

Dr. Ing. Tomáš BUCHA  
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav  
T. G. Masaryka 22  
960 92 Zvolen

---

## Oponentský posudok

na dizertačnú prácu **Hodnocení lesní vegetace pomocí časových řad družicových snímků**,  
predkladateľa Mgr. Josefa Laštovičku

### 1. Aktuálnosť riešenej problematiky a ciele projektu

Predkladaná dizertačná práca rieši problematiku uplatnenia optických multispektrálnych družicových snímkov a ich časových radov pri hodnotení stavu lesných ekosystémov v oblasti strednej Európy. Využitie údajov DPZ – ako nástroja na efektívne hodnotenie stavu lesov poškodených biotickými a abiotickými disturbanciami – je odozvou na aktuálne problémy dopadov klimatickej zmeny na lesné ekosystémy a spoločenský, hospodársky a technologický vývoj v posledných rokoch súvisiaci s multifunkčným využívaním a ochranou lesov. Ide teda o skĺbenie aktuálnej témy a modernými technickými prostriedkami, pomocou ktorých je možné naplniť vymedzené ciele práce.

Hlavným cieľom práce je vývoj a testovanie metód pre detekciu zmien lesných ekosystémov a pre hodnotenie ich zdravotného stavu pomocou časových radov. Práca je primárne zamarená na využitie voľne dostupných dát s vysokým priestorovým rozlíšením z misie Landsat a Sentinel-2 a ich porovnanie s dátami s veľmi vysokým rozlíšením WorldView-2.

Hlavný cieľ je rozvedený do 9 čiastkových cieľov. Tie sa v prvej časti dizertačnej práce koncentrujú na výskum novorozvíjaných per-pixelových a sub-pixelových klasifikačných metód. Pri per-pixel kvalifikátoroch išlo o Neural Network, Support Vector Machine a Maximum Likelihood, ktoré boli medzi sebou vzájomne otestované a porovnané pri detekcii tried krajinej pokrývky chránených území. Pri sub-pixelovej klasifikácii sa výskum sústredil na preverenie vhodnosti použitia Spectral Unmixing metód, konkrétne Support Vector Regression a Random Forest Regression pre detekciu kôrovcových kalamít.

Druhá časť dizertačnej práce sa zaoberá využitím dát Landsat a Sentinel-2 k tvorbe časových radov s využitím pomerových i ortogonálnych vegetačných indexov k detekcii disturbancií a fázy obnovy lesa po disturbancii. Využité boli viac-menej štandardne indexy, oceňujem však, že doktorand otestoval aj možnosti pre efektívne spracovanie časových radov prostredníctvom cloud-based technológií, a to konkrétne cez platformu Sentinel Hub.

Hlavný cieľ aj čiastkové ciele práce boli formulované jasne a zrozumiteľne. Je však na škodu veci, že všetkým cieľom chýbalo finále. A to záver, ktorý by im dával zmysel a vytvoril ich synergický efekt. Záver, ktorý by transformoval a sumarizoval získané poznatky z jednotlivých štúdií do ucelených odporúčaní pre manažment lesa a ochrany prírody. Praktický dopad výsledkov tak ostal rozptýlený v čiastkových štúdiách, kde sú sformulované partikulárne odporúčania.

### 2. Rozbor problematiky a zvolené metodické prístupy

Rozbor problematiky je spracovaný na dobrej úrovni, vhodne štruktúrovaný so sústredením sa na dva z pohľadu práce kľúčové okruhy, a to na metódy klasifikácie družicových dát a spracovania ich časových radov a na problematiku detekcie disturbancií lesných ekosystémov.

Sporná je citácia na str. 120, kde je v súvislosti s kalamitami podkôrneho hmyzu v strednej Európe uvedené „... *Their overgrowth is closely related to the climate change and the spread of non-indigenous coniferous trees in central Europe, e.g., spruce (Picea abies) [48]*“. Je preukázané, že v karpatsko-hercýnskom alpsko-dinárskom pásme je smrek pôvodnou drevinou. Problémom je jeho výskyt na nepôvodnom stanovišti alebo aj nadmerné zastúpenie na pôvodnom stanovišti.

Metodické postupy uplatnené pri jednotlivých štúdiách považujem za správne a na vysokej teoretickej úrovni. Zohľadnené sú poznatky domácej aj zahraničnej literatúry. Kvalitu jednotlivých štúdií prirodzene zvýšil fakt, že ich autormi je riešiteľský kolektív, ktorých bol doktorand členom. K použitým postupom mám niekoľko odborných podnetov a otázok:

V štúdií *Hodnotenie metód a dát DPZ pre účely klasifikácie krajiny pokrývky na príklade bývalých vojenských obvodov Brdy a Ralsko (str. 46)* bolo hlavným cieľom porovnať presnosť v súčasnosti najznámejších klasifikačných algoritmov (ML – Maximum Likelihood a SVM – Support Vector Machine) na dvoch typoch vstupných dát (Landsat 8 a Sentinel-2). Predpokladalo sa, že algoritmus SVM a zároveň klasifikácie snímok Sentinel-2 budú mať vyššiu presnosť než algoritmus ML, resp. dáta z Landsat 8.

**Otázka 1:** SVM je citlivé na nastavenie parametrov klasifikácie. ML zas umožňuje pracovať s apriórnymi poznatkami o výskyt jednotlivých tried. Spravidla ich začlenenie do procesu klasifikácie vedie k zvýšeniu správnosti klasifikácie. Do akej miery by zahrnutie apriórnych poznatkov mohlo ovplyvniť závery štúdie na str. 54, že SVM „sa javí lepší a presnejší“ ako ML?

**Otázka 2:** Ako by ovplyvnilo uplatnenie apriórnych poznatkov v metóde ML klasifikáciu tried s veľmi malým zastúpením?

V práci *Evaluation of the influence of disturbances on forest vegetation using Landsat time series; a case study of the Low Tatras National Park* je na str. 151 správne venovaná primeraná pozornosť rádiometrickemu zjednoteniu časového radu družicových snímok. Zvolený bol štandardný postup relatívnej rádiometrickej normalizácie s využitím pseudo-invariantných objektov (PIF-Based Linear Regression Method).

**Otázka 3:** Ako PIF boli primárne využité mestské plochy, námestia a cesty. Vzhľadom na cieľ – porovnanie vegetačných indexov – nemusí byť však takýto výber pre rádiometrickú normalizáciu optimálny. Nebolo by vhodnejšie využiť ako PIF lesnú vegetáciu, na ktorej nedošlo k zmenám stavu?

**Otázka 4:** Štúdie využívajúce časové rady snímok Sentinel-2 a Landsat pri hodnotení dopadov disturbancií na lesnú vegetáciu sa obmedzili na „tradičné“ časové obdobie vegetačnej sezóny. Doteraz pritom nebolo dostatočne preskúmané využitie údajov mimo vegetačného obdobia. Čo viedlo predkladateľa práce neanalyzovať mimovegetačné obdobie?

Z pohľadu dodržania metodológie vedeckej práce za slabinu možno považovať chýbajúcu formuláciu hypotéz pri cieľoch dizertačnej práce (kapitola Úvod). Formulácia výskumných predpokladov a predikcia výsledkov výskumu je kľúčová časť odbornej práce, nakoľko voľba a stanovenie hypotéz determinujú celú jej štruktúru, ako aj obsahové zameranie vrátane interpretácie dát a diskusiu. Čiastočne je tento nedostatok eliminovaný v jednotlivých štúdiách, avšak hypotézy nie sú ani v priložených článkoch definované dostatočne explicitne.

Ďalšia pripomienka smeruje k výberovému postupom, stanovenie rozsahu výberu a hodnoteniu správnosti a presnosti klasifikácie. Vo väčšine štúdií sú podrobne opísané použité dáta vrátane referenčných, avšak v štúdiách nie sú uvedené a zdôvodnené uplatnené výberové postupy a stanovenie rozsahu výberu pre tréningové a referenčné údaje. Napr. v štúdií *Hodnocení změn krajinného pokryvu bývalého vojenského újezdu Brdy pomocí DPZ* je na str. 32 uvedené „Po vytvoření dostatečného množství tréningových ploch (Tab. 2) rozmístěných rovnoměrně po celém zkoumaném území ...“

**Otázka 5:** Čo znamená dostatočné množstvo tréningových plôch? Čo znamená rozmiestnených rovnomerne – o aký výber ide?

Pri hodnotení správnosti a presnosti klasifikácie je spravidla použitá chybová matica, čo je štandardný prístup. Je potrebné však uviesť, že správnosť a presnosť klasifikácie je ovplyvnená viacerými faktormi vrátane rozsahu výberu a výberovým postupom. V citovanej literatúre nenachádzam odvolávky na literatúru venujúcu sa uvedenej problematike. Referenčnou literatúrou v tejto oblasti je práca *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data - Principles and Practices*, Russell G. Congalton; Kass Green, ktorú odporúčam využiť v ďalšej vedeckej práci doktoranda.

### 3. Výsledky práce, prínos pre ďalší rozvoj vedy a techniky

Dizertačná práca posúva súčasné vedecké poznanie v oblasti využitia nových metód pre detekciu zmien lesných ekosystémov a pre hodnotenie ich zdravotného stavu pomocou časových radov družicových dát. Otvorená ostáva otázka využitia získaných poznatkov aj vzhľadom na absentujúcu ucelenú formuláciu odporúčaní pre prax ochrany prírody a manažmentu lesov.

Možným príkladom konkrétneho využitia získaných poznatkov je ich implementácia do celorepublikového monitorovacieho systému hodnotenia aktuálneho zdravotného stavu lesných porastov a ich krátko- a strednodobých trendov zo satelitných údajov opísaný v práci P. Lukeš a kol. (2018) „*Hodnocení zdravotního stavu lesních porostů v České republice pomocí satelitních dat Sentinel*“ ( [http://www.uhul.cz/images/aktuality\\_doc/Methodika\\_-\\_final.pdf](http://www.uhul.cz/images/aktuality_doc/Methodika_-_final.pdf) ). Tento monitorovací systém je inovatívny z viacerých hľadísk, ktoré boli predmetom riešenia v dizertačnej práci: Ide o 1. automatizáciu zberu dát a ich predspracovania; 2. cloudové a paralelné riešenie spracovanie satelitných snímok ; 3. odvodenie LAI zo Sentinelu a preukázanie vhodnosti tohto parametra pre hodnotenie zdravotného stavu porastov; 4. aplikácia algoritmov neurónových sietí pri hľadaní optimálneho predikčného modelu LAI.

Odporúčam predkladateľovi dodatočne sa oboznámiť s uvedenou prácou a v rámci obhajoby uviesť možné prieniky a prepojenia na spomínaný monitoring, ktoré vyplývajú z jeho dizertačnej práce a boli by vhodné pre ďalší vývoj systémového monitoringu stavu a vývoja lesov pomocou metód DPZ v Českej republike.

### 4. Celkové zhodnotenie a záver

Oceňujem výsledky dosiahnuté pri riešení dizertačnej práce. Práca ma vysokú teoretickú a vedeckú informačnú hodnotu. Predkladateľ práce preukázal rozsiahlu teoretickú znalosť problematiky a praktickú schopnosť spracovania a klasifikácie družicových dát s využitím najnovších klasifikačných algoritmov a cloudových technológií. Konštatujem, že ciele práce boli splnené.

Na základe uvedeného navrhujem, po adekvátnom zodpovedaní položených otázok, udeliť predkladateľovi práce titul „philosophiae doctor“.

Vo Zvolene, 6. septembra 2020



Dr. Ing. Tomáš Bucha