

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Cooperative Path Planning for Big Teams of Robots
Jméno autora:	Jakub Lukeš
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Michal Čáp
Pracoviště oponenta práce:	Katedra počítačů

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce je aktuální a přiměřeně náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</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>	
Předložená práce zadání z větší části splňuje. Rešerše existujících technik je však velmi stručná a zaměřuje se detailněji jen na tzv. Pebble Motion přístupy, které pracují se zjednodušeným grafovým modelem problému.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>částečně vhodný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student si z existujících přístupů pro rozšíření zvolil algoritmus Push and Rotate. Tento algoritmus má své výhody (škálovatelnost, silné teoretické garance) a nevýhody (silné předpoklady na model mobility robota, výsledné řešení je sekvenční). Je škoda, že tyto vlastnosti nejsou v práci diskutovány. Zvolený algoritmus je relativně komplikovaný a je zřejmé, že student strávil značnou část času jeho implementací. Části práce, které popisují adaptaci algoritmu P&R pro rozšířenou formulaci problému jsou velmi stručné a neobsahují analýzu vlastností navrženého rozšíření. Práce obsahuje experimentální část, kde autor měří výkon algoritmu na mapách, které se běžně pro porovnávání algoritmů tohoto typu používají. Zde mi není jasné jaká je přidaná hodnota těchto experimentů vezmeme-li v úvahu, že mnohem rozsáhlejší experimentální analýza na typově podobných mapách bylo provedena již v rámci článku [1]. Naopak bych čekal, že se autor zaměří na experimentální analýzu navrženého rozšíření algoritmu.	
[1] Wilde, B. de, Adriaan W. Ter Mors, and Cees Witteveen. "Push and rotate: a complete multi-agent pathfinding algorithm." <i>Journal of Artificial Intelligence Research</i> (2014): 443-492.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Autor prokázal schopnost nastudovat si z literatury a naimplementovat relativně komplikovaný algoritmus pro koordinaci pohybu agentů na grafu a ověřit funkčnost implementace a rozšíření algoritmu na několika testovacích mapách. Bohužel práce obsahuje málo původních výzkumných výsledků. Rešerše existujících technik je velmi povrchní – čekal bych diskuzi o komplexitě jednotlivých variant problému a kategorizaci existujících přístupů. Autor sice navrhuje vlastní rozšíření, vlastnosti navrženého rozšíření ale nejsou rigorózně zanalyzovány a čtenář se tedy nedozví, zda si navržené řešení zachovává kompletnost, či jaký je výkon navrženého algoritmu v porovnání s jinými přístupy.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální úroveň práce je spíše podprůměrná. Autor používá nepřesné či matoucí vyjadřování, které znesnadňuje pochopení výsledků práce.	

Namátkou:

- Řešený problém není dobře zadefinovaný. Zadaným cílem práce je rozšíření vybraného algoritmu tak, aby podporoval různé omezení na výsledné trajektorie pro různé typy robotů. V kapitole 2 “Problem description” však nejsou tyto omezení vůbec zmíněny.
- Zkrácené tvary, např. “Let’s call”, “Let’s formulate”, jsou neformální a proto nevhodné pro použití v odborném textu.
- “It is expected that the number of free space in the graph is much higher than the number of agents.” (Chapter 2, par. 3) -- Tato věta je nejasná -- proč je free space počítatelný? Předpokládám, že autor chtěl říct: “... the number of vertices in the graph is much higher than the number of agents ...”. Pak ale nerozumím tomu, proč si tento předpoklad autor klade, když algoritmus P&R je kompletní za mnohem slabších podmínek -- konkrétně stačí, aby graf měl alespoň  $n+2$  vrcholů, kde  $n$  je počet agentů.
- “The nodes represent the important places in the warehouse, for example picking station or storage.” -- To typicky není pravda, tento graf většinou modeluje topologii/průchodnost volného prostoru a většina z vrcholů tedy bude ve výsledné cestě reprezentovat waypointy mezi startem a cílem.
- “... an algorithm for moving  $4n^2$  moving objects on  $n \times n$  mesh ...” -- To znamená, že na jednom vrcholu může být víc než jeden robot. To model používaný v práci neumožňuje - bylo by vhodné vysvětlit, jak se citovaný zdroj vztahuje k modelu, který je použit v práci.

## Výběr zdrojů, korektnost citací

## E - dostatečně

*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.*

Práce obsahuje 17 citací, z toho je ale jen 7 odkazuje na konferenční či časopisecké vědecké články. Zbytek jsou převážně odkazy do Wikipedie (3x) (!) a do dokumentace knihovny Boost (4x).

Práce nevhodně cituje rozšiřovaný algoritmus: 1) V kapitole 3 se autor zmiňuje, že algoritmus byl prezentován v PhD tezi a to stejné se uvádí i v referenci [3]. Ve skutečnosti je algoritmus výsledkem diplomové (MSc / Master of science) práce odevzdané v roce 2012. 2) Algoritmus byl poté publikován v rozsáhlém recenzovaném článku v časopise JAIR (publikováno 10/2014) a bylo by tedy vhodnější citovat tento článek.

## 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.*

Přílohou a hlavním výstupem práce je implementace algoritmu P&R v jazyce C++. Zdrojový kód působí kvalitně. Program se mi podařilo přeložit o úspěšně otestovat.

## 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.*

Předložená práce popisuje implementaci relativně komplikovaného algoritmu Push and Rotate pro multi-robotické plánování na grafech (pebble motion problem). Autor rozšiřuje zmíněný algoritmus tak, aby umožňoval plánovat pro dva typy robotů (robot převážející skladovou skříň / prázdný robot). Implementace rozšířené verze algoritmu působí dostatečně kvalitně a je funkční. Výzkumné výsledky práce jsou však velmi omezené -- vlastnosti navrženého rozšíření nejsou diskutovány a experimentální evaluace navrženého rozšíření se omezuje jen na jeden scénář a nesnaží se otestovat jeho limity či ho porovnat s jinými přístupy. Práce má formální nedokonalosti popsané výše.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm D - uspokojivě.

Otázky:

1. Můžete okomentovat vlastnosti vašeho rozšíření? Zachovává kompletnost?
2. Uvažoval jste o tom zkontaktovat původní autory algoritmu P&R a zdrojový kód si od nich pro potřeby rozšíření vyžádat?

Datum: 5.6.2016

Podpis: