

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Využití realistické simulace vstupních vizuálních dat pro strojové učení
Jméno autora:	Miroslav Surák
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	<input type="text"/>
Katedra/ústav:	Katedra měření
Oponent práce:	Ing. V. Vonásek, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	FEL ČVUT, Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce je generování trénovacích dat pro učení neuronové sítě v úloze detekce polohy předmětu z 2D obrazu. Téma práce je velmi zajímavé a jeho řešení může nalézt aplikace v řadě robotických úloh.	

Splnění zadání	splněno
<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 splněno.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Pro detekci objektů v obraze je nutné mít nejprve vlastní detektor (algoritmus) a dále vstupní data. Student žádný detektor neimplementoval, pouze převzal metody z diplomové práce [15] (což je v souladu se zadáním). Vlastní práce je zaměřena na generování realistických simulačních dat a studium jejich vhodnosti pro detekci objektů z práce [15]. Pro generování realistických dat je zvolen nástroj Povray. V práci bohužel chybí řešerše jiných nástrojů, proto není jisté, zda se jedná o nejlepší nástroj (např. dle kritéria rychlosti rendrování). V textu chybí popis technik rendrování (alespoň stručně) s uvedením např. jejich složitosti a časové náročnosti. Nicméně z hlediska možností realistického rendrování je Povray považován za jeden z nejlepších a proto jeho výběr považují za správný. Student vytvořil 3D model objektu, avšak tvorba tohoto modelu, což je jádro práce, není popsána (více v další části posudku). Byl model vytvořen přímo v jazyce Povray, nebo pomocí nějakého grafického nástroje? Dozvídáme se, že rendrování trvá cca 4 minuty, bylo by vhodné též uvést, jak složité je připravit model případně jej upravit.	

Odborná úroveň	D-uspokojivě
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Hlavní náplň práce je a) způsob generování simulačních trénovacích dat pro neuronové sítě a b) porovnání detekce objektů s/bez použití těchto dat.	
a) Cílem generování simulačních vizualizačních dat je vytvořit větší dataset, než je dostupný z HW kamery a z reálného prostředí. V práci zcela chybí popis tohoto reálného systému a jeho schéma a popřípadě obrázek.	
Autor použil rendrovací nástroj Povray pro generování simulačních vizualizačních snímků. Popis přípravy modelu neobsahuje důležité informace o tom, jak byl model vytvořen. Bylo by vhodné uvést 3D schéma modelů včetně rozmístění kamer a zdrojů světla. Je 3D model tvořen 3D meshem? Nebo složením základních grafických primitiv nebo dokonce s využitím Constructive Solid Geometry? Jaké jsou parametry kamery, je použit depth-of-field? Důležitou roli při rendrování hraje materiál povrchu objektu. Jeho modelování není v práci vůbec popsáno: „POV-Ray umožňuje výběr velkého množství materiálů, textur, ... Ty byly potřeba nastavit a doladit tak, aby se model co nejvíc podobal reálnému objektu.“ Toto nastavení klíčové a jeho popis je velmi důležitý pro další využití práce. Jak byly vybrány materiály a textury tak, aby se co nejvíce	

podobaly reálnému objektu? Kdo a jak posoudil, že jsou rendrované obrázky dostatečně reálné? Pokud víme, že rendrování jednoho snímku trvá řádově minuty, musel být výběr vhodné textu časově velmi náročný. V práci to však není popsáno.

Práce obsahuje pouze jeden (!) vyrendrovaný snímek, přesto, že bylo vytvořeno více jak 10 tisíc snímků. Bylo by vhodné ukázat reprezentativní snímky (např. ve formě malých náhledů). Práce také obsahuje pouze jediný snímek (!) reálného objektu, přesto že v experimentech bylo použito tisíc reálných snímků. Bylo by vhodné zobrazit více rendrovaných a korespondujících reálných snímků, aby si čtenář udělal obrázek o možnostech realistické simulace. Chybí statistický popis datasetů (reálných a rendrovaných snímků): rozložení intenzit, histogramy umístění objektů, jejich náklony, velikosti atd.. Není jasné, jak přesné byly vyrendrované snímky. **Bylo při rendrování uvažováno zkreslení objektivu? Byla při rendrování použita stejná ohnisková vzdálenost jako má HW kamera robotu?**

b) Porovnání detekce objektů z s využitím simulovaných dat je popsáno v sekci Experimenty. Tato kapitola je nejslabším článkem práce a to z několika důvodů:

1. nejsou popsány metody, které jsou porovnávány (v práci jsou označeny jako „klasifikátory“ (str. 19, 2. věta)). Není jasné, co je úkolem těchto „klasifikátorů“.
2. není popsána topologie, velikost a další parametr použité neuronové sítě.
3. grafy 4.1 – 4.4 nejsou vůbec okomentovány a vysvětleny (chybí popis významu os).
4. grafy 4.5 a 4.6 by měly být sloučeny, a nahrazeny box-plotem z dostupných dat.
5. porovnání probíhá na základě „předpovědi složek normálového vektoru“. Tato hodnota je uvedena v procentech aniž by bylo vysvětleno, co tyto procenta vyjadřují.
6. Z grafů 4.5 a 4.6 vyplývá, že metody neumí určit pozici v ose z. Chybí schéma celého systému (kde je objekt, kde je kamera, souřadnicový systém), a tak čtenář nezná význam složky z. Není tedy jasné, jestli je to problém, nebo tato chyba není pro fungování systému podstatná.
7. grafy 4.8-4.9 by opět mohly být nahrazeny box-ploty
8. grafy 4.16-4.19 nejsou okomentovány (pouze stručně odkázány v textu).

Pro detekci objektů je práci použit algoritmus z diplomové práce [15]. Tento algoritmus by mohl být alespoň stručně popsán (včetně obrázků a pseudokódu), spolu s popisem detekce objektu, určení normálového vektoru a stanovení polohy objektu. Bylo by zajímavé ukázat případy (tj. obrázky), kde bylo dosaženo nejlepší a nejhorší přesnosti, případně klasifikovaná data clustrovat podle přesnosti a zobrazit reprezentanty každého clusteru. Experimenty ukazují, že zvyšování počtu umělých dat při učení NN nepřináší zlepšení (grafy 4.8-4.11 a také 4.12-4.13). To může být způsobeno např. tím, že jsou umělá data (tj. rendrované obrázky) stejné a zvyšování jejich počtu nevede ke zlepšení klasifikace. Proto by bylo vhodné uvést statistický popis vyrendrovaného datasetu.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

E- dostatečně

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

Text práce je její druhou velkou slabinou. Na jedné straně je zde řada zbytečných odstavců, ba dokonce celých sekcí. Např. části 2.1-2.3 popisující základy neuronových sítí (NN) jsou známé a lze je vynechat. Popis gridu Metacentrum lze též vynechat, případně přesunout do přílohy, ale rozhodně nepatří do sekce 3.1 „Příprava datasetu“.

Na druhé straně jsou důležité části popsány buď velmi krátce nebo vůbec. Např. popis dopředných a zpětnovazebních NN (sekce 2.4.1 a 2.4.2) je příliš stručný a neobsahuje jejich porovnání, vhodnost pro zamýšlenou aplikaci a citaci vybraných prací, ve kterých byly použity. Podobně, sekce 2.5 neobsahuje detailní popis metod (nebo alespoň přehled) pro učení NN. V této sekci nejsou vysvětleny zkratky SGD a RMSProp.

S chybějícím textem souvisí i motivace práce (sekce 1.1.), ve které se čtenář překvapivě nedozví popis konkrétní úlohy, která je v práci řešena. Není tedy jasné jakou úlohu student řeší, jaká jsou vstupní data (a podmínky) a co má být výstupem. Při analýze výsledků experimentů (sekce 4.1., str. 23) se dozvíme, že „důležité jsou hodnoty předpovědi složek normálového vektoru objektu“ aniž by bylo v celé práci vysvětleno, co to je a proč je tento vektor důležitý a co to je „předpověď složek“. Jazykovou korektnost slovenštiny nemohu hodnotit, text však obsahuje znatelné chyby (např. „... je v příloze [odkaz]“ na str. 15 na 8. řádku), chybějící tečky za větami, nekonzistentní používání zkratk (POV-Ray vs. POVRay).

Výběr zdrojů, korektnost citací

E-dostatečně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.

Práce obsahuje základní citace prací zabývajících se využitím NN pro detekci objektů. Zcela chybí odkazy (a stručný popis) alternativních metod detekce objektů v obraze. Neuronové sítě určité nejsou jediným nástrojem, který se k této úloze dá použít. Z textu práce (str. 2 a 3) lze mít dojem, že NN jsou velmi dobrým nástrojem pro tuto úlohu a o negativěch není zmínka (např. se dozvíme, že: „... v [5] dokázali pomocí CNN spolehlivě určit 6D polohu objektů v různorodém prostředí“ a podobně též v [11]).

Avšak v popisu experimentů se dozvídáme (str. 23), že u vybrané metody „vzdálenost (myšlena vzdálenost od kamery) není určena přesně, což je ale známý problém použité sítě“. **Proč je v práci použita síť, která neumí určit tuto vzdálenost? Proč není použita jedna z prací [5,11], které jsou v úvodu popsány jako spolehlivé pro určení polohy?**

Zcela chybí rešerše nástrojů pro realistickou simulaci (od čehož je dokonce odvozen název práce) resp. nástrojů pro rendrování realistických obrázků. Práce je postavena na nástroji Povray, který je sice legendou mezi rendrovacími nástroji, na druhé straně je dost pomalý a pro potřeby práce je možná až příliš dokonalý (za zmínku by stály nástroje Blender či YafaRay) a též real-time algoritmy pro rendrování (např. OpenRT).

Citace [15] je nesprávně citována jako Ph.D. thesis, správně je to: master thesis.

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.

Technické řešení práce bylo jistě náročné, student musel řešit spoustu časově náročných úkolů (nastudování rendrovacích nástrojů, příprava 3D a vizualizačních modelů, provedení experimentů). Myslím, že zejména v oblasti přípravy rendrování (tj. modelování v Povrayi) student odvedl velmi dobrou práci a však toto úsilí vůbec nepopsal v textu. To je škoda i proto, že další zájemce o tuto problematiku bude muset na všechno přijít znovu, výsledky této práce částečně přijdou vniveč.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Otázky jsou uvedeny tučně v předchozím textu. Student zjevně věnoval hodně úsilí technické části (programování, rendrování, modelování), avšak text bakalářské práce není dobrý. Chybí detailní popis řešené úlohy a popis všech použitých algoritmů. Práce neobsahuje rešerši metod pro realistické zobrazování/rendrování. Experimentální část porovnává neznámé metody bez dostatečného vysvětlení výsledků. Chybí ukázky vyrendrovaných obrázků a jejich porovnání s reálnými obrázky.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **E-dostatečně**.

Datum: 23.1.2019

Podpis: