



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Jméno studenta: Ing. Jakub Jech
Téma práce: Návrh klasifikačního přístupu pro obrazová data s velmi vysokým prostorovým rozlišením
Školitelka prof. Ing. Jitka Komárková, Ph.D.
Autor posudku: doc. Mgr. Tomáš Kozel, Ph.D.

Aktuálnost tématu

Dostupnost technických prostředků (např. UAV/dronů) pro dálkový průzkum zemského povrchu otevírá širší možnosti získávání poměrně kvalitních a podrobných prostorových obrazových RGB dat. Klíčovou rolí v jejich zpracování a využití hraje segmentace a klasifikace takových dat. Zkoumaná oblast stále nabízí široký prostor pro hledání vhodných a efektivních postupů a algoritmů, které nabídnou možnosti tyto vlastnosti dat identifikovat, pokud možno, v co nejkratším čase při dodržení dostačující přesnosti. Kombinace dostupné a relativně levné technologie s novými poznatky z oblasti segmentace, rozpoznávání obrazu a vybraných disciplín umělé inteligence přináší velký potenciál využití v řadě aplikačních oblastí. Na základě rychle provedené rešerše se tato oblast jeví velice perspektivní a práce může přispět do diskuse o konkurenceschopnosti, přesnosti, efektivitě a dostupnosti klasických metod a metod umělé inteligence založených například na hlubokém učení. Téma je z tohoto pohledu disertabilní.

Obsah a struktura práce

Práce je sepsaná včetně úvodních stran a všech příloh na celkem 129 stranách, přičemž samotný hlavní text práce se rozkládá na 96 stranách. Po úvodu popisujícím motivaci k výběru tématu je analyzován stav v oblasti tématu práce následovaný kapitolou popisující cíle a podcíle disertační práce. Třetí kapitola s názvem „*Současný stav ve směru disertační práce*“ se podrobněji zabývá užší rešerší zdrojů věnujících se již přímo klasifikaci obrazových dat získaných zpravidla prostřednictvím UAV. Další kapitola již představuje hlavní přínos celé práce, a to vlastní klasifikační přístup se zkratkou CMCA (Conventional Multi Classifier Approach). Jsou popsány použité metody, prostředky a postupy klasifikačního přístupu a zhodnocena výpočetní náročnost a výsledky klasifikace. Pátá kapitola pak metodu představuje v kontextu čtyř případových studií realizovaných autorem na datech získaných bezpilotním prostředkem v nedaleké přírodní rezervaci Barcoch. Následujícími kapitolami jsou diskuse výsledků, zhodnocení přínosu pro vědní obor a praxi a závěr práce. V jediné příloze práce je pak uveden okomentovaný zdrojový kód metody CMCA vytvořený v programovacím jazyce Python.

Cíle práce

Hlavním deklarovaným cílem práce je „*navržení a ověření nového způsobu procesu automatického zpracování dat s velmi vysokým prostorovým rozlišením, nejčastěji pořizovaných pomocí UAV*“. Tento cíl je následně rozdělen na celkem 5 podcílů zahrnujících následující:

1. Shrnutí aktuálního stavu v oblasti automatické klasifikace obrazových dat.,
2. Nalezení vhodných metod využitelných pro automatickou klasifikaci obrazových dat pro potřeby navrženého klasifikačního přístupu CMCA.

3. Porovnání výpočetní náročnosti navrženého klasifikačního přístupu proti moderním klasifikačním přístupům založených na hlubokém učení.
4. Aplikování navrženého klasifikačního přístupu CMCA na již publikovaných výsledcích a ověření přesnosti klasifikace.
5. Aplikování CMCA na případových studiích a ověření přesnosti.

Stanovení cíle včetně podcílů se jeví jako logické, srozumitelné a dostatečně odůvodněné.

Zvolené metody zpracování

Metodice samotné vědecké práce není v práci věnována zcela samostatná kapitola. Částečně se této problematice věnuje podkapitola 2.3 *Přehled metod vhodných pro dosažení cíle disertační práce a použité vybavení* a dále podkapitola 4.1 *Použitá data, prostředky, metody a SW*. Použité postupy naznačují, že šlo zejména o metody klasifikační, statistické a analyticko/syntetické s ověřením formou případových studií. Postup činností je popisován s využitím řady přehledových schémat a vývojových diagramů. Jednotlivé kroky navržené klasifikace jsou srozumitelně vysvětleny a vizualizovány a vycházejí obecně z uváděných metod analytických a syntetických.

Zhodnocení výsledků práce

Autor se věnuje aktuálnímu tématu řešenému v odborné komunitě, přičemž zpracování vlastního návrhu nového klasifikačního přístupu CMCA předcházela poměrně dobře zdokumentovaná rešeršní práce, která je vcelku důkladná a svědčí o skutečnosti, že uchazeč se v dané oblasti dobře orientuje a při své práci vychází z relevantních zdrojů. Popis aktuálních trendů a problémů zkoumané oblasti je rozdělen do dvou kapitol (1 a 3), což neshledávám jako nejšťastnější a uvítal spíše bych jednu ucelenou rešeršní kapitolu.

Navržený klasifikační přístup založený na kombinaci výsledků tří vybraných klasických klasifikačních metod je zajímavým počinem, který dle uváděných výsledků nabízí jistý potenciál rozvoje a možnosti dalšího zobecnění. K diskusi je otázka, zda mohutně rozvíjející se oblast metod hlubokého učení v kombinaci s nasazením výpočetního cloudu nakonec zmiňované výhody přístupu CMCA (nižší nároky na vybavení, časová náročnost) nakonec přístup neodsoudí k zániku. Jisté nejasnosti mám ohledně měření časových charakteristik jednotlivých přístupů/metod klasifikace, k čemuž bude cílit jedna z mých otázek v závěru posudku.

Jako jistou vadu formální stránky předložené práce musím zmínit občasně pravopisné nedostatky, které naznačují, že zřejmě v závěru zpracování textu práce nezbyl dostatek času na finální korektury. Drobným chybám neunikl ani ukázkový kód přístupu CMCA na str. 59 (např. chybné dolní meze ve for cyklech, neexistující proměnná *matice_out*). Kompletní kód v příloze je na tom již lépe, i když pro účely obecného využití by měl být ještě upraven do podoby, která nevyžaduje zásahy do zdrojového kódu (např. pokud se umístění výchozích vstupních rastrů změní).

Za hlavní přínosy/výsledky práce lze v souladu s autorem označit jím navržený nový přístup ke klasifikaci rozsáhlých prostorových grafických dat popsany v kapitole 4 a návrh a implementaci nástroje popsaneho v téže kapitole a v příloze práce. Celkový dojem ale kazí výskyt řady překlepů i občasný výskyt závažnějších pravopisných chyb.

Otázky do diskuse

1. Při popisu přístupu CMCA se na několika místech objevuje pojem „vážený počet“. Jak by autor tento pojem definoval?
2. Při porovnání časových náročností jednotlivých klasifikačních přístupů je u metody CMCA uváděn v řadě případů lepší výsledek než u klasických metod, z nichž vychází (RT, ML, SVM). Je tento časový údaj u metody CMCA měřen jen z běhu samotného výpočtu skriptu z již předzpracovaných vstupních rastrů metod RT, ML, SVM? Pokud ano, jaké by byly výsledky, pokud do výpočtu zahrneme i čas na „předzpracování“ rastrů RT, ML a SVM? Počítá se s případnou paralelizací výpočtu a jaký může mít vliv?

3. Jak byla připravována referenční manuální klasifikace, s níž jsou výsledky jednotlivých metod porovnávány, a do jaké míry může mít vliv na měřené výsledky její kvalita?
4. Uvažoval autor o zpracování výpočtů jednotlivých klasifikačních metod v cloudu (zejména DL)?

Závěr

Závěrem konstatuji, že i přes některé uvedené dílčí nedostatky práce naplňuje požadavky na disertační práce, téma je užitečné, zajímavé a práce otevírá i další možnosti rozvoje a zobecnění dané problematiky. Autor prokázal velmi slušnou orientaci v oblasti a schopnost využít teoretická východiska k dalšímu výzkumu. Práci proto **doporučuji k obhajobě** před příslušnou komisí pro obhajobu disertační práce.

V Hradci Králové, dne 5. srpna 2024

podpis