HODNOCENÍ VLIVU DISTURBANCÍ LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ (NA ŠUMAVĚ A V NÍZKÝCH TATRÁCH) POMOCÍ ČASOVÝCH ŘAD DAT SENTINEL-2 A LANDSAT: NORMALIZACE DAT LANDSAT JAKO SOUČÁST PREPROCESINGOVÉ FÁZE ZPRACOVÁNÍ DAT

Josef LAŠTOVIČKA[1], Přemysl ŠTYCH[1], Pavel ŠVEC[2], Daniel PALUBA[1], Radovan HLADKÝ[1], Martin RIEDL[1]

[1] Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 43, Praha, Česká republika
lastovj1@natur.cuni.cz

[2] Katedra geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 00, Ostrava, Česká republika

pavel.svec1@vsb.cz

Abstrakt

Práce se zabývá hodnocením stavů lesních ekosystémů v letech 2015, 2016 a 2017 v oblasti Nízkých Tater a na Šumavě pomocí dat Landsat a Sentinel-2. Pro analýzy byly využity vegetační indexy NDVI a NDMI. Ve vybraných lokalitách byly pozorovány kalamitní stavy způsobené biotickými i abiotickými přírodními kalamitami a porovnány s lokalitami bez proběhlých disturbancí. Na příkladu těchto lokalit je zobrazena rozdílnost dvou typů satelitních dat Landsat a Sentinel-2. Právě data Sentinel-2 pak představují data s lepším prostorovým rozlišením a také s vyšším temporálním pokrytím umožňující pozorovat krátkodobé (jednoleté) i dlouhodobé (víceleté) časové řady vegetačních indexů k detailní analýze zkoumaných území. Temporální stránka dat Sentinel-2 navíc umožňuje tvorbu časových řad i bez nutnosti preprocesingu dat určených ke komparabilitě dat v čase (např. normalizací dat), který je mnohdy u dat s nižším temporálním rozlišením opomíjen.

Klíčová slova: Lesní ekosystémy; Senitel-2, Landsat; normalizace; vegetační indexy.

Abstract

The work is focused on evaluating the forest vegetation changes from 2015, 2016 and 2017 in the Low Tatras National Park (Slovakia) and Sumava National Park (Czechia) using the Time Series Sentinel-2 and Landsat images. The analysis of the Time Series were based on the evaluation of the development of NDVI and NDMI; in four different types of localities selected according to the type of forest vegetation damage (bark beetle dead trees, forest recovery mode after wind and bark beetle calamities and two areas without disturbances). The trajectories of the values of the vegetation indices were compared with the in-situ data, aerial photos and long periods of the time series from the Landsat mission. The areas were damaged by wind and bark beetle calamities, which strongly influenced the state of health of the forest vegetation at the end of the 20th and beginning of the 21st century. The results confirmed the excellent abilities of the NDVI and NDMI vegetation indices and also brought yearly variabilities in the forest ecosystems. Usage of the Sentinel-2 data in the research of long-term forest vegetation changes in the future has relevance and perspective due to the free availability and distribution of the forest ecosystem data. The temporal resolution of Sentinel-2 brings information about heterogenity of the ares in time. It can be a reason for normalization of data with the lower temporal resolution as Landsat (for compare the index values from the different times).

Keywords: Forest ecosystems; Sentinel-2; Landsat; normalizations; vegetation indices.

ROZŠÍŘENÝ ABSTRAKT

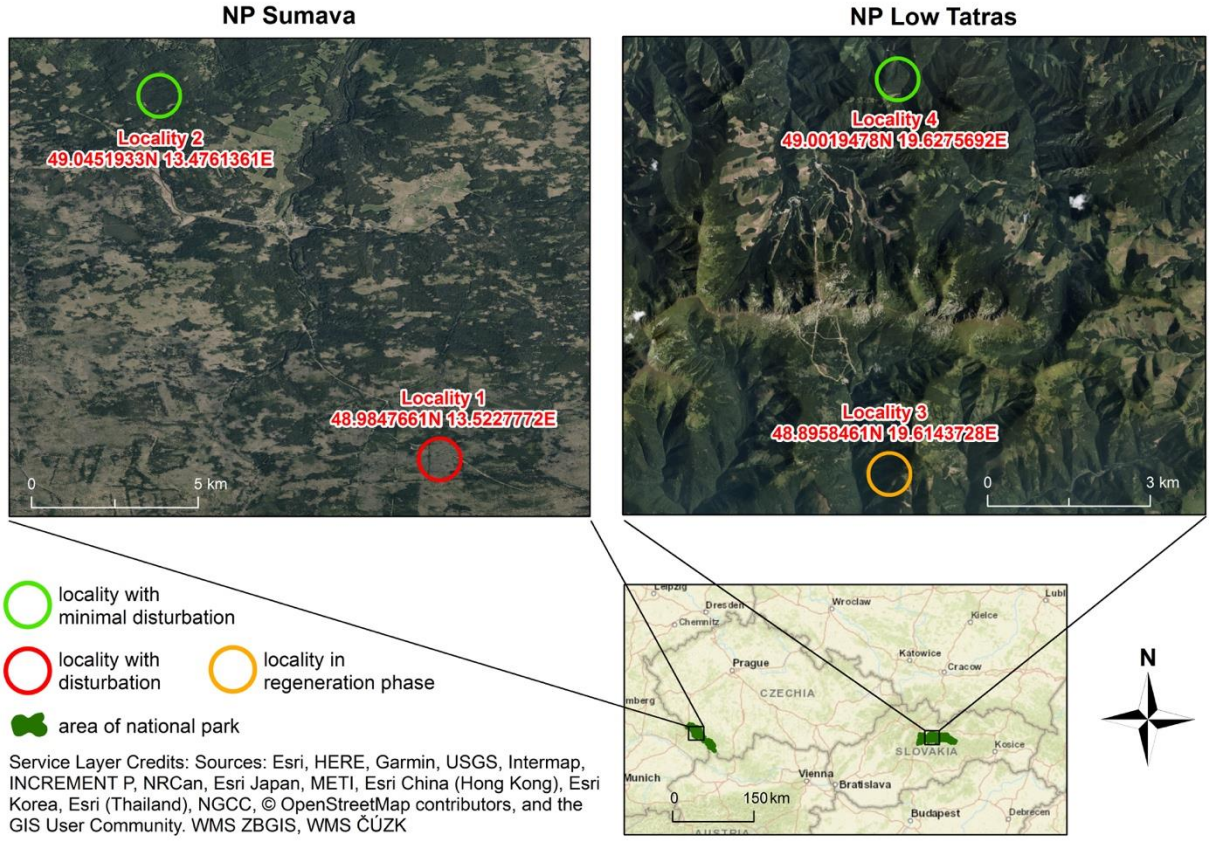
Práce je zaměřena na studium lesních ekosystémů v oblasti Šumavy a Nízkých Tater. Právě zdejší lesní ekosystémy utrpěly v minulosti četné problémy s kůrovcovými kalamitami (obr. 1) a jinými biotickými škůdci (např. mykózami). Vlivem změn klimatu, abiotickým (např. větrným kalamitám či antropogenní činnosti) a také vlivem výsadby nepůvodních dřevin do těchto lokalit došlo k masivnímu nárůstu těchto typů kalamit, které silně ohrožují lesní hospodářství a ochranu biodiverzity v národních parcích a chráněných oblastech. Kalamity není často jednoduché lokalizovat v prvotním stádiu útoku, a právě data DPZ díky dobrému prostorovému a temporálnímu rozlišení mohou být nápomocny k lokalizaci a zamezení šíření škůdců do dalších lokalit. Analýze zdravotních stavů lesních ekosystémů je věnován i tento konferenční příspěvek, který má za úkol seznámit širší odbornou veřejnost s možnostmi soudobých DPZ technologií při detekci lesních kalamit. K těmto účelům máme dostupnou celou řadu dat, pokud se však zaměříme na volně dostupná data bez poplatků, získáme pouze dvě možnosti s relativně vhodným prostorovým rozlišením, a to data optická Sentinel-2 a Landsat. Oba typy dat mají své odlišnosti (obr. 2). Prvním z nich je zejména prostorové rozlišení a také radiometrické rozdíly mezi senzory jednotlivých misí. Nesmíme též opomenout na temporální rozlišení pozorovaných senzorů, kdy u mise Landsat máme k dispozici snímek stejného území každých 16dní, avšak u dat Sentinel-2 se dostáváme na řádově nižší rozmezí přinášející zlomové informace z pohledu na homogennost prostředí v čase. Nesmíme však opomenout fakt, že data jsou též ovlivněna možnou oblačností, která je pro lokality národních parků a obecně lesních ekosystémů či chráněných lokalit velmi častá. V minulosti bylo uvažováno též vytvoření kompatibilní sady dat obou misí, avšak preprocessing těchto dat je velmi náročným úkolem (podařilo se u dat LSH dat). Referát pak poukazuje na dostupnost a možnosti časových řad, které jsou v dnešní době možné získat. Dostáváme se totiž do období éry big dat, kdy máme v cloud úložišti veškerá dostupná data našeho pozorovaného území a pomocí aplikací umožňující skriptování (např. Sentinel-Hub nebo Google Earth Engine) jsme schopni provádět analýzy těchto dat velmi rychle v čase. Tím se však dostáváme k druhé části problému, který spočívá v komparabilitě dat geo-pozičně stejného, avšak nehomogenního prostředí v čase, u něhož se mění počasí, období sucha, vlhka, fenologická fáze a další parametry. Dalším problémem pro správné porovnání je u dat Landsat kompatibilita a návaznost dat odlišných senzorů. Odlišnosti v citlivosti a chyby přinášející obecné stárnutí senzorů se velmi špatně kvantifikují. Právě data s vyšším temporálním rozlišením jednoho senzoru potvrzují poměrně velké rozdíly rostoucí s nárůstem termínu od pořízení u dvou porovnávaných snímků. Dříve nebyl dostupný jiný zdroj dat, tudíž nebylo možné tyto změny nehomogenity prostředí kvantifikovat. Pokud máme dostatek snímků z daného roku můžeme vytvářet pomocí interpolací statistických (např. IDW či klouzavý průměr, spline atp.) nebo geostatistických (např. Ordinary Kriging) předpokládaný průběh křivky a také predikovat jejich extrapolaci. Docházíme tedy k závěru nutnosti normalizace dat s nízkým temporálním rozlišením pro možnou komparabilitu těchto dat, a to i u dat s proběhlými atmosférickými korekcemi (jako je např. Landsat Level 2 / Surface Reflectance / Climate Data Record data). Z hlediska metod máme k dispozici celou řadu typů normalizací, velmi často je pak používána normalizace BRDF, IR-MAD či PIF. V současné době se též tyto typy normalizací implementují do nových verzí algoritmů určených k tvorbě časových řad (např. LandsatLinkr nahrazující LandTrendr, kde byly normalizace zcela zanedbány). Abychom však prokázali nutnost a případnou funkčnost normalizací, je potřeba provést velmi důkladnou analýzu dat. Tento referát se tedy zaobírá především představením tohoto problému a také poukázáním rozdílností datových sad. A v neposlední řadě také nehomogenitou pozorovaných lokalit v čase (obr. 3). Pro pozorování zdravotních stavů daných lokalit bylo užito dat Landsat 4-8 a také Sentinel-2 a vegetačních indexů NDVI a NDMI (tab. 1). Na referát bude navazovat příspěvek do periodika European Journal of Remote Sensing, který bude zaměřen na kvantifikaci změn a na kvantifikaci nestálosti pozorovaného prostředí dokazující nutnost normalizací, případně alternativních preprocessingových kroků (klasifikace v čase, spectral mixing metody, metody fúzí dat atp. na tyto články byly věnovány předchozí vybrané příspěvky, případně jim bude věnována pozornost v budoucnu) pro úpravu dat s nízkým temporálním rozlišením pro tvorbu komparabilních časových řad.

Obr. 1. Kůrovcová kalamita na Šumavě

Mission	Radiometric Resolution	Temporal Resolution	Spectral Band	Coastal/Aerosol	Blue	Green	Red	NIR 2	NIR 3	NIR 4	NIR 1	Sa -NIR 1	Atmospheric/Water Vapour	Cirrus	SWIR 1	SWIR 2	Panchromatic	Thermal Infrared 1	Thermal Infrared 2
Sentinel-2	12 bit	5-day	Wavelength (µm)	0,43–0,46	0,44–0,54	0,54–0,58	0,65–0,68	0,69–0,71	0,73–0,75	0,77–0,80	0,77–0,91	0,85–0,88	0,93–0,96	1,34–1,41	1,54–1,68	2,08–2,32	–	–	–
			Spatial resolution (m)	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20	20	–	–	–
Landsat 8	12bit (Level 2 16bit rescaled)	16-day	Wavelength (µm)	0,43–0,45	0,45–0,51	0,53–0,59	0,64–0,67	–	–	–	0,85–0,88	–	–	1,36–1,38	1,57–1,65	2,11–2,29	0,50–0,68	10,60–11,19	11,50–12,51
			Spatial resolution (m)	30	30	30	30	–	–	–	30	–	–	30	30	30	15	100	100
Landsat 7	8bit (Level 2 16bit rescaled)		Wavelength (µm)	–	0,45–0,52	0,52–0,60	0,63–0,69	–	–	–	0,77–0,90	–	–	–	1,55–1,75	2,08–2,35	0,52–0,90	10,40–12,50	
			Spatial resolution (m)	–	30	30	30	–	–	–	30	–	–	–	30	30	15	60	
Landsat 4 and 5			Wavelength (µm)	–	0,45–0,52	0,52–0,60	0,63–0,69	–	–	–	0,76–0,90	–	–	–	1,55–1,75	2,08–2,35	–	10,40–12,50	
			Spatial resolution (m)	–	30	30	30	–	–	–	30	–	–	–	30	30	–	120	

Source: ESA (2015): Sentinel-2 User Handbook. European Space Agency. USGS (2018): Landsat 8 Misson (https://landsat.usgs.gov/landsat-8-mission), Landsat 7 History (https://landsat.usgs.gov/landsat-7-history), Landsat 5 History (https://landsat.usgs.gov/landsat-5-history), Landsat 4 History (https://landsat.usgs.gov/landsat-4-history).

Obr. 2. Rozdíly mezi misí Sentinel-2 a misemi Landsat



Obr. 3. Zkoumané lokality

Tab 1. Porovnávané vegetační indexy

Vegetační index	Rovnice	Reference
NDVI	(NIR-RED)/(NIR+RED)	Birth a McVey (1968)
NDMI	(SWIR-NIR)/(SWIR+NIR)	Gao (1996)

CELÝ ČLÁNEK

Článek je připravován do periodika European Journal of Remote Sensing: An evaluation of the influence of the disturbances on forest vegetation using the time series Sentinel-2, a case study of the Low Tatras National Park and Sumava National Park. Ke konferenčnímu číslu EARSeL Chania 2018. Článek systematicky navazuje na průzkum metod a zpracování analýz v oblastech lesních ekosystémů výzkumného týmu pod vedením doc. Přemysla Štycha:

Stych, P.; Lastovicka, J.; Hladky, R.; Paluba, D. Evaluation of the Influence of Disturbances on Forest Vegetation Using the Time Series of Landsat Data: A Comparison Study of the Low Tatras and Sumava National Parks. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2019**, *8*, 71.

Paluba, Daniel & Stych, Premysl & Lastovicka, Josef. (2018). Hodnotenie metód a dát DPZ pre účely klasifikácie krajinnej pokrývky na príklade bývalých vojenských obvodov Brdy a Ralsko. 26. 76-90.

Stych, Premysl & Paluba, Daniel & Lastovicka, Josef & Outrata, David & Hladký, Radovan. (2018). Hodnocení změn krajinného pokryvu bývalého vojenského újezdu Brdy pomocí dálkového průzkumu Země [Evaluation of the land cover changes in the former military training area Brdy using remote

Lastovicka, J., Hladky, R., Stych, P., Holman, L. (2017). Evaluation of Forest Disturbances in the Low Tatras National Park Using Time Series of Satellite Images. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgem.org, SGEM2017 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-03-4 / ISSN 1314-2704, 29 June - 5 July, 2017, Vol. 17, Issue 23, 87-100 pp, DOI: 10.5593/sgem2017/23/S10.012

Štych, P., Laštovička, J., Hladký, R., Kabrda, J. (2017): České lesy od neolitu po současnost. Přírodovědci 3/2017.

PODĚKOVÁNÍ

Rádi bychom poděkovali Univerzitě Karlově (Přírodovědecká fakulta), za jejíž pomoci byl projekt podpořen Univerzitním výzkumným centrem UK UNCE/HUM/018 a také Univerzitě Karlově GAUK (číslo projektu 512217 (v letech 2017–2019), autor: Josef Laštovička, název: Hodnocení vlivu disturbancí na lesní ekosystémy v Česku a na Slovensku pomocí metod DPZ).