske visine, dubine mora i obalne linije (slika 9.).



Slika 9. NIPP

U Hrvatskoj postoji nekoliko DMR-ova za čitavo njezino područje, a službeni je dostupan u Državnoj geodetskoj upravi (slika 10.).

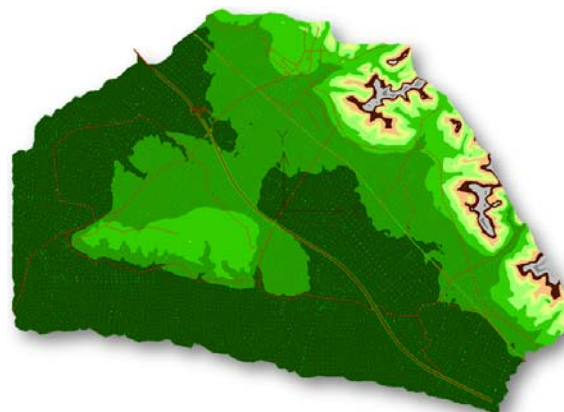


Slika 10. Pregledna karta službenog DMR-a [33]

Uz službeni postoje i neslužbeni DMR-ovi koje su izradili i njime se koriste npr. HRT, GISDATA, INA, Geofoto i dr. Namjera uspostave NIPP-a jest uspostavom geoportala i kataloga metapodataka omogućiti brži, jednostavniji i učinkovitiji pristup svim postojećim prostornim podacima, što uključuje i DMR, svim zainteresiranim korisnicima.

3 3D model dijela općine Popovača

Na Katedri za upravljanje prostornim informacijama Geodetskog fakulteta izrađen je 3D model terena (DMT) dijela općine Popovača [34], kao podloga za projekt izrade karte buke. Projekt je obuhvatio 10192 hektara općine, a sastojao se od analize postojećih prostornih podataka, utvrđivanja kriterija i optimalnog tehničkog oblika te izrade DMT-a i pripadne tehničke dokumen-



Slika 11. Prikaz 3D modela terena dijela općine Popovača

tacije. Slika 11. prikazuje izgled završnog modela cijelog područja obuhvata.

Pri izradi 3D modela mogu se pojaviti i neke poteškoće [35]. U ovom slučaju nije bio dostupan službeni DMR zadovoljavajuće kvalitete. Naime, za izradu karte buke područja nekog grada ili općine potreban je DMR nastao na temelju karte mjerila 1:5000 (HOK) ili kvalitetniji (krupnije mjerilo odnosno bolja rezolucija). U tu svrhu za područje obuhvata trebalo je izraditi DMR na osnovi postojećih kartografskih podataka (HOK). Pri tome su iskorišteni digitalni zapisi analognih karata listova HOK-a (geokodirani skenirani rasteri), na kojima su prikazani podaci dobiveni fotogrametrijskom restitucijom i koji točnošću zadovoljavaju uvjete za izradu DMR-a. Za izradu karte buke potreban je DMT, odnosno uz DMR i podaci o prometnicama i građevinama koji su na postojećem HOK-u nepotpuni. Razlog tome jest datum izrade HOK-a, koji je iz 1983., pa je podatke o građevinama bilo potrebno ažurirati, odnosno dopuniti podacima katastarskog plana, DOF-a i podacima terenskog rekognosciranja i izmjere (slika 12.).

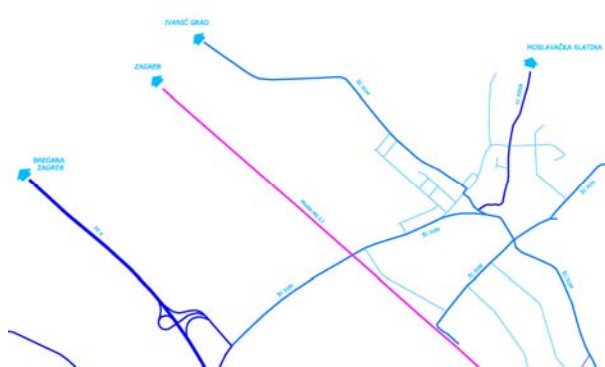


Slika 12. Nadopuna HOK-a sa stvarnim stanjem na terenu (preklop s digitalnim katastarskim planom)

DMR je izrađen ručnom vektorizacijom slojnica i pojedinačnih kota tako da su definirane koordinate i visina svake detaljne točke terena. Na osnovi kota i prijelomnica dobiven je 3D model nepravilnih trokuta na temelju kojega je modeliran DMR. Uz slojnice, u modelu su ostavljeni i izvorni podaci HOK-a, odnosno vektorizirane kote pozicionirane položajno i visinski, zbog relativno širokog raspona nagiba terena. U podatke terena svrstane su i prijelomnice terena, bez dodatnih opisa. Prijelomnice se u ovom slučaju pretežno sastoje od rubova prometnica te spojeva nožice nasipa s terenom.

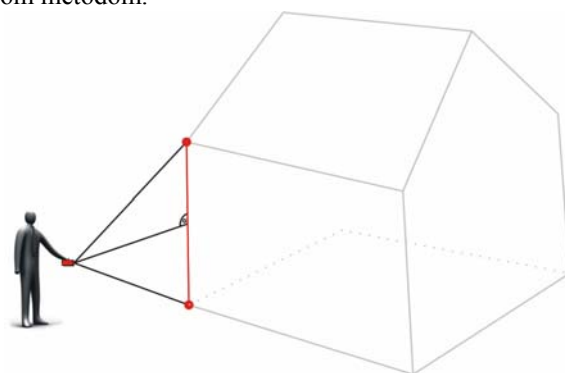
Prometnice su razvrstane prema podjeli definiranoj zakonom, odnosno vrijedećim odlukama [36, 37]. Osi prometnica definirane su 3D polilinjama, a opis je dan na posebnom sloju. Time je dobivena mreža prometnica koja je ugrađena u model definiranjem prijelomnica

terena (rub ceste/pruge, kraj nožice nasipa prometnice) čime su modelirani linijski izvori buke.



Slika 13. Dio mreže prometnica modela

Za konačni DMT bilo je potrebno izraditi DMO. Tlocrt građevina dobiven je vektorizacijom s HOK-a i dopunjen je podacima katastarskog plana, DOF-a i terenske izmjere. Kako katastarski plan i DOF ne sadrže podatke o visini građevina, bilo je potrebno izmjeriti njihove visine. Izmjerna visina obavljena je ručnim laserskim daljinomjerom na pojedinačnim građevinama, izravnom ili posrednom metodom.



Slika 14. Posredno mjerenje visine građevina ručnim laserskim daljinomjerom

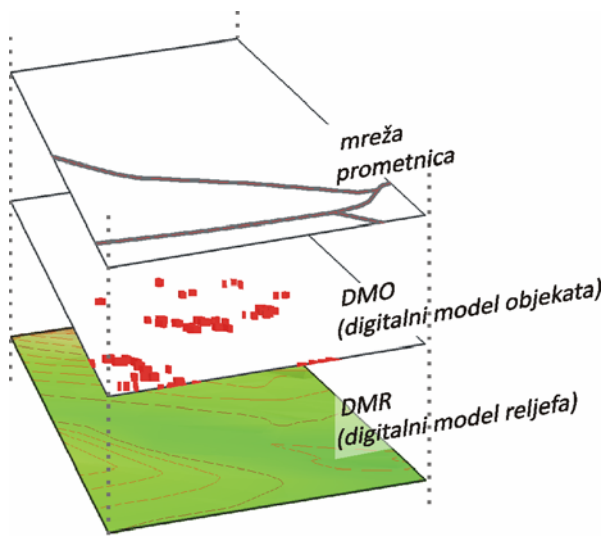
Pri izravnom se mjerenju odmah dobiva visina građevine, dok se pri posrednom mjerenju ona naknadno računa iz kombinacije trokuta. Ovisno o građevini i mogućnosti pristupa, primijenjena je izravna odnosno posredna metoda.

Završni korak u izradi DMT-a bio je sjedinjavanje svih prethodno navedenih podataka: DMR-a, DMO-a i mreže prometnica (slika 15.).

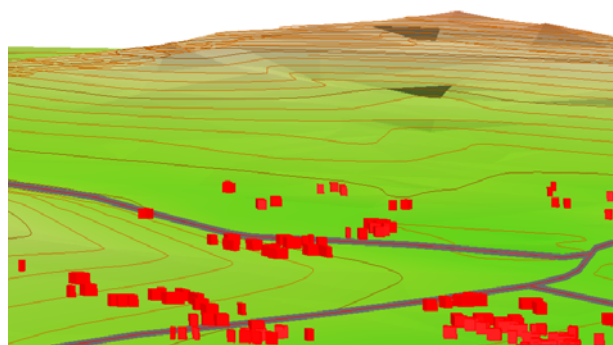
Time je dobiven DMT dijela općine Popovača pogodan za izvođenje analiza potrebnih za izradu karata buke te formatiran sukladno zahtjevima naručitelja (slika 16.).

U posljednjih nekoliko godina sve veći zahtjevi za izradom 3D modela gradova i naselja doveli su do pokretanja inicijativa normizacije 3D modela na europskoj i međunarodnoj razini [38]. Navedene inicijative imaju za cilj olakšati pristup i razmjenu prostornih podataka pu-

tem web-servisa, odnosno upotrebom razmjenskih formata (CityGML – *City Geography Markup Language*).



Slika 15. Spajanje DMT-a



Slika 16. Uvećani prikaz dijela DMT-a

4 Zaključak

Preuzimanjem europskih zakonskih norma nastala je obveza izrade karata buke za sve veće gradove, važnije prometnice i industrijska postrojenja koja proizvode ve-

liku buku. Za potrebe izrade karte buke treba kao podlogu imati kvalitetan i ažuran 3D model terena (DMT) područja obuhvata, koji je svojim sadržajem specifičan za tu namjenu. To podrazumijeva ne samo DMR već i podatke o prometnicama, građevinama i dr. Minimalna je rezolucija potrebnog DMR-a za karte buke DMR5 koji se službeno izrađuje zajedno s izradom DOF-a mjerila 1:5000. Kako je službeni digitalni DMR5 dostupan tek za manje područje teritorija Hrvatske, moguće ga je izraditi iz postojećih kartografskih podloga vektorizacijom.

Za izradu DMT-a uz DMR potreban je i DMO, pri čemu je važno istaknuti da niti DMT niti DMO redovito nisu dostupni jer ne ulaze u standardne službene proizvode kojima raspolaže Državna geodetska uprava i moguće ih je eventualno pronaći u privatnom sektoru. Iz tog ih je razloga potrebno izraditi. Najbolja i najbrža metoda izrade DMT-a jest lasersko skeniranje iz zraka odnosno LiDAR. U Hrvatskoj, nažalost, još uvijek nema tih sustava. Snimanje se može, uz odgovarajuću naknadu, naručiti od stranih tvrtki koje te uređaje i opremu posjeduju. U ovome je radu DMO izrađen kombiniranjem postojećih kartografskih podloga i terenskom izmjerom visina građevina. Pri tome posebnu pozornost treba obratiti na ažurnost postojećih podloga sa stanjem na terenu, što je moguće uskladiti uporabom više različitih izvora prostornih podataka. Spajanjem DMO-a i DMR-a dobiva se kvalitetan 3D model za izradu karte buke.

Rješavanje problema nedostatka 3D podataka o prostoru moguće je uspostavljanjem nacionalne infrastrukture prostornih podataka (NIPP). To podrazumijeva prikupljanje i ažuriranje osnovnih prostornih podataka za teritorij cijele Hrvatske, izradu i povezivanje odgovarajućih baza prostornih podataka javnog i privatnog sektora te stavljanje tih podataka na raspolaganje zainteresiranim korisnicima na brz, jedinstven i jednostavan način.

LITERATURA

- [1] Østensen, O.: *The expanding agenda of Geographic information standards*, ISO Bulletin, July (2001), 16-21.
- [2] Ryttersgard, J.: *Spatial Data Infrastructure – Developing trends and Challenges*, International Conference on Spatial Information for Sustainable Development, Nairobi, Kenya, 2001.
- [3] Cetl, V.: *Analiza poboljšanja infrastrukture prostornih podataka*, doktorska disertacija, Geodetski fakultet, Zagreb, 2007.
- [4] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN): *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, final draft, 2006.
- [5] Lakušić, S., Dragčević, V., Rukavina, T.: *Pregled Europske regulative o buci od cestovnog prometa*, Građevinar 55 (2003) 6, str. 349.-356.
- [6] Lakušić, S., Dragčević, V., Rukavina, T.: *Mjere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama*, Građevinar 57 (2005) 1, str. 1.-9.
- [7] Vrančić, T.: *Buka u otvorenom prostoru i izrada karat buke*, Građevinar 59 (2007) 1, str. 49.-53.
- [8] Dragčević, V., Lakušić, S., Ahac, S., Ahac, M.: *Prilog optimizaciji postupka izrade karata buke*, Građevinar 60 (2008) 9, str. 787.-795.
- [9] *Zakon o zaštiti od buke*, NN 30/2009.
- [10] Gomzi, M.: *Svakodnevna buka i moguće zdravstvene posljedice*, Hrvatski liječnički zbor -simpozij: Buka i zdravlje, Zagreb, 2005.
- [11] *Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova*, NN 05/2007.

- [12] Oksanene, J.: *Digital Elevation Model Error in Terrain Analysis*, PhD thesis, Faculty of Science, University of Helsinki, 2006.
- [13] Frančula, N.: *Digitalna kartografija, Interna skripta, 3. prošireno izdanje*, Geodetski fakultet, Zagreb, 2004.
- [14] De Florian L., Magillo, P.: *Algorithms for Visibility Computation on Terrains: a Survey, Environment and Planning B, Planning and Design*, 30(5), str. 709.-728., 2003.
- [15] Kraus, K.: *Photogrammetry. Vol.1: Fundamentals and Standard Processes*, Fourth Edition, Dümmler Verlag, Bonn, Germany, 1993.
- [16] Lindstrom, P., Pascucci, V.: *Visualization of Large Terrains Made Easy*, Proceedings of IEEE Visualization, str. 361.-370., 2001.
- [17] Gajski, D.: *Rasterbasierte Geländeoberflächanalyse*, doktorska disertacija, TU Wien, Austrija, 2004.
- [18] Matijević, H., Mastelić Ivić, S., Cetl, V.: *Automatsko računanje 3D obilježja katastarske čestice za potrebe masovnog vrednovanja*, Kartografije i geoinformacije (2006) 6, str. 14.-25.
- [19] Jurković, D., Kavšek, S., Kolarek, M.: *Istinski ortofoto povijesne jezgre Grada Varaždina*, Zbornik radova I. Simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Opatija, str. 104.-115., 2008.
- [20] <http://www.zzf.hr>
- [21] Amhar, F., Josef, J., Ries, C.: *The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 32(Part 4), str. 16.-22., 1998.
- [22] Macarol, S.: *Praktična geodezija*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1978.
- [23] Roić, M. i dr.: *Tehničko izvješće o studentskoj praksi Stari Grad – Faros*, Geodetski fakultet, Zagreb, 2003.
- [24] Matijević, H., Roić, M.: *Terestrički laserski skeneri*, Geodetski list (2002) 3, str. 171.-178.
- [25] Gajski, D.: *Osnove laserskog skeniranja iz zraka*, Ekscentar (2007) 10, str. 16.-22.
- [26] Lemmens, M. J. P. M.: *Height information from laser - Altimetry for urban areas*, GIS Development (2001), April, str. 1.-5.
- [27] Bašić, T., Buble, G.: *Usporedba globalnog modela visina SRTM3 s postojećim digitalnim modelima reljefa na području Hrvatske*, Geodetski list (2007) 2, str. 93.-111.
- [28] Pribičević, B.: *Pomorska geodezija*, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb, 2005.
- [29] Mastelić Ivić, S.: *Geodetski radovi u hidrotehnici*, Interna skripta, Geodetski fakultet, Zagreb, 2007.
- [30] Ivković M., Miler, M.: *Pretvorba analognih topografskih planova u digitalni oblik*, Zbornik radova Simpozija o inženjerskoj geodeziji, Beli Manastir, str. 283.-292., 2007.
- [31] *Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina*, NN 16/07.
- [32] <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
- [33] <http://www.dgu.hr>
- [34] Mastelić Ivić, S. i dr.: *Izrada prostorne podloge za potrebe izrade karte buke općine Popovača*, Tehničko izvješće o projektu, Geodetski fakultet, 2008.
- [35] Vukić, R.: *Poteškoće pri izradi akustičkih proračuna i projekata zaštite od buke cestovnog prometa*, SIGURNOST, Vol.49, No.4, 2007.
- [36] Narodne novine: *Odluka o razvrstavanju javnih cesta u državne ceste, županijske ceste i lokalne ceste*, 54, 2008.
- [37] Narodne novine: *Odluka o razvrstavanju željezničkih pruga*, 81, 2006.
- [38] Czerwinski, A. i dr.: *Sustainable SDI for EU noise mapping in NRW – best practice for INSPIRE*, International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, No. 2, 90-111, 2007.