

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Strategy Generation for Partially Observable Stochastic Games</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Erik Vaknin</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Oponent práce:</b>	Petr Ryšavý, M.S.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	IDA, Katedra počítačů, FEL

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Pro splnění zadání bylo třeba, aby student nastudoval základy teorie her, POMDP, a také na bakalářského studenta značně netriviální algoritmus PG-HSVI. Na druhou stranu, z implementační stránky věci, si student vystačil ve velké míře s použitím PG-HSVI jako modulu bez nutnosti jeho detailního pochopení. Proto hodnotím zadání jako průměrně náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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 splněno.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup pro řešení je správný. Student v ISG-PG-HSVI používá podmnožinu akcí pro získání dolní meze. Na druhou stranu bohužel studentovo řešení nevyužívá celý potenciál myšlenky. V experimentech student tvrdí, že načíst velké množství akcí spotřebuje polovinu času běhu programu. Aby byla zachována konvergence algoritmu, je nutné pro další běh použít nadmnožinu předchozí množiny akcí, která byla již jednou načtena. Místo toho, aby student inkrementálně akce přidával, nechá algoritmus uložit současnou dolní mez, znovu vše spustí, načte dolní mez, a především načte množinu akcí včetně těch, které již v paměti byly.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<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 získal o problematice dostatečné znalosti a vhodně je využil pro tvorbu bakalářské práce. Práce místy obsahuje drobné chyby, například na první straně student popisuje hru, kde tvrdí, že má $3 \cdot 10^{24}$ stavů. Ve skutečnosti je stavů o trochu méně než $20^4$ . Číslo, které student uvádí představuje počet možných historií. Dalším příkladem je, že v definici POMDP na straně 3 je zakázána hodnota diskontního faktoru $\gamma = 1$ a o dvě strany později je tato hodnota použita v příkladě. Místy student zapomíná definovat důležité pojmy, v celé práci jsem nenalezl definici <i>policy</i> , na straně 7 se objevuje nedefinovaná funkce $\tau$ pro přechod mezi <i>belief</i> vektory. Celkově tyto drobné chyby nenarušují dojem z práce, takže hodnotím za B.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Zde mám pouze drobné výhrady. Z formální stránky věci student místy zapomíná definovat některou notaci, např. $\Omega$ v definici POMDP není formálně definována, definice POSG na straně 9 nepříliš odpovídá definici POMDP na straně 3. Na druhou stranu práce je psána velmi dobrou angličtinou, je dobře čitelná a srozumitelná. Překlepů je velmi málo (např. prohozené argumenty v Algoritmu 2), chyb v angličtině také (častěji se opakují chybějící čárky, např. kapitola 2.1 „In this	

section(...) ...", dále strana 5, věta „*Than he his belief after this is  $b_1 = 85\%$* “. Protože takovýchto chyb je málo a nesnižují úroveň textu, hodnotím za A.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**D - uspokojivě**

*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.*

V této části mám největší výhrady. Student často nevhodně cituje články, například u definice POMDP cituje článek [2] (v referencích BP), přičemž koncept POMDP se poprvé objevil o téměř 40 let dříve. Stejně POSG je referencovaný jako [1], přičemž přímo tato publikace zmiňuje několik článků, kde POSG bylo použito dříve. Reference místy chybí, například na třetím řádku od spodu v druhém odstavci strany 1 by bylo vhodné citovat použití v teorii her v biologii. Citace v textu používají notaci IEEE, místy se ale objeví citace ve formátu APA. Tyto chyby jsou ale drobné a nijak nenarušují charakter práce.

Jako větší problém jsem identifikoval podezření na nesprávnou parafrázi na stranách 11 a 12, konkrétně úvod do kapitoly 2.4 a kapitoly 2.4.1 a 2.4.2. Student správně cituje článek, ze kterého vyšel, text má však velký překryv s původním textem. Změny jsou ve slovosledu, notaci, záměn některých slov synonymy a drobných úpravách, např. vysvětlení co znamenají *pure beliefs*. Celkově při porovnání obou textů lze vidět, že si věty z velké části odpovídají. Student se na inkriminovaných stranách pokoušel o parafrázi původního textu, který byl ale pro něj asi příliš složitý, aby ho byl schopný podat zcela vlastními slovy. Z hlediska hodnocení by nebyl problém, kdyby tato část textu v práci vůbec nebyla, jde o text v rešeršní části, navíc pro bakalářského studenta značně náročný na porozumění. Proto nepovažuji tuto chybu za důvod k odmítnutí práce nebo nějakým větším postihům. Celkově však tento bod hodnotím za D.

**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 naznačuje, že metoda by mohla být v budoucnu publikovatelná po odstranění neefektivností v implementaci a dalším vývoji. Na přiloženém CD lze sice nalézt na několika místech zapomenuté soubory, které s prací nesouvisí, např. vývoj teplot v New Yorku, na druhou stranu kód, který jsem dostal fungoval na první pokus bez nutnosti cokoli nastavovat či měnit. Dolní mez je vypsána do souboru a je vidět rozdíl mezi horní a dolní mezí ve výstupu programu. Z teoretického hlediska by možná bylo vhodné přidat formálnější odůvodnění proč navrhovaný přístup zachovává konvergenci PG-HSVI. Experimentální výsledky jsou prezentovány vhodným způsobem, i když data, která by mohla být v jedné tabulce jsou rozdělena do několika.

**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 pracoval na zrychlení state-of-the-art algoritmu pro částečně pozorovatelné MDP v situaci, kdy jeden z hráčů má úplnou informaci o hře, zatímco druhý částečnou. Problém je ilustrován na hře Scotland Yard, kdy se několik detektivů snaží dopadnout kriminálního, který zná pozici detektivů, ale ne naopak. Původní algoritmus PG-HSVI využívá dolní meze, dané podmnožinou  $\alpha$  vektorů a horní meze dané vzorkem hodnot hry pro různé volby belief vektoru. Myšlenka prezentovaná v práci se snaží tento přístup zrychlit použitím podmnožiny akcí a řešením

menšího problému, odkud je přenositelná dolní mez i po přidání dalších akcí. Postupným zvyšování počtu akcí lze dosáhnout přesnější dolní meze. Druhou částí je prezentace heuristického přístupu, kdy se student snaží odhalit podmnožinu akcí, která má vyšší hodnotu, a tuto podmnožinu pak použít v ISG-PG-HSVI.

Práce je čtivá, srozumitelná, psaná dobrou angličtinou a prezentované řešení je funkční. Především bych vyzdvihl, že řešení bylo velmi snadné spustit a bez jakýchkoliv problémů fungovalo. Zadání bylo splněno. Obsahuje velmi malé množství překlepů a gramatických chyb. V práci lze nalézt pouze několik faktografických chyb. Na druhou stranu kvalitě práce ubírá nešikovnost v práci se zdroji, kterou ale nepovažuji za tolik závažnou, aby bylo nutné práci odmítnout.

Na studenta mám několik dotazů:

- Na straně 4 zmiňujete „*the tiger problem*“ jako příklad POMDP. V definici POMDP jste předpokládal, že diskontní faktor  $\gamma < 1$ . Přitom v příkladě volíte  $\gamma = 1$  a problém nekonečného horizontu řešíte pomocí nastavení odměny za akci „poslouchat“ na  $-1$ . Uměl byste zformulovat problém tak, aby odměna za tuto akci byla 0, odpovídal prezentované definici, a přitom řešil problém nekonečného horizontu?
- Na straně 17 zmiňujete *partitions*, kde spojujete do jedné množiny stavy, kdy hráč 1 zná pozici svých agentů. Posuďte, zda by nebylo možné tyto množiny stavů dělit i podle pozorování, která má hráč 1 o typu hrany, kterou použil hráč 2.
- Zajímá mě důvod, proč bylo nutné opětovně načítat akce, které již v paměti byly uloženy. Vzhledem k tomu, že načítání vstupu zabírá polovinu času běhu se mi zdá tento přístup značně neefektivní a vyžaduje kvadratický počet operací vzhledem k počtu akcí místo očekávaného lineárního.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 30.5.2019

Podpis: