



# Posudek oponenta závěrečné práce

Oponent práce: RNDr. Jiří Vyskočil, Ph.D.  
Student: Bc. Kristýna Janovská  
Název práce: Multi-agentní hledání cest ve spojitém prostředí  
Obor / specializace: Znalostní inženýrství  
Vytvořeno dne: 3. června 2024

## Hodnotící kritéria

### 1. Splnění zadání

- [1] zadání splněno
- [2] zadání splněno s menšími výhradami
- [3] zadání splněno s většími výhradami
- [4] zadání nesplněno

Diplomová práce dostatečně a v souladu se zadáním obsahově vymezuje cíle, správně je formuluje a v dostatečné kvalitě naplňuje.

### 2. Písemná část práce

80/100 (B)

Diplomová práce svým rozsahem, typografickou a jazykovou úpravou plně splňuje požadavky na závěrečnou práci tohoto typu. Práce je po věcné stránce v pořádku s drobnými nepřesnostmi a překlepy.

Význam některých zkratk (RRT\*, E-ICTS, ECBS-CT, CSIPP, SIPP, SMT-CBS\_R, COBRA, ORCA) není v práci obvyklým způsobem (při prvním použití) vysvětlen a ani se nevyskytuje v příloze A ("List of used shortcuts"). Význam některých zkratk není dokonce vysvětlen vůbec.

Algoritmus 3 na straně 10 obsahuje na dvou místech chybějící závorky (řádky 3 a 18) a na dalších čtyřech místech (řádky 9, 11, 13 a 16) je sčítání cen realizováno zřejmě špatným uzávorkováním funkce "Cost", přičemž v citovaném článku a v implementaci je sčítání provedeno správně.

Definice B-spline křivky p-tého stupně na straně 12 je nekompletní. Není zde zřejmá přesná podoba uzlového vektoru "U", který by měl mít celkovou délku m+1, přičemž by měl obsahovat p+1 počátečních hodnot "a" a p+1 koncových hodnot "b". Toto v definici není jednoznačně uvedeno, přičemž citovaná monografie obsahuje definici korektní.

Význam indexu "i" v definici konfliktu pro dvojici agentů na straně 17 je zavádějící zejména v kontextu algoritmu 4, kde se iteruje přes dané agenty z množiny A do proměnné "a\_{i+1}". Doporučoval bych pro každého agenta z konfliktní dvojice použít jiné písmeno a konfliktní pozice/souřadnice indexovat přímo agentem. Algoritmus 4 je navíc

suboptimální, protože každou dvojici agentů testuje zbytečně dvakrát. Doporučuji iterovat jen přes všechny neuspořádané dvojice agentů.

Studentka citovala korektně všechny použité zdroje a řádně odlišila vlastní a převzaté výsledky. Bibliografické údaje jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

### 3. Nepísemná část, přílohy

90 /100 (A)

Softwarová implementace diplomové práce je vytvořena v jazyku Python. Zdrojový kód je dobře strukturován a jednotlivé algoritmy a testy jsou rozděleny do samostatných souborů. Jednotlivé funkce jsou doplněny komentářem a obsahují i typovou anotaci. Vlastní kód je dobře čitelný a přehledný. Vzhledem k povaze diplomové práce je třeba zohlednit opakovatelnost experimentů. Ve specifikaci se mi nepodařilo dohledat přesné verze použitých knihoven a ani použitou verzi jazyka Python. Z pohledu opakovatelnosti dále není v implementaci, která využívá generátor náhodných čísel, zohledněna deterministická inicializace pomocí tzv. random seed.

### 4. Hodnocení výsledků, jejich využitelnost

85 /100 (B)

Výsledkem práce je návrh a experimentální ověření nového algoritmu pro bezkolizní multi-agentní hledání cest ve spojitém prostoru, kde se agenti pohybují po množinách hladkých křivek (B-spline). Práce rozšiřuje stávající "state-of-the-art" algoritmy, které doposud spojitý prostor v tomto kontextu nezohledňovaly. V experimentální části práce je algoritmus otestován na celé řadě relevantních testovacích scénářů. Srovnání je provedeno s ohledem na různá nastavení vybraných klíčových parametrů algoritmu. Výsledky experimentů ukazují schopnost agentů pohybovat se po bezkolizních hladkých cestách, kdy zároveň optimalizují délky těchto cest.

K experimentální části v podkapitolách 3.4.6 a 3.4.7, které se týkají vyhodnocení efektu parametru "s" (smoothing) mám následující výhrady. Zvolený rozsah testování parametru "s" (testováno v rozsahu 0-4) neodpovídá doporučení, které lze najít v dokumentaci ke knihovně `scipy.interpolate.splprep`. Zde se doporučuje volit parametr "s" v intervalu  $(m - \sqrt{2 \cdot m}, m + \sqrt{2 \cdot m})$  kde "m" je počet datových bodů v parametrech "x", "y" a "w". Dále ve vyhodnocení efektů změny parametru "s" není dobře zohledněn vliv náhodnosti v algoritmu RRT\*. Pokud bychom chtěli přesněji změřit tento vliv, museli bychom buď testovat pro jednotlivé hodnoty parametru "s" se stejným počátečním nastavením generátoru náhodných čísel, anebo bychom museli provést výrazně vyšší počet měření než 10 pro každou hodnotu "s".

### Celkové hodnocení

85 /100 (B)

Diplomová práce, až na výše uvedené drobné výhrady, splňuje všechny požadavky kladené na závěrečnou práci, a proto navrhuji hodnocení stupněm B – velmi dobře.

### Otázky k obhajobě

- 1) Jaký význam má podmínka  $n \leq m/5$  na řádku 6 v algoritmu 5?
- 2) Jak je zabezpečeno možné zacyklení algoritmu 6 v případě, že proměnná "valid" je stále False a podmínka na řádku 8 není splněna a tím všechny vstupní parametry pro další volání RRT\* zůstávají beze změny?
- 3) Jak lze spolehlivě použít algoritmus 7 na validaci spojitě B-spline křivky, když interně

předpokládá segmentaci cesty po částech, které pak testuje na kolize na úsečce (lineární křivka)? Dochází zde k nějaké aproximaci B-spline křivky?

## **Instrukce**

### **Splnění zadání**

Posudte, zda předložená ZP dostatečně a v souladu se zadáním obsahově vymezuje cíle, správně je formuluje a v dostatečné kvalitě naplňuje. V komentáři uveďte body zadání, které nebyly splněny, posudte závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků. Pokud zadání svou náročností vybočuje ze standardů pro daný typ práce nebo student případně vypracoval ZP nad rámec zadání, popište, jak se to projevilo na požadované kvalitě splnění zadání a jakým způsobem toto ovlivnilo výsledné hodnocení.

### **Písemná část práce**

Zhodnoťte přiměřenost rozsahu předložené ZP vzhledem k obsahu, tj. zda všechny části ZP jsou informačně bohaté a ZP neobsahuje zbytečné části. Dále posudte, zda předložená ZP je po věcné stránce v pořádku, případně vyskytují-li se v práci věcné chyby nebo nepřesnosti.

Zhodnoťte dále logickou strukturu ZP, návaznosti jednotlivých kapitol a pochopitelnost textu pro čtenáře. Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku ZP, viz Směrnice děkana č. 52/2021, článek 3.

Posudte, zda student využil a správně citoval relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Zhodnoťte, zda převzatý software a jiná autorská díla, byly v ZP použity v souladu s licenčními podmínkami.

### **Nepísemná část, přílohy**

Dle charakteru práce se případně vyjádřete k nepísemné části ZP. Například: SW dílo – kvalita vytvořeného programu a vhodnost a přiměřenost technologií, které byly využité od vývoje až po nasazení. HW – funkční vzorek – použité technologie a nástroje, Výzkumná a experimentální práce – opakovatelnost experimentů.

### **Hodnocení výsledků, jejich využitelnost**

Dle charakteru práce zhodnoťte možnosti nasazení výsledků práce v praxi nebo uveďte, zda výsledky ZP rozšiřují již publikované známé výsledky nebo přinášející zcela nové poznatky.

### **Celkové hodnocení**

Shrňte stránky ZP, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Celkové hodnocení nemusí být aritmetickým průměrem či jinou hodnotou vypočtenou z hodnocení v předchozích jednotlivých kritériích. Obecně platí, že bezvadně splněné zadání je hodnoceno klasifikačním stupněm A.