

ПРИМЕНА ДАЉИНСКЕ ДЕТЕКЦИЈЕ У ПРОЦЕНИ ЕРОЗИЈЕ ЗЕМЉИШТА НА СЛИВУ ГЛЕДИЋКЕ РЕКЕ

APPLICATION OF REMOTE DETECTION IN LAND EROSION ASSESSMENT IN GLEDIĆKA RIVER BASIN

Стефан Милетић, Сениша Половина, Вукашин Милчановић, Ратко Ристић, Борис Радић

Универзитет у Београду - Шумарски факултет

e-mail: miletic.n.stefan@gmail.com

Извод

У раду је анализирана примена две методе обраде података, метод даљинске детекције и дигитализација орто-фото снимака, на сливу Гледићке реке. Подаци су обрађени помоћу програмског GIS пакета ArcMap-а, где су применом методе Потенцијала ерозије по Гавриловићу добијени коефицијенти ерозије, као и пронос и продукција наноса, преко којих је извршена компарација ова два метода.

Кључне речи: даљинска детекција, интензитет ерозије, Метод Потенцијала ерозије, слив Гледићке реке, вегетациони индекс.

Abstract

This paper analyzes the application of two data processing methods, the method of remote sensing and digitization of ortho-photo images, in the Gledićka river basin. The data were processed using the ArcMap GIS software package, where the erosion potential method according to Gavrilović were applied using the erosion coefficients, as well as the transport and production of sediments, through which the two methods were compared.

Keywords: remote sensing, erosion intensity, erosion Potential Method, Gledićka river basin, vegetation index.

УВОД

Експоненцијални раст бројности људске популације током XX и XXI века у комбинацији са све захтевнијим потребама глобалне потрошње представља јак притисак на све природне процесе. Глобална свест о последицама таквог деловања на животну средину постепено расте. Широм света предузети су напори да би се ублажиле негативне последице таквог деловања и створили услови у којој је коришћење природних ресурса у равнотежи са њиховим дугорочним еколошким функцијама. Ерозија земљишта изазвана ветром и водом је велики проблем садашњице. Иако је ерозија природан геоморфолошки процес она је интензивизирана људским утицајем и као таква представља све већу бригу како са економског и социјалног тако и са аспекта заштите земљишта и водаи природе уопште.

Под појмом ерозије подразумевамо промене наповршинском слоју земљишног рељефа, које настају као последица деловања кише, снега, мраза температурних разлика, ветра и текућих вода, или услед рада антропогених чинилаца (Gavrilović, 1972).

У природи, вегетација је једини фактор равнотеже између деструктивних сила, које теже да наруше систем, и сила стабилности, које теже да одрже природно стање система (Morgan et al., 2005). Уколико се вегетација уклони долази до наглог повећања шансе за интензивирање процеса како водне тако и еолске ерозије.

Развојем савремене технологије, усавршавањем опреме и програмском подршком довело је до интезивног развоја ове научне дисциплине, односно методе као што је даљинска детекција. Даљинска детекција је за веома кратко време, од седамдесетих година прошлог века, постала општеприхваћена научна дисциплина која се користи у свим пољима свакодневног живота човека. Даљинска детекција представља незаменљиво прикупљање основних података о простору и карактеристикама Земљине површине уз помоћ сателита или аерофотогаметрије (Regodić, 2008).

Одређивања типа, распрострањености, старости као и других карактеристика вегетације је од великог значаја. Развитком, као што смо рекли, сателитских платформи, научници су добили велике количине података о стању вегетације што знатно утиче на правац одвијања ерозионих процеса. Први сателит намењен за цивилно читавање Земљишних ресурса био је ERTS (Earth Resource Technology Satellite) који је развијен од стране NASA-е 1972. године. Он је касније преименован Land Remote-Sensing Satellite (Landsat). NASA-а је касније изградила још 7 сателита за даљинско праћење (1971). За обраду ове велике количине података настају вегетациони индекси, где су различити индекси осетљиви на различите карактеристике вегетације, које се одређују на основу њихове реакције на различите таласне дужине из електромагнетног спектра. Вегетациони индекс који је међу првима развијен и данас има широку примену је вегетациони индекс нормализоване разлике (енг. Normalised Difference Vegetation Index –NDVI). Настао је 1973. године, а развили су га Роус и Клеглер (Rouse et al., 1974; Krieglner et al. 1969). Једна од битних примена даљинске детекције је одређивање стања вегетације и типа земљишног покривача. Вегетација игра главну улогу у оджавању стабилности и побољшавању стања неког подручја, у нашем случају то везујемо за слив (Radovanović, 2013).

За потребе овог рада, земљишни покривач је добијен применом два приступа. Први приступ је дигитализација орто–фото снимка високе резолуције. Други приступ је примена даљинске детекције за добијање вегетационог индекса NDVI коришћењем сателитских снимака Landsat 8 платформе. За оба приступа примене, коришћен је софтверски GIS пакет ArcMap. Циљ овог рада је да се упореде добијене вредности стања вегетације и земљишног покривача на истраживаном подручју. На основу добијене базе података земљишног покривача, прорачунат је губитак ерозије земљишта применом методе Потенцијала ерозије (Gavrilović, 1972). Кроз приказане статистичке податке биће утврђено да ли се и колико резултати разликују применом ове две методе.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Опште карактеристике истраживаног подручја

Слив Гледићке реке се налази у централној Србији, у Рашкомокроугу. Гледићка река настаје од Јабланице и Бајчетинске реке. Удаљеност истраживаног подручја од Краљева је 17 km (Слика 1). Површина слива је 34,37 km², а остали подаци слива су исказани у табели 1.

Табела 1. Основне физичко-географске карактеристике слива Гледићке реке

Table 1. Main physical characteristics of Gledička river basin

Параметар	Ознака	Вредност
Површина слива	A	34,37 km ²
Обим слива	O	28,04 km
Дужина слива по главном току	L	8,8 km
Густина хидрографске мреже	G	2,77 km/km ²
Кота врха слива	Kv	751,91 m
Кота ушћа слива	Ku	341,26 m
Уравнати пад тока	Iu	3,96 %
Средња надморска висина слива	Hsr	580,22 m
Средњи пад слива	Isr	27,07 %



Слика 1. Географски положај слива Гледићке реке

Figure 1. Location of the Gledička river basin

Истраживано подручје се одликује са врло једноставном геолошком грађом, у чијој изградњи учествују три врсте геолошке подлоге: кластити песковити и лапоровити кречњаци, банковити и плочасти кречњаци, конгломерати и конгломератични пешчари. Геолошке карактеристике и грађа терена истраживани су према основној геолошкој карти 1:100000, које су одређене путем тумача, лист Краљево К 34-6 (1968).

За разлику од геологије која има сложенију грађу и различитих геолошких формација, педолошке творевине су знатно једноставније. На сливу Гледићке реке заступљен је само скелетно земљиште, чија ће једноличност доћи до изражаја у објашњењу резултата.

Вегетацијске карактеристике истраживаног подручја

Коришћење земљишта је термин који се односи на стање делова и структуру површине слива. Интензивно пољопривредно коришћење земљишта или шумског земљишта директно утиче на развој процеса ерозије.

Одређивање начина коришћења је обављено на два начина:

1. Дигитализацијом орто-фото снимака
2. Даљинском детекцијом

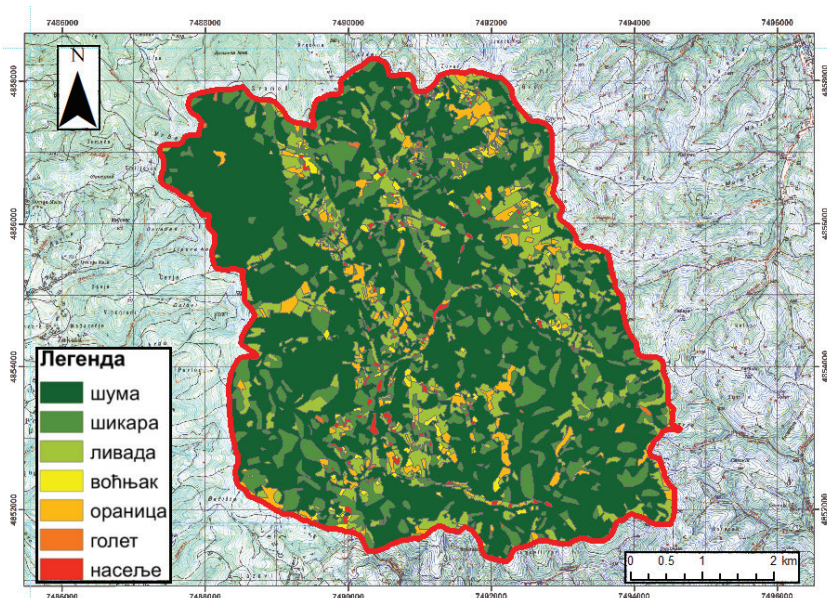
Дигитализацијом орто-фото снимака добијени су подаци о начину коришћења земљишта који су истакнути у табели 2.

Табела 2. Начин коришћења земљиштана сливу Гледићке реке

Table 2. Land use on the Gledička river basin

Категорија	Заступљеност	
	km ²	%
Шума	21.78	63.22
Шикара	5.41	15.71
Ливада	4.64	13.48
Воћњак	0.58	1.69
Ораница	1.66	4.82
Голет	0.06	0.18
Насеље	0.31	0.90
Σ	34,37	100

Слив Гледиће реке највише заузима шума са нешто више од 63%, шикаре односно жбунаста вегетација заузима скоро 16%, а ливаде 13,5%. Ово је нарочито добро зато што на површинама прекривеном овом вегетацијом има много мање шансе за развитак ерозионих процеса и ово ће се одразити на прорачуну интензитета ерозије. Оранице заузимају скоро 5 % док голети, воћњаци, насеље заузимају заједно скоро 3 % (Слика 2).



Слика 2. Карта коришћења земљишта одређена на основу орто-фото снимка

Figure 2. Land use map determined based on orthophoto image

Начин коришћења у другом случају је одређен на основу снимака прикупљеним сателитом Landsat 8 као и рачунање вегетационог индекса NDVI-ја (Табела 3).

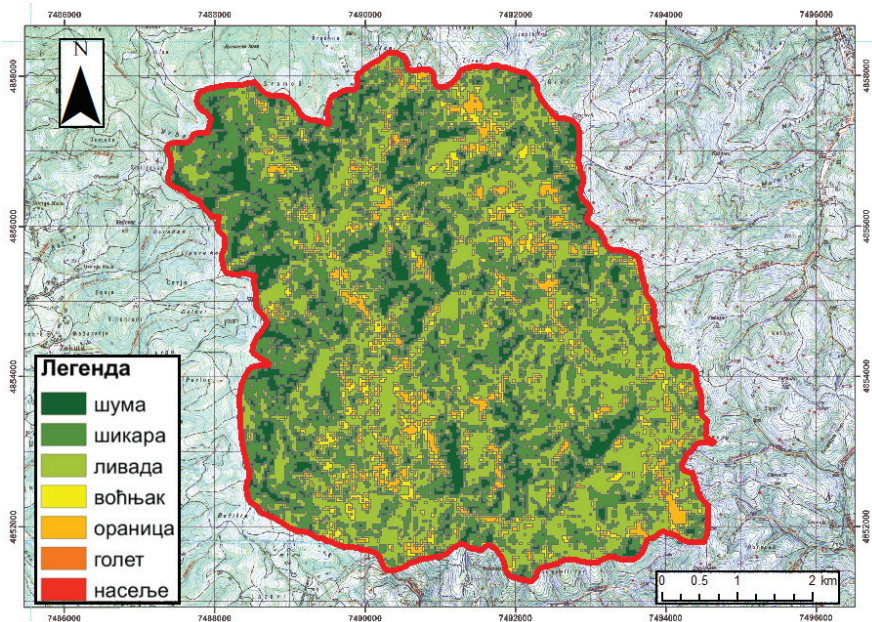
Табела 3. Начин коришћења земљиштана сливу Гледићке реке

Table 3. Land use on the Gledička river basin

Категорија	Заступљеност	
	km ²	%
Шума	4.67	13.60
Шикара	11.11	32.32
Ливада	14.33	41.70
Воћњак	2.52	7.33
Ораница	1.71	4.96
Голет	0.03	0.08
Насеље	0.001	0.003
Σ	34,37	100

Применом даљинске детекције видимо да ливада заузима највећи део слива са скоро 42%, за 28% више него дигитализацијом орто-фото снимака. Затим следе шикаре са 32%, што је дупло више него у првом случају, шуме заузимају 13%, сто представља 50% мање

него у првом случају и представља знатну разлику. Воћњаци заузимају 7 %, што је за 5% више у првом случају, оранице заузимају скоро 5% као и у првом случају, док голет и насеље према даљинској детекцији заузимају незнатан део слива (Слика 3).



Слика 3. Карта коришћења земљишта одређена на основу NDVI-ја

Figure 3. Land use map determined based on NDVI

Метода Потенцијала ерозије

Метода Потенцијала ерозије, која се у пракси назива још и метода професора Гавриловића, представља емпиријски модел за процену интензитета ерозије, укупне годишње продукције и проноса ерозионог наноса. Метода је развијена у лабораторијама Шумарског факултета Универзитета у Београду и Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду. Развијена на основу дугогодишњих теренских мерења и осматрања на бујичним водотоковима на подручју Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Гавриловић, 1972). Применом ове методе, помоћу топографских, климатских, геолошких, ерозивних, температурних параметара и параметра шумског покривача добија се реална оцена губитка земљишта. Према Гавриловићу, коефицијент ерозије (Z) одређује се према формули:

Према Гавриловићу, коефицијент ерозије (Z) одређује се према изразу (Табела 4):

$$Z = Y * X_a * (\varphi * \sqrt{I_{sr}})$$

Y – коефицијент који представља реципрочну вредност коефицијента отпора земљиштана ерозију. Зависи од геолошке подлоге, климата и типова педолошких творевина.

X – представља коефицијент уређења слива или ерозионог подручја и односи се на заштићеност земљишта од утицаја атмосферилија и сила ерозије у природним условима
 a – представља коефицијент уређења слива или ерозионог подручја и односи се на заштићеност земљишта од утицаја атмосферилија и сила ерозије у вештачки створеним условима

ϕ – коефицијент који представља бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије у сливу

I_{sr} – средњи пад слива

Према Гавриловићу, продукција наноса се рачуна према формули:

$$W_{god} = T * H_{god} * \Pi \sqrt{Z^3} * A [m^3 god^{-1}]$$

T – температурни коефицијент

$H_{god} [mm]$ – просечне годишње падавине

$A [m^2]$ – површина слива

Вегетациони индекс нормализоване разлике (Normalised Difference Vegetation Index)

„Даљинска детекција представља метод прикупљања информација путем система који нису у директном, физичком контакту са испитиваном појавом или објектом” (2019/a). Назив даљинска детекција је слободан превод енглеског термина Remote Sensing. Непосредно после развитка појма даљинске детекције формирају се различити модели вегетационих индекса. Вегетациони индекси на основу добијених снимака са платформи за даљинску детекцију екстрактују и обрађују добијене податке о основним биофизичким процесима и на основу обраде тих података добијају различите закључке. Фактори који утичу на формирање било којег индекса су: радиометријска мерења која указују присуство и активност зелене вегетације, проценат зеленог покривача, садржај хлорофила у листу, количина биомасе, као и просторни индекс листа LAI (Leaf Area Index) и упијена фотосинтетичка активна радијација APAR (Absorbed Photosynthetic Active Radiation) (Jinru et al., 2017).

Живе зелене биљке апсорбују сунчево зрачење у фотосинтетички активном зрачењу (ФАЗ), које користе као извор енергије у процесу фотосинтезе. Ћелије листова су такође еволуирале како би рефлектовале сунчево зрачење у области у близини инфрацрвеног спектра (која носи приближно половину укупне енергије која улази кроз атмосферу), јер је енергија на таласним дужинама дужим од око 700 μm је премала да синтетише органске молекуле. Снажна апсорпција на овим таласним дужинама резултирала би само прегрејавање биљке и евентуалним оштећењем ткива (Mitić, 2016). Дакле, живе зелене биљке су релативно тамне у фотосинтетичком активном зрачењу и релативно светле у блиском инфрацрвеном спектру. Насупрот томе, облаци и снег имају тенденцију да буду прилично светли у црвеној (као и друге боје видљивог спектра) и прилично тамни у скоро инфрацрвеном спектру. Пигмент у биљним листовима, хлорофил, снажно апсорбује видљиви део спектра (од 0,4 до 0,7 μm) за употребу у фотосинтези. Ћелијска структура лишћа, с друге стране, снажно рефлектује блиско инфрацрвено светло (од 0.7 до 1.5 μm) (Richardson et al., 1977).

Од раних сателитских посматрања Земље, научници су стекли податке о видљивом и скоро инфрацрвеном спектру, било је природно искористити јаке разлике у рефлексији биљака како би се одредила њихова просторна дистрибуција у овим сателитским снимцима.

Формула по којој се рачуна вредност NDVI индекса је:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где је : RED- црвена боја видљивог дела спектра

NIR – блиско инфрацрвено зрачење

Вредности овог индекса се крећу од -1 до 1, где висока вегетација је у највећем броју случаја од 0,6 до 0,8, док вредности од 0,2 до 0,3 претстављају травната подручја (Меера et al., 2015). NDVI је еквивалентан односу RED/NIR. Генерално, ако има много више рефлектованог зрачења у блиским инфрацрвеним таласним дужинама него у видљивом спектру таласних дужина, онда је вегетација у том пикселу вероватно густа и може да садржи неку врсту шуме. Накнадни рад је показао да је NDVI директно повезан са капацитетом фотосинтезе и стога апсорпцијом енергије биљних крошњи. Иако вредности индекса иду од -1 до 1, чак иу густо насељеним градским подручјима, вредност индекса је позитивна, али опет ближа нули. Појава негативних вредности су разлог поремећаја у атмосфери или при наиласку на облаке и поља прекривена снегом. Водене површине (нпр. реке, мора, језера) које имају релативно ниску моћ рефлексије и тако дају резултате близу нуле позитивне и негативне. NDVI је од великог значаја у процени великог броја значајних информација везаних за вегетацију као што су: површина листа, биомаса, концентрацију хлорофила, продуктивност биљака, акумулиране падавине итд. Вегетациони индекс NDVI је добијен на основу сателитских снимака које су продукт Landsat 8 мисије. Landsat 8 мери различите фреквенције дуж електромагнетног спектра. Сваки од сензора назива се BAND, а Landsat 8 их има једанаест(2019/с). Сателит броји црвене, зелене и плаве сензоре као 4, 3 и 2 BAND, тако да када их комбинујемо добијемо слику у боји. Од његових 11 BAND- ова, само они у најкраћим таласним дужинама од 1 до 4 и 8, су задужени за регистровање светлости у видљивом делу спектра, сви остали су задужени за онај део спектра који човек не може да види. Да бисмо разумели вредност свих BAND- ова, објаснићемо сваки посебно (2019/b).

BAND 1 сензор региструје тамноплаву и љубичасту боју. Тамноплава боја се тешко прикупља из свемира зато што се лако распршује ситним делићима прашине и воде у ваздуху, па чак и самим молекулима ваздуха. То је један од разлога зашто се врло удаљене ствари, попут планина на хоризонту, чине плавкастим и зашто је небо плаво. Као што смо рекли овај део спектра је тешко прикупити са довољно добром резолуцијом да снимак који добијемо буде употребљив. BAND 1 има две главне улоге а то су, снимање плитке воде као и праћење ситних честица попут прашине и дима. Само по себи BAND 1 је сличан BAND 2 који је задужен за регистровање обичне плаве боје, али наравно резултати су другачији.

BAND 2, 3 и 4 су сензори који региструју плаву, зелену и црвену боју видљивог дела спектра.

BAND5 мери блиско инфрацрвено зрачење или NIR. Овај део спектра је од великог значаја, зато што учествује у израчунавању вегетационог индекса попут NDVI-ја.

BAND 6 и 7 региструје различите делове инфрацрвеног зрачења. Посебно се користи за отривање влажне земље и за откривање различитих типова стена и тла који у овом делуспектра имају снажне контрасте. Ови сензори праве слику користећи инфрацрвену, блиско инфрацрвену и тамноплаву где се добија снимак технички гледано 7-5-1.

BAND 8 сензор делује попут црно-белог снимка. Пошто овај сензор може видети вишесветлости одједном има најбољу резолуцију, односно просторну резолуцију од 15 метара.

BAND 9 покрива веома уски део спектра, зато што атмосфера апсорбује сав тај део спектра. Предност овог сензора је управо у томе зато што је тло у овом делу спектра једва видљиво и на њему се јасно види само оно што се налази изнад земљине површине односно овај BAND 9 је само за регистровање облака. Тешкоћа снимања облака се огледа у снимању „меке“ ивице, које облаци имају, које овај сензор без икаквог проблема може да забележи.

BAND 10 и 11 су сензори који праве снимке у термалном инфрацрвеном спектру. Овај сензор уместо да мери температуру ваздуха, као што раде метеоролошке станице, они мере температуру земљишта које је често много топлије.

РЕЗУЛТАТИ

Добијени резултати су рађени на основу две методе, дигитализацијом орто-фото снимака и методом даљинске детекције (слика 4 и 5). Коришћењем програмског GIS пакета ArcMap-а подаци су обрађени и применом методе Потенцијала ерозије добијена је Карта ерозије, као и интензитет ерозије који представља улазни параметар у прорачун за пронос и продукцију наноса (табела 4 и 5).

Табела 4. Основни параметри Методе Потенцијала ерозије применом орто
– фото снимка и применом даљинске детекције

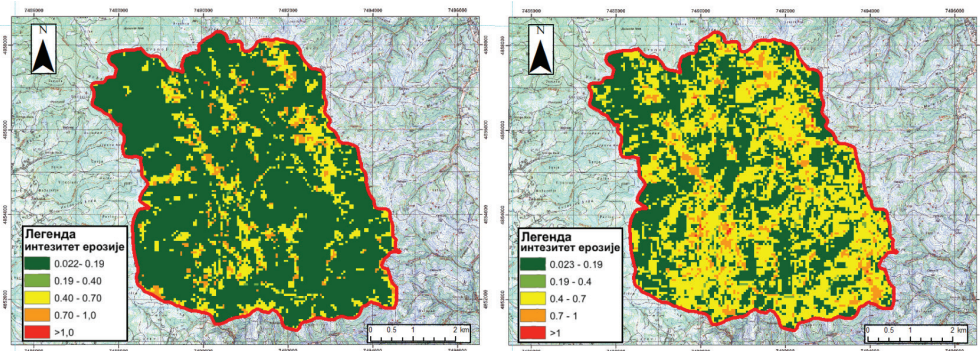
Table 4. Basic parameters of the Erosion Potential Method using ortho
- photo image and remote sensing

Параметар	Добијени резултати на основу орто – фото снимка	Добијени резултати на основу даљинске детекције
Zsr –интезитет ерозије	0,162	0,34
W_{god} – продукција наноса	5875,28 m ³ /god	17863.83 m ³ /god
T –температурни коеф.	1,23	1,23
tsg – просечна годишња температура на истраживаном подручју	12,7 °C	12,7 °C
H_{god} – просечне годишње падавине	678,8 mm	678,8 mm
A –површина слива	34,37 km ²	34,37 km ²
W_{godsp} – специфична годишња ерозиона продукција наноса на сливу	170,94 m ³ /km ² /god	519,75 m ³ /km ² /god
G_{god} – средње годишњи пронос наноса	3231,4 m ³ /god	9825,1 m ³ /god
R_u – коеф. ретенције	0,55	0,55
O –обим слива	28,04 km	28,04 km
L –дужина по главном току слива	8,8 km	8,8 km
D – средња висинска разлика	239 m	239 m
G_{godsp} – специфични средњи годишњи пронос наноса	94,02 m ³ /km ² /god	285,86 m ³ /km ² /god

Табела 5. Процентуално учешће интезитета ерозије

Table 5. Percentage share of erosion intensity

Коефицијент ерозије Z	Добијени резултати на основу орто – фото снимка		Добијени резултати на основу даљинске детекције	
	km ²	%	km ²	%
0-0.19	26,93	78,80	15,62	45,91
0.20-0.41	0,31	0,89	0,5	1,47
0.41-0.70	5,53	16,17	15,82	46,48
0.71-1.0	1,41	4,11	2,05	6,03
>1	0,01	0,03	0,04	0,11



Слика 4. Карта ерозије одређенана

Слика 5. Карта ерозије одређена на

основу орто-фото снимкаоснову NDVI-ја

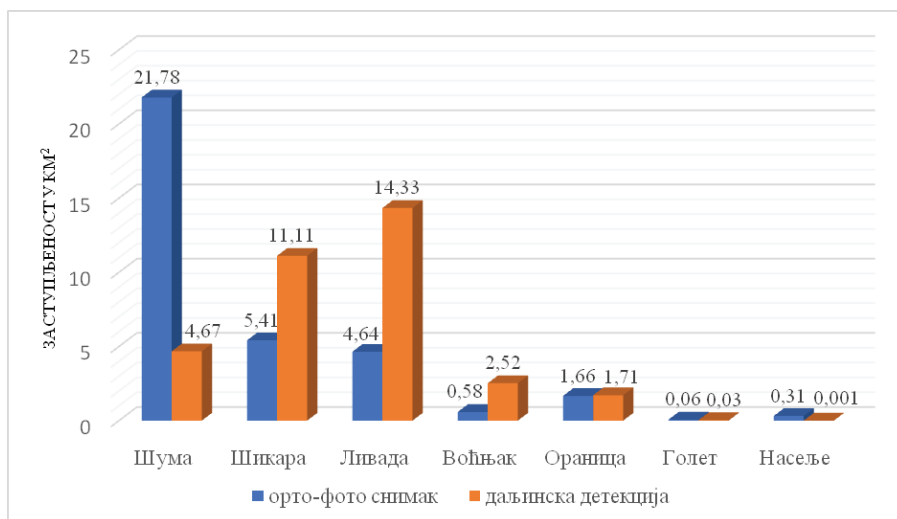
Figure 4. Erosion map determined based

Figure 5. Erosion map determined based on orthophoto image onNDVI

ДИСКУСИЈА

Добијени подаци се могу поделити у две категорије: графички и нумерички. Графички подаци представљају скуп података насталих дигитализацијом педолошке подлоге, геолошке подлоге, надморских висина, експозиције, начина коришћења земљишта, израда карата ерозије као и преклапање тих карата, помоћу програмског GIS пакета ArcMap-а. Нумерички подаци представљају табеларни приказ графичких података, односно бројчану вредност и однос добијених података.

Као крајњи резултат овог рада су представљене нумеричке вредности проноса наноса и продукција наноса на сливу Гледићке реке са задатком да се упореде два начина рада а то су дигитализација орто-фото снимака и даљинска детекција. У првом случају, дигитализацијом орто-фото снимака добијено је да је продукција наноса $W_{god}=5875,28 \text{ m}^3\text{god}^{-1}$ и пронос наноса $G_{god}=3231,4 \text{ m}^3\text{god}$, док резултати добијени даљинском детекцијом су нешто виши, $W_{god}=17863,83 \text{ m}^3\text{god}^{-1}$ и $G_{god}=9825,1 \text{ m}^3\text{god}$. Разлог дупло већим резултатима добијеним даљинском детекцијом се може објаснити на следећи начин. У прорачун проноса наноса и продукције наноса у оба случаја улазе исти подаци осим Z фактора, односно коефицијента ерозије. Коефицијент ерозије добијен даљинском детекцијом износи 0,34, а Z фактор добијен дигитализацијом орто-фото снимака износи 0,162. Што значи да је Z фактор добијен даљинском детекцијом скоро дупло већи што је знатно утицало на крајње резултате што је опет објашњиво. У формулу за рачунање Z фактора нам улази средњи нагиб, коефицијент јасно видљивих изражених процеса који су исти у оба случаја, коефицијент отпорности земљишта на ерозију представља коефицијент који зависи од врсте педолошког покривача који се налази на истраживаном подручју односно у овом случају само скелетно земљиште. На крају нам остаје фактор који зависи од начина коришћења земљишта, односно стања вегетације од кога зависи промена у вредности Z фактора, пошто нам је педологија једнолична на целом сливу што представља идеалан пример да се сва „тежина“ сведе на тачност одређивања врсте и стања вегетације која ће ова два начина да најпрецизније упореде (Графикон1).



Графикон 1. Разлика заступљености истраживаног подручја одређеном начину коришћења
Graph 1. The difference in the representation of the researched area in a certain way of land use

ЗАКЉУЧАК

Значај одређивања угрожених територија на подручју који се истражује је веома велик. Правилно одређивање узрока њиховог настанка као и додељивање правилне намене површина може да заштити животну средину и помогне у спречавању деградације.

Овим радом су приказане две методекартирања истраживаног подручја Гледићке реке једна дуготрајна и темељита односно дигитализација орто-фото снимака која нарочито на већим истраживаним подручјима може да траје поприлично дуго и где тачност резултата зависи доста од човека, и друга метода, даљинска детекција, која је доживела брз и експлозиван развој услед развоја доступне технологије. Од средине седамдесетих година, само три године по лансирању првог сателита, даљинска детекција преузима примат у прикупљању података о параметрима човекове околине, посебно виталности вегетације и присуства штетних материја у водама и ваздуху. Овај метод захтева много мање времена од претходног али се као новији подвргава великом испитивању. Тачност ове методе зависи од тачности снимака који се примењују у обради података где човек има веома малу улогу. Наравно, израда карте ерозије и одређивање проноса наноса и његове продукције, употребом било које од наведе две методе не би било могуће без примене програмског GIS пакета ArcMap-а, односно развојем GIS технологије које је омогућило бржу и лакшу обраду података, као и омогућавање одређених нумеричких, графичких и статистичких података, и тако помогла човеку да сваки део земље правилно користи за своје потребе, израдом објеката или једноставно правилним примењивањем у одређеној намени, тиме спречавајући појаву ерозионих процеса и додатно уништавање природе.

LITERATURA

(2019/a): Daljinska detekcija, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, Skoplje, <http://www.igeografija.mk> (posećeno: 15.06.2019. god)

(1971): NASA, Earth Resources Technology Satellite (ERTS)

Gavrilović S., (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, Beograd.

Jinru Xue., Baofeng Su., (2017): Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. 10.1155/2017/1353691

Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., and Richardson, W. (1969): 'Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition.' Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, p. 97-131.

(2019/b): Landsat 8 Bands, Charlie Loyd, NASA, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/> (posećeno: 01.07.2019. god)

(2019/c): Landsat 8 mission <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/> (posećeno: 01.07.2019. god)

Meera Gandhi G., Parthiban, Nagaraj Thummalu S., Christy A., (2015): Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District., 3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015 (ICRTC-2015), Volume 57, 2015, Pages 1199-1210

Mitić N. Dragutin., (2016): Elektrotehnika 2, Univerzitet u Nišu, Elektrotehnički fakultet

Morgan R.P.C., Rickson R.J., (2005): Slope stabilization and erosion control : A bioengineering approach; Silsoe College, Cranfield University, UK.

Radovanović Uroš., (2013): Hiperspektralni snimci i vegetacioni indeksi, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet

Regodić Miodrag., (2008): Daljinska detekcija kao metod prikupljanja podataka o prostoru, Vojna akademija, Beograd

Richardson, A. J. and C. L. Wiegand (1977) 'Distinguishing vegetation from soil background information', Photogrammetric Engineering and Remote Sensing

Rouse, J.W, Haas, R.H., Scheel, J.A., and Deering, D.W. (1974): 'Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS.' Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium, vol. 1, p. 48-62.

(1968): Zavod za geološka i geofizička istraživanja., Tumač za list Kraljevo K 34-6, Beograd.