

## **Primjena GIS-a u modernoj biljnoj proizvodnji**

**Zanimljivosti i novosti u agrikulturi br. 06/2015.**

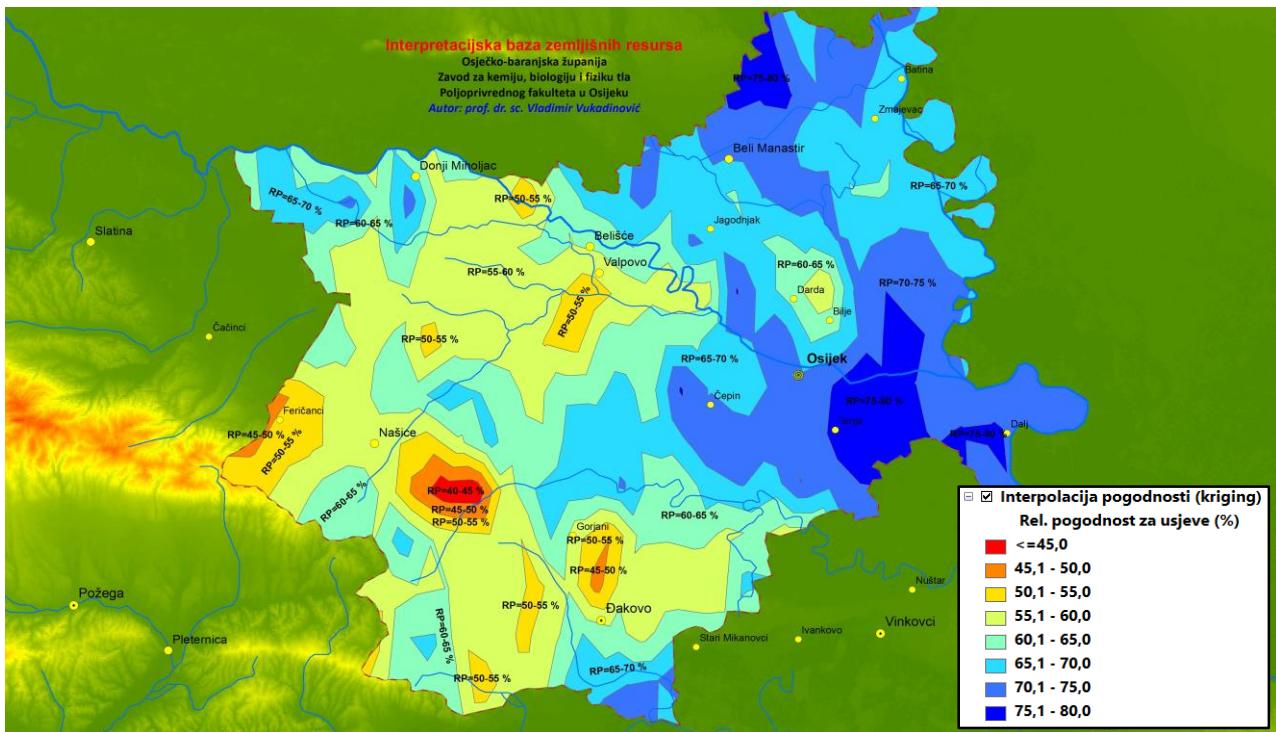
*Precizno ratarenje (Precision Agriculture)* je naziv za modernu biljnu proizvodnju koja koristi visoko precizne i znanstvene metode u biljnoj proizvodnji (kompjuteri, GPS, GIS, daljinski EM i drugi senzori za procjenu pojedinih svojstava tla, mjerjenje prinosa kod berbe/žetve i dr.). Precizna agrikultura temelji se na GIS-u (*geografski informacijski sustav*), računalnom sustavu namijenjenom prikupljanju, obradi, upravljanju, analizi, prikazivanju i održavanju prostorno orijentiranih informacija. Pojednostavljeni, GIS tehnologija integrira uobičajene operacije s bazama podataka kao što su pretraživanja, upiti ili statističke analize s jedinstvenim prednostima vizualizacije i prostorne analize koju donose karte. Navedene mogućnosti izdvajaju GIS od ostalih informacijskih sustava i čine ga izuzetnim alatom za najrazličitije namjene i korisnike.

U posljednjih 20-ak godina razvijeno je niz visokosofisticiranih sustava za procjenu zemljišne pogodnosti (indeksa plodnosti) koji su podržani zemljišnim kartama i interpretacijskim bazama podataka o zemljišnim resursima uz mogućnost klasifikacije pogodnosti tla za uzgoj određenih kultura, potrebe melioracija, popravke i uređenja tla, sjetve i sadnje, gnojidbe i prihrane, mogućnost reducirane obrade i sl. Korištenje *geostatističkih tehnika* i alata geografskog informacijskog sustava omogućeno je brzo generiranje *tematskih karata* s pouzdanom procjenom zemljišne pogodnosti za različite namjene.

Digitalne snimke terena mogu se uključiti izravno u GIS pa je ovakva tehnologija preduvjet za upravljanje velikim brojem informacija, uključujući i potrebe precizne agrikulture. Prikupljanje potrebnih podataka o zemljištu danas je moguće obavljati dovoljno pouzdano beskontaktnim tehnikama pomoću različitih senzora, *fotogrametrije* (prostorne i spektralne analize snimaka) oslonjene na aerosnimke iz satelita, zrakoplova ili bespilotnih letjelica (*dronova*). U tom procesu pomaže *pedometrija* koja se oslanja na geostatističke metode, a razvija i primjenjuje matematičke te statističke metode prikupljanja kvantitativnih podataka o tlu i provjerava njihovu pouzdanost, promjenu u vremenu i dr., što omogućava bolje razumijevanje *funcija tla* i njihovih implikacija na rast i razvitka biljaka te tvorbu *biomase i merkantilnog prinosa*. *Daljinska istraživanja* je skupni naziv za više različitih metoda (npr. EMI ili *elektromagnetska indukcija, gravitacijska mjerjenje*, aerosnimci u VS, UV i IC spektru, radarski snimci itd.) prikupljanja i interpretacije informacija bez fizičkog dodira s udaljenim objektima. Za razliku od karata, *aerosnimci* sadrže obilje informacija od kojih se samo neki mogu prikazati kartama, a drugi se nakon provedene analize koriste za donošenje važnih odluka u biljnoj proizvodnji, npr. gnojidbi, zaštiti, popravkama tla i dr. Prednosti takvog pristupa su brzina i pouzdanost informacijskog sustava za potrebe utvrđivanja *agroekoloških i ekonomskih indikatora*, uključujući i rizike.

Napredne metode temeljene na GIS-u omogućuju kvantificiranje i integraciju različitih procjene zemljišne pogodnosti uz detaljnu analizu i prognozu (*predikciju*) kao temelj planiranja poljoprivredne proizvodnje od pojedine parcele (lokalno, Slika 2.) pa sve do regionalne (Slika 1.) i državne razine. Najsuvremeniji pristup evaluaciji zemljišta uključuje procesno orijentirano modeliranje koje simulira rast usjeva (pomoću matematičkih jednadžbi), a temelji se na razumijevanju stvarnih mehanizama rasta biljaka koje integrira u postupak zemljišne evaluacije. Stoga budućnost *kvantifikacije* (mjerljive) *plodnosti tla*, odnosno *utvrđivanja stupnja pogodnosti* (ili ograničenja) za različite poljoprivredne namjene leži u suvremenim, kompjutoriziranim i automatskim sustavima podržanim bazama podataka o zemljištu, klimi, usjevima, orografiji, agrotehnici itd. Time je ostvareno najvažnije svojstvo informacijskog sustava da se nakon

prikupljanja podataka, njihovog pohranjivanja, ažuriranja i analiziranja, kreiraju kvalitetne informacije potrebne za donošenje ispravnih odluka o korištenju zemljišta (Slika 1.) za usjeve, povrće



i posebno za trajne nasade zbog potrebe za puno većim brojem informacija.

Slika 1. Relativna pogodnost zemljišta za usjeve (iBaza OBŽ; m=1:350.000, Vukadinović 2015.)

Slika 2. Očekivana visina prinosa šećerne repe (iBaza OBŽ; M=1:10.000; V. Vukadinović 2015.)

## Primjena dronova u biljnoj proizvodnji

Bespilotne letjelice (UAV, dron) lete samostalno prema unaprijed programiranom planu leta, premda se također mogu upravljati i daljinskim upravljačem. Širok izbor različitih veličina, tipova (jednorotorski ili helikopteri, višerotorski (do 8 rotora), aerodinamične (zrakoplovne) letjelice i

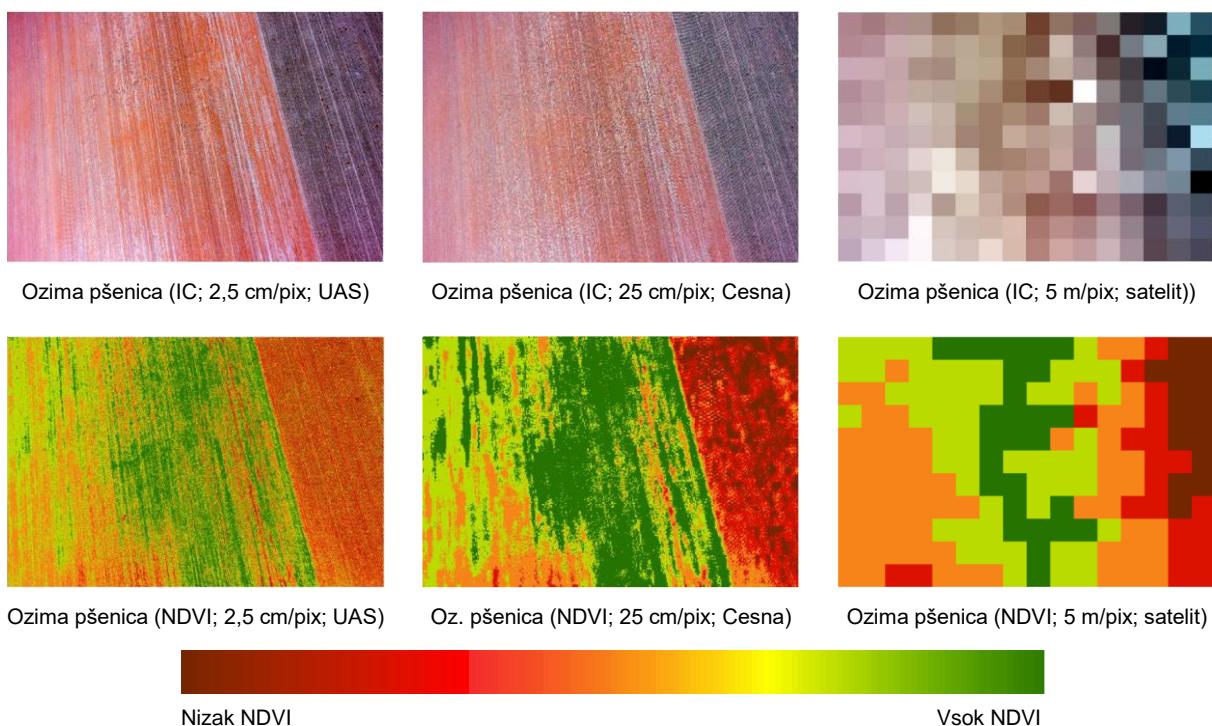


cepelini, Slika 3.) i nosivosti, omogućuje njihovo korištenje u različite civilne svrhe, npr. otkrivanje požara, nadzor i pregled cestovnih i plovnih putova te drugih infrastrukturnih objekata, izviđanje nakon prirodnih katastrofa, monitoring šuma i druge prirodne vegetacije, procjena populacije divljači, nadzor nad usjevima i nasadima, primjena u preciznoj poljoprivredi itd.

Cijena dronova najviše ovisi o vrsti i preciznosti senzora i kamera koje nose, kao i mogućnosti sotvera za analizu snimaka, a kreću se od nekoliko tisuća za višerotorske sustave, do više desetaka tisuća dolara za aerodinamične i puno brže letjelice.



Slika 3. Tipovi dronova (zrakoplovni i višerotorski dron)



Slika 4. Snimak ozime pšenice u različitoj rezoluciji IC spektra i NDVI (vegetacijski indeks kao normalizirana razlika vidljive i IC svjetlosti); Price, K. (2010): Drones in modern agriculture, <http://umanitoba.ca>; \*UAS = Daljinski upravljana bespilotna letjelica (*Unmanned Aircraft System*)

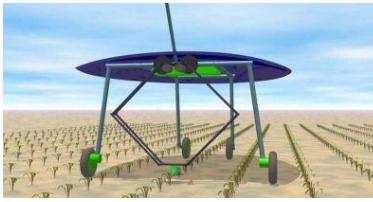
Za potrebe *precizne agrikulture* bespilotne letjelice imaju veoma široku mogućnost uporabe, npr. rano upozorenje pojave bolesti i štetnika, potreba primjene gnojiva i prihrane, utvrđivanje potrebe navodnjavanja, razvoj usjeva, izrada topografskih i tematskih karata (npr. karata visine prinosa, raspoloživosti elemenata ishrane, sadržaja humusa, pH i dr.).

Posebno je značajna mogućnost dronova što mogu letjeti i/ili lebdjeti nad određenim područjem i snimiti digitalne fotografije visoke rezolucije. Budući da su to letjelice koje mogu letjeti nisko, njima ne smeta oblačno vrijeme kao satelitima ili zrakoplovima, te mogu snimiti veoma velik

broj digitalnih fotografija užeg područja uz neznatnu cijenu u odnosu na satelitske snimke i to praktično u realnom vremenu. To eliminira mogućnost kašnjenja primjene agrotehničkih mjera jer je uvid u stanje usjeva moguć u veoma kratkom vremenu. Također, dronovi za razliku od zrakoplova i satelita omogućavaju snimanje fotografija ultravisoke razlučivosti koje su neusporedivo bolje u odnosu na satelitske ili avio snimke (Slika 4.). Naravno, fotografije su geopozicionirane GPS-om što omogućuje njihovu izravnu obradu i analizu GIS alatima.

Za točnu analizu zračnih snimaka usjeva i nasada uobičajeno se primjenjuje *NDVI transformacija (normalizirani indeks vegetacije)* za što su potrebni snimci iste površine u vidljivom (VIS) i bliskom infracrvenom području (NIR). Naime, omjer NIR / (NIR + VIS) je linearan u cijelom rasponu od 0 do 1 te je na taj način veoma prikladan za analizu stanja biljaka (Slika 4.). NDVI normalizacija se temelji na kombinaciji izrazite apsorpcije klorofila u crvenom području vidljivog dijela (u kome se obavlja *fotosinteza*) i jake refleksije u blizini infracrvenog dijela spektra, odnosno dijela svjetlosti koji ne apsorbiraju biljni fotosintetski pigmenti. To svojstvo NDVI transformaciju čini neosjetljivom (stabilnom) na povećanje biomase tijekom rasta i razvića usjeva te ju izravno povezuje s kapacitetom fotosinteze, odnosno brzinom rasta i tvorbom prinosa.

Dronovi su operativni i na vrlo malim visinama što omogućuje njihov razvoj u pravcu robota. Naime, mogućnost izvrsnog razlikovanja različitih *fenotipova* (izgleda) biljaka dronovima omogućuje funkcije robota u preciznoj poljoprivredi, npr. lokalizirana upotreba pesticida, mehaničko uklanjanje korova, oplemenjivanju itd. Izvrsno razlikovanje fenotipova uz pomoć više različitih senzora koristi se za mjerjenje različitih svojstava biljaka, npr. visine, broja i veličine listova, njihovog oblika, uvenuća, broja i veličine plodova, njihove boje itd. Trenutno se razvijaju i već komercijalno primjenjuju roboti koji se kreću po tlu. Tavi roboti imaju visoku energetsku učinkovitost, visoku preciznost jer su opremljeni naprednim senzorima te brzim i preciznim robotskim rukama (Slika 5.).

		
Robotska platforma za uklanjanje korova u šećernoj repi	Robot za rezidbu vinograda	Robot za pljevljenje salate, luka i drugog povrća
		
Robot za uzimanje uzoraka tla	Robot za pljevljenje, uporabu gnojiva i dr. za rad na poljskim pokusima	Robot za berbu i klasiranje povrća

Slika 5. Različite izvedbe poljoprivrednih robota od kojih su neki već u komercijalnoj uporabi (<http://www.therobotreport.com/news/ag-in-transition-from-precision-ag-to-full-autonomy>)

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović