

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Optimal trajectory planning for a quadrotor UAV for autonomous drone race
Jméno autora:	František Nekovář
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Doc. Ing. Zdeněk Hurák, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra řídicí techniky FEL ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadaná problematika optimálního plánování a sledování trajektorie dynamickým systémem (v tomto případě dronem) představuje v rámci diplomové práce mimořádnou výzvu. To jednak kvůli obrovské šíři (těch přístupů je velké množství), tak i kvůli bezedné hloubce (opravdu dobré porozumění mnohým z metod vyžaduje znalosti z oblasti automatického řízení a numerické optimalizace, které jdou daleko za hranice magisterského kurikula). A toto hodnocení platí i při uvažování aplikačního charakteru práce, protože ta znalost praktických výhod i nevýhod a tím i schopnost posouzení vhodnosti jednotlivých metod přichází jedině s hlubokým porozuměním fundamentálním principům.	

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>	
Bylo-li zamýšleným (a zadaným) cílem práce získání alespoň základního přehledu o metodách pro plánování a následném sledování trajektorií prokázané simulací s využitím matematických modelů autonomních dronů, pak student zadání nepochybně splnil. Podobně jako v předchozím odstavci však nemůžu neupozornit, že opravdu vyčerpávající splnění by bylo možné očekávat spíše od práce dizertační.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Můj hlavní komentář či snad dokonce i výhrada k práci je, že z široké nabídky metod pro numerickou optimalizaci trajektorií dynamických systémů a jejich následné sledování dynamickým systémem byly vybrány nějaké tři (polynomiální optimalizace s využitím konceptu zvaného v angličtině „differential flatness“ pro namapování požadovaných výstupů na vstupy, dále optimalizační metoda s akronymem PRONTO a nakonec metoda studentem nazvaná jako „nonlinear programming trajectory“), přičemž není zřejmé, proč právě tyto tři (přičemž dokonce jen dvě z nich student úspěšně „rozchodil“ v simulacích). V práci, v níž jednou z výslovně zadaných součástí bylo vypracování přehledu, bych očekával důkladnější zdůvodnění konečného výběru metod.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Vzhledem k náročnosti zadání je opravdu obdivuhodné, kolik toho student musel sám nastudovat. Z textu práce lze nabýt dojmu, že student principům zmíněných metod porozuměl do té úrovně, že je byl schopen použít (tedy alespoň dvě z nich). Za to mu patří uznání. Přesto však místy působí prezentace problematiky značně matoucím dojmem. Kupříkladu z uvažovaných tří metod je ta první vyložena přímovazební (optimální trajektorie vypočítaná offline je transformovaná na akční zásahy), ta druhá v sobě kombinuje plánování i zpětnovazební sledování a třetí poskytuje pouze optimální trajektorii bez jakékoliv diskuze jejího sledování v reálném čase. Přitom je to právě vysvětlení a porozumění vztahu mezi úlohami plánování trajektorie a jejího zpětnovazebního sledování, které je pro celou problematiku zásadní.	

Mimochodem, k onomu matení přispívá i samotný abstrakt, kde autor píše, že je vytvořen „open loop [sic!] regulátor pro sledování trajektorie“. Jak může být sledování trajektorie realizováno bez zpětnovazební smyčky?

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

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

Rozsah práce je rovných 40 stran (včetně seznamu literatury), což je adekvátní a dostačující. Práce je psaná poměrně dobrou angličtinou. Vysázena je v systému (La)TeX s využitím fakultní šablony, díky čemuž i po typografické stránce působí velmi solidně. Přesto mám k oběma atributům výhrady. Anglické věty jsou často až tak moc moc komplikované a rádo by květnaté, že to stěžuje jejich srozumitelnost. Grafickému dojmu z práce zase vůbec nepomáhá nedodržení některých základních požadavků na vloženou grafiku, jako například (malá) velikost fontů a (malá) tloušťka čar u vložených grafů. Jsou to rozhodně jen drobnosti, ale dokonalosti textu ubírají. Při psaní/sázení matematických vzorců by se jistě vyplatila střídmost při označování některých veličin (například označení regulační chyby jako **er** bude mnohé čtenáře do konce textu mást jako součin regulační odchylky **e** a reference **r**). Textu by také velmi prospělo použití spellcheckeru!

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 se v práci odkazuje na 21 dalších prací (článků). Jakkoliv jsem si vědom skutečnosti, že jde o práci diplomovou a nikoliv dizertační, které by snad toto pokročilé výzkumné téma slušelo i více, a že tedy čas vyhrazený na studium „state of the art“ byl omezený, přesto si dovoluji namítnout, že ten přehled používaných metody mohl být o něco důkladnější. Navíc ten výběr metod působí až téměř jako náhodný. Mnohá z děl, která jsou v oblasti návrhu optimálních trajektorií a jejich sledování považována za klasická, včetně těch přehledových, zde chybí.

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.

-

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.

Náročné zadání s nutností hledat zdroje výhradně ve výzkumné literatuře mě i přes zřetelné nedostatky práce vedou k jejímu vysokému hodnocení.

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

Student by při obhajobě mohl krátce pohovořit dopadu rozdílu mezi trajektorií (angl. trajectory), kde je pozice parametrizovaná časem, a tratí (angl. path), která je pouze křivkou v prostoru, na výpočetní plánování a realizaci pohybu robotů/dronů.

Datum: 5.2.2019

Podpis: