

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Head-to-Head Racing with F1/10 Autonomous Car
Jméno autora:	Bc. Tomáš Nagy
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Klapálek
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce bylo nastudovat pravidla pro předjíždění v oblasti (nejen autonomních) závodů a s jejich využitím navrhnout a implementovat algoritmus pro plánování předjížděcích manévrů, který uvažuje nejen tato pravidla, ale i charakteristiku samotné soutěže autonomních autíček F1Tenth. Pro evaluaci algoritmu bylo zapotřebí definovat testovací scénáře, které předpokládají protivníky používající různé řídicí algoritmy a stejné či odlišné parametry autíček. Ověření manévrů pak využívalo platformu modelu autonomního auta F1Tenth, kvůli které se musel student potýkat s vlivy reálného světa (především nepřesnost senzorů). Protože práce vyžaduje znalosti z více oborů a využívá reálný hardware, hodnotím její zadání jako náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Student splnil všechny body zadání. Samotná práce je rozšířena o experimentální ověření manévrů v simulaci.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student pracoval aktivně a samostatně. Na konzultace, které probíhaly podle aktuální potřeby, chodil připraven. Student je schopen samostatné tvůrčí práce.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student ve své práci nejprve popisuje metody používané v oblasti autonomního závodění pro předjíždění protivníků, následované rešerší pravidel pro předjíždění v automobilových závodech. S využitím těchto pravidel pak stanovuje seznam vlastních, která jsou použitelná v soutěži modelů autonomních aut F1Tenth. Student vhodně definuje problém, jeho omezení a pak následně i scénáře, vše s přihlédnutím nejen k závodní etice, ale i platformě používané na soutěži F1Tenth. V praktické části práce student implementoval algoritmus pro plánování předjížděcích manévrů (jako rozšíření již existující optimalizační knihovny), který uvažuje stanovená pravidla. Výstupy běhů algoritmu student spojil do tzv. „zón“ vhodných pro předjíždění, které mohou být v budoucnu využity pro informování lokálního plánovače. Vybrané naplánované manévry byly ověřeny v simulaci, v jednom případě i na samotném hardwaru. Jejich rozkreslení a představení je v práci velmi pěkně provedeno.	
V rámci experimentů student mění tři parametry auta: maximální rychlost, hmotnost a koeficient tření. Rovnice, které se používají pro ohodnocování cesty, jsou odcitované, ale pro celkovou integritu by mohly být v práci uvedeny. V práci samotné je znát, že student vychází z vlastních zkušeností a znalostí, avšak občas svá tvrzení neovysvětlí, např. „FTG algorithm is slow during straight sections since it is a reactive algorithm and cannot achieve the top speed“.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je napsána dobře čitelnou angličtinou a je vhodně strukturována. Gramatické chyby se sice v textu objevují, ale spíše jen výjimečně.

Drobnou výtku si ale zaslouží občasné použití termínů částečně spadajících do „závodního slangu“, což se projevuje např. vynecháním slov – *overtake starts* (místo *overtaking manoeuvre starts*), nebo *straight* (místo *straight section*); případně využitím termínů, které předpokládají znalost dané domény – *high-speed corner* (ale i samotný *corner*), *slow trajectory*, nebo *dynamic trajectory*.

Nekonzistence se pak student dopouští u značení jednotek, např. „m/s“ x „m·s⁻¹“ nebo „m“ x „10-meter-long“, ale i „deg“ x „°“ x „90-degree“.

Další poznámky:

- Sekce 5.1 – „The full list of performed experiments can be found in Table 5.2.“ – Tabulka obsahuje experimenty, které byly použity pro každou dráhu, ne celý seznam.

- Sekce 5.2.4 – Zde je mylně napsáno, že „we do not expect it to be hard to perform an overtake“, i když je to naopak.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

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.

Student si studijní materiály hledal aktivně a samostatně. Vybraná literatura se skládá především z konferenčních příspěvků a vědeckých časopisů, doplněných o různé internetové zdroje odkazujících na pravidla v jednotlivých automobilových soutěžích. Zdroje jsou většinou citovány správně (např. u [7] chybí údaje o konferenci).

V práci chybí citace u algoritmu Pure Pursuit. Myslím, že by bylo vhodné doplnit odkazy k jednotlivým soutěžím (Kapitola 1) a k jednotlivým komponentám použitým na autičku (Sekce 3.3).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Student ve své práci úspěšně implementoval algoritmus pro plánování předjížděcích manévrů, který využívá pravidla pro předjíždění použitelná na soutěži modelů autonomních aut F1Tenth. Funkčnost řešení ověřil experimentálně nejen v simulaci, ale také přímo na modelu autonomního vozidla, čímž se musel potýkat i s některými jeho nepříznivými vlastnostmi (např. nepřesnost senzorů). Spojením výstupů algoritmu určil pro vybrané scénáře místa vhodná pro předjíždění.

Poznámka: Během implementace algoritmu se ukázalo, že pro využití algoritmu přímo na platformě by bylo vhodné mít dodatečnou informaci o místech (zónách) na trati, která jsou pro předjíždění příznivá. Tím by se plánování manévrů provádělo jen v momentech, kdy je větší šance pro úspěšnost manévru a tím by se uspořila náročnost na výpočetní výkon. Z tohoto důvodu jsme po vzájemné domluvě pozměnili hlavní cíl práce z čistého plánování manévrů na využití těchto plánů pro identifikaci míst vhodných pro předjíždění.

S výsledky práce jsem velmi spokojen. Svými výstupy dává student prostor pro další navazující práce, které mohou např. využít vytipovaná místa jako přidanou informaci při samotném plánování manévrů.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: **10. června 2024**

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Head-to-Head Racing with F1/10 Autonomous Car
Jméno autora:	Bc. Tomáš Nagy
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. David Zahrádka
Pracoviště oponenta práce:	Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako náročnější, protože problém předjíždění při závodech zahrnuje složité interakce dvou autonomních prostředků a experimentální verifikace na reálné platformě F1/10 přináší další výzvy, například v podobě nepřesností při lokalizaci či sledování reference.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Všechny body zadání byly splněny bez výhrad. Student udělal rešerši odborné literatury, která se týká předjíždění s autonomními závodními auty a rozšířil existující metodu pro optimalizaci trajektorií o schopnost plánovat předjížděcí manévry. Předpokládá se, že je známá trajektorie oponenta. Student dále nad rámec zadání metodu využil na obecnější problém hledání zón, které jsou vhodné pro předjížděcí manévry. Funkčnost metody ověřil v simulaci i v reálném experimentu a prozkoumal, jak rozdíly v parametrech vozidla a použité řídicí algoritmy ovlivňují možnosti předjíždění při závodech.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení je správný. Pro metodu plánování předjížděcích manévrů byla zvolena optimalizační metoda na hranici současného poznání, která je pro tento účel velmi vhodná, protože umí jednoduše navázat manévr na zbytek optimalizované trajektorie. Pravděpodobná vyšší výpočetní náročnost metody není problémem pro hledání zón vhodných k předjíždění, protože je to součástí přípravy na závod, která není výrazně časově omezena.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student zpracoval pravidla známých soutěží a na jejich základě formuloval rozumná pravidla správného předjíždění pro autonomní závody. Na základě stanovených pravidel poté upravil existující metodu pro optimalizaci trajektorie, převážně rozšířením její kriteriální funkce a přidáním kontroly kolizí, aby uměla nalézt předjížděcí manévr. Experimentální ověření vlivu parametrů aut a typů řídicích algoritmů bylo rozsáhlé a zahrnovalo i experimenty s reálným autem F1/10, na kterém bylo ukázáno, že nalezené předjížděcí manévry jsou v rámci mezí proveditelné. V práci je ale navržená kriteriální funkce vysvětlena pouze zhruba a chybí experimenty, které by ukázaly, proč vypadá zrovna takto. Také v sekci s experimenty chybí informace o tom, jaký byl počet nalezených úspěšných manévrů a výpočetní čas metody.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je psána dobrou angličtinou bez gramatických chyb. Text je na několika místech hůře organizovaný, student například často opakovaně odkazuje na jiné části textu, ačkoliv to není potřeba, a práce se kvůli tomu čte hůře. Student místy v práci nejednotně používá britské i americké výrazy a na pár místech se objevují i výrazy nevhodné do akademické práce, například „pretty robust“. Formální zápisy jsou korektní.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

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 práci je citováno 33 zdrojů, převážně článků z kvalitních konferencí a žurnálů. Považuji je za relevantní a citace jsou v souladu s citačními normami a zvyklostmi.

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.

Text této práce má nedostatky co se týče jazyka a struktury a chybí v něm analýza chování vyvinutého optimalizačního algoritmu. Práce ale přináší kvalitní studii problému předjíždění v soutěži F1/10 a přináší nové poznatky ohledně faktorů, které ovlivňují úspěšnost předjížděcích manévru, které jsou velmi cenné. Vyvinutá metoda má navíc vysoký potenciál pro praktické využití v soutěži. Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Otázky k obhajobě:

- 1) Jaký je zhruba výpočetní čas, který metoda potřebuje k nalezení optimálního předjížděcího manévru?
- 2) V sekci 4.2.3 píšete, že metoda může nalézt více úspěšných manévru, které jsou ale suboptimální. Jaký je rozdíl (například v délce manévru) mezi suboptimálním úspěšným předjížděcím manévrem a tím optimálním? Jak velký je? Kolik výpočetního času zhruba zabere nalézt optimální předjížděcí manévru od toho momentu, kdy je nalezen první úspěšný?

Datum: 9.6.2024

Podpis: