

Oponentský posudok habilitačnej práce

Názov predkladanej práce: Pokročilé aspekty prediktívneho riadenia

Predkladá: Ing. Martin Klaučo, PhD., FCHPT STU Bratislava

Oponent: prof. Ing. Roman Prokop, CSc., Fakulta aplikovanej informatiky, UTB ve Zlíně, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, ČR

Téma a aktuálnosť zvolenej problematiky

Predložená habilitačná práca obsahuje výber publikácií, ktoré sú zamerané na hlavné oblasti, ktorými sa autor vedecky zaoberá mnoho rokov. V prvom rade ide o pokročilé prediktívne regulátory. V druhej línii sa venuje metódam strojového učenia a aproximáciou týchto regulátorov pomocou neurónových sietí.

Autor v habilitačnej práci využil spôsob kombinácie teoretického komentára a výberu publikácií v daných oblastiach.

Teoretická časť práce napísaná v slovenskom jazyku má celkový rozsah 35 číslovaných strán, včítane zoznamu vyše 31 použitých referencií. Práca je rozdelená do dvoch hlavných kapitol, ktoré odpovedajú dvom hlavným oblastiam zamerania autora.

Ďalej habilitačná práca obsahuje 6 príloh, ktoré ilustrujú 5 časopiseckých publikácií zo študovanej oblasti. U publikácií v rokoch 2017-2022 je prvým autorom v 3 prípadoch. Väčšina publikácií má rozsah 7-11 strán. Ďalej je uvedený úvod a obsah monografie, ktorá vyšla v roku 2029 v nakladateľstve Springer. Ing. Klaučo je prvým z dvoch autorov a rozsah monografie je 137 strán. Autor vidí prínosy práce v dvoch oblastiach. V prvom rade ide syntézu prediktívnych regulátorov v pokročilom zmysle, a to v troch prístupoch. V druhom rade sa jedná o metódy strojového učenia, ktoré vedú k zefektívneniu výpočtu pri návrhu MPC.

Kapitola 2 sa zaoberá syntézou prediktívnych regulátorov. Vychádza sa z diskrétného stavového popisu s minimalizáciou kvadratického kritéria v zmysle posuvného horizontu.

Možno konštatovať, že študované oblasti Model predictive control (MPC) sú vedecky aj spoločensky významné a zaujímavé a ich relevantnosť je doložená počtom publikácií a vedeckým ohlasom.

Teoretická časť je rozdelená do troch samostatných kapitol. Prvá kapitola sa skladá z dvoch častí, prvá sa venuje návrhu MPC regulátorov, druhá syntéze za behu, či prevádzky. Kapitola 3 je venovaná metódam strojového učenia. Skladá sa z dvoch častí, prvá sa venuje inicializácii metódy aktívnych množín, druhá časť aproximácii MPC pomocou neurónových sietí. Nasleduje stručný záver a zoznam referencií.

Pedagogická činnosť habilitanta.

Pedagogickú aktivitu uvádza Ing. Klaučo od roku 2014. V prednáškovej oblasti uvádza činnosť v 7 predmetoch, cvičenia, semináre a laboratórne cvičenia v 11 predmetoch. Domnievam sa, že vzhľadom na čas pôsobenia a vek habilitanta je táto činnosť vysoko nadpriemerná. Ing. Klaučo uvádza vedenie 8 diplomových prác, 7 z nich sú napísané

v anglickom jazyku. Ďalej je uvedených 17 bakalárskych prác a dve diplomové práce s participáciou habilitanta ako konzultant.

Zvolené metódy spracovania a dosiahnuté výsledky

Základný prístup autora k spracovaniu problematiky je korektný a správny. Autor je v popisovanej oblasti hlboko vzdelaný a orientovaný. To potvrdzuje mnoho publikácií v renomovaných vedeckých časopisoch a monografiách. Publikačná výkonnosť (k 26.4.2022) v databáze Scopus reprezentuje 49 dokumentov s 292 citáciami a s Hirschovým indexom 9 (bez autocitácií). Databáza WoS udáva 50 dokumentov a 205 citácií.

Autor preukázal schopnosti transformovať teoretické vedomosti a znalosti do inžinierskej aplikácie a výsledky programátorsky implementovať. Formulačne je práca napísaná korektným, zreteľným spôsobom a dikciou zodpovedá skôr vedeckej monografii.

Hodnotenie práce, ohlasy a pripomienky

Prínosy práce možno vidieť v odvodení a rozšírení postupov v oblasti prediktívnych regulátorov. Hlavné prínosy práce možno vidieť vo využití strojového učenia a aproximácie prediktívnych regulátorov pomocou neurónových sietí. V tomto zmysle možno výsledky práce pokladať za prínos a posun znalostí, a to aj v medzinárodnom meradle. Výsledky sú jednoznačne využiteľné a aplikovateľné v pedagogickej oblasti a inžinierskej praxi.

Po formálnej stránke práca má vysokú úroveň. Rozsahom nie je veľmi obsiahla, počet referencií je primeraný a text je písaný pozorne, bez chýb a preklepov. Nepresnosti typu „...čiže ASM metódu inicializuje prázdnu množinou aktívnych ohraničení...“ (gramatická nezrovnalosť) na s. 25⁸ alebo na s. 24⁶ „najme“ sú výnimočné.

Pripomienky a podnety sa skôr týkajú filozofie a didaktiky práce. V tejto oblasti je možné ich zhrnúť do niekoľkých bodov:

- P1. Ocenil by som zoznam skratiek (napr. v.n. na s. 5, KKT, GUROBI, CPLEX,...).
- P2. V časti 2.2.2 by mohli byť podrobnejšie vyjadrenia pre účelovú funkciu (2.16).
- P3. Formulačne sú niektoré vety komplikované a ťažko pochopiteľné (napr. s.14₄ ...množstvo regiónov ktoré vzniká pri riadení... alebo s. 27₁₅ Práve neurónové siete sú schopné ...).
- P4. Tab 3.1 na s. 29 je neočakávane komentovaná v anglickom jazyku.
- P5. Autor používa niektoré formulácie, ktoré nie sú úplne obvyklé, napr. s. 4¹ „skoro optimálny“ Alebo „syntéza za-behu ladiateľného MPC“.

K predloženej práci mám nasledujúce otázky:

- Q1. Autor na s.16 uvádza, že problém má charakter zmiešaného celočíselného programovania. Ktoré premenné majú byť celočíselné a ktoré nie?
- Q2. Na s. 11 je uvedený Obr. 2.4 o zvýšení kvality riadenia nasadením MPC koordinátora. Prosím o podrobnejšie vysvetlenie.
- Q3. Prosím o podrobnejšie vysvetlenie porovnaní MPC a NN v Tab. 3.1 a na Obr. 3.3.

Q4. Je možné prívlastok „za-behu laditeľný MPC“ stotožniť s pojmom „selftuning“ ?

Záver.

Výsledky prezentované v habilitačnej práci Ing. Martina Klauča, PhD. majú požadovanú vedeckú úroveň, preukazujú vysokú erudíciu autora, potenciál uplatnenia a ďalšieho vývoja. V znení vyhl. MŠVVaŠ SR č. 457/2012 Z.z. práca vyhovuje požiadavkám na udelenie titulu docent v študijnom odbore automatizácia, **odporúčam** prácu pre habilitačné konanie a **navrhujem** udelenie tohto titulu.

V Zlíne 29.4.2022


prof. Ing. Roman Prokop, CSc.