

KOLIKO SU ARKOD PODACI POGODNI ZA GEOPROSTORNE ANALIZE NA TEMELJU SATELITSKIH SNIMKI?

HOW SUITABLE IS ARKOD DATA FOR GEOSPATIAL ANALYSES BASED ON SATELLITE IMAGERY?

D. Radočaj, M. Jurišić

SAŽETAK

Cilj je ovog istraživanja ustanoviti mogućnosti korištenja ARKOD podataka za potrebe geoprostornih analiza sa satelitskim snimkama, posebno Sentinel-3 satelitske misije Europske svemirske agencije. Njihovo je povezivanje nužno za studije pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj pojedinih kultura, odnosno za eventualnu regionalizaciju i komasaciju poljoprivrednog zemljišta, pri čemu se ARKOD podaci koriste za kalibraciju podataka daljinskih istraživanja. Područje istraživanja obuhvaćalo je kontinentalnu biogeoregiju Republike Hrvatske uz sedmogodišnje razdoblje istraživanja od 2015. do 2021. godine. Analiza iskoristivosti ARKOD podataka za korištenje u analizama sa Sentinel-3 satelitskim snimkama provedena je u odnosu na pet stupnjeva filtriranja ARKOD podataka prema kriterijima: 1.) višestruke evidencije različitih kultura za istu ARKOD česticu u jednoj godini, 2.) minimalne površine ARKOD čestice od 6,75 ha, 3.) soje kao registrirane poljoprivredne kulture, 4.) indeksa oblika ARKOD čestice većeg od 0,5 te 5.) uzastopne registracije soje kao uzgajane poljoprivredne kulture dvije godine zaredom na istoj ARKOD čestici. Rezultati ovog istraživanja upućuju da bi se revidiranjem definicije ARKOD čestice na način da sadrži samo jednu poljoprivrednu kulturu postigla znatno veća iskoristivost ARKOD podataka u geoprostornim analizama sa satelitskim snimkama te bi se vrlo vjerojatno i olakšao postupak kontrole dodjele poljoprivrednih poticaja. Regionalizacija i komasacija poljoprivrednog zemljišta najcjelovitija su rješenja za okrupnjavanje poljoprivrednog zemljišta te uspostavu ARKOD čestica pravilnih geometrijskih oblika. Konačno, ovi rezultati upućuju kako je nužno pronaći stvarni uzrok pojave evidencije iste kulture na istoj ARKOD čestici dvije ili više godina zaredom, čime se izravno sprječava dugoročno degradiranje kvalitete tla i onečišćenje okoliša uslijed neizbježnog povećanja aplicirane količine poljoprivrednih inputa.

Ključne riječi: Sentinel satelitske misije, filtriranje geoprostornih podataka, soja, komasacija poljoprivrednog zemljišta, plodored

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the possibilities of using ARKOD data for geospatial analysis with satellite imagery, in particular from the European Space Agency's Sentinel-3 satellite mission. Their overlay is necessary for studies on the suitability of cultivated areas for certain crops, as a basis for the eventual regionalization and consolidation of agricultural areas, using ARKOD data for the calibration of remote sensing data. The study area covered the continental biogeoregion of the Republic of Croatia, with a seven-year study period from 2015 to 2021. The analysis of the usability of ARKOD data for use in analyzes with Sentinel-3 satellite imagery was carried out in relation to five stages of filtering ARKOD data according to the criteria: 1) multiple records of different crops for the same ARKOD plot in one year, 2) minimum ARKOD plot area of 6.75 ha, 3) soybean as a registered agricultural crop, 4) ARKOD plot shape index greater than 0.5, and 5) consecutive registration of soybean as a cultivated agricultural crop in two consecutive years on the same ARKOD plot. The results of this study suggest that revising the definition of the ARKOD parcel to include only one agricultural crop would significantly improve the use of ARKOD data in geospatial analyzes with satellite imagery and would very likely facilitate the process of controlling the allocation of agricultural incentives. Regionalization and consolidation of agricultural land are the most complete solutions for the establishment of ARKOD plots with regular geometric shapes. Finally, these results indicate that it is necessary to find the real cause of the occurrence of records of the same crop on the same ARKOD plots for two or more years in a row, which directly degrades the quality of the soil in the long term and pollutes the environment due to the inevitable increase in the amount of agricultural inputs used.

Keywords: Sentinel satellite missions, geospatial data filtering, soybean, agricultural land consolidation, crop rotation system

UVOD

Konvencionalnim je pristupom moguće, uzgojem usjeva u prirodno pogodnim područjima, postići jednake ili veće prinose uz smanjenje potrebe za gnojivima i pesticidima na postojećem poljoprivrednom zemljištu (Dedeoğlu i Dengiz, 2019.). Budući da je na relevantne abiotičke kriterije (klima, tlo, topografija) teško ili nemoguće utjecati, potrebno je prilagoditi planove gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i plodored kako bi se stvorili uvjeti za

održivu i ekološki prihvatljivu poljoprivredu (Radočaj i Jurišić, 2022.). S razvojem satelitskih misija s otvorenim pristupom podacima, vrednovanje poljoprivrednog zemljišta na temelju geoprostornih analiza pogodnosti u odnosu na abiotičke kriterije (klima, tlo i topografija) postalo je sve dostupnije. S obzirom na dugotrajnost postojećih satelitskih misija te njihov kontinuirani razvoj i poboljšanje, poput satelitskih misija Sentinel iz programa Copernicus Europske svemirske agencije, njihova dostupnost ima snažnu perspektivu u narednim desetljećima (Malenovský i sur., 2012.). Ove činjenice omogućuju redovito ažuriranje rezultata pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj određenih kultura, što je neophodno zbog vremenske varijabilnosti uzrokovane klimatskim promjenama i neadekvatnim upravljanjem poljoprivrednim zemljištem.

Za kvantificiranje pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj pojedinih kultura, prethodne su studije predložile rješenja temeljena na daljinskim istraživanjima koja su globalno primjenjiva i dostupna, za razliku od podataka o prinosima usjeva. Frampton i sur. (2013.) uočili su mogućnosti izračuna nekoliko biofizičkih varijabli iz multispektralnih satelitskih podataka, kao što su indeks lisne površine (LAI) i udio apsorbiranog fotosintetski aktivnog zračenja (FAPAR). Vrlo važna značajka ovih podataka je njihova visoka korelacija s prinosima usjeva u određenim fazama rasta što pruža mogućnost korištenja ovih podataka za obuku i validaciju modela pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj pojedinih kultura (Habyarimana i sur., 2019.). Naglašena je važnost LAI i FAPAR u određivanju utjecaja klimatskih promjena na vegetaciju prema standardima Ujedinjenih naroda, što ukazuje na visok potencijal primjene u studijama pogodnosti (Frampton i sur., 2013.). Te su mogućnosti dodatno poboljšane lansiranjem multispektralnih satelitskih misija Sentinel-2 i Sentinel-3 koje omogućuju modeliranje biofizičkih varijabli vegetacije u visokoj i srednjoj prostornoj rezoluciji. Upotrebom podataka daljinskih istraživanja također se izbjegava skupo i dugotrajno prikupljanje podataka korištenjem terestričkih metoda, posebno za veća područja i slabije razvijenu prometnu infrastrukturu koja karakterizira većinu poljoprivrednih čestica.

Unatoč dostupnosti modeliranih podataka biofizičkih varijabli na temelju satelitskih misija, posebice Sentinel-3, podatke daljinskih istraživanja, općenito je potrebno kalibrirati u odnosu na podatke terenskog uzorkovanja koji se smatraju istinitima (engl. *ground truth data*). Dosadašnja istraživanja unutar kontinentalne biogeoregije Republike Hrvatske ukazala su na mogućnost korištenja podataka Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom

razvoju (APPRRR), što uključuje geometrijski obuhvat ARKOD čestica i registrirane usjeve na temelju kojih su dodijeljeni poljoprivredni poticaji (Vidaček i sur., 2018., Radočaj i sur., 2020.). Međutim, zbog relativno niske prostorne razlučivosti Sentinel-3 snimki od 300 m, korišteni podaci terenskog uzorkovanja trebaju zadovoljiti određene uvjete vezane uz njihove geometrijske i semantičke točnosti. Cilj je ovog istraživanja ustanoviti mogućnosti korištenja ARKOD podataka u tu svrhu, što je nužno za studije pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj pojedinih kultura, odnosno za eventualnu regionalizaciju i komasaciju poljoprivrednog zemljišta.

MATERIJAL I METODE

Ulazni podaci za analizu iskoristivosti ARKOD podataka za obradu sa Sentinel-3 satelitskim podacima sadržavali su poligonske vektorske slojeve ARKOD čestica i tablične podatke registriranih usjeva po ARKOD ID, ustupljene od strane APPRRR. Područje istraživanja obuhvaćalo je kontinentalnu biogeoregiju Republike Hrvatske, uz sedmogodišnje razdoblje istraživanja od 2015. do 2021. godine. Poljoprivredne čestice soje korištene su za analizu predstavljajući ratarsku kulturu koja se u referentnom razdoblju nalazi među pet kultura najveće obrađivane površine u Republici Hrvatskoj. Pridruživanje registriranih usjeva bazi podataka poligonskog vektorskog sloja ARKOD čestica provedeno je na temelju jedinstvenog ARKOD ID broja. Za obradu i analizu podataka u istraživanju korišten je R v4.3.2 programski jezik u odnosu na georeferenciranje u Hrvatskom terestričkom referentnom sustavu poprečne Merkatorove projekcije (HTRS96/TM). Ukupna površina poljoprivrednog zemljišta korištenog za analizu postotka filtrirane površine definirana je prema CORINE 2018 *Land Cover* podacima, koje uključuje nenavodnjavano obradivo poljoprivredno zemljište (kod 211) i trajno navodnjavano poljoprivredno zemljište (kod 212). Granična vrijednost za dovoljan broj terenskih podataka za geoprostorne analize temeljene na klasifikaciji i regresiji korištenjem strojnog učenja definirana je kao minimalno 0,25 % područja istraživanja, prema preporukama Colditza (2015.).

Analiza iskoristivosti ARKOD podataka za korištenje u analizama sa Sentinel-3 satelitskim snimkama provedena je u odnosu na pet stupnjeva filtriranja ARKOD podataka u skladu s postupkom Radočaja i sur. (2021.): 1.) uklanjanje svih ARKOD parcela za koje je registrirano dva ili više usjeva po godini, s obzirom na to da ulazni podaci ne sadrže informacije o točnom

rasporedu više kultura unutar jedne ARKOD čestice; 2.) izdvajanje ARKOD čestica s površinom većom od 6,75 ha, čime se omogućuje barem 75 % pokrivenosti pojedinog piksela Sentinel-3 podataka poligonom koji predstavlja ARKOD česticu, s obzirom na to da prostorna razlučivost Sentinel-3 snimki u HTRS96/TM iznosi 300 m; 3.) izdvajanje ARKOD čestica za koje je registrirana soja kao uzgajana poljoprivredna kultura; 4.) izdvajanje čestica s indeksom oblika (engl. *shape index*) većim od 0,5, kao omjerom dvostruke vrijednosti kvadratnog korijena umnoška konstante π i površine ARKOD čestice s opsegom iste čestice (Basaraner i Cetinkaya, 2017.), čime se uklanjaju čestice koje imaju nepravilan oblik ili su primjerice uske i znatno duge, što otežava njihovo korištenje s kvadratnim pikselima Sentinel-3 podataka i 5.) uklanjanje svih ARKOD čestica za koje je dvije godine zaredom registrirana soja kao uzgajana poljoprivredna kultura, što je u izravnom odudaranju s primjenom plodoreda.

REZULTATI I RASPRAVA

Tablica 1. ukazuje na učestalu pojavnost slučajeva u kojima je za istu ARKOD česticu u istoj godini unutar razdoblja od 2015. do 2021. godine registrirano više poljoprivrednih kultura. Vidljiv je trend povećanja tih slučajeva od 2015. godine, u kojoj je bilo 31 % ARKOD čestica s registrirane dvije ili više kultura do 2021. godine, u kojoj je taj postotak porastao na 45,6 %. Uslijed nemogućnosti određivanja na kojem se području točno nalaze višestruko registrirane poljoprivredne kulture unutar iste ARKOD čestice, gotovo se polovicna dostupnih čestica morala ukloniti u prvom stupnju filtriranja, čime je broj podataka dostupnih za obradu sa Sentinel-3 satelitskim snimkama znatno umanjen. Iako nisu javno poznati detalji geoprostorne analize podataka po kojima funkcionira trenutno operativan pristup kontrole prihvatljivosti poljoprivrednih površina (Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, 2021.), moguće je da ovaj način evidencije ARKOD čestica i registriranih usjeva otežava postupak kontrole dodjele poljoprivrednih poticaja. Iako je spomenuti sustav evidencije u skladu s definicijom ARKOD parcele, po kojoj je „ARKOD parcela neprekinuta površina poljoprivrednog zemljišta koju obrađuje jedan poljoprivrednik, klasificirana uvažavajući vrstu uporabe poljoprivrednog zemljišta iz šifranika u Prilogu I.“ Pravilnika o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta, također je navedeno da „Parcele uglavnom karakterizira homogenost područja i pravilan oblik.“, što je poprilično neegzaktni opis i samo je u ograničenom dijelu primijenjen u

D. Radočaj i M. Jurišić: Koliko su ARKOD podaci pogodni
za geoprostorne analize na temelju satelitskih snimki?

praksi, na što ukazuju rezultati ovog istraživanja. Navedeno je definirano u trenutno važećem Pravilniku (NN 1/2023), a isti opis se pojavljuje i u prethodnim verzijama Pravilnika (NN 54/2019 i NN 35/2015), koji su bili važeći za referentno razdoblje u ovom istraživanju.

Tablica 1. Podaci filtriranja ARKOD čestica po kriteriju registriranih dva ili više usjeva po godini

Table 1 ARKOD parcels filtering data according to the criterion of two or more registered crops per year

Godina Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ulazni broj podataka Input data count	1 048 575	1 048 575	1 048 575	1 048 575	1 048 575	1 048 575	1 048 575
Filtrirani broj podataka Filtered data count	723 410	715 919	543 182	530 198	545 282	558 755	570 434
Zadržano podataka Data retained	69 %	68,3 %	51,8 %	50,6 %	52 %	53,3 %	54,4 %

Najveći broj ARKOD čestica koji uključuje sve registrirane poljoprivredne kulture, ne samo soju, filtriran je u drugom stupnju, s kriterijem minimalne površine od 6,75 ha (Tablica 2.). Problem usitnjenosti poljoprivrednog zemljišta otprije je poznat problem u Hrvatskoj, ali i u drugim državama srednje i istočne Europe. Taj je problem riješen komasacijom poljoprivrednog zemljišta samo na vrlo ograničenom dijelu kontinentalne biogeoregije Republike Hrvatske (posebno u većem dijelu Baranje), no prosječno 98,5 % svih ARKOD čestica konstantno nisu zadovoljavale uvjet minimalne površine u razdoblju od 2015. do 2021. godine. Navedeno je i najveći problem korištenja podataka APPRRR kao terenskih podataka za geoprostorne analize uz Sentinel-3 satelitske podatke, no prevelika rascjepkanost poljoprivrednog zemljišta otežava i korištenje satelitskih snimki sa srednjom prostornom razlučivosti, kao što je Sentinel-2. Na taj se način potencijalno stvara problem po kojem se vrednovanje poljoprivrednog zemljišta može provesti samo konvencionalnim i vrlo uopćenim postupkom definiranim u Pravilniku o mjerilima za utvrđivanje osobito vrijednog obradivog (P1) i vrijednog obradivog (P2) poljoprivrednog zemljišta (NN 23/2019) koji se temelji na zastarjelom pristupu vrednovanja

D. Radočaj i M. Jurišić: Koliko su ARKOD podaci pogodni
za geoprostorne analize na temelju satelitskih snimki?

poljoprivrednog zemljišta, za što su posljednjih godine razvijene znatno egzaktnije i potpunije metode (Radočaj i Jurišić, 2022). Ipak, filtriranih 1,37 – 1,43 % najvećih poljoprivrednih čestica sadržavao je između 64,9 % i 68,1 % ukupne površine poljoprivrednog zemljišta, što ukazuje na prisutnost ARKOD čestica sa znatno većom površinom od graničnih 6,75 ha u kontinentalnoj biogeoregiji Republike Hrvatske.

Tablica 2. Podaci filtriranja ARKOD čestica po kriteriju minimalne površine od 6,75 ha

Table 2 ARKOD parcels filtering data according to the criterion of a minimum area of 6.75 ha

Godina Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ulazni broj parcels Input parcel count	1 283 594	1 297 604	1 333 770	1 356 429	1 379 446	1 377 155	1 380 679
Filtrirani broj parcels Filtered parcel count	18 068	18 590	18 650	18 742	18 833	19 095	19 527
Zadržano parcels Parcels retained	1,41 %	1,43 %	1,4 %	1,38 %	1,37 %	1,39 %	1,41 %
Ukupna površina (ha) Total area (ha)	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355
Filtrirana površina (ha) Filtered area (ha)	388 157	400 197	388 497	387 736	386 616	393 236	405 269
Filtrirana površina (%) Filtered area (%)	65,2 %	67,2 %	65,3 %	65,1 %	64,9 %	66,1 %	68,1 %

Iako je 2017. godine ukupna površina poljoprivrednog zemljišta na kojem je uzgajana soja u Republici Hrvatskoj iznosila preko 85 000 ha (Galić Subašić, 2018.), filtrirana površina u ovom istraživanju iznosi manje od 3 % te vrijednosti (Tablica 3.). Ovo odstupanje ukazuje na to da je soja dominantno uzgajana na ARKOD česticama s površinom manjom od 6,75 ha, koje su

uklonjene u prethodnom stupnju filtriranja. Dodatno, soja je uzgajana na samo 0,62 – 1,06 % najvećih ARKOD čestica u razdoblju između 2015. i 2021., što ukazuje da su trenutni pristup poljoprivrednika u uzgoju soje i ARKOD evidencija negativni aspekti u geoprostornim analizama koje se temelje na pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj soje. Rezultati ovog stupnja filtriranja svejedno ukazuju da postoji dovoljna površina ARKOD čestica soje u odnosu na preporuke Colditza (2015.), što ukazuje da soja zadovoljava postavljene kriterije za geoprostorne analize u kontinentalnoj biogeoregiji Republike Hrvatske. S obzirom na to da je prethodnim stupnjevima filtriranja ipak izdvojeno preko 18 000 ARKOD čestica u svim godinama istraživanja, buduća istraživanja trebala bi ustanoviti za koje je poljoprivredne kulture trenutni pristup uzgoja pogodan kad su u pitanju geoprostorne analize.

Tablica 3. Podaci filtriranja ARKOD čestica po kriteriju soje kao uzgajane poljoprivredne kulture

Table 3 ARKOD parcels filtering data according to the criterion of soybean as an agricultural crop

Godina Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ulazni broj parcela Input parcel count	18 068	18 590	18 650	18 742	18 833	19 095	19 527
Filtrirani broj parcela Filtered parcel count	191	115	166	173	156	176	184
Zadržano parcela Parcels retained	1,06 %	0,62 %	0,89 %	0,9 2%	0,83 %	0,92 %	0,94 %
Ukupna površina (ha) Total area (ha)	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355
Filtrirana površina (ha) Filtered area (ha)	2769,8	1632,1	2438,6	2775,7	2402,8	2585,6	2811,7
Filtrirana površina (%) Filtered area (%)	0,47 %	0,27 %	0,41 %	0,47 %	0,40 %	0,43 %	0,47 %
Iznad granične vrijednosti Above threshold	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes

Rezultati filtriranja ARKOD čestica prema vrijednosti indeksa oblika ukazuju na to da su prethodno filtrirane ARKOD čestice soje s površinom većom od 6,75 ha primarno pravilnog oblika, pri čemu je samo za 2016. godinu uklonjeno preko 10 % ulaznih čestica (Tablica 4.). Prema ovom kriteriju zabilježene su i najveće relativne oscilacije u postotku filtriranih parcela između

dvije uzastopne godine, pri čemu je za 2015. godinu zadržano čak 7,81 % više ARKOD čestica u odnosu na 2016. Kako filtrirani rezultati sadrže ARKOD čestice čiji je oblik blizak kvadratnom, ovi rezultati pozitivno utječu na mogućnosti implementacije poljoprivredne mehanizacije koja omogućuje provedbu agrotehničkih operacija s velikim radnim zahvatom (Cid Garcia i sur., 2013.). Ovo opažanje odnosi se na velike ARKOD čestice te bi buduće studije usmjerene na analizu isplativosti investiranja u suvremenu poljoprivrednu tehniku i preciznu poljoprivredu trebale uz površinu uzeti u obzir i geometrijsku pravilnost poljoprivrednih čestica koje su filtrirane u prethodnim stupnjevima filtriranja.

Tablica 4. Podaci filtriranja ARKOD čestica po kriteriju indeksa oblika većeg od 0,5

Table 4 ARKOD parcels filtering data according to the criterion of shape index greater than 0.5

Godina Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ulazni broj parcela Input parcel count	191	115	166	173	156	176	184
Filtrirani broj parcela Filtered parcel count	186	103	157	158	146	160	170
Zadržano parcela Parcels retained	97,38 %	89,57 %	94,58 %	91,33 %	93,59 %	90,91 %	92,39 %
Ukupna površina (ha) Total area (ha)	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355
Filtrirana površina (ha) Filtered area (ha)	2673,1	1435,4	2271,8	2576,3	2234,2	2358,4	2489,1
Filtrirana površina (%) Filtered area (%)	0,45 %	0,24 %	0,38 %	0,4 3%	0,38 %	0,40 %	0,42 %
Iznad granične vrijednosti Above threshold	Da Yes	Ne No	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes

Unatoč tome što prethodna opažanja vezana uz način evidencije ARKOD čestica te njihovih geometrijskih svojstava generalno ne pogoduje geoprostornim analizama, do posljednje faze filtriranja ARKOD čestica nisu uočeni slučajevi za koje se može smatrati da izravno krše pravila dobre prakse poljoprivrednog uzgoja soje (Demirdogen i sur., 2023.). Međutim, rezultati filtriranja po kriteriju registrirane soje kao uzgajane poljoprivredne kulture dvije godine zaredom, odnosno detekcije nepoštivanja plodoreda, ukazuju na to da se na između 3,82 % i 10 % najvećih ARKOD čestica soje provodila monokultura

(Tablica 5.). To je opažanje u izravnom konfliktu sa sadržajem Pravilnika o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta, u kojemu je zapisano kako je „Poljoprivredno zemljište redovito obrađeno radi proizvodnje jednogodišnjih i višegodišnjih kultura koje se uzgajaju u plodoredu maksimalno 5 godina te umjetno zasnovani travnjak koji se koristi samo za proizvodnju krmiva i nalazi se u sustavu plodoreda te površina pod ugarom.“ (NN 1/2023). Dodatno je zabrinjavajuće kako je velik dio najvećih ARKOD čestica soje u Republici Hrvatskoj u vlasništvu velikih poljoprivrednih gospodarstava. Bilo da je u stvarnosti soja zaista uzgajana po principu monokulture, čime se dugoročno degradira kvaliteta tla, da se dogodila pogreška prilikom evidencije ARKOD čestica i registriranih poljoprivrednih kultura ili nešto treće, ovi podaci ukazuju na to da je nužna stroža kontrola uključenih strana u budućnosti. Konačni rezultati filtriranja ARKOD čestica soje za potrebe geoprostornih analiza sa Sentinel-3 satelitskim snimkama ukazuju na to da šest analiziranih godina u razdoblju od 2015. do 2021. zadovoljava minimalnu površinu u odnosu na cjelokupno obradivo poljoprivredno zemljište u kontinentalnoj biogeoregiji Republike Hrvatske.

Tablica 5. Podaci filtriranja ARKOD čestica po kriteriju registrirane soje kao uzgajane poljoprivredne kulture dvije godine zaredom

Table 5 ARKOD parcels filtering data according to the criterion of soybean as a registered crop for two consecutive years

Godina Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ulazni broj parcela Input parcel count	186	103	157	158	146	160	170
Filtrirani broj parcela Filtered parcel count	186	96	151	147	138	151	153
Zadržano parcela Parcels retained	100 %	93,2 %	96,18 %	93,04 %	94,52 %	94,38 %	90 %
Ukupna površina (ha) Total area (ha)	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355	595 355
Filtrirana površina (ha) Filtered area (ha)	2673,1	1355,6	2141,9	2411,8	2154,1	2213,5	2283,1
Filtrirana površina (%) Filtered area (%)	0,45 %	0,23 %	0,36 %	0,41 %	0,36 %	0,37 %	0,38 %
Iznad granične vrijednosti Above threshold	Da Yes	Ne No	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes	Da Yes

ZAKLJUČCI

Rezultati ovog istraživanja upućuju da ARKOD podaci u vremenskom razdoblju od 2015. do 2021. godine podržavaju geoprostorne analize sa Sentinel-3 satelitskim snimkama za šest od sedam analiziranih godina. Kroz pet stupnjeva filtriranja i analize ARKOD čestica provedeni su sljedeći najvažniji zaključci:

- Između 31 % i 45,6 % ARKOD čestica imale su registrirane dvije ili više poljoprivredne kulture što nije protivno trenutnoj definiciji ARKOD čestica prema Pravilniku o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta (NN 1/2023), no nije u skladu s preporukom istog Pravilnika po kojem ARKOD čestice „uglavnom karakterizira homogenost područja i pravilan oblik“. S obzirom na to da u ARKOD evidenciji nije poznato na kojoj se lokaciji uzgajaju dvije ili više registriranih poljoprivrednih kultura na istoj ARKOD čestici, one su uklonjene tijekom prvog stupnja filtriranja za potrebe geoprostornih analiza.
- Samo 1,37 – 1,43 % ARKOD čestica u dugom stupnju filtriranja zadovoljilo je uvjet minimalne površine od 6,75 ha, no isti je skup ARKOD čestica sadržavao između 64,9 % i 68,1 % ukupne površine poljoprivrednog zemljišta u kontinentalnoj biogeoregiji Republike Hrvatske.
- Soja je uzgajana na samo 0,62 – 1,06 % najvećih ARKOD čestica u trećem stupnju filtriranja, što je prema površini manje od 3 % površine pod sojom prema državnoj evidenciji. Zaključak je da je soja u razdoblju istraživanja dominantno uzgajana na ARKOD česticama s površinom manjom od 6,75 ha. Iako to nepovoljno utječe na mogućnosti korištenja istih ARKOD čestica u geoprostornim analizama, nakon trećeg stupnja filtriranja izdvojeno je više od 0,25 % ukupne površine poljoprivrednog zemljišta.
- Rezultati filtriranja ARKOD čestica prema vrijednosti indeksa oblika u četvrtom stupnju filtriranja ukazuju na to da su prethodno filtrirane ARKOD čestice soje s površinom većom od 6,75 ha primarno pravilnog oblika, pri čemu je samo za 2016. godinu uklonjeno preko 10 % ulaznih čestica. To je povoljno za geoprostorne analize sa satelitskim snimkama, ali i za implementaciju suvremene poljoprivredne tehnike i precizne poljoprivrede.

- Nakon petog stupnja filtriranja po kriteriju soje kao registrirane uzgajane poljoprivredne kulture dvije godine zaredom, odnosno detekcije nepoštivanja plodoređa, ukazano je da je na između 3,82 % i 10 % najvećih ARKOD čestica soje provođena monokultura. Ovo zapažanje je u izravnom neslaganju sa sadržajem Pravilnika o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemlji, no nije poznato je li zaista soja uzgajana dvije godine zaredom na istim ARKOD česticama ili se radi o pogrešnoj evidenciji u ARKOD bazi podataka.

Zaključno, rezultati ovog istraživanja upućuju da bi se revidiranjem definicije ARKOD čestice na način da sadrži samo jednu poljoprivrednu kulturu postigla znatno veća iskoristivost ARKOD podataka u geoprostornim analizama sa satelitskim snimkama te bi se vrlo vjerojatno i olakšao postupak kontrole dodjele poljoprivrednih poticaja. Regionalizacija i komasacija poljoprivrednog zemljišta najcjelovitija su rješenja za okrupnjavanje poljoprivrednog zemljišta te uspostavu ARKOD čestica pravilnih geometrijskih oblika. Konačno, ovi rezultati upućuju kako je nužno pronaći stvarni uzrok pojave evidencije iste kulture na istoj ARKOD čestici dvije ili više godina zaredom, čime se izravno sprječava dugoročno degradiranje kvalitete tla i onečišćenje okoliša uslijed neizbježnog povećanja aplicirane količine poljoprivrednih inputa.

ZAHVALE

Ovaj je rad financiran od strane Europske svemirske agencije (ESA) unutar projekta „*Cropland suitability prediction method for land management planning based on Copernicus data for soybean – CropSuit*“ pod oznakom ugovora 4000143723/24/NL/MH/yd.

LITERATURA

1. Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (2021.): Postupci agencije za plaćanja u kontroli prihvatljivosti poljoprivrednih površina. Dostupno na: <https://www.aprrr.hr/wp-content/uploads/2021/09/Postupci-Agencije-za-placanja-u-kontroli-prihvatljivosti-poljoprivrednih-povrsina.pdf> (pristupljeno 12.03.2024.)
2. Basaraner, M., Cetinkaya, S. (2017.): Performance of shape indices and classification schemes for characterising perceptual shape complexity of building footprints in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(10); 1952-1977

3. Cid-Garcia, N. M., Alborno, V., Rios-Solis, Y. A., Ortega, R. (2013.): Rectangular shape management zone delineation using integer linear programming. *Computers and electronics in agriculture*, 93; 1-9
4. Colditz, R. R. (2015.): An evaluation of different training sample allocation schemes for discrete and continuous land cover classification using decision tree-based algorithms. *Remote Sensing*, 7(8); 9655-9681
5. Dedeoğlu, M., Dengiz, O. (2019.): Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167; 105062
6. Demirdogen, A., Guldal, H. T., Sanli, H. (2023.): Monoculture, crop rotation policy, and fire. *Ecological Economics*, 203; 107611
7. Frampton, W. J., Dash, J., Watmough, G., Milton, E. J. (2013.): Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 82; 83-92
8. Galić Subašić, D. (2018.): Utjecaj navodnjavanja, gnojidbe dušikom i genotipa na prinos i kakvoću soje (*Glycine max* (L.) Merr.), Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, doktorska disertacija
9. Habyarimana, E., Piccard, I., Catellani, M., De Franceschi, P., Dall'Agata, M. (2019.): Towards predictive modeling of sorghum biomass yields using fraction of absorbed photosynthetically active radiation derived from sentinel-2 satellite imagery and supervised machine learning techniques. *Agronomy*, 9(4); 203
10. Malenovský, Z., Rott, H., Cihlar, J., Schaepman, M. E., García-Santos, G., Fernandes, R., Berger, M. (2012.): Sentinels for science: Potential of Sentinel-1, -2, and -3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. *Remote Sensing of environment*, 120; 91-101
11. NN 35/2015.: Pravilnik o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta
12. NN 23/2019.: Pravilnik o mjerilima za utvrđivanje osobito vrijednog obradivog (P1) i vrijednog obradivog (P2) poljoprivrednog zemljišta
13. NN 54/2019.: Pravilnik o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta
14. NN 1/2023.: Pravilnik o evidenciji uporabe poljoprivrednog zemljišta
15. Radočaj, D., Jurišić, M., Gašparović, M., Plaščak, I. (2020.): Optimal soybean (*Glycine max* L.) land suitability using GIS-based multicriteria analysis and Sentinel-2 multitemporal images. *Remote Sensing*, 12(9); 1463
16. Radočaj, D., Jurišić, M., Gašparović, M., Plaščak, I., Antonić, O. (2021.): Cropland suitability assessment using satellite-based biophysical vegetation properties and machine learning. *Agronomy*, 11(8); 1620

17. Radočaj, D., Jurišić, M. (2022.): GIS-based cropland suitability prediction using machine learning: A novel approach to sustainable agricultural production. *Agronomy*, 12(9); 2210
18. Vidaček, Ž., Penezić, D. T., Plantak, M. (2018.): Land and plant production conditions for the irrigation of agricultural crops in Krapina Zagorje county. *Agronomski glasnik*, 80(3); 199-217

Adresa autora - Author's address:

dr. sc. Dorijan Radočaj, asistent
E-mail: dradocaj@fazos.hr
prof. dr. sc. Mladen Jurišić
redoviti profesor u trajnom izboru
E-mail: mjurisic@fazos.hr
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska

Primljeno – Received:

18.03.2024.

Revidirano – Revised:

10.05.2024.

Prihvaćeno – Accepted:

11.06.2024.