

Augmenijos įtakos radijo bangų sklidimui modeliavimas naudojant optinio spektro palydovinius duomenis

Modeling of radio wave propagation through vegetation using satellite-based optical band data

Rimvydas Aleksiejūnas, Gediminas Žukauskas, Vytautas Jonkus, Kęstutis Svirskas, Albert Cesiul
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, 10222 Vilnius
rivydas.aleksiejunas@ff.vu.lt

Radijo bangų sklidimui prie Žemės paviršiaus didelę įtaką daro sudėtingos aplinkos ir klimatinės sąlygos, todėl sklidimo nuostolių prognozavimui dažniausiai naudojami artūriniai empiriniai modeliai. Šie modeliai pagrįsti laipsnine atstumo funkcija, kurios rodiklis yra nustatomas iš eksperimentinių matavimų. Tačiau praktiškai atlikti matavimus didelėse teritorijose yra sudėtinga, todėl ieškoma kitų būdų, kaip nustatyti nežinomus sklidimo modelio koeficientus [1]. Daugiaspektriniai Europos kosmoso agentūros Sentinel-2 palydovai leidžia įvertinti augmenijos tankio kitimą kelių dienų intervalais [2]. Tai leidžia kurti sklidimo modelius su dinamiškai kintančiais parametrais. Šio darbo tikslas yra nustatyti koreliacines priklausomybes tarp augmenijos indeksų ir radijo bangų slopinimo rodiklių, kurių pagalba galima būtų sukurti sklidimo nuostolių prognozavimo algoritmą. Augmenijos indeksas NDVI yra aprašomas

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R), \quad (1)$$

čia ρ_R ir ρ_{NIR} yra atspindžio koeficientai matomoje raudonoje ir artimojoje infraraudonoje šviesoje. Sentinel-2 palydovų spektriniai atvaizdai yra apdorojami ir iš jų sudaromi augmenijos indeksų rinkiniai kiekvienai pasirinktai vietai. Naudojamas empirinis sklidimo nuostolių priklausomybės nuo atstumo d modelis

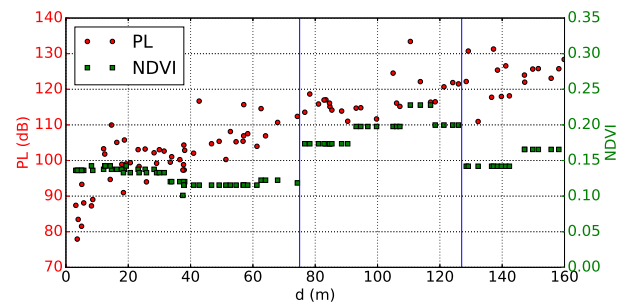
$$P_L(d) = P_L(d_0) + \alpha \cdot 10 \log_{10}(d/d_0) + X_\sigma, \quad (2)$$

čia d_0 atitinka minimalų nuostolių matavimo atstumą, o X_σ yra atsitiktinis dydis pasiskirstęs pagal lognormalųjį skirstinį. Sklidimo rodiklis α įvertinamas lyginant empirinį modelį su eksperimentiniais matavimų duomenimis.

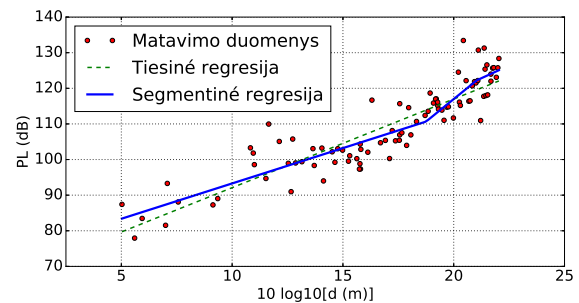
Eksperimentui buvo naudojamas sukonstruotas daiktų internetui skirtas duomenų perdavimo įrenginys su integruotu Texas Instruments radijo ryšio moduliu CC1200, veikiantis 868 MHz dažniu. Programinį kodą valdo NXP mikrovaldiklis LPC1114, kuris radijo signalo matavimo rezultatus registruoja naudodamas abipusio patvirtinimo metodą. Gauti signalo lygio duomenys susiejami su GPS koordinatėmis, kurios atvaizduoja judančio modulio poziciją realiu laiku.

Žemiau pateikiamas 2017 m. birželio mėn. matavimų pavyzdys iš Kauno miesto Ažuolyno rajono lapuočių medžių miško. Iš Sentinel-2 palydovo duomenų nustatytas NDVI išilgai matavimų trajektorijos ir radijo bangų sklidimo nuostoliai yra parodyti 1 pav. Visas matavimo atstumų intervalas padalintas į tris dalis, kuriose NDVI indeksas įgyja skirtingas reikšmes. Sklidimo nuostolių aproksimavimas tiesine ir segmentine regresija pateiktas

2 pav. Naudojant tiesinę regresiją pasiekiamas 5.25 dB, o segmentinės regresijos atveju – 4.81 dB vidutinis kvadratinis nuokrypis. Kiekvieno atstumo intervalo rezultatai pateikti 1 lentelėje.



1 pav. Radijo bangų sklidimo nuostolių P_L ir augmenijos indekso NDVI priklausomybė nuo atstumo d .



2 pav. Sklidimo nuostolių priklausomybės nuo atstumo aproksimavimas tiesine ir segmentine regresija.

1 lentelė. Sklidimo nuostolių rodiklio α ir NDVI vertės skirtingiems atstumo intervalams.

d (m)	α	σ_{PL} (dB)	NDVI	σ_{NDVI}
0 – 75	1.98	4.90	0.13	0.01
75 – 127	5.06	4.46	0.19	0.02
127 – 160	2.84	4.99	0.15	0.02

Tokiu būdu galima sudaryti empirinį radijo bangų sklidimo modelį, priklausantį nuo augmenijos tankio indekso ir patikslinantį įprastai naudojamą tiesinės regresijos modelį.

Reikšminiai žodžiai: radijo bangos, sklidimo nuostoliai, palydoviniai duomenys

Literatūra

- [1] S. Jiang et al., 39th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks Workshops, 592–596, September 2014.
- [2] M. Drusch et al., Remote Sensing of Environment, **120** 25 (2012).