

Oponentní posudek disertační (PhD) práce Mgr. Stanislava Mikeše „ Image Segmentation“

Práce Mgr. Stanislava Mikeše se zabývá problémem rozčlenění dvojrozměrného obrazu do smysluplných disjunktních oblastí, odpovídajících intuitivně pocíťovanému členění zobrazené scény. Ačkoli segmentace představuje zásadně důležitý krok prvotní (low-level) analýzy obrazů, o jehož řešení usiluje vědecká komunita desítky let, stále není vyřešena natolik, aby se výsledek (ve většině praktických případů) vyrovnal výkonu lidského zraku. Je tedy příspěvek disertace zaměřen na stále velmi aktuální a prakticky důležitý problém.

Práce shrnuje stručně různé přístupy k segmentaci od tradičních jednoduchých přes běžně užívané heuristiky až po formálně založené postupy, mezi něž patří segmentace podle textur, založená na vhodných modelech. Lokální identifikace těchto modelů v subobrazech pak poskytuje relevantní příznaky, umožňující klasifikovat obrazové oblasti (příp. až do úrovně jednotlivých pixelů) do vhodně zvolených nebo automaticky vytvářených tříd. Právě touto perspektivní oblastí se hodnocená práce zabývá; zaměřuje se na reprezentaci textur pomocí markovovských modelů. Práce formálně popisuje navržené nekauzální i kauzální typy modelů, jež byly použity a testovány, a vyvinuté metody jejich identifikace a zabývá se také formulováním takových parametrů modelů, které jsou invariantní vzhledem ke změnám osvětlení. Parametry modelů dílčích okolí pixelů pak slouží jako vstup do navržených klasifikátorů bez učitele, jež pomocí shlukové analýzy nalézají buď zadaný nebo automaticky stanovený počet klasifikačních tříd textur a následně jsou užívány ke klasifikaci okolí jednotlivých pixelů a tím k segmentaci obrazu. V práci je – kromě jednotlivých segmentačních klasifikátorů – zpracována i myšlenka fúze výstupů více klasifikátorů, lišících se metodologicky, nebo použitým měřítkem zobrazení; jak je ukázáno, zmíněná fúze pak umožňuje zřetelné zlepšení výsledků segmentace.

Kromě vlastní metodologické části (kap. 3), která tvoří podle mého názoru do značné míry původní jádro práce, je do práce začleněna také kapitola 4., týkající se objektivního hodnocení dosažené segmentace a umožňující také kvantitativní srovnání se současnými konkurenčními metodami. Zde je jednak popsána autory vytvořená, mezinárodně dostupná testovací databáze tvořená umělými mozaikami z různých textur, pro něž je ovšem ideální segmentace („zlatý standard“) známa, jednak jsou zde definována kvantitativní kritéria kvality segmentace, umožňující z různých hledisek porovnávat výsledky jednotlivých segmentačních postupů. Za zvlášť zajímavou zde považuji korelační tabulku v obr. 4.4, kvantitativně ukazující vzájemnou vázanost jednotlivých kritérií.

Více než dvě třetiny práce jsou věnovány experimentálním výsledkům, sloužícím jednak k hodnocení navržených metod a jejich srovnání s výsledky známých segmentačních postupů včetně odolnosti vůči změně osvětlení (kap.5), jednak aplikacím navržených metod v různých praktických oblastech (kap.6). Zde je zajímavá aplikace pro obtížnou úlohu segmentace lézí v mamografických obrazech; před jejím klinickým využitím by ovšem bylo potřeba studii doplnit spolehlivým testem na statisticky významném souboru obrazů. Dále je zde průmyslová aplikace pro detekci závad na textilu s jistým statistickým hodnocením, další medicínská aplikace pro segmentaci kožních snímků, a zmínky o segmentaci rozsáhlých

obrazů z dálkového průzkumu Země a mikroskopických snímků řezů barevných vrstev uměleckých obrazů. Výsledky aplikace navržených metod ukazují přesvědčivě na praktický význam navržených teoreticky podložených postupů; srovnávací testy pak ukazují přednosti navržených metod vůči známým metodám.

V kap. 7 jsou shrnuty základní výsledky práce a nastíněny možné směry dalšího výzkumu. Seznam literatury ukazuje jak na důkladnou rešeršní přípravu doktoranda, tak i na publikační výsledky, vzniklé přirozeně ve spolupráci se školitelem.

Práce je značně rozsáhlá (196 stran), kromě již uvedených kapitol obsahuje i rozsáhlé dodatky, dokládající především rozsáhlé srovnávací testy na umělých texturách a také některé praktické výsledky. Jako celkem neorganicky začleněný působí oddíl 6.5, týkající se modelování virtuální reality, u něž není spojitost se segmentací příliš zřejmá a zřejmě nenavazuje na navržené metody užívající markovovských modelů.

Celkově práce nepochybně představuje kvalitní a rozsáhlé dílo. Každému dílu lze ovšem něco vytknout: v tomto případě recenzent narážel zejména na způsob popisu zvláště v teoretických částech, ale i na v podstatě chybějící úvod. Vzhledem k zaměření práce by čtení bylo značně zjednodušeno bezprostřednější vazbou matematického formalismu na fyzikální realitu (aniž by to snižovalo matematickou rigoróznost formulací); k pochopení těchto souvislostí se čtenář propracuje až po několikátém čtení obtížnějších partií. Snadnému studiu také nepomáhá místy poněkud nelogický postup popisu, často by přehození odstavců respektující určitou kauzalitu výkladu bylo přínosné (např. hned v úvodních oddílech 3.1.1 a 3.1.2). Některé formulace nejsou zcela zřejmé, např. z rov. 3.7 není jasné, zda bod r patří do okolí I_r (jak se zdá vyplývat z rov. 3.8); pokud ano, pak by bylo třeba komentovat, jak se zabrání rekursi. To však zase neodpovídá rovnici 3.11. Rovnice 3.9 zřejmě nepopisuje korelační funkce, jak je uvedeno, nýbrž korelace (jež ovšem tvoří korelační matici); atd.. Tato kritická poznámka nesměruje ke zpochybnění hodnoty práce; je však patrně dobře upozornit na to, že by bylo žádoucí se zabývat i dobrou srozumitelností.

Mám k doktorandovi několik dílčích otázek věcných:


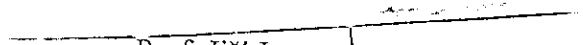
- při zavádění 3D modelu CAR3D jde o využití informace napříč spektrálními „vrstvami“ vektorového obrazu. Předtím se však hovoří o dekorelaci spektrálních podobrazů Karhunen-Loevovou transformací. Má po takovéto transformaci třetí dimenze význam, či jde (jak se domnívám) o to, že pro tento model se K-L transformace spektrálních komponent neprovádí?
- využíváte při hodnocení validity klasifikačních shluků nějaké měřítko jejich kompaktnosti?
- domníváte se, že vytvoření barevného obrazu z komponent deterministicky odvozených z šedotónového snímku (str. 79) může přinést další informaci a zlepšit tak klasifikaci?

a případně také několik dotazů formulačních:

- co rozumíte hladkou (smooth) texturou? co se rozumí vyhlazením parametrického prostoru (smoothed out)?
- jak je třeba rozumět pojmu „unsupervised application of supervised classifiers“ ? co jsou „data hidden classes“ (str.29)?
- na str. 81 nerozumím sdělení „the image is thresholded using the 2D CAR model and finally smoothed...“
- jak kvantitativně popsat „textures different but as similar as possible“ (str. 83)?

Závěrem konstatuji, že práce splňuje kritéria hodnotné disertace, jež přispívá k rozvoji vědního oboru analýzy obrazů. Uchazeč nepochybně prokázal schopnost tvůrčí vědecké práce a doporučuji proto, aby mu po úspěšné obhajobě byl udělen vědecký titul PhD.

V Brně 4. března 2010



Prof. Jiří Jan
VUT v Brně