

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Děkanát – Referát vědy a výzkumu
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

Oponentní posudek k disertační práci

I. Identifikační údaje

Název disertační práce: Návrh systému pre dynamické sledovanie a vyhodnocovanie letových charakteristík bezpilotných prostriedkov

Jméno autora: Ing. Stanislav Kušmírek

Oponent práce: prof. Ing. Ladislav Fózó, PhD.

Pracoviště opONENTA PRÁCE: Katedra leteckého inžinierstva, Letecká fakulta Technickej univerzity v Košiciach

II. Hodnocení jednotlivých kritérií

Aktuálnosť tématu disertační práce:

V súčasnosti samotné využitie, rozšírenie (spoločenská požiadavka) ako aj vývoj rôznych bezpilotných prostriedkov UA (s rôznymi problematickými - obmedzenými prístupmi k reálnym dátam a ich ďalšie využitie) ako aj v závere uvedené samotné tvrdenie doktoranda, že dosiahnuté výsledky práce zefektívnia sledovanie polohy UA a zlepšia celkovú bezpečnosť a efektivitu letových operácií poukazuje na vysokú aktuálnosť zvolenej témy dizertačnej práce.

Splnění cílu disertační práce:

Z predkladanej dizertačnej práce môžem skonštatovať, že hlavný cieľ záverečnej práce „vyvinúť a overiť nové metódy a nástroje, ktoré by umožnili presnejšie pochopenie a optimalizáciu letových vlastností multikoptér“ bol naplnený v celom rozsahu.

Metódy a postupy řešení:

Doktorand si v druhej kapitole stanovil hlavný cieľ, položil výskumné otázky a vyslovil hypotézy, z ktorých vychádzala jeho motivácia pre riešenie dizertačnej práce. Dosiahnutie hlavného cieľa si vyžadovalo najprv definovanie ďalších čiastkových cieľov, ktoré zohľadňovali existujúce obmedzenia štandardných testovacích metód a zistenia z dostupných publikácií (spracovanie súčasného stavu vybranej problematiky je na vysokej úrovni čo naznačuje aj využitie vyše 55 literatúry, prevažne zahraničnej časopiseckej, a veľmi aktuálnej z renomovaných vydavateľstiev). Neskôr pri vypracovaní cieľov autor využíval hardvérové špecifikácie vybranej testovanej quadrokoptéry a použitej riadiacej jednotky, ako aj systematický prehľad všeobecných nástrojov a sledovaných parametrov nevyhnutných pre výpočet požadovaných aerodynamických a letových charakteristík UA. Následne sa detailne venoval každému metodickému kroku prípravy testovacích protokolov vrátane definovania experimentu

(metodike testovania UA v aerodynamickom tuneli, metodike letového testovania pomocou 3D robotického simulátora, ako aj metodike testovania reálnych letov vo vonkajšom prostredí) až po vytvorenie konečného dátového súboru pred jeho analytickým vyhodnocovaním (všetky boli realizované v rovnakom programe Matlab). Metódy sú zvolené vhodne a doktorand ich aplikoval správne.

Výsledky disertace – konkrétní přínosy disertanta:

Dizertačná práca predstavuje významný prínos v oblasti testovania a analýzy quadrokoptér, doktorand profesionálne zvládol vytvorenie a validáciu systému určeného pre sledovanie a vyhodnocovanie letových a výkonových charakteristík bezpilotných letových prostriedkov. V rámci letových testov v reálnom prostredí úspešne validoval funkčnosť navrhnutého meracieho systému, známeho ako DroneBox (výhodou ktorého je aplikácia pitot - statickej trubice s upravenou vstupnou geometriou). Ďalším kľúčovým prínosom doktoranda a jeho dizertačnej práce je vytvorenie prevádzkovej obálky quadrokoptéry reprezentujúcej vzťah medzi uhlovými náklonmi, rýchlosťou letu a otáčkami pohonných jednotiek, ktorá slúži na predpovedanie výkonových parametrov quadrokoptéry (nutné pre let v horizonte pri špecifických hmotnostiach).

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru:

Predkladaná dizertačná práca doktoranda ukážkovo spája dôkladne spracované teoretické poznatky s praktickými aplikáciami, zahrnujúc overenie navrhnutého meracieho systému prostredníctvom letových dát z riadiacej jednotky, porovnania reálnych letov s letovými simuláciami v robotickom simulačnom prostredí a meraním v aerodynamickom tuneli, čím poskytla komplexný pohľad na dynamiku letu letového prostriedku. Vykonaný výskum poskytol nový nástroj na testovanie multikoptér a quadrokoptér a zároveň vytvoril koncept prevádzkových obálok pre bezpilotné letové prostriedky. Zvolený prístup, ktorý nebol doteraz použitý, predstavuje významný posun v oblasti testovania a analýzy bezpilotných prostriedkov.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:

Formálna stránka dizertačnej práce by mohla byť na vyššej úrovni. Najväčším nedostatkom práce je jednotnosť, autor nepoužíva v celej práci rovnaký prístup (niektoré skratky sú preložené z anglického jazyka niektoré nie sú, nový nástroj neskôr nový prístup, raz aerotunel potom veterný, označenie premenných vo vzťahoch raz s malým písmenom raz s veľkým, označenie UA raz IRIS+3DR inokedy 3DR IRIS+, pracovné okno neskôr pracovná obálka, odkaz na obrázok niekedy veľkým O a potom cez okrúhle zátvorky, D je označenie pre priemer aj subdatasety) a popis, komentár ako aj odkaz na obrázky je niekedy príliš ďaleko umiestnený než samotný obrázok. Jazyková úroveň je prijateľná s niektorými preklepmi autora (defnovana, použítať, nna, zdvôvodu, riadaica, atp, ktorého, simulované a pod.), ktoré dôslednou výslednou kontrolou mohli byť odstránené. Spomenutá formálna stránka a jazyková úroveň však neznižuje a neuberá z predkladanej kvalitnej a vysoko aplikačnej dizertačnej práce doktoranda.

Připomínky:

K dizertačnej práci doktoranda mám nasledovné konkrétne pripomienky:

- str.52 chýbajú okrúhle zátvorky pri odkaze na použitú literatúru,
- str.52 rovnaké označenie P (3.1) a P (3.3)?
- str.52 označenie koeficientov ťahu a krútiaceho momentu používajú v texte dolný index s veľkým písmom, ale v tab. 3.2 už s malým písmom
- str.57 v rovniciach (3.7) a (3.8) nechýba písmeno F?
- str.57 v rovnici (3.11) cL nemá byť c s veľkým písmenom? ako v rovnici (1.3)
- str.57 skratka ESC je ináč vysvetlená-pomenovaná ako v obr. 1.2
- str.60 obr. 3.8 aj ďalšie majú veľmi dlhý názov, resp. názov obrázka sa využíva ako priestor pre vysvetlenie jeho samotného, odporúčam ich do textu dať priamo,
- obr. 4.7 Fy alebo Fx na osi y?

Otázky k disertační práci:

1. Prečo práve z dvanástich meraní bola určená výkonová charakteristika samouťahovacej dvojlistej vrtule 3D Robotics Solo 10"×4,5"
2. Na str. 52 sa uvádza, že pri porovnaní vypočítaných hodnôt s výsledkami dosiahnutými pri testovaní totožnej vrtule boli preukázané odchýlky, napr. použitím iného typu motora. O aké iné typy sa jednalo?
3. Z akého dôvodu ste nahradzovali riadiace jednotky štyrmi elektrickými regulátormi rýchlosti? Ako ste navrhli PID regulátor otáčok elektromotorov.
4. Prečo boli upravované hodnoty motor_constant a moment_constant?
5. Je možné vykresliť - vizualizovať výslednú obálku (pre konkrétne hodnoty rýchlosti a hmotnosti uvedená na obr. 4.10) aj pre iné rozmedzie hmotnosti?

III. Závěrečné zhodnocení

Závěrečné zhodnocení disertace:

Aktuálnosť a metodika práce (analýza letového prostriedku a jeho technicko-výkonových parametrov, aerodynamického tunela, 3D robotického simulátora a testovania reálnych letov, ktorá vyústila do nového redundantného zariadenia DroneBox) je zvolená správne. Prínos pre prax a odbor prevádzka a riadenie leteckej dopravy je veľmi významný, keďže práca doktoranda preukázala potrebu navrhnutého a experimentálne overeného univerzálneho meracieho systému integrovateľného do rôznych typov UA vytvoreného ako sieť jednotlivých hardvérových modulov. Zovšeobecný systém sa správnymi iteráciami sfinalizoval do patentovaného prototypu DroneBoxu aplikovaného na bezpilotný prostriedok typu 3DR IRIS+ umožňujúceho taktiež vytvorenie prevádzkových obálok UA, ktoré poskytujú detailný pohľad na ich letové charakteristiky a správanie sa v reálnych podmienkach.

Predloženú dizertačnú prácu na základe predchádzajúceho hodnotenia

ODPORÚČAM prijať k obhajobe

a po jej obhájení navrhujem udeliť doktorandovi akademický titul: „Philosophiae Doctor (PhD.)“

V Košiciach dňa 26.01.2024

.....

podpis oponenta