

**КРЕИРАЊЕ 3D МОДЕЛА И ЊИХОВА ПРИМЕНА У ШУМСКИМ ПРЕДЕЛИМА****CREATING 3D MODELS AND THEIR APPLICATION IN FOREST AREAS**Милан Пјевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОМАТИКА**

**Кратак садржај** – У раду се описују концепти формирања, анализе и примене 3D модела у шумарству. Разматрају се различите технологије прикупљања просторних података као што су Lidar и сателитске платформе. Такође, описују се поступци обраде података ради даље употребе при креирању плана за додатно пошумљавање простора.

**Кључне речи:** Дигитални модели терена, Lidar, Сателитски снимци, Инфраструктура просторних података, Шумарство

**Abstract** – The paper describes the concepts of formation, analysis and application of 3D models in forestry. Various spatial data collection technologies such as Lidar and satellite platforms are considered, as well as data processing methods for further use in creating a plan for additional afforestation of space.

**Keywords:** Digital terrain models, Lidar, Satellite Images, Geospatial Data Infrastructure, Forestry

**1. УВОД**

У последње време, све више се користи технологија дигиталног моделовања терена за приказ и анализу геопростора. Посебно је интересантно и изазовно анализирати подручја са шумским комплексима.

Предмет овог рада су 3D модели и њихова примена у шумским подручјима. Наиме, 3D модели пружају основне квантитативне и квалитативне информације о површи Земље. Већина корисника примењује израз дигитални модели терена (ДМТ) и за дигитални модел висина (ДМВ) и за дигитални модел површи (ДМП).

Основни циљ у раду је истраживање и моделовање шумских подручја која се одликују сложеном рељефним облицима и разноврсним вегетационим покривачем (дрвеће, жбуње, паркови). Проблеми који обично настају у поступку моделовања оваквих подручја, пре свега се односе на прикупљање података о простору и њихова мерљивост.

У данашње време за прикупљање података увелико се користе савремене мерне технике (Радарска мерења, UAV системи, Lidar уређаји). Њихова предност, у поређењу са традиционалним терестричким и аерофотограметријским методама, огледа се у томе што је податке о висинама површином великих и непроходних подручја могуће прикупити релативно брзо.

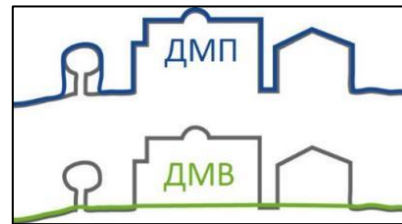
**НАПОМЕНА:**

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био ванр. проф. др Мирко Борисов.

**2. ИЗРАДА 3D МОДЕЛА И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ У ШУМАРСТВУ**

Прва дефиниција дигиталног модела терена (ДМТ) потиче из 1958. године и говори да је ДМТ статистички приказ континуалних површина рељефа (у векторском или растерском облику) са низом познатих  $x$ ,  $y$  и  $z$  координата унутар произвољно одабраног координатног система [1].

Дигитални модел висина (ДМВ), односи се на систем висина у правилној мрежи тачака. За разлику од ДМВ који се односи на линију конфигурације терена, дигитални модел површи (ДМП) укључује вегетацију, инфраструктуру, али и многе друге објекте који су непосредно на самој површи Земље (Слика 1.).



Слика 1. Разлика између ДМП и ДМВ

**3. МЕТОДЕ ПРИКУПЉАЊА ПОДАТАКА**

Последњих година сведоци смо унапређењу постојећих и развоју нових метода и технологија за прикупљање и обраду великих количина података о објектима и појавама на Земљиној површи. Ово је пре свега резултат напретка у области геоинформатике тј. развоја даљинске детекције, радарског снимања и ласерског скенирања из ваздуха [2].

Сателитски снимци пружају ефикасан и поуздан извор различитих информација, које се користе у разним научним дисциплинама, па и у шумарству. На основу података добијених са сателитских платформи, могуће је вршити идентификовање, праћење и анализу вегетационог покривача и земљишта.

Метода ласерског скенирања представља технологију која при мониторингу шумских предела омогућује прикупљање велике количине података при великој брзини.

**4. ЗНАЧАЈ ИНФРАСТРУКТУРЕ ПРИ УПРАВЉАЊУ ПРОСТОРНИМ ПОДАЦИМА**

Убрзан развој технологија за прикупљање и обраду података у дигиталном облику значајно утиче на ефикасно коришћење и управљање информацијама у области шумарства, а самим тим и животне средине.

То укључује геоинформационе системе и инфраструктуре просторних података (ИПП). Важност ИПП у управљању животном средином је уочљива и може се размотрити из мноштво аспеката [3].

#### 4.1. Национална инфраструктура просторних података

Национална инфраструктура просторних података (НИПП) представља стратегију, технологију, правила, стандарде и људске ресурсе који су потребни за прикупљање, обраду, чување, приступ, размену и оптимално коришћење просторних података Републике Србије. Национална инфраструктура просторних података представља интегрисани систем просторних података, који омогућава корисницима да идентификују и приступе просторним информацијама добијеним из различитих извора, од локалног до глобалног нивоа, на свеобухватан начин.

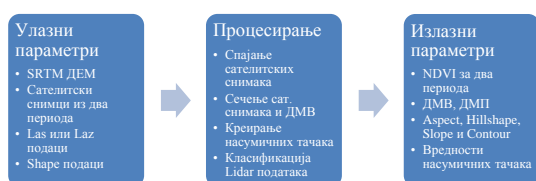
### 5. ПРАКТИЧНИ ДЕО РАДА

Главни задатак практичног дела биће креирање алгорита за аутоматску обраду више различитих скупова података и подељен је у више делова. Први део представља предпроцесирање и припрему прикупљених података за даљу употребу. У другом делу биће приказано креирање алгорита за аутоматску обраду података. Трећи део практичног дела се бави креирањем базе података која ће бити попуњена подацима добијених употребом креираног алгорита, као и публикација тј. дистрибуција добијених резултата путем геосервера. У финалном делу рада биће примењен један вид геоморфометријске анализе, која се односи на квантитативну анализу података о терену тј. добијених резултата. На основу оцењених резултата као финални производ биће креирана мапа додатног пошумљавања терена.

#### 5.1. Процесирање

Алгоритам који ће бити креиран биће у стању да истовремено процесира сателитске снимке из два временска периода (16.11.2018. и 22.10.2019.), SRTM ДМВ и Lidar податке.

Резултати процесирања сателитских снимака биће растер вегетационог индекса NDVI у tif формату. Процес обраде Lidar података ће аутоматски класификовати тачке и на основу њих креирати ДМВ, ДМП у резолуцији од једног метра и shape податке високе вегетације и објеката на терену. На основу креираног ДМВ-а и преузетог глобалног SRTM ДМВ-а биће креирани експозиција (Aspect), освенченост (Hillshade), пад терена (Slope) и контуре терена (Contour) за област од интереса. Концепт алгорита приказан је на слици 2.



Слика 2. Концепт алгорита

#### 5.1.1. Предпроцесирање

Одузимање мрачних објеката је породица атмосферских корекција заснованих на слици. Основна претпоставка јесте да су унутар слике неки пиксели у потпуној сенци [4].

Постоји неколико DOS техника (нпр. DOS1, DOS2, DOS3, DOS4) засноване на различитим претпоставкама о  $T_v$ ,  $T_z$  и  $E_{down}$ . Најједноставнија техника је DOS1, где се дају следеће претпоставке [5]:

- $T_v = 1$
- $T_z = 1$
- $E_{down} = 0$

А као резултат рефлексije земљине површи следи формула:

$$\rho = [\pi * (L_\lambda - L_p) * d^2] / (ESUN_\lambda * \cos\theta_s) \quad (1)$$

#### 5.2. Креирање алгорита за обраду података

Након што су сви сателитски снимци предпроцесирани отпочиње се креирање алгорита употребом опције Graphical modeler која се налази у заглављу софтвера QGIS у картици Processing.

Први корак је убацивање улазних параметара у виду Shape података, глобалног ДМВ-а, сателитских снимака и Lidar података. У поступку процесирања сателитских снимака и ДМВ-а коришћени су следећи алати:

- Clip raster by mask layer;
- Raster calculator;
- Random point inside polygon;
- Aspect;
- Hillshade;
- Slope;
- Contour;
- Sample raster values;
- Add coordinates to points;
- Merge vector layers.

Формула за NDVI срачуната је на основу ових појединачних мерења и гласи:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

где RED и NIR представљају мерења спектралне рефлексije у црвеним и блиско инфрацрвеним опсезима, респективно [6].

#### 5.2.2. Обрада Lidar података

Наредни додатак који се користи у алгоритму је софтверски пакет LasTools. У наставку рада дат је списак коришћених алата за поступак процесирања Lidar података:

- Lastile;
- lasground\_new;
- lasheight;
- lasclassify;
- lasheight\_classify;
- lasmerge;
- blast2dem;
- lasboundary.

### 5.3. Креирање просторне базе и дистрибуција података

Даље се приступа последњем делу практичног дела рада који се односи на креирање и попуњавање базе података добијеним резултатима, као и њиховом публикацијом. Након креирања базе података потребно је креирати табелу у опцији за унос кода Query tool, која ће бити попуњена добијеним нумеричким вредностима из алгорита.

Затим у новонасталој табели потребно је унети вредности добијене коришћењем алгорита. Након што је табела успешно попуњена, потребно је унети геопросторне податке у базу. За унос Shape података коришћен је алат под називом Shapefile Import/ Export Manager.

Даље се приступа уносу креираних вегетационих индекса и дигиталних модела. Како ови подаци спадају у растерски тип података поступак уноса је мало другачији. Потребно је посетити интернет страницу Dothanlong<sup>1</sup> на којој се налази алат који на основу унешених параметара креира податак са бат форматом, на основу ког се покреће процес уноса растерских података.

Публикацију је могуће одрадити употребом софтвера Geoserver. Када је покренут Geoserver потребно је креирати нови радни простор. Затим је потребно у опцији Stores одабрати PostGis чиме ће се успоставити конекција са базом. Када је веза успостављена, у опцији Layer потребно је одабрати који податак је потребно објавити, а затим левим кликом изабрати Publish. Отвара се нови прозор, у коме се у картици Data може изменити координатни систем, а затим у катрици Publishing изменити стил приказа жељених података. Након што су координате срачунате и стил приказа одабран једноставим кликом на Save податак бива објављен.

## 6. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Кроз нумеричку и графичку интерпретацију биће приказани резултати у виду слика и вредносних графикона на основу који се могу извући закључци о самом квалитету добијених података, као и о даљој употреби истих.

### 6.1. Оцена тачности

График 1 приказује однос ДМВ Lidar и SRTM метода прикупљања података.

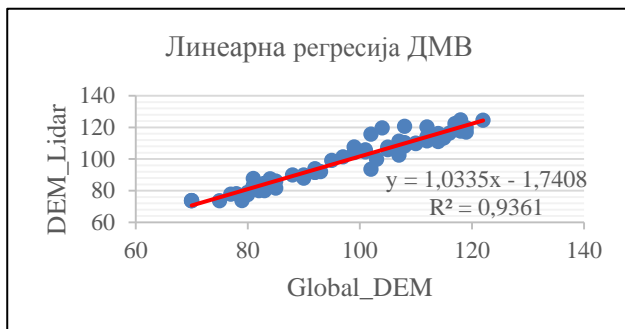


График 1 – Линеарна регресија дигиталних модела

Како између података не постоји апсолутна подударност потребно је додатно анализирати споменут сет података. Из тог разлога срачунати су следећи статистички показатељи на основу њихових разлика:

1. Корен средње квадратне грешке;
2. Стандардна девијација.

Срачунате RMSE вредности приказане су у табели 1.

Табела 1: RMSE вредности

	Вредности
RMSE (DEM)	4.2529
RMSE (NDVI)	0.1031

Минималне, максималне, медијалне и вредности стандардне девијације резултата приказане су у табели 2.

Табела 2- Табеларни приказ осталих статистичких показатеља

	NDVI	NDVI Prev	Global DEM	DEM Lidar
Max	0.7826	0.6825	122	124.68
Min	-0.3612	-0.3837	70	73.56
Median	0.5042	0.4096	99	100.55
StDEV	0.2339	0.2109	14.6249	15.6222

Анализом свих срачунаних статистичких показатеља установљена је валидност резултата аутоматског процесирања одакле произилази закључак да се приказани алгоритам може користити при мониторингу шумских предела и имплементацији у одговарајућим систем инфраструктуре просторних података.

### 6.2. Креирање мапе додатног пошумљавања

Оваква врста резултата може бити употребљена за разне сврхе као што је планирање додатног пошумљавања одређеног терена, што ће кроз наредни пример бити приказано.

Квалитет процене висиских информација вегетационог покривача уско је повезан са квалитетом креираних ДМТ-а, из разлога јер се просторна расподела висина вегетационог покривача обично израчунава одузимањем ДМВ-а од надморске висине ДМП-а [7]. У првом кораку потребно је применом операција алгебре мапа одузети ДМВ од ДМП чиме ће се добити модел вегетационог покривача који ће такође садржати остале објекте и зграде.

Грешка се појављује када при одузимању два модела, вредности ДМП на неким локацијама буду мање од вредности ДМВ тј. појави се подвлачење дигиталних модела. Ову грешку је могуће увођењем услова који дефинише вредности мапе разлике које су веће или једнаке од 1.

Анализирањем вредносних узорака креирани су услови који се односе на мапу разлике која треба да поседује вредност 0 тј. да се на терену не налазе објекти и висока вегетација, да вредност пада терена буде мања од 5 метара, да осенченост терена буде већа од 180, чија нумеричка вредност представља нијансу сиве и што је вредност већа то је терен више осветљен и финално да тачка гледишта тј. вредност експозиције буде мања од 20.

<sup>1</sup> dothanlong.org/postgresql\_tool/



Слика 3. – Мапа локација које треба пошумити

Крајњи резултат представља мапу пољумљавања и може се видети на слици 3. На мапи су приказана места у виду тачака просторних локација за пошумљавање, на основу којих су креиране зоне пошумљавања у виду бафера са различитим ширинама које су одређене разматрањем доступности простора.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Дигитални модели терена представљају веома поуздан и ефикасан извор информација у области шумарства, које се на адекватан начин могу применити при управљању и мониторингу шумских предела. Такође брзина прикупљања података употребом методе даљинске детекције у комбинацији са ДМТ-ом је од великог значаја у шумарству ради правременских корективних деловања.

У практичном делу рада приказан је предлог решења креирања плана додатног пошумљавања терена уз креирање алгорита за потпуно аутоматизован поступак обраде више различитих скупова података.

Такође, приказана је имплементација процеса кроз инфраструктуру просторних података употребом просторних база и трослојне архитектуре. Главна предност оваквог процеса је сама брзина обраде података и добијања одговарајућих резултата. При решавању овог задатка увиђени су и проблеми који се односе на доступност података, као и недостаци алгорита процесирања и класификације података.

Када се говори о будућем развоју, пажња би се посветила самом проширењу алгорита. Додатна аутоматизација би била кључна при оптимизацији процеса обраде и дистрибуције података.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Miller, C., Laflamme, R. (1958). The digital terrain model - theory and applications, *Photogrammetric Engineering* 24, 433-442.
- [2] Borisov, M., Mijic, N., Bugarin, T., Petrovic, V. M., Sabo, F. (2020). The Concept and Application of the 3D Model Based on the Satellite Images, *Advanced Technologies, Systems, and Applications IV*, pp. 1–15, DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24986-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24986-1_23).
- [3] Rutkowska, Z.A., Michalik, A. (2016). The Use of Spatial Data Infrastructure in Environmental Management: Example from the Spatial Planning Practice in Poland, *Environmental Management*, 58:619–635, DOI: 10.1007/s00267-016-0732-0.
- [4] Chavez, P.S., Jr. (1996). Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.
- [5] Moran, M.S., Jackson, R.D., Slaster, P.N., Teillet, P.M. (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output, DOI: 10.1016/0034-4257(92)90076-V
- [6] Rouse, J.W, Haas, R.H., Scheel, J.A., Deering, D.W. (1974) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings*.
- [7] Kraus, K., Pfeifer N. (1998). Determination of terrain models in wooded area with airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 53, pp. 193-203, DOI: 10.1016/S0924-2716(98)00009-4.

### Кратка биографија:



**Милан Пјевић** рођен је у Нишу 1995. године. Основне академске студије уписао је 2014. године на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер геодезија и геоматика. Дипломирао је 2018. године и исте године уписао мастер студије. Од објављених радова поседује чланак у међународном часопису под насловом Анализа климатских промена на подручју Војводине и могућих последица.

контакт: milan-pjevic@live.co.uk