



Posudek oponenta závěrečné práce

Oponent práce: Ing. Pavel Hrabák, Ph.D.
Student: Ladislav Miklík
Název práce: Spojité plánování pohybu pro autonomní vozy na křižovatkách
Obor / specializace: Znalostní inženýrství
Vytvořeno dne: 6. června 2022

Hodnotící kritéria

1. Splnění zadání

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

Všechny body zadání jsou formálně splněny, jakkoliv navržený model nereflektuje příliš provedenou rešerši (metody popsané v kap. 3 nejsou vůbec použity). Otestování algoritmu v syntetických scénářích je spíše formální.

2. Písemná část práce

60/100 (D)

Práce je rozdělena na 2 části, teoretickou (kap. 2 - 4) a praktickou (kap. 5 - 7). Styl práce je poměrně nevyrovnaný, zatímco první část je psána převážně formálním jazykem, druhá část již působí více jako povídání (z obecného plurálu se přechází v autorský singulár). Vyzdvihuji, že práce, na rozdíl od většiny ostatních, obsahuje poměrně rozsáhlou rešerši souvisejících pojmů a metod. Práce je psána čtivým jazykem, neobsahuje mnoho gramatických chyb (nejčastější chybou je špatná vazba podmětu s přísudkem v případě množného středního rodu: "auta se pohybovali").

Teoretická část je poměrně hutná (autor v cíli práce slibuje, že i laický čtenář práci snadno pochopí - k tomu by práce měla být prošpikovávána příklady, ideálně z řešeného problému), definuje základní pojmy teorie spojitého plánování (kap. 2), shrnuje tři přístupy spojitého plánování (kap. 3) a definuje problém křižovatky (kap. 4). Teoretická část působí jako vyprané partie z přehledové publikace [4] Lavallo (2006) včetně citací, což autor i naznačuje na začátku kapitoly 2. V takovém případě bych ocenil, kdyby jednotlivé obecné formulace byly vysvětleny pomocí příkladů z autorem řešeného problému, např. Co je v tomto konkrétním příkladu svět W , oblast překážek O , model robota A . Kapitola 3 představuje tři koncepty plánování pohybu (PRM, RRT a APF), z nichž ale žádný není dle mého názoru použit v praktické části, neboť vozidla se v utorově řešení pohybují po

předem definovaných křivkách. Kapitola 4 si klade za cíl popsat detailněji problém křižovatky, vše však zůstává v obecné rovině předdefinování Problému stěhování piana, část 4.2 Současná řešení se omezuje na výčet state-of-the-art publikací a působí, jako by byla opsaná z nějakého přehledového článku včetně citací (je tedy diskutabilní, zda autor čerpal z uvedených zdrojů, nebo jen znovu citoval reference z nějakého úvodu).

Praktická část je oproti teoretické poměrně stručná. Návrh algoritmu (kap. 5) je opět jen velmi obecný, 1/3 zabírá definice Bézierových křivek, využívaný A* algoritmus by si zasloužil podrobně popsat (nejlépe už v teoretické části). Kapitola 6. Implementace je dostatečná, více ilustračních obrázků by pomohlo pochopit principy. Kapitola 7. Výsledky je však dle mého názoru nedostatečná. Obsahuje pouze subjektivní slovní porovnání navržené metody s třemi citovanými metodami a velmi stručný popis provedení experimentu. Ten je ale zcela nedostatečně popsán, těžko replikovatelný, výsledky jsou prezentované ve třech tabulkách (str. 40), ze kterých nejsou vyvozeny žádné závěry. V tabulkách chybí jednotky.

3. Nepísemná část, přílohy

50/100 (E)

Softwarový prototyp mi byl předveden, je implementován v herním enginu Godot, ve kterém autor využíval implementované dynamiky vozidel, autor se tedy mohl soustředit na vlastní plánování. Rozsáhlý spojitý problém autor zúžil na pohyb vozidel po předem definovaných křivkách, volba těchto křivek nebyla optimalizovaná vzhledem k minimální konfliktnosti. Problém plánování pak byl řešen při diskretizaci času s volitelnou frekvencí. Optimální plán byl následně hledán jako nejkratší cesta v konfiguračním prostoru pomocí A* algoritmu. Dle mého názoru nebyla vhodně zvolena heuristická funkce a algoritmus tak zahazuje k dalšímu prohledávání uzly, které by mohli vést k lepšímu plánu (vizte otázky k obhajobě). Za nešťastné řešení považuji omezení akcí na množinu $\{-1, 1\}$, tj. zpomalit/zrychlit, vynecháním akce 0 - udržovat konstantní rychlost.

Provedené experimenty jsou z mého pohledu nedostačující. Vypadá to, že student vše testoval pomocí jediného scénáře s jedinou okrajovou podmínkou (náhodný generátor vozidel používal vždy stejný seed). Bylo by záhodno minimálně vyzkoušet různé okrajové podmínky, pořadí přijíždějících vozidel apod. Někaké srovnání s naivním řízením (nejvýše jedno vozidlo v křižovatce) by také bylo vhodné, aby se ukázala míra zlepšení.

4. Hodnocení výsledků, jejich využitelnost

30/100 (F)

Vzhledem k tomu, že metoda zřejmě nenalezne nejlepší plán, jsou výsledky práce diskutabilní. Veškeré závěry jsou vyvozeny na základě jednoho experimentu, je tedy otázkou do jaké míry jsou relevantní.

Celkové hodnocení

49/100 (F)

Praktická část je především kvůli nedostatečně provedeným experimentům na hranici obhajitelnosti. Vzhledem k tomu, že navržená heuristika podle mě neodpovídá požadavkům A* algoritmu, nedoporučuji práci v této podobě k obhajobě.

Otázky k obhajobě

1. Proč byla z množiny akcí při plánování vyjmuta akce 0 - zachovej rychlost?
2. Podrobně popište okrajové podmínky provedení experimentu. Co se volí náhodně?

Mění se nějak okrajové podmínky (rychlost vozidel, zvolený cílový pruh, startovací pruh) při opakovaném spuštění?

3. Uvažujte situaci, kdy ke křižovatce se přibližují dvě auta, jedno dorazí ke křižovatce dříve. Intuitivně je optimální plán následující: První auto zrychlí na maximální rychlost, kterou křižovatku projede; druhé vozidlo upraví (sníží) svou rychlost tak, aby dráhu prvního křížilo přesně ve chvíli, kdy první vozidlo opustí kolizní prostor; pak druhé vozidlo zrychlí na maximální rychlost a opustí křižovatku. Vámi zvolená heuristika však podle mě bude preferovat plány, kdy druhé vozidlo maximálně zrychlí a pak bude brzdit tak, aby se vyhnulo prvnímu - to však podle mě povede k delšímu času průjezdu, neboť druhé vozidlo bude nakonec zrychlovat z nižší rychlosti. Můžete toto nějak rozvinout (ideálně vyvrátit)?

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.