

prof. RNDr. Gabriel Juhás, PhD.
Ústav informatiky a matematiky

Oponentský posudok
k žiadosti Ing. Vladimíra Popardovského, PhD. o udelenie titulu docent
v odbore habilitačného konania a inauguračného konania
výzbroj a technika ozbrojených síl
na Akadémii ozbrojených síl generála M. R. Štefánika

Habilitačná práca Ing. Vladimíra Popardovského, PhD. (ďalej aj autor) sa venuje problematike aktívneho systému odpruženia bojového pásového vozidla, ktorú rieši použitím kombinácie klasických prostriedkov riadenia a prvkov umelej inteligencie, konkrétne neurónových sietí.

Autor v úvode jasne formuluje motiváciu a ciele svojej práce, kde ukazuje opodstatnenosť a potrebu teoreticky rozpracovať túto problematiku. Stanovené ciele sa v praktickej časti snaží naplniť, a môžem konštatovať že sa mu to aj darí.

Práca je delená na teoretickú a praktickú časť. Obsahom teoretickej časti je zhrnutie základných poznatkov potrebných pre dosiahnutie autorom stanovených cieľov, a to predovšetkým z dvoch súvisiacich oblastí: teória neurónových sietí a teória automatického riadenia.

Na priestore 30 strán (kapitoly 1. až 5.) autor podáva akési teoretické minimum, ktoré je východiskovou platformou a súhrnom teoretických znalostí z predmetnej problematiky, potrebných pre realizáciu stanovených cieľov. Je samozrejme možné diskutovať, či je tento rozsah dostačujúci – z môjho pohľadu konštatujem, že obsahová náplň teoretickej časti práce poskytuje prípadnému čitateľovi takmer „všetku potrebnú teóriu“ nutnú na pochopenie praktickej časti – a to všetko v prehľadnej a zrozumiteľnej forme.

Obsahom praktickej časti práce je realizácia samotných cieľov – a to ako v rovine praktického experimentu, tak v rovine simulačnej. Pozitívne hodnotím hlavne skutočnosť spojenia praktického merania a teoretickej simulácie, čo samozrejme zvyšuje úroveň simulácii a „zdôveryhodňuje“ ich výsledky, ktoré vznikli na základe vstupov získaných z reálneho prostredia. Z môjho pohľadu zásadnou sa javí kapitola 6., ktorá si kladie za cieľ vytvorenie metodiky návrhu topológie feed-forward neurónovej siete v zmysle distribúcie daného počtu neurónov do takého počtu skrytých vrstiev, ktoré maximalizujú počet prepojení v sieti. Potreba takejto metodiky vychádza z predpokladu, že neredundantná sieť (vzhľadom na povahu úlohy) a s maximalizovaným počtom prepojení dáva lepšie predpoklady na lepšie aproximačné schopnosti siete.

Autor v kap. 6 formuluje vety 5. a 6., o platnosti ktorých následne podáva dôkaz a úspešne ich demonštruje na niekoľkých príkladoch, pričom za najdôležitejší považujem príklad 3. Tento príklad ukazuje aproximáciu reálnych dát, sieťou optimalizovanou v zmysle definovanej metodiky. Reálnymi dátami pri tomto simulačnom experimente je časový priebeh zrýchlení vertikálnych kmitov korby vozidla BVP-2 po prejazde umelou prekážkou. Vety 5. a 6. spolu s ich dôkazom sú pôvodným výsledkom práce, ktorý odporúčam autorovi pripraviť pre publikovanie na vhodnej medzinárodnej odbornej platforme.

Následne v podkapitole 6.1 autor ukazuje vlastný experimentálny postup určenia počtu skrytých neurónov na základe kritéria minimalizácie lineárnej chybovej plochy. Tento postup je demonštrovaný v rámci príkladu 4 a podľa mne známych informácií, autor tento postup publikoval na medzinárodnej vedeckej konferencii Transport Means 2018 v Litve.

Kapitolu 7. autor venuje tvorbe modelu pruženia vozidla BVP-2, pri ktorom je uplatnený postup, kde na základe v odbornej literatúre známeho polovičného modelu, sa tento parametrizuje na základe dát získaných z reálnych jazd predmetného vozidla. Tu by som rád konštatoval, že takéto prepojenie teórie a praxe považujem za prínosné, pretože model zostavený na základe reálu má nespochybniteľnú vypovedaciu hodnotu. Za istú „slabinu“ možno považovať skutočnosť, že autor použil „len“ polovičný model a nie model úplný, ktorý by umožnil študovať kmitanie vozidla v pozdĺžnom aj priečnom smere. Na druhej strane je potrebné povedať, keďže autor realizoval len meranie pozdĺžnych kmitov korby vozidla, tak úplný model by bol v istom zmysle nadbytočný.

Oceňujem snahu autora modifikovať štandardný polovičný model vlastným vkladom, ktorým je opustenie zaužívaného zjednodušenia považovať ťažisko za fixný bod okolo ktorého sa realizuje rotačné kmitanie – kmity korby v pozdĺžnom smere. Autor tento problém rieši zisťovaním skutočnej osi otáčania, ktorá sa v čase dynamicky mení, a pre tento účel navrhuje matematický formalizmus, výsledkom ktorého je funkcia v práci označená ako $B(t)$. Táto funkcia reprezentuje časovú zmenu vzdialenosti skutočného bodu otáčania od predného akcelerometra použitého pri meraní. Pre výpočet tejto funkcie autor zostavil aj výpočtovú schému v prostredí MATLAB Simulink, ktorá je zahrnutá aj do celkového modelu. Zostavený model je následne pretransformovaný z pasívnej do aktívnej formy a je použitý v ďalšej kapitole pre potrebu simulačných experimentov samotného riadenia aktívneho odpruženia bojového pásového vozidla.

Predmetom predposlednej kapitoly 8. je aplikácia neurónovej siete v riadiacich štruktúrach, ktoré sú použité pre systém riadenia odpruženia bojového pásového vozidla. Autorovým záujmom je integrácia neurónovej siete do štandardnej PID formy riadenia. Autor simulačne realizuje a navzájom porovnáva tri riadiace štruktúry – štandardné PID, PIDANN a ANNAPID formu. Považujem za dôležité poznamenať, že autor pri návrhu neurónových sietí použitých pre PIDANN a ANNAPID riadenie, úspešne využíva vlastné výsledky dosiahnuté v kapitole 6. Ďalej konštatujem, že ANNAPID forma riadenia zároveň reprezentuje autorov pokus o modifikáciu tejto riadiacej schémy, vypustením signálu u na vstupe neurónového tunera. Táto autorova modifikácia predstavuje zjednodušenie procesu tréningu (jej výpočtovú náročnosť), pričom zo simulácii vyplýva „životaschopnosť“ takéhoto zjednodušenia. Je preto na škodu veci, že autor v práci neporovnáva štandardný ANNAPID so svojou modifikovanou verziou.

Záverečnú kapitolu 9. považujem vzhľadom na jej rozsah a zjednodušené spracovanie len za akúsi demonštračnú a doplnkovú, ktorá si kladie za cieľ, na úrovni základných princípov, ukázať výhody spojenia stabilizovanej podvozkového platformy a stabilizácie námeru hlavne. Simulácie jednoznačne ukazujú významne nižšiu energetickú náročnosť hlavného stabilizátora v situácii, keď je „posadený“ na podvozok s aktívnym systémom odpruženia. Ako mi je známe, autor je publikačne činný aj v tejto oblasti zbraňovej stabilizácie, a to na medzinárodnej úrovni.

Na záver konštatujem, že predložená práca má všetky náležitosti habilitačnej práce, je spracovaná na vyhovujúcej odbornej úrovni a v primeranom rozsahu. Autor v práci splnil všetky ciele ktoré si stanovil, pričom prejavil schopnosti exaktne presne formulovať a následne riešiť odborný technický problém. V práci sú jasne identifikovateľné vlastné vklady autora, ktorými modifikoval alebo doplnil zaužívané postupy. Prácu odporúčam k obhajobe a po jej úspešnom obhájení, odporúčam Ing. Vladimírovi Popardovskému, PhD. udeliť vedecko-pedagogický titul docent.

Otázky:

1. Budú vety 5. a 6. z kap. 6 platiť aj pre úplne neprepojenú feed-forward sieť? (napr. s vynechanými alebo rekurentnými prepojeniami)

2. V kapitole 7. ste formuloval polovičný model pruženia v lineárnej forme. Aký bol dôvod použiť lineárny tvar namiesto nelineárneho?

3. Keďže v kapitole 9. sa prezentuje už len výsledný tvar modelu vertikálneho kmitania hlavne kanónu (v podobe fyzikálneho Simscape modelu), vedel by ste – s predpokladom istých zjednodušení ukázať tvorbu analytickej podoby takéhoto modelu?

V Bratislave, 20.01.2022

prof. RNDr. Gabriel Juhás, PhD.