



ПРИМЕНА 3Д МОДЕЛА У ПРЕЦИЗНОЈ ПОЉОПРИВРЕДИ  
APPLICATION OF 3D MODELS IN PRECISION AGRICULTURE

Татјана Ђурић, Факултет техничких наука, Нови Сад

**Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОМАТИКА**

**Кратак садржај** – У раду се описују основни концепти формирања, анализе и примене 3Д модела у прецизној пољопривреди. Разматрају се и различите методе прикупљања и обраде података. Такође, приказано је креирање алгоритма уз помоћ којих су на основу задатих критеријума (надморска висина, нагиб терена, експозиција, NDVI вегетациони индекс) добијене потенцијалне зоне за узгајање одређених биљних култура из области ратарства, воћарства и виноградарства, за подручје Срем. Добијене локације су приказане у виду тематске карте.

**Кључне речи:** Дигитални модели терена, Сателитски снимци, Нагиб терена, Експозиција терена, Прецизна пољопривреда.

**Abstract** – The paper describes the basic concepts of design, analysis and application of 3D models in precision agriculture. Methods of data collection and processing are considered and distinguished. Also, the creation of algorithms is shown, with the help of which, based on the given criteria (altitude, terrain slope, aspect, NDVI vegetation index), they get potential zones for growing certain plant crops in the field of field crops. The obtained locations are presented in the form of thematic maps.

**Keywords:** Digital terrain models, Satellite imagery, Slope, Aspect, Precision agriculture.

**1. УВОД**

Са све већим порастом броја становништа, јавља се потреба за повећаном пољопривредном производњом као и потреба за бољим управљањем пољопривредних ресурса. Примена ДМТ-а у области пољопривредне производње има све већи значај.

Познавање релевантних информација о терену, као што су геоморфологија, тип земљишта, влажност тла, топографске варијације унутар поља (нагиб, експозиција, оријентација), могу побољшати приносе усева. Прецизна пољопривреда омогућава правилно управљање чиниоцима пољопривредне производње, али подразумева и познавање терена како би се оптимизовала производња на самој локацији.

Основни циљ овог рада представља 3Д моделовање терена и истраживање пољопривредних подручја погодних за узгајање одговарајућих биљних култура

**НАПОМЕНА:**

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

из области ратарства, воћарства и виноградарства, на основу задатих критеријума. Како би се побољшале функције изабраног земљишта, пре сетве или садње било које биљне врсте, неопходно је упознати се са рељефним карактеристикама и одликама датог земљишта.

**2. ДИГИТАЛНИ МОДЕЛИ ТЕРЕНА – ОСНОВНИ ПОЈМОВИ**

Дигитални модел терена је просто статичка представа континуалне површи земљишта преко великог броја изабраних тачака са познатим X, Y и Z координатама у произвољном координатном систему. У иностраној литератури је у употреби више сличних дефиниција и назива од којих се најчешће срећу [1]:

- Дигитални модел висина - ДМВ, који се по правилу односи на систем висина у правилној мрежи тачака
- Дигитални модел терена - ДМТ, који представља много сложенији и свеобухватнији концепт и који укључује не само висине тачака, већ и друге карактеристике терена;
- Дигитални модел површи - ДМП се, за разлику од претходна два термина који се односе на "голу" површ терена, односи на модел површи која, поред терена укључује и објекте који су непосредно на површи терена: зграде, вегетација и др.

**3. МЕТОДЕ ПРИКУПЉАЊА ПОДАТАКА**

Убрзан развој технологија за прикупљање геопросторних података, допринео је убрзаном процесу обраде и побољшању квалитета података [2]. Фотограмetriја и даљинска истраживања представљају вештину, науку и технологију добијања поузданих квантитативних информација о физичким објектима на Земљи и околини. Такве информације се добијају кроз процес снимања, мерења и интерпретације фотографске слике и модела електромагнетног зрачења [3].

Метода даљинске детекције јако је слична фотограметријској методи прикупљања података. Принципи обраде прикупљених података и креирања производа су идентични.

Сателитски снимци пружају ефикасан и поуздан извор различитих информација, и могу се користити у разним научним дисциплинама. На основу података добијених са сателитских платформи, могуће је вршити идентификовање, праћење и анализу вегетационог покривача и земљишта [4].

#### 4. ПРИМЕНА ДМТ-А У ПРЕЦИЗНОЈ ПОЉОПРИВРЕДИ

Пољопривредно земљиште је основни аграрни ресурс на којем се базира пољопривредна производња. Да би човек могао што успешније да користи земљиште за пољопривредну производњу, неопходно је претходно познавати састав и одлике земљишта.

У Републици Србији су на значајним површинама заступљени типови земљишта на којима се уз одговарајуће агротехничке мере, избор сорти, хибрида, могу постизати високи, стабилни и економско оправдани приноси различитих биљних врста [5].

##### 4.1 Прецизна пољопривреда као концепт савремене производње

Прецизна пољопривреда подразумева примену савремених геоинформационих технологија, даљинску детекцију различитих сензора, као и праћење рада машина и квалитетну анализу узорака. Основни циљ прецизне пољопривреде представља утврђивање система за подршку у одлучивању за цело имање, где се оптимизује улагање са циљем постигнућа највеће добити у скаду са доступношћу природних и технолошких ресурса [6].

При процени погодности земљишта за подизање неке биљне културе разматрају се многи параметри као што су нагиб и експозиција терена, хемијске, биолошке и физичке особине земљишта и друго.

#### 5. ПРАКТИЧНИ РАД

У оквиру овог поглавља приказано је креирање аутоматизоване процедуре у софтверском пакету QGIS. Улазни подаци за креирани алгоритам су сателитески снимци, глобални ДМВ креиран уз помоћ SRTM мисије и граница полигона која обухвата зону од интереса. На основу сателитских снимака креиран је вегетациони индекс (NDVI), док је на основу глобалног SRTM ДМВ-а креиран нагиб терена (slope), експозиција (aspect) и осветљеност (hillshade), за област од интереса.

Такође, обављена је рекласификација нагиба, експозиције и NDVI индекса. Основни задатак креираног алгоритма јесте добијање погодних зона за узгајање различитих биљних култура из области воћарства, виноградарства и ратарства.

Услови за добијање погодних зона су креирани на основу неколико критеријума (ДМВ, нагиб, експозиција и NDVI индекс). Концепт алгоритма приказан је на табели 1.

Улазни подаци:	Обрада података:	Изазни подаци:
<ul style="list-style-type: none"> <li>глобални ДМВ</li> <li>граница полигона</li> <li>сателитески снимци</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>исечање ДМВ-а и сателитеских снимака према граници полигона</li> <li>рачунање нагиба, експозиције и осветљености терена на основу ДМВ-а</li> <li>рачунање NDVI индекса</li> <li>реклаификација добијеног нагиба, експозиције и NDVI индекса</li> <li>постављање услова за добијање погодних зона за узгајање различитих биљних култура</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>растер који испуњава услове за гајење винове лозе</li> <li>растер који испуњава услове за гајење кукуруза, соје и пшенице</li> <li>растер који испуњава услове за гајење јабуке, крушке и брескве</li> </ul>

Табела 1 - Концепт алгоритма

#### 5.1 Креирање алгоритма за обраду података

Пре самог креирања алгоритма који ће вршити обраду податка, неопходно је преузети сателитеске снимке и глобални ДМВ. Креирање алгоритма врши се помоћу опције Graphical modeler, која се налази у заглављу софтвера, у оквиру картице Processing/Graphical Modeler.

##### 5.1.1 Алати за обраду података

За процесирање ДМВ-а и сателитских снимака коришћени су следећи алати:

- Clip raster with polygon;
- Slope;
- Aspect;
- Hillshade;
- R.reclass;
- Raster calculator.

##### 5.1.1.1 Рачунање вегетационог индекса

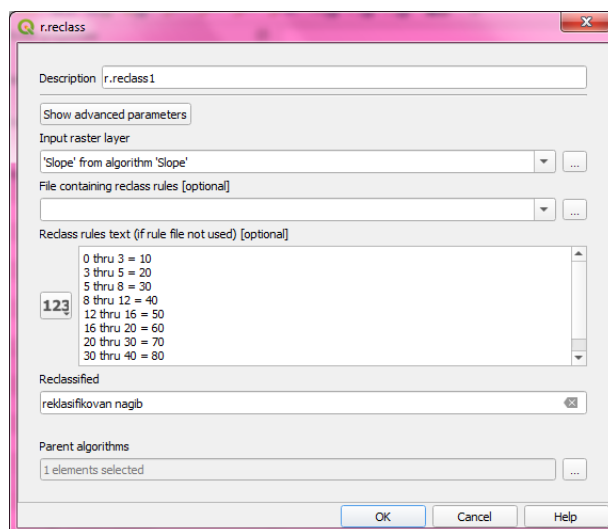
Мерење рефлесије у блискоинфрацрвеном и црвеном видљивом делу спектра веома је прецизан механизам за одређивање здравља вегетације. Помоћу овог индекса могу се пратити сезонске и вишегодишње вегетацијске промене. Израз по којем се рачуна NDVI из рефлесије светлости у видљивом и блискоинфрацрвеном спектру гласи:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (5.1)$$

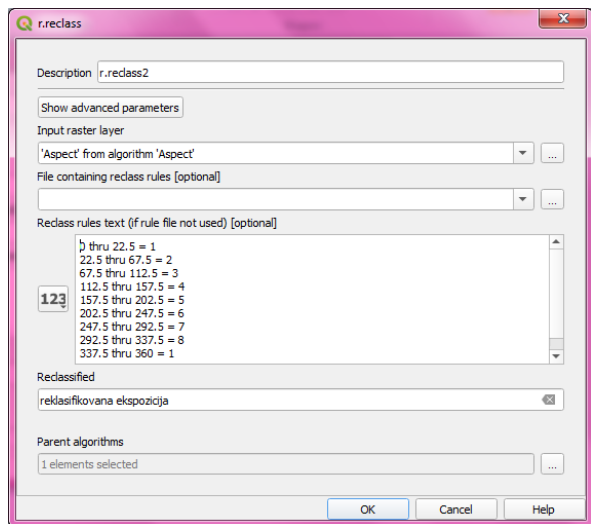
где RED и NIR представљају мерења спектралне рефлесије у црвеним и блиско инфрацрвеним опсезима, респективно [7].

##### 5.1.1.2 Рекласификација вегетационог индекса, нагиба и експозиције терена

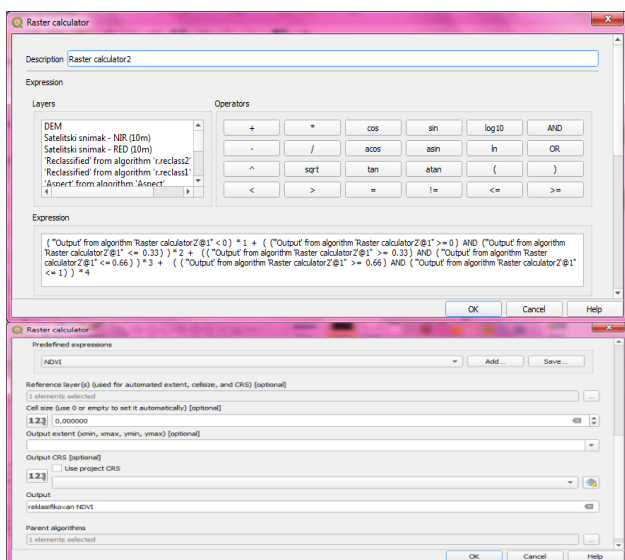
Операције прераспоређивања или рекласификације састоје се од потпуне или делимичне модификације вредности растера. Рекласификација омогућава груписање тренутних вредности растера. Ова операција може бити корисна у анализи различитих врста растера, сателитских снимака итд.



Слика 1 - Рекласификација нагиба терена



Слика 2 – Рекласификација експозиције терена



Слика 3 – Рекласификација NDVI вегетационог индекса

## 6. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Након процесирања података и извршене рекласификације растера, потребно је дефинисати услове за гајење одређених пољопривредних култура из области ратарства, воћарства и виноградарства.

### 6.1 Услови за гајење винове лозе

Дефинисање услова за узгајање винове лозе извршено је помоћу опције raster calculator. Први део услова се односи на надморску висину узгајања винове лозе, и за то је узет у обзир опсег између 160 м и 300 м надморске висине. У другом делу услова дефинисан је нагиб терена, и за то су узете у обзир вредности веће или једнаке од 30, што се односи на терен са нагибом већим или једнаким од 8°. За дефинисање експозиције терена узет је интервал између 4 и 6, што се односи на терен са јужном, југозападном и југоисточном експозицијом. Последњи део услова се односи на подручје које није вода и висока вегетација. Резултати су приказани на слици 4, при чему се црни пиксели односе на “false“ вредности које не испуњавају услов,

док се бели пиксели односе на “true“ вредности које испуњавају задати услов.



Слика 4 - Резултат опције raster calculator (виноградарство)

### 6.2 Услови за узгајање јабуке, брескве и крушке

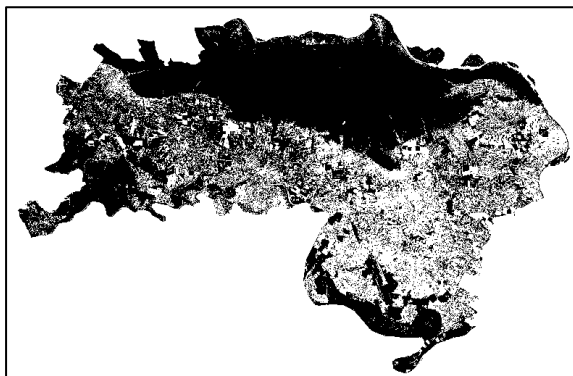
Обзиром да све претходно објашњене воћне врсте захтевају приближно сличне услове за узгајање, у опцији raster calculator дефинисан је услов који их обједињује. За дефинисање надморске висине узете су у обзир вредности између 120 – 160 м. Све наведене воћне врсте могу успевати и на вишим надморским висинама, у зависности од локације где се узгајају. Следећи део услова представља дефинисање нагиба терена, и за то је узета вредност мања или једнака од 20, која се односи на благо нагнути и раван тип терена. Како наведеним воћним врстама најмање одговарају јужне и југозападне експозиције, за дефинисање овог дела услова, узете су у обзир све остале експозиције, изузев јужне и југозападне. Последњи део услова је исти као у претходном случају. Резултати су приказани на слици 5.



Слика 5 - Резултат опције raster calculator (воћарство)

### 6.3 Услови за узгајање кукуруза, соје, пшенице и шећерне репе

Кукуруз, соја, пшеница и шећерна репа успевају на равном и благо заталасаном терену. Из тог разлога је за надморску висину узета вредност до 120 м, док је за нагиб терена узета вредност мања или једнака од 20, и то се односи на раван и благо заталасан терен. Што се тиче осветљености терена, све експозиције долазе у обзир, што је условом и потврђено. Висока вегетација и вода су избачени из услова, као у претходним случајевима. Резултати су приказани на слици 6.

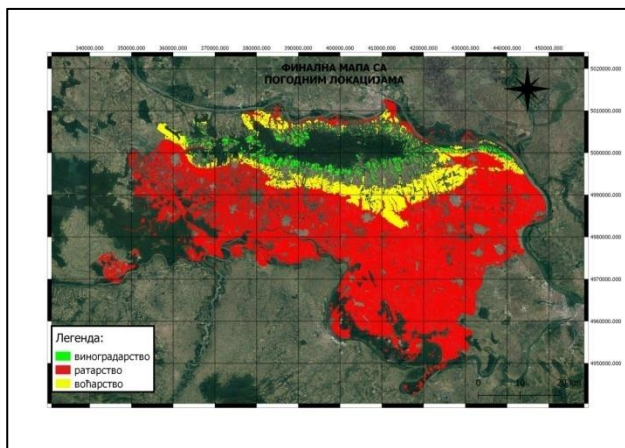


Слика 6 - Резултат опције raster calculator (ратарство)

#### 6.4 Филтрирање резултата

Када су сви резултати добијени, неопходно их је ручно филтрирати и прилагодити датим потребама, како би се добиле тачне локације за сваку од анализираних култура. Да би се отклонили шумови који су настали у процесу филтрирања резултата, неопходно је срачунати површину. Помоћу опције identify features проверава се површина делова који се налазе ван условно погодних локација. Као гранична вредност узета је површина од 1800 м<sup>2</sup>, при чему су те вредности изузете из анализе.

Након отклањања наведених вредности површина, добијене су локације за узгајање култура из области воћарства, виноградарства и ратарства. За добијене локације нису узета у обзир физичка и хемијска својства земљишта. Потенцијалне зоне за узгајање одређене културе значајно су редуковане у односу на целокупну анализирану област (Слика 7).



Слика 7 - Погодне локације за узгајање биљних култура из области виноградарства, воћарства и ратарства

#### 7. ЗАКЉУЧАК

У овом раду дат је предлог решења за креирање модела који има задатак да на основу задатих критеријума (нагиба, експозиције, ДМВ-а и NDVI индекса) препозна погодне зоне за узгајање одговарајућих култура из области ратарства, воћарства и виноградарства. Из тог разлога у практичном делу рада приказано је креирање алгорита за аутоматизовану обраду података, који на улазу има глобални ДЕМ, границу полигона који представља зону од

интереса и сателитске снимке са потребним бендовима за креирање NDVI вегетационог индекса.

При решавању овог проблема коришћени су open source софтверски пакети, што је доста утицало на економичност оваквог поступка.

На основу свих приказаних резултата долази се до закључка да се коришћени алгорита у комбинацији са мануалним филтрирањем финалних резултата, може користити за креирање плана за узгајање одређених биљних култура, у зависности од локације. Велики утицај на анализирано подручје имаће разни климатски фактори, ђубрење и наводњавање земљишта који се разликују од године до године.

Када се говори о будућем развоју, пажња би се посветила самом проширењу алгорита. Даљи развој би ишао у правцу комбиновања услова са подацима о физичком и хемијском својству земљишта, додавања нових услова за друге биљне културе, као и мењање постојећих у зависности од карактеристика анализираних подручја.

#### 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Борисов, М., (2015). Дигитални модели терена, Скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [2] Бајат, Б., (2003). Дигитални модели терена-примарна геоморфометријска база података у ГИС-у, Глобус, Београд.
- [3] Барада, М., (2017). Утјецај корисничко-дефинираних параметара на тачност дигиталног модела рељефа, Свеучилиште у Задру, Задар.
- [4] Гавриловић, М., (2019). Зонирање пољопривредних парцела употребом вегетационих индекса, Мастер рад, Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [5] Нешић, Љ., Бељић, М., Манојловић, М., Васин, Ј., (2008). Ђубрење у одрживој пољопривреди, Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- [6] Wikipedia, Precision agriculture, [https://en.wikipedia.org/wiki/Precision\\_agriculture](https://en.wikipedia.org/wiki/Precision_agriculture), (датум приступа: 02-06-2020)
- [7] Maeda, E. E., Moura, Y. M., Wagner, F., Hilker, T., Lyapustin, A. I., Wang, Y., Shimabukuro, Y., (2016). Consistency of vegetation index seasonality across the Amazon rainforest, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 52, 42-53. DOI: 10.1016/j.jag.2016.05.005

#### Кратка биографија:

**Татјана Ђурић** рођена је у Нишу 1995. године. Основне академске студије завршила је 2018. године на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер геодезија и геоматика. Дипломирала је 2018. године и исте године уписала мастер студије.

Контакт: [tatjana.djuric95@gmail.com](mailto:tatjana.djuric95@gmail.com)