



Primjena daljinske detekcije u monitoringu travnjaka

- **AUTORI:** Pilar Fernández Rebollo.
- **OPIS:** Daljinsko praćenje travnjaka sastoji se od prikupljanja informacija o stanju travnjaka sa i bez fizičkog kontakta sa njima. Ovaj postupak podrazumijeva prikupljanje podataka uz pomoć senzora (kamere, skeneri, radiometri itd.) postavljenim na platforme (traktore, bespilotne letjelice (UAB), avione i satelite. Ovi podaci se snimaju na odgovarajući uređaj i obrađuju uz pomoć matematičkih algoritama, kako bi se pretočili u relevantne informacije za bolje upravljanje travnjacima. Metoda je imala ograničenu primjenu i koristi za prosječnog farmera, iako bi potencijalno mogla imati značaj na većim farmama i imanjima.
- **OBRAZLOŽENJE:** Sistemi za podršku za upravljanje travnjacima zahtijevaju prostorno-vremenske informacije o razvoju i stanju travnjaka. Istraživanja su zahtjevna, radno su intenzivna, skupa i ne pružaju adekvatnu prostornu i vremensku pokrivenost. Daljinsko upravljanje prevazilazi ova ograničenja i široko se primjenjuje na praćenje vegetacije i predstavlja koristan alat za bolje informisanje farmera koji koriste travnjake.
- **MEHANIZAM DJELOVANJA:** Informacije o karakteristikama travnjaka mogu se izvesti iz spektralnih i nespektralnih podataka daljinskog istraživanja. Prvi se zasniva na specifičnim i karakterističnim spektralnim svojstvima apsorpcije i refleksije travne mase na travnjaku, dok drugi uglavnom pruža informacije o visini i strukturi travne mase.
- Elektromagnetno zračenje koje pada na travnjak može se djelimično apsorbovati, prenijeti ili reflektovati. Travnjaci takođe prirodno emituju zračenje. Intenzitet i talasne dužine ovog reflektovanog ili emitovanog zračenja su funkcionalna karakteristika travnjaka i ovi spektralni podaci se mogu snimiti uz pomoć senzora. Postoji veliki izbor senzora koji bilježe reflektovano ili emitovano elektromagnetno zračenje sa različitom spektralnom i radiometrijskom rezolucijom. Spektralna rezolucija opisuje sposobnost senzora da definiše uske opsege talasnih dužina, dok se radiometrijska rezolucija odnosi na sposobnost razlikovanja vrlo malih razlika u energiji. Multispektralni senzori bilježe zračenje u malom broju opsega (npr. Sentinel-2 iz misije Kopernik ima 13 spektralnih opsega), a hiperspektralni senzori obezbjeđuju skoro kontinuirane veoma uske trake (npr. Hiperion obezbjeđuje 220 opsega). Senzori se mogu postaviti na fiksnu lokaciju na farmi (npr. digitalne kamere, fenokamere) ili, češće, montirati na mobilnu platformu: od vozila do ljudi koji njima upravljaju do bespilotnih letjelica i satelita.

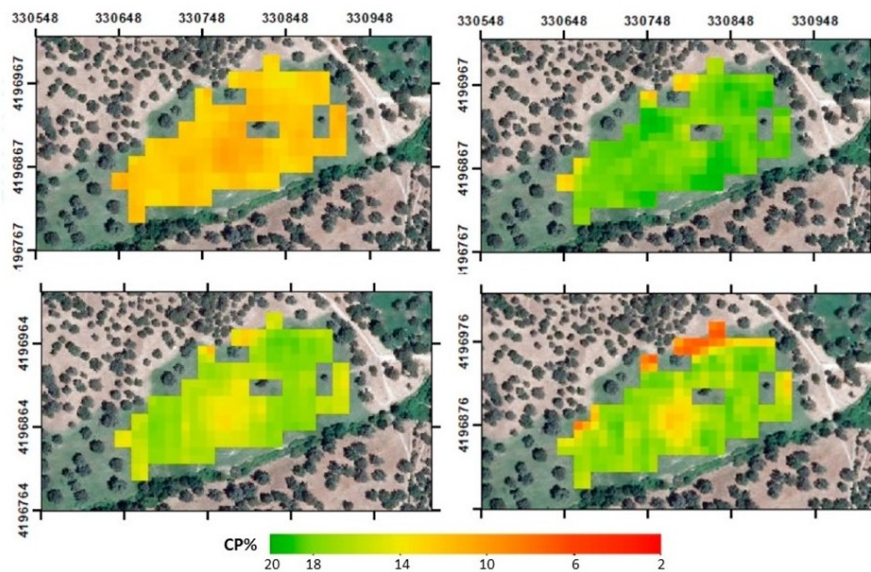


Primjena daljinske detekcije u monitoringu travnjaka

- **MEHANIZAM DJELOVANJA (nastavak):**

Korisnost i primjena spektralnog daljinskog upravljanja na nivou farme zavisi i od prostorno-vremenske rezolucije spektralnih podataka. S jedne strane, neki aspekti upravljanja travnjacima zahtijevaju prostornu rezoluciju ispod 10 m da bi se uhvatila prostorna heterogenost travnjaka. Neki satelitski senzori imaju ovu prostornu rezoluciju. Na primjer, Sentinel-2 obezbjeđuje četiri opsega na 10 m, šest opsega na 20 m i tri opsega na 60 m prostorne rezolucije. Drugi komercijalni senzori postavljeni na satelite kao što su Planet ili Maxar pružaju spektralne podatke u višoj prostornoj rezoluciji (<5m). Prostorne rezolucije senzora u vazduhu ili senzora zasnovanih na UAV-u su mnogo veće i kreću se od nekoliko cm do nekoliko m. S druge strane, travnjaci se s vremenom mijenjaju, tako da su potrebna redovna mjerenja da bi se kvalitetno gazdovalo travnjacima. Na primjer, Sentinel-2 pruža besplatno dostupne podatke širom svijeta sa mogućnošću ponovnog pristupa podacima do 5 dana.

Tipično, da bi se ispitati multispektralni podaci, indeksi vegetacije (kombinacija nekoliko traka, npr. Indeks vegetacije normalizovane udaljenosti – NDVI) izračunavaju se i zatim povezuju sa specifičnim karakteristikama travnjaka regresijom ili korišćenjem empirijskih ili mehaničkih pristupa modeliranju. Međutim, fokus je na korišćenju cijelog spektra, a ne specifičnih opsega kada se radi sa hiperspektralnim podacima. Tehnike poput mašinskog i dubinskog učenja su posebno korisne za procjenu hiperspektralnih podataka.



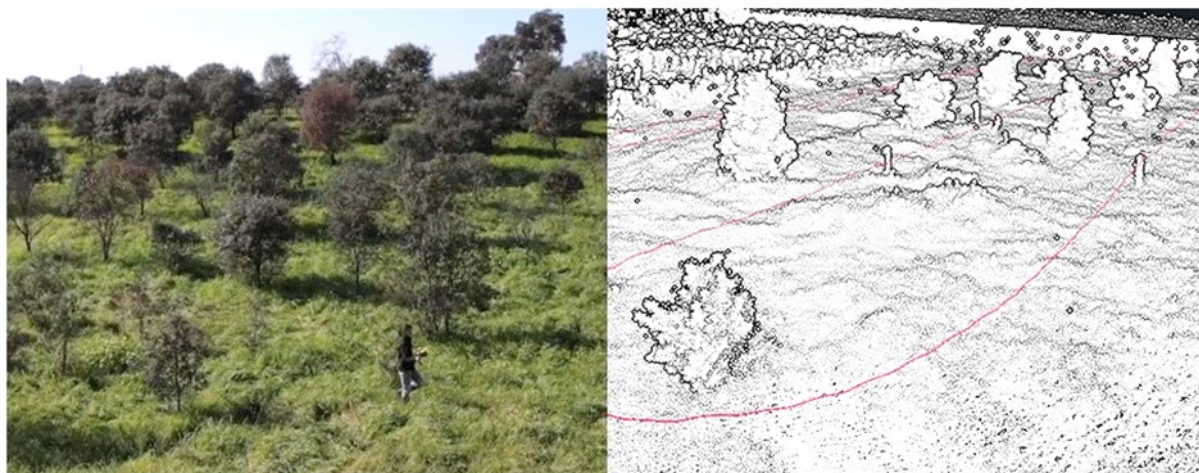
Slika 1: Prostorna predviđanja sirovog proteina (CP) za četiri različita datuma u polju navodnjavanog travnjaka. Predviđanja napravljena korišćenjem modela parcijalnih najmanjih kvadrata (PLS) opremljenog podacima spektralnog polja i Sentinel-2 slikama za predviđanje. Pozadinska slika je ortofotografija iz vazduha u rezoluciji 0,5 m iz jula 2016. Izvor: Fernandez-Habas et al. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148101>.

Primjena daljinske detekcije u monitoringu travnjaka

- **MEHANIZAM DJELOVANJA (nastavak):**

Uređaji za skeniranje LiDAR (detekcija svjetlosti i dometa) predstavljaju najinovativniju tehnologiju za nespektralno prikupljanje podataka. Ovi uređaji emituju laserske impulse visoke frekvencije (metoda aktivne daljinske detekcije) i snimaju reflektovane impulse da bi precizno predstavili skeniranu topografiju površine travnjaka. Rezultat je 3D oblak tačaka koji se može koristiti za procjenu visine travnjaka. Većina LiDAR sistema može da snimi nekoliko povratnih signala iz jednog laserskog impulsa kada dođe do objekta sa više slojeva, pružajući informacije za cijelu vertikalnu strukturu travnjaka. LiDAR se može montirati na UAV ili njime upravljati sa zemlje (TLS, zemaljski laserski skeneri ili novi ručni SLAM za simultanu lokaciju i mapiranje). Radar (SAR) je još jedan aktivni metod daljinskog otkrivanja koji je takođe dostupan sa satelita. Senzor šalje mikrotalasni (radio) signal u pravcu mete i uzima povratno rasutu komponentu signala. Vremensko kašnjenje između poslatih i reflektovanih signala utvrđuje rastojanje do mete, a jačina povratno rasijanog signala se mjeri da bi se razlikovale različite mete. Prednost SAR-a je u tome što praktično uvijek može da prikuplja podatke bez obzira na vremenske prilike.

Spektralni i nespektralni podaci su korišćeni za procjenu svojstava travnjaka kao što su: brzina rasta biljaka, indeks površine lišća (LAI), neželjene vrste korova, vrijeme košenja, fenološka faza, tip travnjaka, floristički sastav, raznovrsnost biljaka i sirovi protein (CP), sadržaj NDF-a i ADF-a. TLS i UAV-LiDAR izvedena visina travnjaka uspješno je korišćena za procjenu prinosa biomase, a SAR je korišćen za procjenu prostorne heterogenosti u pokrivaču travnjaka. Najbolji način da se razviju pouzdani procjenitelji atributa travnjaka je kombinovanje spektralnih i nespektralnih tehnika analize podataka, koje imaju bolje rezultate na viševremenskim skalama.



Sl.2: Operater skenira travnjak pomoću zemaljskog laserskog skeniranja TLS (lijevo) i generisanog 3D oblaka tačaka (desno). 3D oblak tačaka se koristi za generisanje modela površine travnjaka (GSM). Softver GIS (Geografski informacioni sistem) se može koristiti za oduzimanje digitalnog modela terena (DTM) od GSM-a, što rezultira podacima o visini biljaka, koji se mogu koristiti za procjenu prinosa biomase.



Primjena daljinske detekcije u monitoringu travnjaka



Potencijal za primjenu opcije gazdovanja

Prikupljanje i obrada podataka **daljinske detekcije** zahtijeva dobru stručnost i računarske resurse, zbog čega je neophodno da većina farmera koji koriste ovu tehnologiju imaju stručnu podršku. U protekloj deceniji došlo je do porasta istraživanja upotrebe daljinske detekcije za razumijevanje dinamike travnjaka, zajedno sa pojavom besplatnih i komercijalnih usluga koje koriste ovu tehnologiju za praćenje travnjaka. Komercijalne usluge za travnjake koje koriste daljinsku detekciju razvijaju se, iako u ograničenom obimu, postoji tržište za ove usluge koje se širi. Međutim, uprkos njegovom velikom potencijalu, još uvijek postoji malo ubjedljivih dokaza o koristi za farmere od korišćenja daljinske detekcije travnjaka, u smislu povećanja prinosa ili smanjenih troškova inputa. Daljinsko ispitivanje travnjaka može se koristiti u svim poljoprivrednim sistemima zasnovanim na travnjacima i može se primijeniti u bilo kom biogeografskom regionu. Međutim, trenutno je vjerovatno najprimjenljiviji na velikim farmama i imanjima koja žele da prate rast i kvalitet trave na velikim površinama.



Podrška

Poljoprivrednicima nisu potrebni podsticaji da koriste usluge zasnovane na ovoj tehnologiji. Ova opcija ima potencijal da poveća znanje farmera o osobinama travnjaka kako bi se optimizovalo njihovo korišćenje i gazdovanje. Tehnologiju bi usvojili farmeri ako se pokaže da povećava produktivnost farme, smanjuje troškove proizvodnje ili štedi vrijeme.



Primjena daljinske detekcije u monitoringu travnjaka



Praktična razmatranja

Daljinska detekcija zasnovana na satelitskim snimcima niske prostorne rezolucije (od nekoliko stotina metara do metra) može imati ograničenu upotrebu na travnjacima sa velikim prisustvom drveća ili žbunja, pošto će pikseli čistog travnjaka biti rijetki. Slična situacija se može desiti na farmama male veličine ili sa malim poljima, gdje pikseli slike mogu da sadrži više od jednog polja. U ovoj situaciji, alternativa je korišćenje snimaka dronom veće prostorne rezolucije (od nekoliko desetina centimetara do centimetra).

Komercijalne usluge su najjeftinije kada se koriste besplatne slike sa satelita i mogu biti skuplje kada se koriste slike sa komercijalnih satelita ili sa senzora postavljenih na avion. Cijena usluge za dronove je srednja (niža u poređenju sa komercijalnim satelitima). Oblaci ograničavaju prikupljanje spektralnih podataka. Vjetar može ometati letove dronova. Tačnost predviđanja i generalizacija modela još uvijek treba da se poboljša. Većina usluga nije u potpunosti testirana na heterogenim evropskim travnjacima, tako da rješenja razvijena za jednu oblast možda neće dati dobre rezultate u drugoj i potrebno je više rada.



Primjer usluga

Neke besplatne i komercijalne usluge koje koriste daljinsku detekciju u praćenju travnjaka navedene su u nastavku.

CropSAT je alatka za pregled mapa biomase iz Sentinel 2 podataka (baziranih na NDVI). Mape različitih datuma mogu se koristiti za procjenu razvoja usjeva tokom sezone i za kontrolu primjene N. To je besplatna usluga. <https://cropsat.com/>

Pasture.io je sistem za podršku donošenju odluka u gazdovanju travnjacima i njihovom ispašom. Koristi komercijalne satelite, vještačku inteligenciju, evidenciju farme i lokalne podatke o vremenu da bi dao preporuke za ispašu nekoliko puta nedjeljno. Usluga se naplaćuje. <https://Pasture.io>

Pasture From Space procjenjuje dostupnu zelenu masu (FOO) i brzinu rasta pašnjaka (PGR) u zapadnoj Australiji. Podaci iz MODIS-a omogućavaju izračunavanje normalizovane razlike vegetacionog indeksa za procjenu FOO. PGR koristi informacije o vremenskim prilikama da bi odredio vlažnosti zemljišta i temperaturni indeks rasta biljaka, gdje oba ukazuju na potencijal rasta. Poslednji ulaz u PGR je solarno zračenje. To je besplatna usluga. <https://pasturesfromspace.dpird.wa.gov.au/#/map>

