

Satelitski senzori u praćenju utjecaja požara na kvalitetu tla

Iva Hrelja, Ivana Šestak, Igor Bogunović

Zavod za opću proizvodnju bilja, Agronomski Fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Doktorski studij: Poljoprivredne znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet

Znanstveno polje: 4.01. Poljoprivreda (agronomija)

Korespondencija: *ihrelja@agr.hr*

SAŽETAK

Požari su dio prirodne dinamike mediteranskog ekosustava te mogu uzrokovati trajne promjene i degradaciju tala. Glavna svrha istraživanja bila je primijeniti spektralne podatke dobivene iz satelitskih snimaka za praćenje utjecaja požara na sadržaj organske tvari (OT) tla. Istraživanje je provedeno u Zadarskoj županiji na približno 13.5 ha požarom zahvaćene šume *Quercus pubescens* Willd. i *Juniperus communis* L. Ukupno 120 uzoraka tla (0-5 cm dubine) prikupljeno je dva dana nakon požara. Dvije satelitske snimke sa Sentinel-2 satelita preuzete su s čvorišta otvorenog pristupa Europske svemirske agencije (ESA) prema najbližim datumima terenskog uzorkovanja, a svaka sadrži osam vidljivo-blisko infracrvena (VIS-NIR) i dva kratkovalna infracrvena (SWIR) pojasa koji su izdvojeni iz piksela tla. Za procjenu sadržaja OT iz spektralnih podataka uspoređeni su linearni model parcijalne regresije najmanjih kvadrata (PLSR) i nelinearni model umjetnih neuronskih mreža (ANN). Točnost modela određena je pomoću korijena prosječne kvadratne pogreške predviđanja (RMSEp) i omjera performansi i odstupanja (RPD). Oba modela pokazala su niske RMSEp i visoke RPD vrijednosti koje ukazuju na vrlo dobra predviđanja sadržaja OT tla. Daljinska istraživanja pokazala su velik potencijal u analizi i praćenju OT tla u post-požarnom razdoblju.

Ključne riječi: daljinska istraživanja, organska tvar tla, PLSR, ANN

Satellite sensors in monitoring the impact of wildfire on soil quality

ABSTRACT

Fires are part of the natural dynamics of the Mediterranean ecosystem and can cause permanent changes and soil degradation. The main goal of the study was to apply spectral data obtained from satellite images for monitoring of the impact of wildfire on soil organic matter (SOM) content. The study was conducted in Zadar County on approximately 13.5 ha of burned *Quercus pubescens* Willd. and *Juniperus communis* L. forest. A total of 120 soil samples (0-5 cm depth) were collected two days after the wildfire. Two satellite images from the Sentinel-2 satellite were downloaded from the European Space Agency (ESA) Open Access Hub according to the closest field sampling dates, each containing eight visible-near-infrared (VIS-NIR) and two short-wave infrared (SWIR) bands that were extracted from bare soil pixels. To estimate the content of SOM from spectral data, a linear model of partial least squares regression (PLSR) and a nonlinear model of artificial neural networks (ANN) were compared. Model accuracy was determined using the root mean square error of prediction (RMSEp) and the ratio of performance to deviation (RPD). Both models showed low RMSEp and high RPD values indicating very good predictions of soil SOM content. Remote sensing has shown great potential in the analysis and monitoring of SOM content in the post-fire period.

Keywords: remote sensing, soil organic matter, PLSR, ANN

LITERATURA:

1. Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A. et al. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.
2. Gholizadeh, A., Žižala, D., Saberioon, M., Borůvka, L. (2018). Soil organic carbon and texture retrieving and mapping using proximal, airborne and Sentinel-2 spectral imaging. *Remote sensing of environment*, 218, 89-103.

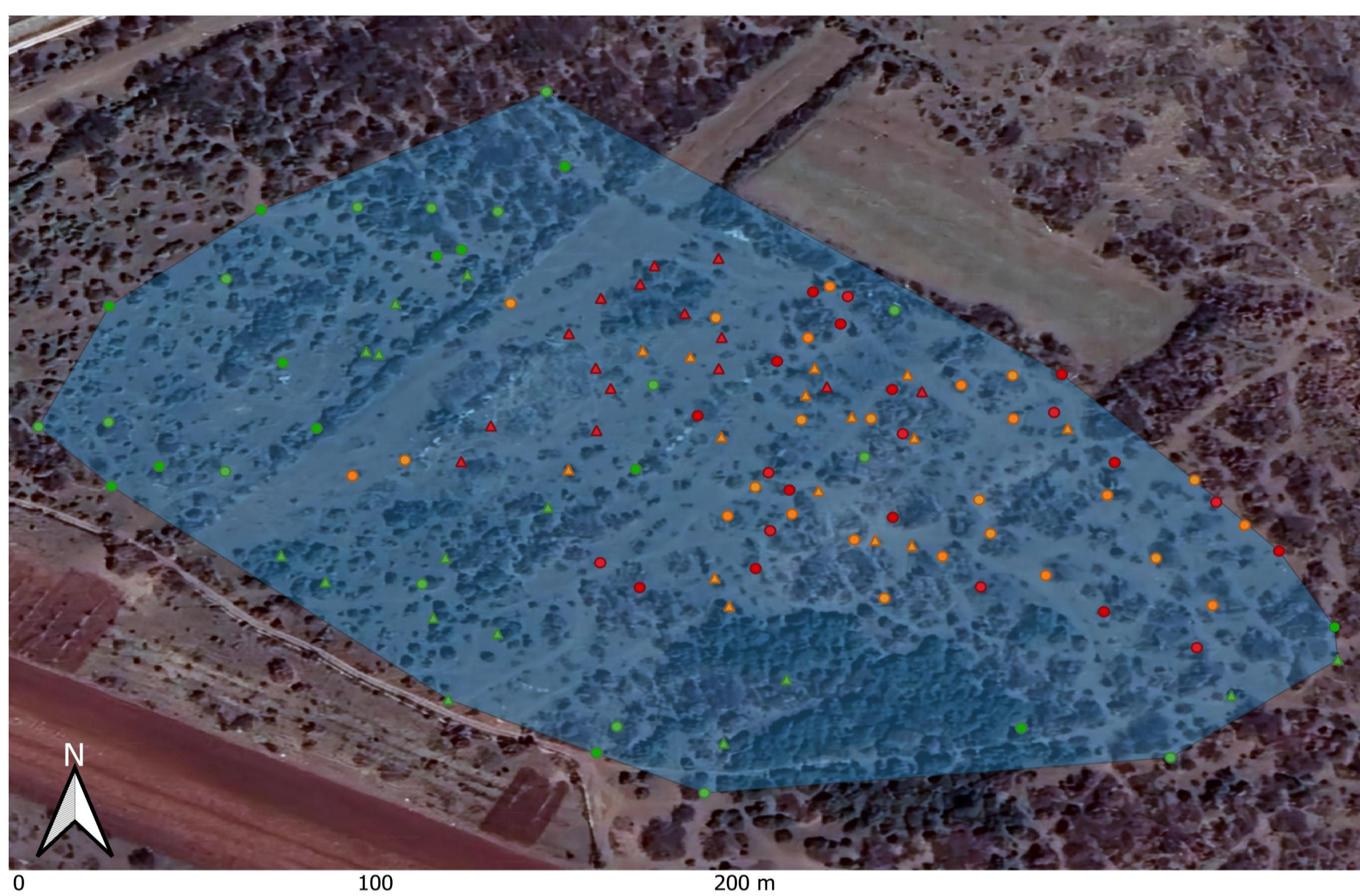
3. Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., Rundel, P. W. (2011). Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management. Cambridge University Press.
4. Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Úbeda, X., Bogunović, I. (2018). Post-fire soil management. Current opinion in environmental science and health, 5, 26-32.
5. Vaudour, E., Gomez, C., Fouad, Y., Lagacherie, P. (2019). Sentinel-2 image capacities to predict common topsoil properties of temperate and Mediterranean agroecosystems. Remote sensing of environment, 223, 21-33.

Kratak životopis doktoranda:



Iva Hrelja rođena je 05. 09. 1991. u Zagrebu. Diplomski studij "Agroekologija - usmjerenje Agroekologija" na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završila je 2016. godine. Od 2017. do 2019. bila je zaposlena kao stručni suradnik na Zavodu za Opću proizvodnju bilja, a od 2019. do danas zaposlena je kao asistentica na projektu HRZZ-a Erozijska i degradacijska tala Hrvatske (UIP-2017-05-7834 - SEDCRO) u sklopu kojeg piše doktorsku disertaciju na istom zavodu. Aktivno sudjeluje u provedbi više zavodskih projekata i vođenju studentskih praksi, projekata te završnih i diplomskih radova. Autorica je osam znanstvenih radova i osam sažetaka prezentiranih na međunarodnim skupovima. Njeni znanstveni interesi su daljinska istraživanja, precizna poljoprivreda i kemija tla. Usavršavala se na brojnim tečajevima i radionicama iz područja daljinskih istraživanja i geostatistike te je članica Hrvatskog tloznanstvenog društva.

SHEMA ISTRAŽIVANJA



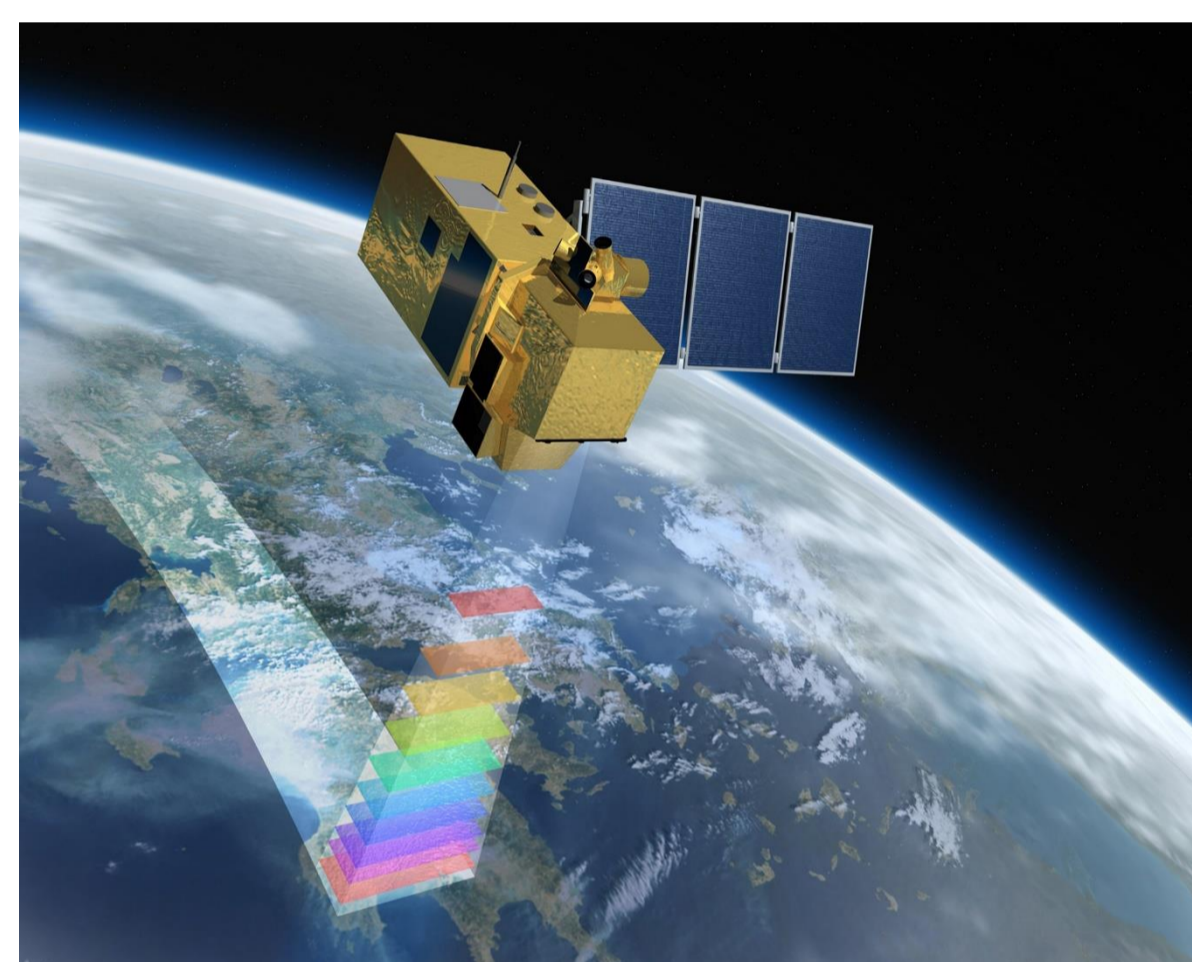
Različiti oblici označavaju vegetacijske vrste (krug označava uzorak pod *Quercus pubescens* Willd.; trokut označava uzorak pod *Juniperus communis* L.), a različite boje označavaju jačinu šumskog požara (zeleno - kontrola; narančasta - srednja jačina; crvena - visoka jačina)

UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

Požari su dio prirodne dinamike mediteranskog ekosustava te mogu uzrokovati trajne promjene i degradaciju tla. Stupanj degradacije tla ovisi o intenzitetu i jačini požara, tipu vegetacije, vremenskim uvjetima, tipu i teksturi tla te topografiji. Održivim upravljanjem zemljištem smanjuje se rizik od katastrofalnih požara i umanjuju negativne posljedice požara na tlo. Zbog toga monitoring tala nakon požara postaje sve važnija tema. Cilj istraživanja je primijeniti spektralne podatke dobivene iz satelitskih snimaka u monitoringu utjecaja požara na sadržaj organske tvari (OT) u tlu – jednog od ključnih pokazatelja kvalitete tla.

MATERIJAL I METODE

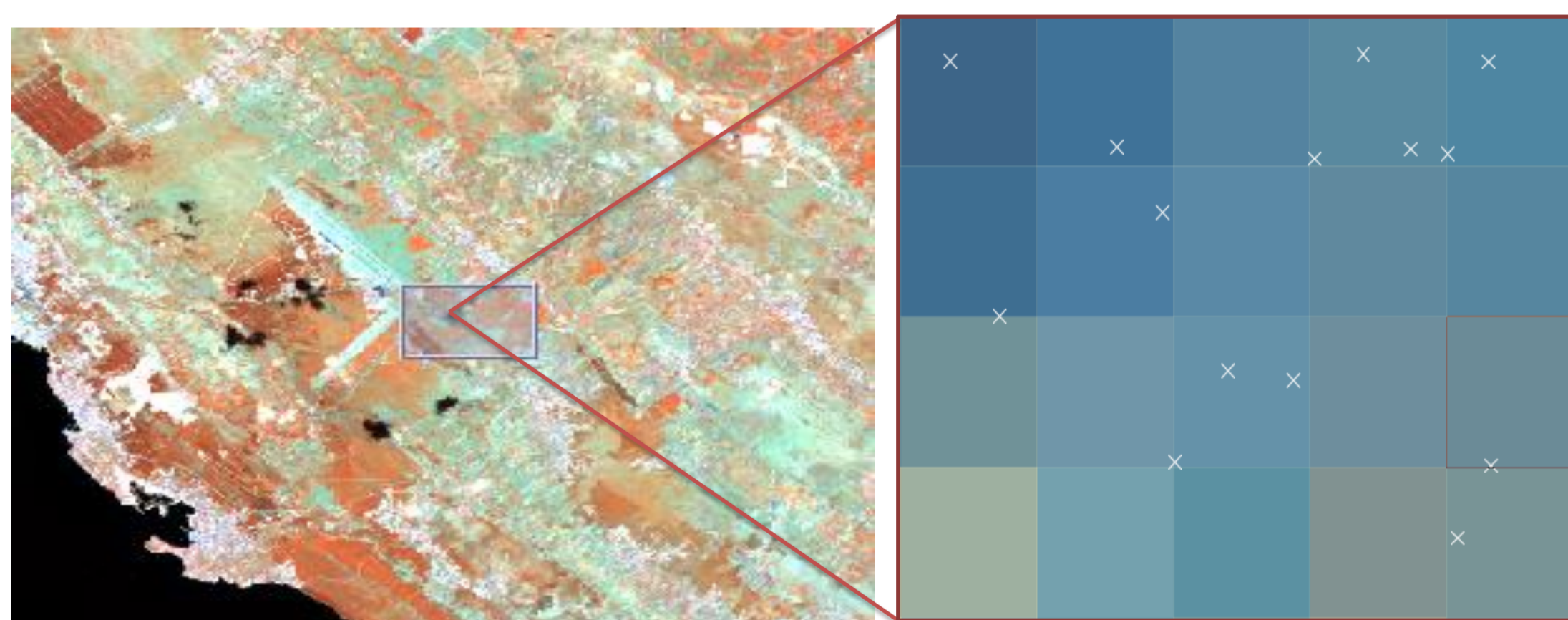
Istraživanje je provedeno u Zadarskoj županiji na približno 13.5 ha požarom zahvaćene šume *Quercus pubescens* Willd. i *Juniperus communis* L. Ukupno 120 uzoraka tla (0-5 cm dubine) prikupljeno je prema jačini požara i prema tipu vegetacije dva dana nakon požara, a sadržaj OT određen je metodom suhog spaljivanja na CHNS analizatoru. Obrađene su dvije satelitske snimke sa Sentinel-2 satelita sa osam vidljivo-blisko infracrvena (VIS-NIR) i dva kratkovalna infracrvena (SWIR) pojasa (Tablica 1). Spektralni podaci izdvojeni su iz odabranih 28 piksela prema georeferenciranim lokacijama uzorkovanja. Za procjenu sadržaja OT iz spektralnih podataka uspoređeni su linearni model parcijalne regresije najmanjih kvadrata (PLSR) i nelinearni model umjetnih neuronskih mreža (ANN). Uspješnost i točnost modela procijenjena je koeficijentom determinacije (R^2), korjenovanom srednjom kvadratnom pogreškom (RMSE) te omjerom performansi i odstupanja (RPD).



Sentinel-2 satelit (izvor: ESA)



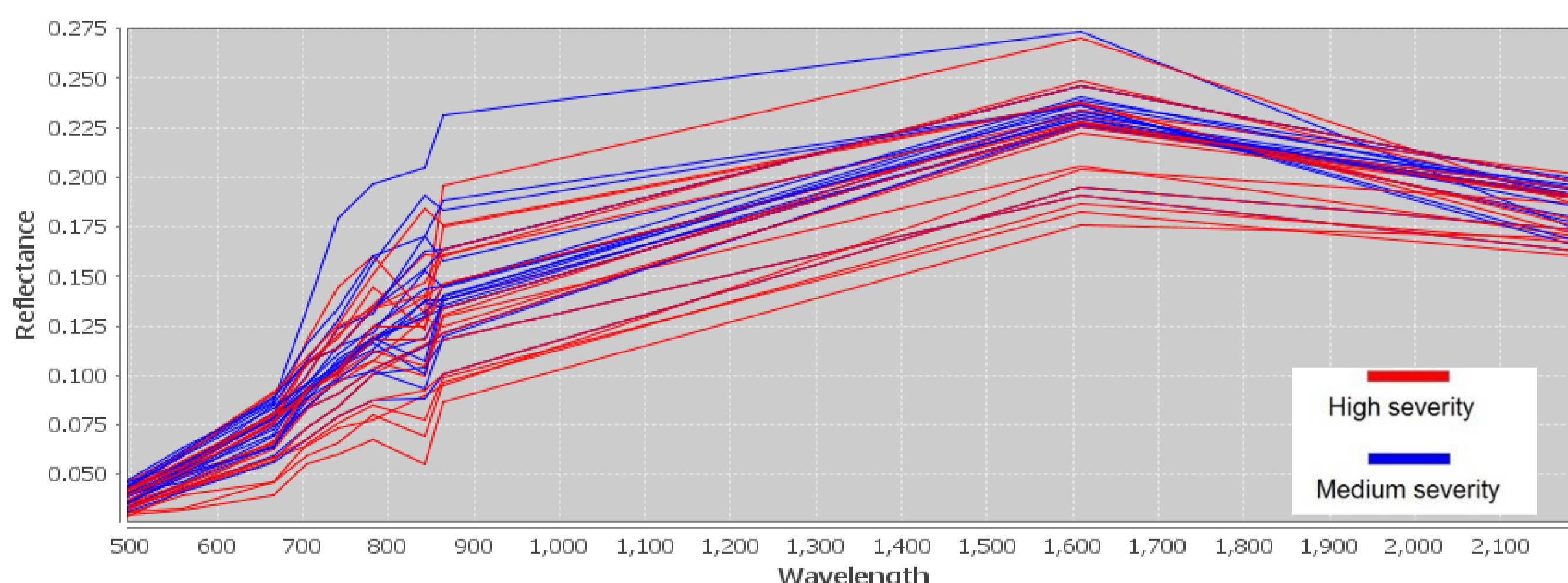
Terensko uzimanje uzoraka



Satelitske snimke lokacije požara (1 piksel = 10x10m) x označava geolocirane uzorke

Tablica 1. Sentinel-2 pojasevi korišteni u istraživanju

| Pojas | Spektralni raspon (nm) | Centralna valna duljina (nm) | Prostorna rezolucija (m) |
|-------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| B2 | 458-523 | 490 | 10 |
| B3 | 543-578 | 560 | 10 |
| B4 | 650-680 | 665 | 10 |
| B5 | 698-713 | 705 | 20 |
| B6 | 733-748 | 740 | 20 |
| B7 | 773-793 | 783 | 20 |
| B8 | 785-900 | 842 | 10 |
| B8A | 855-875 | 865 | 20 |
| B11 | 1565-1655 | 1610 | 20 |
| B12 | 2100-2280 | 2190 | 20 |



Spektralni podaci odabranih uzoraka

REZULTATI I ZAKLJUČCI

| OT (%) deskriptivna statistika | | | | | Performanse modela | | | | | RPD vrijednost | Klasifikacija modela | |
|--------------------------------|-----|------|------|------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| MIN | MAX | MEAN | SD | CV | | RMSE _C | RMSE _P | R ² _C | R ² _P | RPD | | |
| 5.46 | 9.7 | 7.02 | 1.14 | 0.16 | PLSR | 0.73 | 1.02 | 0.56 | 0.21 | 1.12 | < 1 | slab |
| | | | | | ANN | 0.77 | 0.77 | 0.88 | 0.88 | 1.48 | 1.4 < RPD < 1.8 | zadovoljavajući |
| | | | | | | | | | | | 1.8 < RPD < 2.0 | dobar |
| | | | | | | | | | | | 2.0 < RPD < 2.5 | vrlo dobar |
| | | | | | | | | | | | > 2.5 | odličan |

SD – standardna devijacija; CV – koeficijent varijacije; PLSR – parcijalna regresija najmanjih kvadrata; ANN – umjetna neuronska mreža; RMSE_C – korjenovana srednja kvadratna pogreška kalibracije; RMSE_P – korjenovana srednja kvadratna pogreška predikcije; R² – koeficijent determinacije; RPD – omjer performansi i odstupanja

ANN model automatskim učenjem strukture podataka pokazao se točnijim modelom jer je uspješnije povezao kompleksne nelinearne veze između spektralnog odaziva tla i sadržaja OT. Daljinska istraživanja pokazala su velik potencijal u analizi i praćenju OT tla u post-požarnom razdoblju čak i na malim površinama.