Hodnocení vedoucího bakalářské práce

Jméno studenta: **Jan Štercl**
Název práce: **Protikolizní systém pro robotickou helikoptéru**
Jméno vedoucího: **Ing. Jan Chudoba**, ČVUT v Praze, CIIRC

Úkolem studenta bylo navrhnout senzorický systém pro detekci kolizí malé helikoptéry určené pro pohyb v omezeném prostředí. Návazným úkolem byl návrh modifikace řídicího systému helikoptéry tak, aby automaticky předcházel kolizím, pokud je helikoptéra řízena externím programem nebo operátorem.
Po důkladném studiu stávajících metod a konzultaci s vedoucím student zvolil řešení využívající sonarové dálkoměry. Na platformě Arduino vytvořil jednotku pro obsluhu dostatečného počtu sonarů a ověřil základní vlastnosti dostupných sonarů po montáži na model helikoptéry. Pro palubní počítač helikoptéry vytvořil základní komunikační rozhraní pro načítání změřených dat. Rozvrhl vhodné rozložení senzorů na helikoptéře a navrhl možnosti způsobu zásahu do řízení helikoptéry.
Při implementační práci na jednotce pro vyčítání sonarů se ukázala horší zkušenost studenta s programováním a obsluhou reálného hardware, což se projevilo strávením velkého množství času v této fázi. V důsledku toho zbylo bohužel méně času na řešení zajímavých úloh, tj. způsobu řízení helikoptéry, které bylo vyřešeno v rámci možností poměrně jednoduše. Přenos a testování v reálných podmínkách si zřejmě vyžádá ještě další úpravy.
V rámci práce provedl student řadu experimentů především s ohledem na detekovatelnost různých typů jednoduchých překážek. Z provedené analýzy výsledků experimentů je patrné, že navržený systém je schopen v zadaném typu prostředí detekovat překážky podle požadavků.
Přístup studenta k práci hodnotím kladně, přesto bych ocenil o něco více iniciativy při plánování práce a bezprostředních úkolů k řešení s ohledem na dosažení požadovaného cíle. Z vlastní iniciativy studenta bych přesto rád vyzdvyhl aplikaci Brooksova modelu řízení, což svědčí o svědomitém studiu dostupných zdrojů a vyvození korektních názorů na ně.
Jsem přesvědčen, že práce byla pro studenta velmi přínosná, neboť si při jejím řešení osvojil řadu praktických zkušeností v oblasti řešení konkrétních technických problémů. Doufám, že kromě techických dovedností si odnese i cenné zkušenosti v oblasti plánování a řízení práce.

Zadání práce považuji za splněné, ovšem s určitou výhradou v bodu zadání 3: "Navrhněte modifikaci řídicího systému robotické helikoptérty tak, aby neumožnil pohyb vedoucí k ke kolizi helikoptéry", který byl splněn minimálním možným způsobem. Práci proto doporučuji k obhajobě a doporučuji hodotit ji stupněm

C – dobře.

V praze dne 7.6.2017

Jan Chudoba

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Protikolizní systém pro robotickou helikoptéru**
Jméno autora:	**Jan Šterc1**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Tomáš Báča
Pracoviště oponenta práce:	Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — průměrně náročné

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.
Zadání hodnotím jako průměrně náročné.

Splnění zadání — splněno s většími výhra

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.
Body 1 až 3 ze zadání byly splněny. Z bodu 4 chybí demonstrace systému a vyhodnocení spolehlivosti či chování navrženého řešení. To, že hardware letounu, poskytnutý laboratoří školitele, nebyl schopen letu, autor nejspíše nemohl ovlivnit. jOd práce v oblasti řízení, bych však očekával simulaci navrženého řešení, obzvláště jedná-li se o systém potenciálně nebezpečného letounu v prostředí s překážkami. Práce jakoukoliv simulaci postrádá.

Zvolený postup řešení — správný

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.
Autor provedl důkladnou rešerši a vybral vhodné sensory pro rozšíření stávající platformy letounu. Z hlediska navrženého hardware systému postupoval v rámci možností, které platforma poskytovala.

Odborná úroveň — E - dostatečně

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.
Autor provedl rešerši sensorů a vybral ultrazvukové dálkoměry pro detekci překážek. Dále osadil platformu bezpilotní helikoptery vybranými senzory a agregoval data ze senzorů pomocí desky Arduino a provledl měření charakteristik sensorů v závislosti na různých materiálech překážek. Dále navrhl dva principy řízení pro předcházení kolizí s překážkami.

První princip (Algoritmus 5.1 na straně 28) náznakem připomíná proporcionální řízení rychlosti. Výsledný akční zásah odpovídá výstupu funkce *countDanger()*, která v textu není kompletně definovaná. Z přiložených materiálů jsem dohledal, že výstup této funkce nabývá diskrétních hodnot od 1 do 8 v závislosti na vzdálenosti od překážky. Výstup je později násoben konstantou 0.2, cituji „pro převod do jednotek metrů za sekundu". Řízení výšky letounu odpovídá *bang-bang* regulátoru v případě, kdy je letoun v nebezpečí kolize. Z textu není zřejmé, jaké hodnoty požadované vertikální rychlosti jsou nastavovány, v přiložených zdrojových kódech jsem dohledal hodnotu 0.1 m/s. V případě, že se letoun nachází v nebezpečí kolize se stropem i podlahou, autor nastavuje požadovanou velikost rychlosti rovnou vzdálenosti ke středu koridoru a to bez škálování jakoukoliv konstantou. Navržené řešení postrádá náznaky možnosti ladění a zajisté nepočítá s dynamickým modelem helikoptéry, což ho činí potenciálně nebezpečným. Za předpokladu již implementovaného

regulátoru rychlosti můžeme zjednodušit dynamický model v každé ose na systém prvního řádu a integrátor). Řízení takového systému pomocí netlumeného proporčního regulátoru je nedostačující a může vést k oscilacím.

Druhý princip (Algoritmus 5.2 na straně 30) zpomaluje pohyb helikoptéry ve směru, odkud je očekávána kolize s překážkou. Systém, tak jak je prezentován v textu, počítá omezení rychlosti opět pomocí funkce *countDanger()*. Pseudokód se dále odvolává na metodu *activeModeHorizontal()* a *activeModeVertical()* o kterých mohu jen usuzovat, že odpovídají předchozímu principu. V textu popsané nejsou a přiložené materiály implementaci tohoto řídicího principu postrádají.

Předložená práce postrádá jakékoliv simulace navrženého řešení. Dle mého názoru by postačovala diskrétní simulace v jedné dimenzi s jednoduchým, lineámím, dynamickým modelem o dvou stavech (pozice, rychlost) a jednom vstupu (požadovaná rychlost), který mohl být snadno identifikován, či odhadnut. Simulace by dozajisté nastínila jaké průběhy pozice letounu by autorem navržený systém produkoval a zdali by byl pro řízení vůbec vhodný. Další rozšíření simulace do dvou dimenzí by jistě nebylo nad rámec práce.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce B - velmi dobř

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

Práce je psaná v českém jazyce, velice čtivou a přehlednou formou. Po jazykové stránce je text korektní. Jen zřídka autor volil spíše hovorové výrazy, kterým se dalo snadno vyhnout. Rozsah textu je adekvátní. Velice se mi líbí úvodní kapitola popisující stav problematiky.

K odbornému obsahu textu mám následující připomínky:

Velmi vágní a nekorektní je sekce popisující Kalmanův filtr na straně 17. Autor popis do textu zařadil, přestože Kalmanovu filtraci nepoužil a sensorickou fůzí se nezabývá. V popisu nekorektně uvádí, cituji: *„Zajímavé na něm je, že nepočítá s chybami měřících přístrojů a nepoužívá žádné informace o šumu."*, přičemž právě opak tohoto tvrzení je jeden ze znaků Kalmanova filtru, nebo vágní popis *„Algoritmus střídá dokola dvě fáze. Nejprve probíhá odhad vzdálenosti z několika matic, druhý krok je aktualizace na základě senzorického měření."*.

Dále mám výhradu k pseudokódu PID regulátoru, taktéž na straně 17, který je jedním ze čtyř pseudokódů či matematických výrazů v celé práci vůbec. Tak, jak je v textu uveden, bude regulátor kompletně postrádat derivační složku kvůli špatnému pořadí prováděných operací (vypočtená hodnota diference bude vždy rovna nule).

Sekce 4.1.1 na straně 15 srovnává reaktivní systémy se systémy stavovými. Pokud taková paralela existuje, domnívám se, že si autor plete význam slov stavový/bezestavový v kontextu algoritmu. Jak později píše o svém systému na straně 37: *„Ve výsledku se ukazuje stavovost našeho algoritmu typická pro čistě reaktivní algoritmy..."*. Domnívám se, že řídicí systém autora je reaktivní, avšak bezestavový (neobsahuje vnitřní stavy a ani např. integrační složky).

Text v místě popisu algoritmů postrádá mnoho detailů, většina konstant (či proměnných) v pseudokódech není definovaná a čtenář se může jen domýšlet nad jejich hodnotami a významem.

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.

Autor provedl rešerši velkého počtu zdrojů a je zřejmé, že se v problematice senzorů a bezpilotních prostředků orientuje. Na použité zdroje korektně odkazuje v průběhu celé práce.

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.

V případě reálného testování usuzuji, že na základě diskrétního výpočtu akčního zásahu by systém vedl letoun k dosti radikálním změnám rychlosti, což není v případě bezpilotních letounů tohoto typu vítané.

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.

Práce je svým tématem příbuzná s tématem mého vlastního výzkumu. Byť je text rozsahem adekvátní bakalářské práci, po odborné stránce je samotný návrh řídicího systému nedostatečný. Práce postrádá část, ve které by autor simulací ověřil funkčnost, či chování navrženého systému ve spojení s dynamickým modelem helikoptéry. Případné nasazení na reálný hardware bych hodnotil jako potenciálně nebezpečné. Díky relativně kvalitnímu textu doporučuji práci k obhajobě s výhradamy a navrhuji ji hodnotit klasifikačním stupněm E - dostatečně

Otázka k obhajobě:

1) Pokud jsou výstupy Vašeho regulátoru sčítány s akčními zásahy jiného řídicího systému na letounu a manuálního ovládání, jak byste zajistil, že Váš systém zabrání kolizi, i když ji bude způsobovat např. operátor u vysílače?

Datum: 08/06/17 Podpis: