

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Adaptivní vzorkování a rekonstrukce obrazu</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Kristýna Svatoňová</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra matematiky
<b>Oponent práce:</b>	RNDr. Jan Kotera, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav teorie informace a automatizace, AV ČR

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	snadné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako spíše méně náročné. Zahrnuje základní rešerši v (pro studentku) novém tématu, pochopení zvolené metody dostatečně do hloubky, aby ji studentka byla schopna naimplementovat nebo použít existující implementaci (jednodušší varianta), a provést základní experimenty na libovolných syntetických datech. Nevyžaduje však vlastní nápad jak řešit daný problém nakombinováním či modifikací existujících metod či dosáhnout nějakého výsledku na reálných datech nebo v reálném prostředí, což by byl náročnější úkol.	

<b>Splnění zadání</b>	splněno s výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání je v zásadě splněno, v některých bodech však spíše v minimálním rozsahu. Práce obecně příliš nejde nad rámec zadání. Ke splnění jednotlivých bodů:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Seznamte se s aktuálními metodami adaptivního vzorkování:</i> Dvě zvolené metody práce rozebírá detailně - v tomto směru zadání plní. Chybí však jakákoliv rešerše k tématu, jiné než dvě zvolené metody nejsou v práci vůbec zmíněny ani citovány.</li> <li>- <i>Seznamte se s rekonstrukčními algoritmy pro nerovnoměrné vzorkování:</i> Dvě metody (z toho jedna velmi základní) jsou popsány detailně, ale opět chybí hlubší rešerše a nejsou zmíněny jiné metody, ani ty které jsou součástí zadání.</li> <li>- <i>Implementuje aspoň jednu metodu adaptivního vzorkování:</i> V práci jsou metody dvě, v obou případech je použit dostupný kód od autorů těchto metod, vlastní implementace není. Vnímám to jako dostatečné pro splnění, ale obtížnost zadání je pak v tomto bodě odpovídajícím způsobem nižší.</li> <li>- <i>Implementujte několik metod rekonstrukce obrazu pro nerovnoměrné vzorkování:</i> Pro jednu metodu je opět použit existující zdrojový kód, druhá základní metoda je přímo součástí matlabu. Zde mám stejný komentář jako v předchozím bodě.</li> <li>- <i>Experimentální validace:</i> Splněno. Výhrady i pozitivní komentáře k experimentům viz dále.</li> </ul>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	správný s výhradami
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup je dle mého názoru správný. Kapitoly 1 a 2.1 představují vhodný úvod do tématu. Následuje detailní popis vybraných metod, dále experimentální část včetně diskuze výsledků. Tento postup považuji za vhodný. Chybí mi však rešeršní část, který by předcházela detailnímu popisu vybraných metody.	

**Odborná úroveň**

výborná

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Nemám větších výhrad, studentka se zorientovala v několika odborných článcích, dokázala je reinterpretovat v práci a ukázat porozumění těmto metodám v diskuzi experimentálních výsledku.

**Formální a jazyková úroveň**

výborná

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Nemám výhrad. Drobné komentáře: Mezi citací a předchozím slovem je vhodné dát mezeru. Týká-li se kapitola přímo konkrétního článku (např. popis metody), je vhodné dát odpovídající citaci hned na začátek kapitoly, nejlépe do první věty hned za jméno metody. V kapitole 3.2 je navíc dle mého názoru tato citace chybná. Je-li na obrázku graf, je vhodné dát do titulku grafu přímo co na něm je (nikoliv např. "závislost na metodě" když graf zobrazuje pouze jedinou metodu) a trefnější popisky os, aby čtenář co nejvíce pochopil bez čtení popisu. Sekce Literatura obsahuje mnohokrát chybu, že znak & byl v latexu špatně zpracován.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

průměrný

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Vybrané metody jsou relevantní a dobře zvolené, citace jiných metod mi chybí. Vlastní výsledky jsou v experimentální části, kapitole 4, a jsou od převzatých výsledků dobře odlišeny.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Práce obsahuje dostatečný úvod do problematiky, zavedení pojmů a značení, které dále slouží víceméně jednotně pro popis metod od různých autorů.

Po úvodu mi zcela chybí jakákoliv rešerše k danému tématu - to považuji za jednu ze slabín práce.

Následuje detailní popis dvou vybraných metod adaptivního vzorkování. Zde je v obou případech poměrně věrně sledován zdrojový článek a text práce je v zásadě správně; domnívam se však, že nepřináší významnou přidanou hodnotu. Nejsou doplněny například žádné ilustrativní obrázky, které by posloužily k lepšímu pochopení algoritmu, a naopak ilustrativní obrázky z originálních článků jsou v práci vynechány. V některých místech jsou díky snaze o zestručnění vynechány komentáře či doplňující informace z originálního článku a popis metody v práci je tak hůře pochopitelný až zdánlivě či doopravdy chybný - čtenář si tak musí více domyslet sám (příklady: ve jmenovatelích eq. 2.2 a 2.3 může být nula; při výpočtu v  $\log$  v kap. 2.2.1 se obrací znaménko, bez čehož by metoda nedávala smysl; eq. 2.8 bez vysvětlení působí zcela zbytečně atd. - podobné malé chyby ze zjednodušení jsou i u popisu FSR). V některých bodech jsem měl pocit že originální článek obsahuje zavádějící tvrzení či až chybu a tyto byly převzaty do práce beze změny (příklady k diskuzi: podmínka 2 po eq. 1.3 je redundantní (splněna automaticky); platí pro celý algoritmus skutečně záruka po eq. 2.9?; je správně eq. 2.29 a komentář okolo?). Čtení originálního článku je pak pro pochopení algoritmu diskutabilně snazší než čtení jeho reinterpretace v práci. Osobně bych naopak v zájmu kompaktnosti vynechal části, které se dále v práci nijak nepoužívají (konkrétně Group SLADS nebo komplikované ukončovací kritérium SLADS).

K metodám rekonstrukce obrazu z nepravidelného vzorkování opět chybí rešerše. Dvě vybrané metody jsou popsány detailněji, z nichž jedna (lineární interpolace) je velmi základní a její stručný popis nemá cenu příliš hodnotit. Popis druhé (FSR) má podobný charakter jako v případě popisu metod adaptivního vzorkování. Zde

mám pro studentku trochu pochopení, protože metoda FSR je sice dobrá a v principu pochopitelná, ale její exaktní popis obsahuje spoustu implementačních detailů, jejichž podrobné vysvětlení je dost úmorné. Experimentální část porovnává dvě adaptivní a tři neadaptivní metody vzorkování v kombinaci s dvěma metodami pro rekonstrukci obrazu na několika datasetech (dohromady 28 obrázků); implementace metod jsou použity existující (nejsou součástí práce). Výhradu mám k nedostatečnému popisu experimentálního uspořádání - konkrétně specifikace nastavení daných metod. Obě metody vyžadují nastavení několika parametrů (např. gamma, velikost okna, kolik vzorků je vybíráno atd.) a vyžadují nějaké počáteční vzorkování a nic z toho není v práci upřesněno. Metodu SLADS je navíc třeba natrénovat a práce zmiňuje jen trénování parametru  $c$ , nikoliv důležitějšího parametru  $\theta$  (zde spíše předpokládám, že se jedná jen o opomenutí v textu - ?) ale opět není popsáno, jaké byly zvoleny parametry vlastního trénování (jaká vzorkování, kolik exemplářů pro jedno vzorkování atd.). Experimenty a poskytnuté výsledky hodnotím jako dostatečné - dovedl bych si představit jejich rozšíření o určitou ablation study, kde se např. ukáže vliv různých aproximací obsažených v metodách či závislost na parametrech, ale je pravda že nic takového zadání nepožaduje.

Po experimentech následuje jejich analýza a diskuze, kterou hodnotím kladně - jsou zde adresovány některé otázky, které jsem si sám při procházení experimentů kladl, a vysvětlení ukazují, že studentka princip metod sama chápe.

Celkové hodnocení: Myslím, že v práci bylo dosaženo hlavního cíle, aby se studentka seznámila s tématem, u některých vybraných metod získala hlubší pochopení a osahala si je i prakticky. Těžisko práce je možná trochu nešťastně posazeno do snahy o detailní reinterpetaci popisu zvolených algoritmů v textu práce namísto širší rešerše, vlastní implementace či kreativnějších experimentů.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

**Hodnocení:** Na práci vnímám určité nedostatky (chybějící rešerše, popis experimentů, některé formální chyby) a naopak mi tam chybí nějaké bonusové věci, které by tyto nedostatky pomohly vykompenzovat (např. vlastní implementace, zajímavější experimenty). Ohledně hodnocení jsem tak váhal mezi C-D, ale pozitivně vnímám snahu o opravdu detailní pochopení a popis diskutovaných metod a diskuze jejich vlastností na základě experimentů. Přikláním se tedy k lepšímu hodnocení ze zmíněného rozsahu. Jak jsem již napsal v komentáři výše, domnívám se, že těžisko práce nebylo zvoleno optimálně, ale to je chyba, která se u bakalářské práce stane snadno, a myslím si, že nemá smysl za to studentku penalizovat.

#### Návrhy otázek k obhajobě:

- U metody PADIS je uvedeno, že zaručuje, aby stejný vzorkovací bod nebyl zvolen vícekrát. Je to pravda? Pokud ano, čím je to zaručeno, a pokud ne, jak je v implementaci ošetřeno, aby stejný nebo velice blízký bod nebyl vzorkován opakovaně.
- Diskutujte následující modifikaci metody PADIS: v eq. 2.2 a 2.3 bude v čitateli  $\hat{f}^k$  (aproximace  $f$ ) namísto  $\tilde{f}^k$  (samplované hodnoty), normalizaci ve jmenovateli odstranit (v eq. 2.2 dát konstantu 1, v 2.3 velikost okolí) a váhovou  $f_{ci}$  z eq. 2.5 nanormovat na součet 1. Jaké výhody a nevýhody by měla taková varianta?
- V diskuzi k výsledkům experimentů je zmíněno, že metoda SLADS příliš hustě vzorkuje části obrazu v okolí hran, zatímco zbytek obrazu vzorkuje nedostatečně. Dokážete navrhnout modifikaci metody SLADS (při zachování drtivé většiny jejího základního principu), která by tento nedostatek mohla odstranit či alespoň zmírnit?

- Dokážete navrhnout experiment, který by napověděl, zda příčinou horší výkonnosti metody SLADS ve Vašich experimentech je nepřesná aproximace ERD (ta by mohla být způsobena například špatným natrénováním nebo nevhodnou volbou regresní funkce od autorů metody), nebo něco jiného (např. "hladový" princip metody)?
- Srovnajte výsledky experimentů v práci a v článku [1] - souhlasí vzájemné srovnání metod PADIS a SLADS? Pokud ne, čím by to mohlo být způsobeno?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 22.8.2023

Podpis:

