



КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ВЕГЕТАЦИЈЕ ОПШТИНЕ КРУПАЊ ЗА ПЕРИОД ПРЕ И ПОСЛЕ ПОПЛАВА 2014. ГОДИНЕ ПРИМЕНОМ ВЕГЕТАЦИОНИХ ИНДЕКСА SAVI И EVI

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE VEGETATION OF THE MUNICIPALITY OF KRUPANJ FOR THE PERIOD BEFORE AND AFTER THE FLOOD OF 2014 USING THE VEGETATION INDEXES SAVI AND EVI

МИЛАН КОСТИЋ¹, МИРОЉУБ МИЛИНЧИЋ², МИОДРАГ КОСТИЋ³

¹ Управа за обавештајно-извиђачке послове (Ј-2) ГШ ВС, mkkole@gmail.com

² Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд, miroljub.milincic@gef.bg.ac.rs

³ Министарство одбране, Управа за инфраструктуру, miodrag.kostic@vs.rs

Резиме: Од природних непогода које погађају друштво поплаве заузимају значајно место по свом утицају и величини штете коју наносе. Сгледавања обима поплава и штете коју наносе земљином покривачу могуће је извршити употребом даљинске детекције и географских информационих система. У раду је извршена анализа природе и обима промена земљишног покривача на подручју општине Крупањ пре и после поплава 2014. године, анализом сателитских снимака Landsat 7 ЕТМ+.

Кључне речи: ГИС, даљинска детекција, SAVI, EVI.

Abstract: From the all-natural disasters that affect society, floods occupy a significant place in terms of their impact and the magnitude of the damage they cause. It is possible to assess the extent of floods and the damage they cause to the earth's cover by using remote sensing and geographic information systems. The paper analyzed the nature and extent of land cover changes in the area of the municipality of Krupanj before and after the floods in 2014, by analyzing Landsat 7 ETM+ satellite images.

Keywords: GIS, remote sensing, SAVI, EVI.

1. УВОД

Способност даљинске детекције (ДД) да идентификује и надгледа земљину површину и природне услове драстично се повећао у последњих деценија, а подаци добијени ДД су већ постали кључни инструмент у управљању природним ресурсима. Сателитски снимци дали су научницима изванредан начин да утврде разлоге за коришћење земљишта, промене земљишног покривача и последице које произлазе из људске активности [1].

Захваљујући самој карактеристици сателитских снимака, која се огледа у просторној, спектралној, радиометријској и временској резолуцији, користећи доступне ГИС алате могуће је на ефикасан и детаљан начин пратити све промене у екосистему.

2. ПОПЛАВЕ 2014. ГОДИНЕ

Током треће недеље маја 2014. године, поље ниског ваздушног притиска које се формирало изнад Јадранског мора, условило је обимне падавине које су погодиле Републику Србију. Забележене су рекордне количине падавина; више од 200mm кише је пало у западној Србији током једне недеље, што је једнако количини тромесечних падавина под уобичајеним условима. Велике падавине су довеле до брзог и великог повећања нивоа великих река у западној, југозападној, централној и источној Србији, на Сави, Тамнави, Колубари, Јадру, Западној Морави, Великој Морави, Млави и Пеку.

Интензивне кише изазвале су велике воде на бујичним токовима у западној Србији. Најпознатији пример бујичне поплаве је Крупањ, у коме се сучиче неколико малих, бујичних водотока. Иако су све ове бујице биле регулисане на потезу кроз насеље, њихови сливови нису били уређени. Крупањ је поплављен за врло кратко време, уређена корита су потпуно уништена и затрпана огромним количинама наноса, покренута су и бројна клизишта [2].

3. ОБРАДА LANDSAT 7 ETM+ СНИМАКА

За потребе анализе стања вегетације пре и након поплава 2014. године, на подручју општине Крупањ са сајта *earthexplorer.usgs.gov* преузети су снимци Landsat 7 Collection 1 Level 1:

Табела 1: Снимци LANDSAT 7 ETM+ у захвату општине Крупањ

Датум	Снимак
07.05.2014	LE07_L1TP_187029_20140507_20161115_01_T1
23.05.2014	LE07_L1TP_187029_20140523_20161115_01_T1

На преузетим снимцима услед квара коректора линије скенирања постојале су видљиве „траке” на којима нема података. Како би се сами снимци могли користити у сврхе истраживања помоћу „Landsat Toolbox“ алата намењеног ESRI-јевом ArcGis-у на „тракама“ је отклоњена грешка коректора линије скенирања. Добијени снимци са коригованом грешком коректора линије скенирања даље су коришћени као полазни подаци.

Да би се LANDSAT 7 ETM+ снимци могли користити за потребе анализе потребно је извршити њихову обраду, тј. на првом месту потребно је извршити претварање дигиталних вредности снимка (Landsat калибрисаних DN вредности) у апсолутне јединице спектралног зрачења (Digital Numer (DN) to TOA Radiance), а затим вредности TOA зрачења конвертовати у вредности TOA рефлексије (SR) [3].

Дигитални број (DN) у системима ДД представља променљиву додељену пикселу, обично у облику бинарног целог броја у опсегу од 0–255 (тј. бајт). LANDSAT 7 ETM+ сензор чува ове податке као DNS са опсегом од 0 до 256, док нпр. Landsat 8 OLI сензор податке чува у опсегу 0-65536 [4].

По дефиницији, рефлексија на сателиту не уклања атмосферске ефекте, тако да се овде атмосферска корекција назива делимично исправљеним случајем [5].

Све наведене трансформације могуће је извршити коришћењем податак доступних у фајлу „MTL.TXT“ који се добија заједно са снимцима приликом преузимања са USGS-овог сајта и вредности препоручених вредности спектралног зрачења соларне егзоатмосфере на сајту *www.usgs.gov*. Наведене калкулације и трансформације извршене су у ArcGis-у у алату „Raster calculator“. Да би се користили степени као улазни параметри за тригонометријске калкулације у ArcGis-у потребно вредности степена конвертовати у радијане. Улазне вредности степени треба помножити са $\pi/180$, или приближно 0,01745 [6].

4. ВЕГЕТАЦИОНИ ИНДЕКСИ

Одређивање типа, старости, распрострањености, као и многих других карактеристика вегетације, је одувек био задатак великог броја научника. Након лансирања првих мултиспектралних и хиперспектралних сателитских платформи у Земљину орбиту, ови научници су као резултат тога добили огромне количине података о вегетацији. Ради лакше обраде податка, настају многобројни вегетациони индекси, који су осетљиви на различите карактеристике, као на пример проценат хлорофила у листу или присутност вегетације. Последица тога су и лабораторијска испитивања различитих типова вегетације, односно њихова реакција на различите таласне дужине из електромагнетног спектра. Најинтересантије таласне дужине су оне из видљивог и инфрацрвеног дела спектра, јер је утврђено да зелена вегетација добро рефлектује инфрацрвену таласну дужину.

Фактори који утичу на формирање било којег индекса су: радиометријска мерења која указују обиле и активност зелене вегетације, проценат зеленог покривача, садржина хлорофила у листу, количина биомасе, као и просторни индекс листа LAI (*Leaf Area Index*) и упијена фотосинтетичка активна радијација APAR (*Absorbed Photosynthetic Active Radiation*).

4.1 SAVI

У подручјима на којима је заступљеност вегетације мања, рефлексција светлости у црвеном и инфрацрвеном делу спектра може у знатној мери утицати на вредности вегетационог индекса. Из тог разлога је развијен вегетациони индекс прилагођен тлу (*eng. Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*) који је заправо модификовани NDVI. SAVI се примјењује када је потребно отклонити утицај тла на снимцима са мањом заступљеношћу вегетационог покривача. Творац SAVI индекса је Alfredo R Huete. Формула по којој се добија SAVI, настала је 1988. године [7].

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L} \quad (1)$$

У наведеној формули L представља фактор прилагођавања позадини лишћа који се употребљава за постепени престанак диференцијалног црвеног и блиско инфрацрвеног учинка кроз листове биљака. Засновано на поједностављеном моделу преноса зрачења, Huete (1988) је показао да вредност која стоји за $L = 0,5$, дозвољава најбоље подешавање, тј. да се минимизира ефекат секундарног повратног расејања рефлектованог зрачења од позадинске површине тла. Опсег SAVI је између $-1,5$ и $1,5$ [8].

Када је степен покривености тла вегетацијом висок, SAVI има вредност близу 1, што показује да позадина тла нема утицаја на преузимање информација о вегетацији. У подручјима без зелене вегетације за вредност L најчешће се узима 0 док се вредност 1 примењује у подручјима са бујном зеленом вегетацијом. Посматрајући формулу лако се може закључити да је за вредност $L=0$ вредност SAVI је једнака NDVI. Најчешће се за L коефицијент узима вредност 0,5 да би се прилагодио већини земљишних покривача. Сам SAVI индекс најпodesније је користити за анализу младих усева, за сушне регионе са оскудном вегетацијом (мање од 15% укупне површине) и изложеним површинама земљишта [9].

4.2 EVI

Побољшани вегетацијски индекс (*eng. Enhanced Vegetation Index - EVI*) развијен је 1999. године од стране Alfredo R Huete и тима из Бразила и Универзитета Аризона САД који су развили алатку за процену услова вегетације засновану на спекторрадиометру умерене резолуције (*eng. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS*), како би се искористиле све предности сензора. Сличан је NDVI-ју, међутим EVI употребљава и плави канал како би се побољшала осјетљивост рефлексције вегетације. EVI је модификовани NDVI с повећаном осетљивошћу на подручјима високе биомасе с минималним утицајем тла [7].

$$EVI = G * \frac{NIR - RED}{NIR + C_1 * RED - C_2 * BLUE + L} \quad (2)$$

где су:

- NIR, RED, BLUE атмосферски коригована рефлексција канала;
- C_1 и C_2 – коефицијенти који се односе на корекцију аеросоли;
- G – фактор побољшања и
- L – фактор тла.

Овај индекс је осјетљивији при високим концентрацијама биомасе, те побољшава могућности праћења вегетације кроз редуцирање утицаја позадине листова [10].

Традиционално, за NASA MODIS сензор (за који је индекс вегетације EVI развијен): $C_1=6$, $C_2=7,5$, $L=1$ и $G = 2,5$ је фактор побољшања, исти параметри се употребљавају и за Landsat сателите. Опсег вредности за EVI је сличан NDVI, који је -1 до 1 . За здраву

вегетацију варира између 0,2 и 0,8. Препоручује се за употребу за анализу подручја са великим количинама хлорофила (као што су прашуме), и пожељно са минималним топографским ефектима (региони без узвишења, равничарски региони)[9].

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

За обраду, анализу снимака и интерпретацију добијених података у раду коришћен је ESRI ArcGis 10.3.1 софтвер. Након обраде и сечења снимака на границе подручја интереса извршена је калкулација растера, односно креирање растера SAVI и EVI вегетационих индекса. Растери индекса креирани су помоћу „Raster Calculator“-а у ArcGis-у посебно за снимке за 07.05. и 23.05.2014. године. Вредности добијених SAVI индекса за периоде пре и после поплава 2014. године на подручју општине Крупањ, у складу са добијеним вредностима растера су подељене у 5 класа [11] према Табели 2.

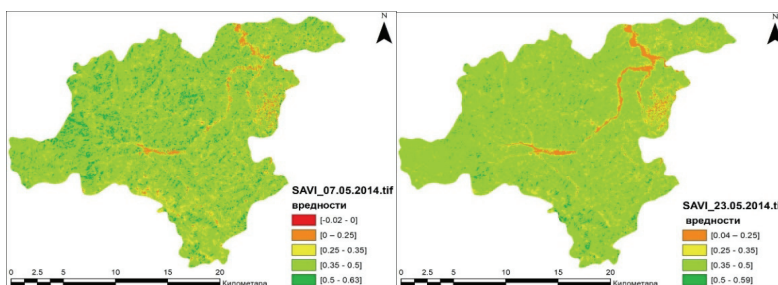
Табела 2: Вредности SAVI индекса посматраног подручја за 07.05. и 23.05.2014. године

Класа/ Подручје	Вредност SAVI	07.05.2014. године		23.05.2014. године	
		Површина km ²	Површина	Површина km ²	Површина
		укупна 340,33	%	укупна 340,33	%
Вода	[-0.02 - 0]	0,01 km ²	0,01%	-	-
Земљиште/Изграђено подручје	[0 - 0.25]	14,88 km ²	4,37%	13,99 km ²	4,11%
Ниска вегетација	[0.25 - 0.35]	40,37 km ²	11,86%	33,06 km ²	9,71%
Средња вегетација	[0.35 - 0.5]	254,88 km ²	74,89%	285,72 km ²	83,95%
Висока вегетација	[0.5 - 0.63]	30,19 km ²	8,87%	7,56 km ²	2,2%

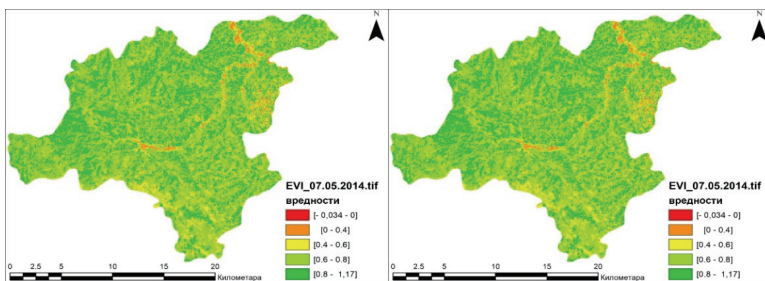
На добијеним растерима SAVI и EVI индекса извршена је рекласификација помоћу алата Рекласификације (Raster analysis - Reclassify) у ArcGis-у, према табелама 2 и 3 (Слике 1 и 2). Вредности добијених EVI индекса за периоде пре и после поплава 2014. године на подручју општине Крупањ, у складу са добијеним вредностима растера су подељене у 5 класа према Табели 3.

Табела 3: Вредности EVI индекса посматраног подручја за 07.05. и 23.05.2014. године

Класа/ Подручје	Вредност EVI	07.05.2014. године		23.05.2014. године	
		Површина km ²	Површина	Површина km ²	Површина
		укупна 340,33	%	укупна 340,33	%
Вода	[- 0,034 - 0]	0,005 km ²	0,0%	0	0
Земљиште/Изграђено подручје	[0 - 0.4]	14,34 km ²	4,21%	14,02 km ²	4,12%
Ниска вегетација	[0.4 - 0.6]	40,98 km ²	12,04%	31,91 km ²	9,38%
Средња вегетација	[0.6 - 0.8]	182,37 km ²	53,59%	200,58 km ²	58,94%
Висока вегетација	[0.8 - 1,17]	102,63 km ²	30,16%	93,82 km ²	27,57%



Слика 1: SAVI индекс за 07.05.2014. године и за 23.05.2014. године



Слика 2: EVI индекс за 07.05.2014. године и за 23.05.2014. године

Како је за добијени растер за датум после поплава (23.05.2014. године) минимална вредност за SAVI индекс позитивна тј. износи 0,04, приликом рекласификације је добијен растер са једном класом мање у односу на растер за датум пре поплава (07.05.2014. године). Недостајућа класа представља водене површине које су се после поплава повукле у своја корита, а око којих су изазвале велике промене на терену остављајући голо земљиште, што се може потврдити посматрајући добијене растере за период после поплава у подручјима реке Ликодре и њених притока.

Анализирајући добијене вредности површина и саме растере SAVI индекса може се закључити да је након поплава дошло до драстичнијег повећања површина које су у границама [0.35 – 0.5] растера (увећала се приближно 31km²), а које представљају средњу вегетацију (ниске шуме, пашњаке). Такође може се закључити да се површина која представља земљиште [0 – 0.25] смањила за 1km², како и да су се површине које представљају ниско растиње [0.25 - 0.35] смањиле за 2% односно за приближно 7km².

Посматрајући подручја општине поред слива реке Ликодре, користећи добијене растере SAVI индекса, на којима је дошло до поплава великих размера и на којима се по доступној литератури на интернету појавило доста клизишта може се закључити да се класа растера за земљиште [0 – 0.25] драстично повећала тј. да је њена површина доста већа у после поплава у односу на исту пре самих поплава. Драстично повећање површина које представљају средњу вегетацију (ниске шуме, пашњаке) може се објаснити растом вегетације на подручјима која нису била захваћена драстичним поплавама као сама насеља уз реку Ликодру и њене притоке. Посматрајући добијене растере за наведена подручја општине може се закључити да се на уштрб класе која представља земљиште [0 – 0.25], повећала класа средње вегетације (ниске шуме, пашњаке).

Вредности површина за класе EVI индекса су готово идентичне вредностима истих површина за класе SAVI индекса, тј. за прве три класе односно за класе вода, земљишта/изграђеног подручја и ниске вегетације. Према доступној литератури вредности EVI индекса за здраву вегетацију се налазе у распону од [0.2 – 0.8] растера. На добијеним растерима EVI индекса вредности здраве вегетације се налазе у границама изнад очекиваних, односно у распону од [0.6 – 0.8] за средњу вегетацију и [0.8 – 1,17] за високу вегетацију.

Приметно је да је за оба индекса вегетације након поплава дошло до смањења површина на којој је заступљена висока вегетација, као и да је дошло до повећања површина на којој је заступљена средња вегетација.

6. ЗАКЉУЧАК

Сателитски снимци пружају брз и поуздан извор веома великом броју разноврсних информација о Земљиној површини и лако се могу користити у разним научним дисциплинама. Брзина прикупљања података је од нарочитог значаја у планирању и превенцији вредних догађаја као што су поплаве које су погодиле подручје Републике Србије 2014. године. Употребом снимака Landsat 7 ETM+ срачунати су SAVI и EVI вегетациони индекси за периоде пре и после поплава у мају 2014. године (подручје општине

Крупањ). Анализом добијених растера за оба индекса вегетације уочавају се приметне разлике у површинама класа високе вегетације за периоде пре и после поплава.

Наведене разлике такође могу бити и последица поправке грешке коректора линије скенирања која је отклоњена софтверски тако да су растери канала који су употребљени у раду на недостајућим „тракама“ добили вредности пиксела на основу интерполације околних пиксела. Добијене вредности пиксела не представљају одраз стварне рефлексије површина тла, јер су добијени интерполацијом, па је њихов утицај на укупне вредности вегетационих индекса велики, обзиром да површине снимака, под утицајем грешке коректора линије скенирања износе око 22%. За прецизније анализе није подесно користити наведене снимке због великог утицаја грешке коректора линије скенирања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cardille, Foley, J. A: Agricultural land-use change in Brazilian Amazonia between 1980 and 1995: evidence from integrated satellite and census data. *Remote Sensing of Environment* 87, 4, 551-562, 2003.
- [2] Marina Babić Mladenović: Pouke polave 2014. godine, 2014.
- [3] <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>.
- [4] <https://yceo.yale.edu/how-convert-landsat-dns-top-atmosphere-toa-reflectance>
- [5] Todd A. Schroeder, T. Warren B Cohen, Conghe Song, Morton J. Canty, Zhiqiang Yang: Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon, *Remote Sensing of Environment* 103 (2006) 16–26, 2006.
- [6] <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/converting-trigonometric-inputs-in-degrees-to-radians.htm>.
- [7] A. Huete, K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. Gao, L.G. Ferreira: Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices, *Remote Sens. Environ.*, 83, pp. 195-213, 2002.
- [8] Teshaev N, Mamadaliyev B, Ibragimov A, Khasanov S: The soil-adjusted vegetation index for soil salinity assessment in Uzbekistan, Conference: GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow, Russia, 2020.
- [9] <https://eos.com/blog/vegetation-indices/>
- [10] Jensen, R. J: *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall. 1996.
- [11] Bokhir Alikhanov : *A spatio-temporal analysis of pastures in the mountainous regions of tashkent province, Uzbekistan*, 2018.