

Oponentský posudok dizertačnej práce

Autor DizP: **Ing. Martin Krčma**
Názov DizP: **Fault-tolerant Field Programmable Neural Networks**
Pracovisko: Fakulta informačných technológií, VUT v Brně
Školiteľ: doc. Ing. Vladimír Drábek, CSc.

K dizertačnej práci som v zmysle požadovaných hľadísk zaujala nasledovné stanovisko.

1) Aktuálnosť zvolenej témy

Dizertačná práca je zameraná na hardvérovú implementáciu umelých neurónových sietí do hradlových polí (FPNN) a zabezpečenie istého stupňa odolnosti vyvinutých architektúr FPNN voči poruchám prostredníctvom vývoja vhodných metód. Keďže umelé neurónové siete a ich HW realizácie nachádzajú využitie v širokej škále aplikácií (napr. riešenie klasifikačných úloh v rôznych oblastiach), tému dizertačnej práce považujem za aktuálnu a výskum v tejto oblasti za potrebný.

2) Dosiahnuté pôvodné výsledky a nové poznatky

Dizertačná práca prináša nové poznatky a pôvodné vedecké výsledky. Najdôležitejšie dosiahnuté výsledky je možné zhrnúť nasledovne:

1. Návrh nových architektúr FPNN (implementácia UNS v hradlových poliach) s cieľom poskytnúť rôzne typy HW štruktúr vzhľadom na:
 - a. HW náročnosť implementácie v FPGA,
 - b. Presnosť s akou tieto architektúry aproximujú pôvodnú neurónovú sieť a jej funkciu,
2. Rozvoj a návrh modifikovaných metód zabezpečujúcich odolnosť FPNN voči poruchám:
 - a. Metódy založené na obvodovej nadbytočnosti (trojitej replikácii – TMR)
 - b. Metódy bez použitia obvodových replík: napr. metóda úpravy váh synaptických prepojení, alebo metóda transparentnosti poruchových prepojení pre prenos dát sieťou, modifikácia algoritmu mapovania NS do FPNN, metóda detekcie kritických prepojení z hľadiska správneho vykonania úlohy sieťou, a ďalšie.

3) Úroveň publikačných výstupov uchádzača

Výsledky dosiahnuté v rámci realizovaného výskumu boli prezentované vo forme 9 publikácií, ktoré priamo súvisia s témou dizertačnej práce, a je medzi nimi 6 prác evidovaných v databáze Scopus. Aj keď z kvalitatívneho hľadiska ide iba o publikácie na medzinárodných vedeckých konferenciách a domácich doktorandských seminároch, a chýbajú publikácie vo vedeckých časopisoch, u všetkých uvedených publikácií je Ing. Martin Krčma prvým autorom a má významný autorský podiel, čo preukazuje jeho schopnosť prezentovať výsledky práce vedeckej komunite. Publikačnú činnosť doktoranda v téme práce za dostatočnú, aj keď publikácie sú už staršieho dát (z rokov 2015-2019).

4) Vedecká erudovanosť uchádzača

V rámci dizertačnej práce ako aj publikovaných prác uchádzač preukázal dostatočný vedecký potenciál a zrelosť samostatne vedecky pracovať a publikovať dosiahnuté výsledky. Zároveň sa podieľal aj na výskume mimo zamerania svojej dizertačnej práce, kde v rámci širšieho autorského kolektívu publikoval niekoľko prác, vrátane práce vo vedeckom časopise. Tu zase preukázal schopnosť riešiť aj úlohy spadajúce aj do iných oblastí výskumu a taktiež schopnosť spolupracovať v rámci širšieho výskumného tímu.

5) Zvolené metódy spracovania

Dizertačná práca je napísaná v anglickom jazyku a je postavená na deviatich pôvodných prácach uchádzača doplnených o sprievodnú textovú časť rozdelenú do 6 kapitol. V zozname literatúry autor uvádza 85 titulov, vrátane svojich vlastných publikácií.

Podľa môjho názoru je forma práce nevhodne zvolená. Práca má prvé 4 kapitoly charakter učebnice prinášajúcej základné informácie o UNS, ich implementácii do FPGA, typoch porúch v NS a prehľad metód zabezpečenia ich odolnosti voči poruchám. Tento učebný text je následne doplnený o kapitolu 5, ktorá je vlastným jadrom autorovej práce a záverom, ktorý stručne sumarizuje dosiahnuté výsledky a prínosy práce. Nasledujú vlastné práce súvisiace i nesúvisiace s témou dizertačnej práce.

Práci chýba jasne uvedená motivácia a stanovené ciele. Tieto je možné nepriamo vyvodiť z textu kapitoly 5, aj napriek tomu by mali byť definované v samostatnej časti, aby bolo následne možné jednoznačne posúdiť ich splnenie.

6) Pripomienky, poznámky a otázky

Pripomienky ku gramatickej a formálnej stránke práce:

- V práci chýba zoznam skratiek a symbolov, a zoznam použitých obrázkov.
- Abstrakty práce v obidvoch jazykových mutáciách sú veľmi stručné.
- V texte kapitoly 2 nie je uvedená jediná referencia a pritom ide o prevzatú teoretickú časť. Podobne v kapitole 4 je odvolávka na jedinú referenciu.
- Niektoré referencie zo zoznamu nie sú v práci vôbec citované, napr. [1], [5], a ďalšie.
- V práci je pomerne veľa preklepov, napr. názov kapitoly „Introcutiion“ na str.3, „The, the...“ na str.5, „TNR“ namiesto „TMR“ na str. 19, „Tabke V“ na str.41., a ďalšie.
- Obr. 5.1. a 5.2. sú v tlačenej verzii práce nekvalitne zobrazené.
- Publikácie autora označené ako E a F sú v tlačenej verzii práce zaradené medzi doteraz nepublikované práce, čo neodpovedá skutočnosti.
- Je zbytočné medzi kľúčové publikácie autora zaradiť plné texty a potom ešte aj skrátené verzie, napr. „plná verzia publikácie E sa nachádza v publikáciách G a B“ – stačilo teda zaradiť iba práce G a B, alebo dokonca iba jednu z nich.

K dizertačnej práci mám nasledovné otázky a pripomienky:

1. Prosím vysvetlite pojem „permanent fault“ v kontexte FPNN štruktúr.
2. Kapitola 5.2.4 má názov „The FPNNs robustness“. Špecifikujte o akú robustnosť ide – výpočtovú, odolnosť voči poruchám, robustnosť z hľadiska HW či správnej funkcie?
3. Uvažovali ste aj iný typ neurónových sietí okrem dopredných? Je možné vyvinuté metódy implementácie UNS do FPGA a metódy odolnosti voči poruchám aplikovať aj na iné architektúry sietí?

4. Kapitola 3.1. popisuje niekoľko rôznych typov porúch vyskytujúcich sa v UNS. Boli vyvinuté metódy odolnosti voči poruchám vyhodnotené z hľadiska týchto porúch? Ak áno, ktorých konkrétne?
5. Pri klasifikačných úlohách NS, závisí úspešnosť správnej klasifikácie nielen od zložitosti a architektúry siete, ale aj od kvality učenia (veľkosti a vhodnosti trénovacej množiny vzoriek). Bolo toto uvažované a analyzované v kontexte vyvinutých metód?

7) Zhrnutie a záverečné odporúčanie

Na záver konštatujem, že predložená dizertačná práca pána Ing. Martina Krčmy dostatočne preukazuje samostatnú tvorivú vedeckú prácu, obsahuje pôvodné publikované výsledky, a spĺňa podmienky kladené na dizertačnú prácu ako aj požiadavky k udeleniu titulu Ph.D.

Dizertačnú prácu Ing. Martinu Krčmy **doporučujem** k obhajobe.

V Bratislave. 2. 2. 2023

prof. Ing. Viera Stopjaková, PhD.
Ústav elektroniky a fotoniky,
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava, Slovensko