

OPONENTSKÝ POSUDOK DIZERTAČNEJ PRÁCE

Autor práce: **Ing. Josef JORDÁN**

Názov práce: **Zpracování radarového signálu s využitím μ -Dopplerova efektu**

Spracovanie signálov v aktívnych rádiolokátoroch (RL) je ovplyvňované, okrem iného, rôznymi fluktuáciami efektívnej odrazovej plochy (EOP) sledovaných RL objektov. Pokiaľ tieto objekty obsahujú rotujúce časti, sú fluktuácie EOP veľmi rýchle, pričom sa vo frekvenčnom spektre prejavujú ako tzv. mikroDopplerovské zložky. Práve rozdiely v týchto zložkách je možné využiť v určitých prípadoch pri klasifikácii RL objektov. V súčasnej dobe sa nielen vo vojenských, ale aj civilných aplikáciách stále viac používajú rôzne druhy bezpilotných prostriedkov, medzi ktoré patria aj tzv. drony. Detekcia, lokalizácia a prípadná klasifikácia resp. identifikácia týchto RL objektov tvoria v oblasti rádiolokácie komplexný problém, ktorý nemá jednoduché riešenie. Z tohto pohľadu je aj **téma dizertačnej práce Ing. Jordána veľmi aktuálna.**

Dizertačná práca (DiP) Ing. Josefa Jordána je, okrem úvodu a záveru, rozdelená do 7-nych častí, v ktorých na 131 stranách doktorand vcelku komplexne rieši stanovenú problematiku. V úvodnej časti (kapitola 2) si, okrem iného, doktorand stanovil pre spracovanie DiP niekoľko reálnych cieľov, ktoré postupne **splnil**. Ďalej v tejto časti DiP analyzoval súčasný stav poznania v riešenej oblasti a popísal spôsoby aktuálnych komerčných riešení v oblasti detekcie bezpilotných prostriedkov. Táto časť DiP je spracovaná na dobrej úrovni. Autorovi je snáď možné vytknúť len skutočnosť, že pre pojem „frekvencie nosného signálu“ využíva v texte ďalšie synonymá (nosná frekvencia, nosný kmitočet, frekvencie nosné vlny, vlnová dĺžka nosné vlny, frekvencie vlnění a podobne). Uvedená skutočnosť potom spôsobuje fakt, že napr. úvodná časť kapitoly ***“2.5 Shrnutí požadavků na radarové systémy“*** nemusí byť menej znalému čitateľovi dostatočne jasná (viacej termínov pre rovnakú skutočnosť, rovnaký parameter).

V ďalšej časti DiP (kapitola 3) sa jej autor venuje základným princípom činnosti primárnych radarových systémov. Aj táto časť DiP je spracovaná veľmi zrozumiteľne a jasne. Autor v nej, okrem iných, na str. 44 definuje pomocou odvodenia z rádiolokačnej rovnice vzťah pre určenie hodnoty výkonu na vstupe RL prijímača P_p . V tomto vzťahu je však na konci menovateľ a nesprávne uvedená ďalšia šikmá dĺžka (R) a nie je pre tento vzťah definovaná premenná P_v .

V kapitolách 4 až 8 sa venuje Ing. Jordán problematike, ktorá bezprostredne súvisí s témou svojej DiP. Pri jej riešení pritom využíval a správne aplikoval **metódy analýzy, syntézy, modelovania a simulácií** danej problematiky. **Za najväčšie prínosy** DiP Ing. Jordána považujem:

1. Návrh nového typu nelineárnej spojitej frekvenčnej vnútroimpulzovej modulácie RL signálu, ktorý autor pracovne nazval FLAMENCO.
2. Teoretickú analýzu metód spracovania RL signálov v spektrálnej oblasti.
3. Návrh modelov a zapojenia meracieho pracoviska pre vyhodnotenie mikroDopplerovských zložiek zo signálov odrazených od vybraných druhov RL objektov.
4. Výsledky uskutočnených experimentov vrátane návrhu architektúry neurónovej siete a jej využitie v procese klasifikácie RL objektov podľa mikroDopplerovských zložiek separovaných z prijatého RL signálu.

Čiastkové výsledky DiP Ing. Jordána priniesli **nové poznatky do oblasti aktívnej rádiolokácie**. Jedná sa najmä o spôsoby separácie mikroDopplerovských zložiek z prijatých RL signálov a aplikáciu prvkov strojového učenia do procesu klasifikácie RL objektov podľa priebehov mikroDopplerovských zložiek. Uvedené skutočnosti je možné považovať za **významné aj pre ďalší rozvoj vedy a podľa mňa sú využiteľné aj v praktických realizáciách čiastkových radarových systémov**.

Pri spracovaní svojej DP vychádzal Ing. Jordán zo 64 literárnych prameňov, čo je pre podobné práce absolútne postačujúce. V rámci riešenia svojej DiP sa autor podieľal na vypracovaní 5-tich vedeckých publikácií (1 článok v indexovanom časopise a 4 príspevky na medzinárodných vedeckých konferenciách), ktoré sú registrované v databázach Scopus resp. Web of Science. Túto skutočnosť taktiež považujem za postačujúcu.

K výsledkom DiP Ing. Jordána mám ešte nasledujúce otázky:

1. Na str. 33, v kapitole 2.3.4 tvrdíte: „Schopnosť odlišiť jemné rozdiely v μ -Dopplere zvyšuje úspešnosť rozlíšenia cieľov, ako jsou lidé, rotory nebo pozemní vozidla [20]-[22]“. Akým spôsobom **rozlíšite ľudí podľa mikroDopplerových zložiek** v RL signálu?
2. Na str. 82 v kapitole 5.7 uvádzate vzťah (51) stanovujúci vzdialenosť zóny žiarenia pre Vami vykonané praktické merania v útlmovej komore. Tento vzťah však platí pre prípad, kedy je rozmer RL objektu mnohonásobne menší než je rozmer apertúry RL antény. **Uved'te správny vzťah** pre stanovenie vzdialenosti zóny žiarenia pre prípad, keď sú rozmery RL objektu porovnateľné s rozmerom apertúry RL antény. Súčasne uved'te, či vami udávaná vzdialenosť (2-3 m) bola pre vykonanie Vašich meraní postačujúca.
3. Na str. 105, Obr. 76 uvádzate matice zámen, ktorých výsledky boli použité pri štatistickom vyhodnotení úspešnosti klasifikácie prostredníctvom validačných a reálnych dát. Považujete štatistický súbor **reálnych dát** za dostatočný pre stanovenie Vami udávanej hodnoty miery úspešnosti klasifikácie?

Záver:

Posudzovaná dizertačná práca v predloženom stave **spĺňa** požadované kritériá kladené na tento druh práce. Z tohto dôvodu ju **odporúčam** prijať k obhajobe a súčasne odporúčam Ing. Josefovi JORDÁNOVI udeliť akademický titul Ph.D.

V Liptovskom Mikuláši dňa 22. októbra 2025

doc. Ing. Zdeněk Matoušek, PhD.