

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Modely omezené racionality v algoritmu minimalizace hypotetické lítosti
Jméno autora:	David Milec
Typ práce:	díplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra počítačů
Oponent práce:	Jakub Černý
Pracoviště oponenta práce:	School of Computer Science and Engineering, Nanyang Technological University, Singapore

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce po studentovi vyžaduje nastudovat existující model omezené racionality, herní ekvilibria, která uvažují omezeně racionálního oponenta, a algoritmy pro řešení sekvenčních her založené na minimalizaci „lítosti“. Cílem studenta je jak rozšířit známé výsledky, tak především navrhnout algoritmy pro nalezení řešení a provést experimentální analýzu škálovatelnosti algoritmů a kvality nalezených strategií. Proto si myslím, že lze náročnost zadání hodnotit jako vyšší.	

Splnění zadání	splněno s menšími 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>	
Dle mého názoru práce zadání splňuje, byť s několika výhradami. Student věnuje poměrně málo prostoru prvním dvěma bodům zadání, týkajícím se řešeršní části. Práce naprosto opomíjí velké množství modelů omezené racionality, které v literatuře existují, a zaměřuje se pouze na model „quantal response“. Ani tento model není popsán příliš podrobně, vzhledem k jeho četným variantám. Podobně opomenuty jsou i varianty algoritmu CFR (zejména varianta CFR-f). Na druhou stranu, práce v několika ohledech zadání překračuje. Autor uvažuje dva typy ekvilibrií (QNE, QSE) namísto pouze jednoho a úspěšně rozšiřuje dekompoziční variantu algoritmu CFR pro výpočet jednoho z těchto ekvilibrií (ačkoliv algoritmus garantovaně nekonverguje a není provedena analýza případů, kde ke konvergenci nedojde), což považuji za hlavní přínos práce.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student zvolil metody řešení vhodně. Algoritmy gradientního sestupu a minimalizace „lítosti“ patří mezi standardní metody pro výpočet (aproximaci) řešení ve výpočetní teorii her. Student jejich vhodnou úpravou dospěl k řešení v kontextu ekvilibrií s oponentem s omezenou racionalitou.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	

Autor práce vhodně využil znalost matematického formalismu teorie her, kterému se v magisterském studiu věnuje předmět Multiagentní systémy (MAS). Pro práci jsou rovněž relevantní předměty Optimalizace (OPT) a Kombinatorická optimalizace (KO), které vyučují formalismus matematických programů a spojitou optimalizaci.

V úvodní části práce student zavádí formalismus teorie her, mnohdy ovšem zbytečně obecně, vzhledem k tomu, že se práce věnuje pouze dvouhráčovým hrám s nulovým součtem. Některé definice se jeví nadbytečné: například není objasněno jaký je vztah mezi dominovanými strategiemi a zkoumanými ekvilibrii, a proč se tedy dominovanost zavádí. Práce obsahuje drobné nepřesnosti ve značení (např. kořen herního stromu je definován jako „w_0“, v matematických programech je ovšem značen jako „root“, strategie je v maticových hrách definována jako „sigma“, ale později značená jako „x“, stejné proměnné a funkce jsou používány jak specificky v textu, tak pro definice obecných matematických programů, apod) a některých definicích (např. kritériální funkce na str. 23 by měla být definována pomocí argmin, nikoli argmax, jelikož racionální hráč minimalizuje očekávanou hodnotu hry). Autor také místy zaměňuje pojmy ekvilibrium, hodnota ekvilibria a strategie racionálního hráče, případně strategie a situace (strategy profile).

Od studenta oboru Umělé inteligence bych také očekával větší vhléd do teoretické problematiky problému, minimálně v oblasti návrhu algoritmů, které práce prezentuje. Chybí teoretická analýza konvergence (ačkoli student zmiňuje, že empiricky algoritmy založené na minimalizaci „lítosti“ až na CFR-QR-D konvergují) či časové a paměťové složitosti. Některá pozorování by bylo vhodné formálně dokázat, pokud je již autor tvrdí. Například, že pro danou hodnotu parametru racionality lambda je strategie racionálního hráče v QSE schopna exploitovat omezeně racionálního oponenta více, než jeho strategie v QNE (str. 30).

Experimentální vyhodnocení obsahuje taktéž několik nedostatků. Autor zmiňuje poměr mezi schopností exploitovat a vlastní exploitovatelností jako jedno z hlavních kritérií pro porovnání kvality strategií racionálního hráče v obou ekvilibriích. Tato hodnota ovšem není nikde zobrazena a musí se dopočítat z příložených grafů. Grafům chybí popisky os, které se musí dohledávat v textu. Ačkoli autor tvrdí, že průměrné očekávané hodnoty zobrazené v grafech nemají příliš velký rozptyl, bylo by vhodné rozptyl (případně standard error) v grafech zobrazovat. V textu také chybí informace o hardwaru a verzích softwaru, které byly použité v experimentech.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

D - uspokojivě

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

Formální matematické zápisy jsou v práci většinou používány správně, s výjimkou interpunkce, která bohužel chybí prakticky v každé rovnici. Typograficky jde o velmi čistě působící text, s vhodně pozicovanými obrázky i tabulkami. Drobnou chybou jsou pouze členy na koncích řádků. Vlastní jazyková úroveň textu je ovšem největším problémem práce. Text obsahuje velké množství nekoherentních a těžce pochopitelných pasáží, které ztlačují čitelnost celé práce. Některé odstavce je mnohdy nutné číst několikrát za sebou, než čtenář pochopí, co chtěl autor textu říci.

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

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.

Student korektně cituje jím nalezené zdroje, ačkoli seznam literatury není v souladu s normou ISO 690 vyžadovanou ČVUT. V rešeršní části práce ovšem student opomíjí velké množství relevantní literatury týkající se nejen ostatních modelů omezené racionality, ale především algoritmů pro výpočet QSE v security hrách. Za nedostatek považují obzvláště opominutí série prací předkládající výsledky založené na algoritmu gradientního sestupu, který student v práci využívá. Některé studentem citované zdroje již také nejsou aktuální (např. algoritmus PASAQ není state-of-the-art algoritmus pro výpočet QSE v security hrách).

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.

Oceňuji přehlednost a čistotu příloženého kódu, ve kterém se snadno orientuje a spustit lze bez problému.

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.

Student předkládá množství cenných experimentálních výsledků v oblasti výpočtu ekvilibrií s omezeně racionálním oponentem. Výsledky mimo jiné ukazují, že při zavedení omezené racionality je i v hrách s nulovým součtem rozdíl mezi Nashovým a Stackelbergovým ekvilibriem, což při plné racionalitě neplatí. Ačkoli jsou tyto výsledky bezesporu zajímavé, samotná práce velmi trpí nízkou kvalitou prezentace. Rešeršní část není věnována dostatek prostoru, návrh algoritmů by bylo vhodné doplnit alespoň základní teoretickou analýzou a i experimentální analýza obsahuje několik významných nedostatků. Navíc je text na mnoha místech hůře srozumitelný a působí nepřirozeně.

K obhajobě mám tuto otázku:

Ačkoli má původní algoritmus CFR-D zaručenou konvergenci k Nashovu ekvilibriu, Vaše rozšíření do her s omezeně racionálním hráčem v některých případech nekonverguje, a to ani při uvažování průměrných hypotetických hodnot v kořenech podher. Můžete říci, jaké vlastnosti mají hry, na kterých algoritmus nezakonverguje, a analyzovat vlastnosti strategií, mezi kterými algoritmus přepíná?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm C - dobře.

Datum: 14. června 2019

Podpis: