

Oponentský posudok diplomovej práce Bc. Vojtěcha Spurného

26. května 2015

Názov: **Complex Maneuvers of Heterogeneous Formations of Ground and Aerial Robots**

Vypracoval: **Ing. Matej Pčolka** (Katedra řídicí techniky, FEL, ČVUT)

Hodnotenie: **B - veľmi dobre**

Diplomová práca Bc. Vojtěcha Spurného sa zaoberá metódami plánovania trajektórií a riadenia heterogénnych robotických formácií. Téma, ktorou sa práca zaoberá, je vysoko aktuálna – viac než polovica citácií odkazuje na práce publikované v posledných piatich rokoch.

Práca je písaná v anglickom jazyku a po gramatickej stránke sa v nej nachádza len malé množstvo chýb/preklepov. Po štylistickej a textovej stránke je práca na obstojnej úrovni – členenie práce je vcelku prehľadné a jednotlivé kapitoly na seba nadväzujú. Mám drobnú výhradu k názvu kapitoly 4, “Implementation details” – po obecnej kapitole “Preliminaries” pôsobí tento názov príliš konkrétne a možno by sa viac hodil názov “Optimization of Trajectory Planning”, prípadne “Trajectory Planning”. Grafická úprava textu je úhľadná s malými nedostatkami. Rovnice 5 a 10 sú horšie čitateľné a pomohlo by im iné odsadenie. Na niektorých miestach text presahuje okraj strany (strana 11, 50) a miestami nie sú citácie oddelené medzerou od predchádzajúceho slova. V texte sa objavuje premenná ϕ , ktorá je na niekoľkých miestach namiesto gréckym znakom uvádzaná doslova ako *phi*. Do popisu algoritmu 1 (algoritmus RRT) sa dostala veta, ktorá spôsobila rozhádzanie odsadenia popisu algoritmu a do popisu v pseudokóde nepatrí.

Čo sa týka obsahovej stránky textu diplomovej práce, tu mám niekoľko vážnejších výhrad. Jedným z kľúčových pojmov práce je MPC (model predictive control), preto by si tento pojem zaslúžil podrobnejší popis a rozhodne by bolo žiaduce uviesť citáciu na literatúru, ktorá sa tomuto pojmu podrobne venuje. Rovnako sa pristupuje aj k pojmu SQP (sequential quadratic programming). V úvode podkapitoly 5.1 sa spomína, že je to metóda na hľadanie riešenia určitej triedy optimalizačných problémov a že je zobecnením Newtonovej metódy. Keďže významná časť diplomovej práce je venovaná inicializácii SQP a eliminácii určitých jej nedostatkov, je žiaduce uviesť podrobnejší úvod do problematiky sekvenčného programovania, vysvetliť, z čoho nedostatky tejto metódy plynú, a ozrejmiť tak motiváciu pre inicializáciu. Práca opäť neobsahuje žiadnu citáciu na literatúru týkajúcu sa SQP alebo Newtonovej optimalizačnej metódy. Ďalšiu výhradu mám k záverečnej kapitole. V nej sa objavujú citácie prác ostatných členov výskumnej skupiny Multi-robot Systems Group (citácie 12, 14, 18 – 22) bez vysvetlenia vzťahu k diplomovej práci. Bez

ozrejmienia súvisu s diplomovou prácou by sa takéto citácie nemali uvádzať resp. namiesto v zhrnutí diplomovej práce by mali byť tieto citácie uvedené v úvodnej kapitole ako prípadná motivácia.

Po odbornej stránke zvolil diplomant správny postup, čo dokazujú aj dosiahnuté výsledky, a práca tak môže byť prínosná a využiteľná pre ďalší výskum. Práca však obsahuje pomerne veľké množstvo menších či väčších formálnych nedostatkov. V závere kapitoly 3 sa uvádza, že plánovací horizont je $\langle t_0 + N\Delta t, t_0 + (N + M)\Delta t \rangle$. To platí v prípade, že sa použije konštantná vzorkovacia perióda Δt . Keďže konštantná vzorkovacia perióda sa používa iba počas riadiaceho horizontu a počas plánovacieho horizontu je naopak vzorkovanie jedným z optimalizovaných vektorov, táto formulácia plánovacieho horizontu je nesprávna. Ďalej vo formulácii príslušného optimalizačného problému chýba obmedzenie na nezápornosť optimalizovaných vzorkovacích periód, $\Delta t(k) \geq 0$. Najväznejšie nedostatky obsahuje popis jednotlivých algoritmov v pseudokóde (kapitola 5). Niektoré metódy (Steer, ComputeTrajectory, CollisionFree, ...) nie sú v texte popísané a preto sú časti poskytnutých algoritmov hmlisté a nejasné. U väčšiny algoritmov nie sú niektoré parametre správne zavedené. V algoritmoch 1 a 5 chýbajú medzi vstupnými parametrami *goal*, *ErrorTolerance*, \mathbb{C}_{free} , v algoritmoch 4 a 5 ešte tiež *GoalSamplingProbability*, v algoritmoch 6 a 7 chýba ako vstupný parameter N , v algoritme 6 ďalej chýbajú medzi vstupmi $t_{s,N}$ a $t_{s,M}$, v metóde CollisionFree ako vstup chýba \mathbb{C}_{obs} resp. \mathbb{C}_{free} , atď. Metóda NearestVertex volaná v algoritme 3 má ako vstupný parameter *goal*, ale *goal* nie je vstupom do algoritmu 3 ani sa v ňom nevytvorí. Tieto a ďalšie nedostatky znižujú kvalitu vypracovanej diplomovej práce.

K práci mám nasledujúce poznámky/otázky:

- tabuľky 7 – 9 uvádzajú vzdialenosti s presnosťou na 4 desatinné miesta. To je mimo možností bežných senzorov a realistickejšie je uvažovať presnosť v mm resp. cm.
- ako boli v simuláciách zvolené parametre r_d a r_a ? Bez ich znalosti nemajú tabuľky 7 a 8 dostatočnú vypovedaciu hodnotu.
- závislosť priemernej doby výpočtu (tabuľka 9) na $t_{s,M}$ je silne nemonotónna – čím si to diplomant vysvetľuje?
- prečo má metóda Steer v algoritme 6 jeden vstupný parameter a v algoritme 2 nemá žiaden?

Práca je (čo sa týka ucelenosti) kompletná a keďže všetky body zadania boli splnené, doporučujem prácu k obhajobe. Hoci množstvo odvedenej práce je nesporne veľké a prezentované výsledky demonštrujú funkčnosť riešenia, kvôli zmieneným nedostatkom navrhujem hodnotenie **B - veľmi dobre**.

Ing. Matej Pčolka