

Oponentní posudek diplomové práce

Název práce: **Pokročilé metody dálkového průzkumu Země pro monitoring vegetace rašeliníšť v Krkonoších**

Autor: Bc. Adam Kulich

Vedoucí práce: doc. RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Diplomová práce Bc. Adama Kulicha se zabývá klasifikací vegetačního pokryvu tří vybraných rašeliníšť v Krkonošském národním parku z multispektrálních snímků pořízených z UAV nosiče. Jako cíl práce si autor stanovil vytvoření metodiky pro efektivní a přesný monitoring vegetace rašeliníšť. Požadavek přesnosti klasifikace alespoň 90 % lze považovat za poměrně ambiciózní.

Teoretický úvod práce se ve třech sekcích věnuje příznakům textury a výšky, využití UAV dat dálkového průzkumu pro mapování vegetace rašeliníšť a využití dálkového průzkumu pro mapování vegetace v Krkonoších. Velmi dobře je popsáno zájmové území a použitá data. Z metodického hlediska autor vychází z klasifikační legendy definované na základě terénního průzkumu, jehož se sám účastnil. Snímkování proběhlo v několika termínech za různých atmosférických podmínek. Hlavním předmětem metodiky bylo ověření významnosti příznaků výšky porostu a textury (počítané na základě GLCM matice a různé velikosti okolí pixelu) pro zvýšení přesnosti klasifikace, optimalizace hyperparametrů zvolených klasifikátorů „Random Forest“ (RF) a „Support vector machine“ (SVM) a zjištění vlivu velikosti trénovacího datasetu na přesnost klasifikace. Autor se navíc zabýval hledáním hrubých chyb v *in-situ* datech s využitím metrik separability používaných pro zjištění spektrální rozdílnosti zvolených tříd. Výsledkem práce jsou mapy vegetačního pokryvu rašeliníšť Hraniční louka, Kyselé kouty a Pančavská louka a implementace navržené metodiky v podobě pracovních skriptů. Diskuse rozebírá jednotlivé kroky zpracování, rozšiřuje je, v rámci možností porovnává výsledky s literaturou a v neposlední řadě dává doporučení pro monitorování vegetace rašeliníšť z multispektrálních UAV dat.

Text práce je psán velmi věcně a poměrně úsporně (text s tabulkami a obrázky bez citací zabírá necelých 50 stran). Zejména úvodní část práce je velmi strohá. Vzhledem k jejich významu by větší prostor mohl být věnován vysvětlení texturálních příznaků. Je třeba vyzdvihnout kvalitu mapových výstupů a zejména diskuse, která je v kontextu práce naopak nadstandardně rozsáhlá.

Formální stránka práce má minimum nedostatků. Popisky obrázků a grafů by mohly být podrobnější (např. obrázky 7–12, obrázek 16 má navíc nedostatečnou legendu, obrázek 5 legendu zcela postrádá). Některé pasáže textu jsou hůře srozumitelné. U popisu texturálních příznaků na str. 22 zcela chybí vysvětlení dílčích proměnných, čímž se vzorce bez nahlédnutí do citované literatury stávají hůře interpretovatelné. Místo systému GPS by bylo vhodnější označení GNSS (s velkou pravděpodobností byly použity družice i jiných navigačních systémů). Pravděpodobně se jednalo o přijímač typu Trimble R8, nikoliv R7.

Poznámky a otázky k obsahu práce:

- V práci je požadováno F1 skóre nad 0,9 (str. 9). Je vůbec reálné takové přesnosti vzhledem k heterogenitě prostředí dosáhnout?
- Pro orientaci snímků byly použity pouze observace z GNSS/RTK. Byly použity nějaké kontrolní body? Jakých odchylek bylo dosaženo? Převod mezi souřadnicemi S-JTSK a jinými souřadnicovými systémy podporovanými ČÚZK (např. ETRS89/UTM33N) je jednoznačně definován s danou přesností. Tvrzení, že je převod náročný, a ne vždy přesný, není proto na místě (str. 19).
- Pro klasifikaci byly vybrány klasifikátory SVM a RF s tím, že statistické klasifikátory, např. klasifikátor maximální věrohodnosti, nebyly v minulých pracích úspěšné (str. 25). Byly ale tyto klasifikátory testovány se stejnými příznaky, tj. včetně texturálních a výšky porostu?
- Proč nebyla v případě hodnocení vlivu velikosti trénovací množiny na přesnost klasifikace pro hodnocení přesnosti použita táž testovací sada a používala se náhodně vybraná (a vždy odlišná) sada validačních dat (str. 28)? Bylo testování provedeno s hyperparametry dosahujícími nejlepší přesnosti?

- V diskusi je na str. 45 zmíněno: „Pro reprezentativní trénování a validaci by bylo dobré mít dostatek polygonů pro všechny třídy, dle mého názoru ideálně alespoň 6-10 pro každou, a také spolehlivý počet pixelů uvnitř těchto polygonů.“ O jak velké polygony (resp. počet pixelů) by se mělo při daném rozlišení jednat?
- Autor jako jeden z úspěchů své práce vyzdvihuje analýzu separability a vytvořený nástroj pro detekci chybných polygonů v trénovacích datech. Na druhou stranu uvádí úspěšnost detekce 40 % (str. 47). Jak je vyvinutý nástroj výpočetně náročný a do jaké míry by bylo možné chybné polygony detekovat jiným způsobem (např. odchylka od střední hodnoty příznaku dané třídy, klastrová analýza)?
- V diskusi se uvádí, že s klasifikátorem SVM lze dosáhnout dobrých výsledků, nicméně nevýhodou je délka učení. Z jakého důvodu se autor domnívá, že by CNN měly dosáhnout vyšší přesnosti (str. 48)? Jaké problémy lze v případě jejich nasazení očekávat?

Předložená diplomová práce naplnila své cíle. Představuje kvalitní výsledek výzkumu odpovídající a do jisté míry převyšující magisterský stupeň studia. Zároveň otevírá nové otázky, kterým se chce autor věnovat v plánovaném studiu doktorském. Diplomovou práci Bc. Adama Kulicha **doporučuji k obhajobě** a navrhuji známku **výborně**.

V Kutné Hoře, 1.6.2024

Ing. Markéta Potůčková, Ph.D.