

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	GPU-accelerated computer vision system for feedback micro-manipulation
Jméno autora:	Viktor-Adam Koropecský
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Martin Gurtner
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako náročnější, neboť jeho řešení spočívalo v implementaci netriviálních algoritmů, které se navíc v rámci studentova oboru nevyučují, a tudíž si je musel nastudovat sám.	

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 bylo v rámci možností splněno. Cílem práce bylo vyvinout systém pro měření polohy mikročástic využívající bezčočkovou (lensless) digitální holografickou mikroskopii. Kompletní hardware umožňující manipulaci s mikročásticemi se bohužel podařilo sestavit až v den odevzdání bakalářské práce a student tedy mohl ověřit pouze funkčnost měření polohy statických mikročástic. Toto zdržení ale nemohl student ovlivnit. Navíc by studentovo řešení mělo bez větších úprav fungovat i pro pohybující se částice. Proto hodnotím zadání jako splněné.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
K aktivitě a samostatnosti nemám výhrady. Student pracoval samostatně, práci se mnou konzultoval pravidelně a vždy byl připraven.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student prokázal, že je schopen systematicky přistupovat k řešení zadaného problému. Sám si nastudoval potřebnou problematiku, identifikoval vhodné algoritmy, ty následně implementoval a ověřil jejich funkčnost.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána v anglickém jazyce. Text práce je nadprůměrně srozumitelný a čtivý. Rozsah odpovídá rozsahu bakalářské práce.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>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.</i>	

Student pečlivě odlišoval svůj vlastní přínos od práce ostatních. Citované zdroje jsou k práci relevantní a jsou korektně citovány.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Tato bakalářská práce byla motivována skutečnou potřebou vývoje systému pro měření polohy mikročástic v rámci výzkumného týmu AA4CC při katedře řídicí techniky FEL ČVUT. Viktor úspěšně modifikoval a implementoval předchozí verzi podobného systému tak, že nyní běží daleko efektivněji na výpočetní jednotce s GPU, čímž dosáhl vyšší frekvence a lepší přesnosti měření. Jedinou drobnou vadou celé práce je, že se bohužel nepodařilo plně otestovat funkčnost celého systému pro měření polohy pohybujících se mikročástic. Toto však nebylo způsobeno chybou na Viktorově straně, ale na straně dodavatele jedné z komponent celého manipulačního systému. Kvalita této bakalářské práce budiž doložena faktem, že se v rámci této práce vyvinutý systém bude i nadále používat a rozvíjet a bude pravděpodobně součástí budoucí vědecké publikace.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 10.6.2019

Podpis:

Posudek oponenta bakalářské práce

Autor práce: Viktor-Adam Koropecský
Název práce: GPU-accelerated computer vision system for feedback micro-manipulation
Vypracoval: Ing. Pavel Krsek, Ph.D.
Pracoviště: ČVUT CIIRC, oddělení: Robotika a strojové vnímání (RMP)

Předložená práce popisuje optickou lokalizaci objektů pro účely zpětné vazby pro mikro-manipulace na principu elektroforézy. Lokalizace je realizována kamerou bez optiky, která tvoří spolu s osvětlením systém pro holografickou mikroskopii. Pořízený snímek je upraven filtrem, který je numerickým řešením „Rayleigh-Sommerfeld integrál“. Ve výsledném obraze jsou objekty známého tvaru lokalizovány pomocí 2D konvolučního filtru. Sledování jejich pohybu je založeno na skutečnosti, že pohyb mezi snímky je malý.

Hlavní úkol, který autor řešil, je implementace popsaných algoritmů na specializovaném počítači s využitím GPU. Bohužel z důvodů zpoždění konstrukce zařízení byl implementovaný algoritmus ověřen pouze pro lokalizaci objektů v rovině krycího sklíčka kamery.

Práce je napsána v anglickém jazyce. Autor srozumitelně popisuje zadané téma. Struktura odpovídá postupu výkladu a je přehledná. Grafická úprava i jazyk jsou na dobré úrovni, i když lze sporadicky najít překlep či nesrozumitelnou větu (str. 5, odst. 3). Autor v textu správně cituje relevantní zdroje. Přesto mám k práci následující připomínky:

- U citací bývá zvykem uvádět jméno autora a případně název (citace [2])
- Rovnice 3.3 uvádí chybně násobení dvou stejných funkcí.
- Rovnice 3.4, která popisuje konvoluci, je zapsána chybně (meze, záměna funkcí). Součástí definice konvoluce také není normalizaci $1/MN$.
- Přikládat kód programu na CD bez bližšího vysvětlení nepovažuji za nutné.
- Jako čtenář postrádám detailnější výklad k lokalizaci částic, kdy je třeba vyhodnotit výsledek konvolučního filtru (lokalizace maxima, potlačení okolních maxim ...).

Problematika optické zpětné vazby mě zajímá, proto mám na autora tyto dotazy:

1. Jak ovlivňuje přesnost měření polohy použití barevné kamery s Bayerovým filtrem?
2. V práci uvádíte výslednou rychlost v počtu snímků za sekundu. Z pohledu řízení by mě však spíše zajímalo dopravní zpoždění výpočtu a přenosu informace prostřednictvím TCP/IP. Jaké je toto zpoždění a je konstantní?
3. Při „back propagation“ byla použita pouze jedna vzdálenost. To je jistě dostatečné pro experiment v rovině. Bude při cílovém použití (3D poloha v kapalině) nutné provádět výpočet pro více vzdáleností?

Podle mého názoru bylo zadání bakalářské práce splněno. Práce odpovídá svým rozsahem bakalářské práci a splňuje nároky kladené na bakalářskou práci. Autor prokázal odpovídající znalosti v oboru i svojí schopnost samostatně řešit odborné problémy. Na základě uvedených skutečností a připomínek hodnotím tuto práci známkou **B (velmi dobře)** a **doporučuji ji k obhajobě.**

V Praze dne 30. 5. 2019

.....
Ing. Pavel Krsek, Ph.D.
oponent BP