

Název práce: **Využití hlubokého učení pro mapování vegetace na horní hranici lesa z dat dálkového průzkumu**

Autor: Jakub Dvořák

Metody hlubokého učení se v posledních letech výrazně prosazují ve zpracování dat dálkového průzkumu pro rozpoznávání objektů, klasifikaci obrazu či detekci změn. Prvním cílem bakalářské práce proto bylo podat aktuální přehled metod hlubokého učení, popsat jejich základní princip a zhodnotit jejich využití v dálkovém průzkumu. Druhým cílem pak bylo použít konkrétní architekturu vybrané konvoluční sítě pro klasifikaci porostů kosodřeviny a smrku na horní hranici lesa a porovnat toto řešení s „klasickými“ přístupy pro klasifikaci obrazu (klasifikace maximum likelihood a vybrané algoritmy strojového učení). Toto zaměření praktické části bakalářské práce bylo motivováno dalším využitím autorem navržené metodiky v rámci projektu KRNAP „Stanovení aktuální horní hranice lesa a její dynamiky v Krkonošském národním parku“ (VZ 33/2018), na němž spolupracuje katedra fyzické geografie a geoekologie s katedrou aplikované geoinformatiky a kartografie pod vedením doc. Václava Tremla.

Bakalářská práce v rozsahu 75 stran včetně všech příloh je členěna do 7 kapitol. Po stylistické stránce se jedná o velmi kvalitní odborný text, logicky uspořádaný, kompaktní, ale přesto čtivý. Cíle práce jsou jasně definovány v úvodní kapitole. Druhá, nejrozsáhlejší kapitola podává ucelený pohled na současný stav poznání v oblasti využití neuronových sítí v dálkovém průzkumu. Opírá se o přibližně 120 z valné většiny recentních článků (2015-2020), online dokumentací a výukových materiálů. Podává přehled základních architektur neuronových sítí a jejich vývoje, věnuje se problematice trénování neuronových sítí, aplikacím hlubokého učení v dálkovém průzkumu a v neposlední řadě zhodnocení stávajících implementací algoritmů hlubokého učení v dostupných proprietárních a otevřených softwarových produktech pro GIS a dálkový průzkum. Autor přistupuje k jednotlivým zdrojům kriticky zejména v kontextu jejich dalšího využití v praktické části práce. Vedle své relevance pro vlastní bakalářskou práci lze tuto kapitolu využít jako cenný a přehledný zdroj při tvorbě dalších výukových materiálů týkajících se problematiky hlubokého učení pro zpracování obrazu.

Třetí kapitola podrobně popisuje zájmové území a použitá data, u nichž autor zdůrazňuje problémové vlastnosti (mozaika snímků z různých termínů a úhlů snímání), které mají vliv na výsledek jejich klasifikace. Čtvrtá kapitola seznamuje s navrženou metodikou klasifikace smrku a kleče v oblasti krkonošské horní hranice lesa z multispektrálních snímků. Zde je třeba vyzdvihnout vlastní autorův přínos i) v modifikaci konvoluční sítě U-Net, kterou pracovníě nazval KrakonosNet, a ii) experimentování s poměrem velikosti trénovacích/validačních množin a vlivu tohoto poměru na výsledek klasifikace v závislosti na použitém klasifikačním algoritmu (maximum likelihood, SVM, random forest, U-Net, KrakonosNet). Kapitola pátá přehledně shrnuje a porovnává výsledky všech realizovaných klasifikací. Praktická část práce jednoznačně dokládá autorovu erudici v programování a zpracování většího objemu dat. Kvalitně je zpracována i diskuse, v níž se autor vrací k dílčím výsledkům, komentuje problematiku výběru trénovacích dat, porovnává své výsledky s literaturou (počet relevantních zdrojů byl omezený), navrhuje možnosti dalších úprav konvoluční sítě KrakonosNet a zmiňuje její další využití v rámci výše zmíněného projektu. V závěru shrnuje obsah práce a nejdůležitější výsledky.

Jakub Dvořák přistupoval k řešení své bakalářské práce velmi aktivně, jednotlivé kroky průběžně konzultoval. K celkové kvalitě nesporně přispěla možnost účasti v e-learningových kurzech EuroSDR na téma hluboké učení v dálkovém průzkumu a 3D snímání a sémantická interpretace. Úroveň práce považuji po stránce obsahové i formální za nadstandardní, prakticky splňující požadavky kladené na práci diplomovou.

Bakalářskou práci Jakuba Dvořáka **doporučuji** k obhajobě a hodnotím stupněm **výborně**.

Otázky do diskuse:

1. Jak byste definoval ideální parametry vstupních dat (např. podmínky pořízení snímku, popř. LiDARových dat a postup ortorektifikace, prostorové a spektrální rozlišení) pro klasifikaci smrku a kleče na horní hranici lesa?
2. U klasifikačních metod se často řeší otázka přenositelnosti na jiné území či typ dat. Do jaké míry lze předpokládat univerzálnost použitého postupu ve smyslu multitemporálního (tj. stejná lokalita, ale jiné časové období) a prostorového vyhodnocení (tj. jiná lokalita)?
3. Vidíte reálnou možnost řešení stejné úlohy metodami hlubokého učení, ale pouze s využitím bodového mračna dostatečné hustoty (např. minimálně 10 bodů/m²) pořízeného LiDARovým snímáním?

V Kutné Hoře 30.8.2020

Ing. Markéta Potůčková, Ph.D.