OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Doktorand:	Ing. Jan Procházka Fakulta informatiky a managementu Univerzita Hradec Králové
Školitel:	doc. RNDr. Kamila Štekerová, Ph.D.
Téma:	Využití heterogenních výpočetních systémů pro rozsáhlé agentové simulace
Studijní program:	Aplikovaná informatika
Studijní obor:	Aplikovaná informatika
Oponent:	doc. Ing. Petr Hájek, Ph.D. Ústav systémového inženýrství a informatiky Fakulta ekonomicko-správní, Univerzita Pardubice

Předložená disertační práce doktoranda Ing. Jana Procházky se zabývá paralelním zpracováním výpočtů v multi-agentových simulacích. Je rozdělena do 10 kapitol (včetně seznamu použité literatury a seznam vlastních publikací vztahujících se k disertačnímu tématu) a má 128 stran bez úvodních stran.

Aktuálnost disertační práce

Zaměření disertační práce na paralelizaci pomocí GPUs v heterogenních systémech považuji za vysoce aktuální přístup. Paralelní zpracování výpočtů v multi-agentových simulacích je v současnosti často diskutovaným problémem, neboť dosažení realistických simulací v řadě aplikačních oblastí vyžaduje vysoký počet agentů (v řádech milionů i více). To je spojeno s rostoucími nároky na výpočetní výkon i paměť. Tyto důvody vedou v současnosti k návrhu metod pro paralelní zpracování výpočtů v multi-agentových systémech. Obzvláště je třeba ocenit zaměření na hybridní a heterogenní systémy založené na architektuře GPUs (graphic processing units), neboť tyto se pro paralelní zpracování výpočtů v současnosti jeví jako obzvláště efektivní. Tyto systémy jsou náročné nejen co se týká jejich programování, ale také rozkladu modelu na komponenty použité v paralelním zpracování. K tomu je potřeba navrhnout vhodnou metodiku pro tvorbu paralelních multi-agentových systémů. Takové metodiky v současné literatuře chybí.

Dosažení cílů disertační práce

Hlavní cíl disertační práce je definován na str. 3 takto: „Umožnit využití prostředků heterogenních výpočetních systémů pro významné urychlení rozsáhlých multi-agentových simulací v prostředí standardních konfigurací osobních počítačů". Uznávám, že se jedná o aplikační přínos disertační práce, ale za hlavní cíl disertační práce jej nelze považovat. Ostatně podobné nástroje již existují a cíl by tedy musel být definován podstatně přesněji. Jasnější vymezení cílů nabízí rozdělení hlavního cíle na tři dílčí cíle: (1) návrh metodického

postupu pro návrh, implementaci a testování multi-agentových simulací velkého rozsahu s paralelními výpočty v heterogenních výpočetních systémech; (2) tvorba programového rozšíření pro implementaci paralelních výpočtů na grafických kartách v prostředí multi-agentových simulací a (3) verifikace metodického postupu a programového rozšíření na konkrétních modelech. Dle mého názoru by hlavním cílem disertační práce měl být cíl (1). Vědeckým přínosem disertační práce je uvedený návrh metodického postupu. Ten lze nejen považovat za původní vědecký přínos práce, ale je také v současné literatuře ojedinělý. Cíl (2) má aplikační přínos a cíl (3) verifikuje teoretický a aplikovaný přínos předchozích cílů. Metodika je přehledně znázorněna na obr. 24 a rozšiřuje Fosterovu metodiku návrhu paralelních aplikací zejména o definici modelu pomocí protokolu ODD+D. Programové rozšíření je podrobně popsáno v kapitole 5 a funkčnost metodiky i programového rozšíření jsou ověřeny na třech modelech HEJNA, EVAKUACE a OSÍDLENÍ.

Postup řešení, výsledky a přínosy disertační práce

Současné přístupy k paralelizaci multi-agentových systémů jsou shrnuty v kapitole 3. Zde je poskytnut teoretický základ vztahující se k hardwarovým předpokladům paralelizace, používaným datovým strukturám a paralelním architekturám (v práci označené jako aplikace v kapitole 3.3). Výkonností metriky by mohly být v samostatné podkapitole kapitoly 3. Dále se uvádí nejčastěji používaná Fosterova metodika návrhu paralelních aplikací. V této kapitole jsou také stručně charakterizovány výpočetní systémy pro paralelní aplikace a multi-agentové modelování. Kapitola tak shrnuje poměrně širokou oblast paralelních výpočtů a multi-agentových systémů. Pro zlepšení přehlednosti bych spíše doporučoval jejich oddělení do samostatných kapitol. Některé sekce, např. odůvodnění výběru protokolu ODD+D, patří do kapitoly 4 Metodika návrhu paralelních multi-agentových modelů. Větší pozornost by také měla být věnována přístupům k paralelizaci multi-agentových systémů. Ty jsou sice v kapitole 3.6 vyjmenovány, ale není podrobně popsáno, jak se tyto přístupy od sebe liší, pro jaké modely byly navrženy, atd. Z nedávné související literatury pak postrádám některé významné studie, např. Vigueras a kol. (2013) nebo Fachada a kol. (2017). Ačkoliv má celá kapitola logickou strukturu, přehlednosti by přispěl dílčí závěr doktoranda.

V kapitole 4 je představena metodika návrhu paralelních multi-agentových modelů. Ta je založena na Fosterově metodice návrhu paralelních aplikací. Je však modifikována pro případ návrhu paralelních multi-agentových modelů a představuje tak vlastní příspěvek autora k vědnímu oboru. Za hlavní aplikační přínos autora pak považuji programové rozšíření NL2OCL. Tvorba tohoto rozšíření je provedena v souladu s metodikou agilního vývoje software. Testování navrženého přístupu je provedeno na třech modelech v kapitole 6. První dva modely jsou známé a pro simulace běžně používané. U modelu EVAKUACE chybí odkaz na literaturu. Dalším přínosem je původní populační model OSÍDLENÍ. Experimenty jsou tedy provedeny na třech různých modelech, od jednoduchého modelu HEJNA až po komplexní model OSÍDLENÍ. To je dle mého názoru dostatečné pro ověření vhodnosti navržené metodiky a funkčnosti programového rozšíření. I když jsou pro každý model výsledky prezentovány v jiné formě, proces paralelizace je pro každý model jasně popsán a je tedy snadno replikovatelný. Vzhledem k tomu, jaký prostor je věnovaný výkonnostním metrikám v kapitole 3, bych očekával jejich prezentaci také v tabulkách 8 a 11.

Diskuze nad výsledky je uvedena v kapitole 7. Zaměřuje se především na stupeň naplnění cílů a problémy spojené s hardwarovou implementací. Dle mého názoru by bylo vhodnější uvést vědecké a aplikační přínosy práce v samostatné kapitole a v diskuzi se zaměřit také na porovnání navrženého přístupu se současnými přístupy k paralelizaci multi-agentových systémů. V závěru práce oceňuji několik zajímavých námětů pro další výzkum.

Formální úprava disertační práce

Práce je napsané jasně a srozumitelně. Co se týká formální úpravy zpracování, práce je na dobré technické úrovni. Obrázky jsou dobře čitelné. Doporučil bych pro označení proměnných používat kurzívu. Dále není jasné, proč jsou vztahy (6), (13) a (20) psané tučně. V práci je rovněž několik překlepů. Konečně, literatura není citovaná podle normy ČSN ISO 690, u řady citací chybí stránky, ročníky, čísla a další detaily. Literatura je sice řazena abecedně, ale dá se najít několik výjimek (např. Coakley et al., 2012).

Publikační aktivita autora

Přehled vlastních publikací vztahujících se k disertačnímu tématu uvádí celkem 11 položek. I když se jedná téměř výlučně o publikace ve sbornících konferencí, jedná se o publikace se vztahem k disertační práci. Navíc řada z publikací má nenulovou hodnotu SJR v databázi Scopus. Publikační aktivita doktoranda je tedy na dobré úrovni.

Závěrečné vyjádření oponenta

Doktorand navrhl původní metodiku pro návrh, implementaci a testování multi-agentových simulací velkého rozsahu s paralelními výpočty v heterogenních výpočetních systémech. Dále implementoval navrženou metodiku do netriviálního programového rozšíření. Tím dle mého názoru prokázal schopnost samostatného tvůrčího přístupu k řešení komplexních problémů paralelizace multi-agentových modelů.

I přes výše uvedené výhrady disertační práce splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci, a proto ji **doporučuji** k obhajobě v rámci studijního programu Aplikovaná informatika studijního oboru Aplikovaná informatika.

V rámci obhajoby doktorské disertační práce by se měl doktorand vyjádřit k následujícím otázkám:

1. Pro vybraný model prezentujte i další výkonnostní metriky a diskutujte dosažené výsledky.
2. V čem spočívají rozdíly navrženého řešení paralelizace multi-agentových systémů v porovnání s ostatními studiemi, např. Perumalla a Aaby (2008), Laville a kol. (2014)?
3. Jaké jsou výhody a nevýhody programového rozšíření NL2OCL v porovnání s podobnými systémy, např. HLogo?

V Pardubicích dne 20. listopadu 2017

doc. Ing. Petr Hájek, Ph.D.