

Oponentský posudok habilitačnej práce

Pokročilé aspekty prediktívneho riadenia

Ing. MSc. Martin Klaučo, PhD.

Odbor habilitačného a inauguračného konania: Automatizácia

Posudok bol vypracovaný na základe vymenovania za oponenta habilitačnej práce listom od predsedu VR FCHPT STU v Bratislave prof. Ing. Antona Gatiala, DrSc., zo dňa 28.03.2022. Priloženou dokumentáciou boli habilitačná práca, protokol o kontrole originality, vyplnené kritéria na habilitáciu docentov platné na FCHPT STU v Bratislave a prílohy k habilitačnému konaniu s prehľadmi o činnosti a výstupoch habilitanta zverejnené na fakultnej webovskej stránke.

Habilitačná práca

Posudzovaná habilitačná práca je spracovaná ako kombinácia súboru 6-tich profilujúcich vedeckých publikácií habilitanta, v ktorých vystupuje ako prvý autor, resp. spoluautor, s uceleným a obsiahlym 35-stranovým úvodným komentárom do riešenej problematiky, v ktorom habilitant referuje o svojich prínosoch pri návrhu a syntéze pokročilých prediktívnych regulátorov. Konkrétne v prvej časti sa práca venuje jeho prínosom pri systematickom návrhu nadradených prediktívnych regulátorov podľa toho, aké je zapojenie v spätnej väzbe. Rozpracované je nadradené prediktívne riadenie slučiek s PID riadením a s podradeným MPC riadením. Prínosom predložených riešení je vynútenie splnenia všetkých ohraničení na všetky signály a zvýšenie celkovej výkonnosti prevádzky. Riešenia sú testované simulačne na návrhu syntézy nadradeného riadenia parnej turbíny, kde analýza kvality riadenia jednoznačne preukázala výrazné zvýšenie hodnôt kvalitatívnych ukazovateľov. Riešené je i koordinované riadenie MPC regulátorov cestou viac-úrovňovej optimalizácie, i tu sú prínosy deklarované simulačnou ukážkou pri koordinovanom riadení chemických reaktorov. V tejto časti práce habilitant pojednáva i o syntéze za behu laditeľných explicitných prediktívnych regulátorov z pohľadu voľby váhujúcich matic kriteriálnej funkcie. Predkladá účinné a dostatočne jednoduché riešenie, garantujúce stabilitu a rekurzívnu riešiteľnosť, založené na určení dvoch hraničných explicitných riešení a lineárnej interpolácii medzi nimi. V druhej časti habilitačnej práci sa habilitant zaoberá uplatnením metód strojového učenia pri úlohe podstatného urýchlenia získavania riešenia prediktívneho riadenia v jeho implicitnej, či explicitnej formulácii pre rozsiahle systémy. Tu predkladá a analyzuje možnosti uplatnenia techník strojového učenia pri inicializácii algoritmu metódy

aktívnych množín pri implicitných riešeniach a pomocou neurónových sietí navrhuje postup ako aproximovať explicitné vyjadrenie prediktívneho zákona riadenia.

Riešená problematika predložená v habilitačnej práci je bezpochyby vysoko aktuálna pri analýze, modelovaní a efektívnom riadení zložitých technologických procesov. Je potrebné podotknúť, že analyzovaný koncept viac-úrovňového riadenia je v priemyselnej praxi veľmi žiadaný, umožňuje výrazne zvýšiť kvalitu riadenia bez nutosti výraznejšej revitalizácie aktuálnych slučiek riadenia. Výstupy habilitačnej práce môžu byť taktiež zaujímavé i v ďalších oblastiach techniky zaoberajúcich sa riadením inteligentných a autonómnych systémov a zariadení.

Z formálneho hľadiska je práca napísaná na veľmi dobrej úrovni. Obsahuje minimálne množstvo chýb a preklepov. V texte sa občas vyskytujú chyby s nesprávnym skloňovaním slov. Prezентuje výsledky dosiahnuté vo viacerých kolektívoch pod vedením habilitanta, o čom svedčí i skutočnosť, že na väčšine priložených vybraných vedeckých publikáciách je prvým autorom.

Habilitačná práca vyvážene rozoberá ako praktické, tak i teoretické aspekty riešenej problematiky. K práci mám nasledujúce otázky:

- z pohľadu všeobecnej formulácie kritéria prediktívneho regulátora na nadradenej úrovni, aké ďalšie kritéria v úlohe koordinácie nízko úrovňových regulátorov bolo potrebné uvažovať, aby sa zachovala autonómnosť v činnosti podriadených slučiek?
- pri schéme zapojenia viacúrovňového prediktívneho regulátora podľa obr.2.5 reprezentuje $w(t)$ žiadanú hodnotu nastavenú nadradeným MPC regulátorom platnú pre celý horizont riadenia podradeného MPC regulátora, alebo iba pre definovaný okamih t ? V takom prípade, kde v horizonte podriadeného regulátora bola uvažovaná?
- ako sa eliminoval vplyv rozdielnych dopravných oneskorení v podriadených slučkách na kvalitu koordinácie na nadradenej úrovni. Boli na všetkých úrovniach uvažované rovnaké periódy vzorkovania, prípadne rovnaké horizonty riadenia?

Pedagogická aktivita

Habilitant spĺňa všetky kritéria pre pedagogickú spôsobilosť stanovené pri habilitácii za docenta na FCHPT STU v Bratislave. Prednášal vybrané kapitoly v celkovo 7 predmetoch štúdiijného odboru pracoviska a aktívne pripravoval a viedol semináre a cvičenia postupne v širšom odbornom spektre zahrňujúcom až 10 disciplín odboru. Habilitant prekračuje požiadavky na dĺžku a kvalitu potrebnej pedagogickej praxe. Pripravil jeden elektronický učebný text k predmetu Úvod do riadenia procesov. Osobitne pozitívne hodnotím vysoký počet úspešne vedených záverečných prác v prvom a druhom stupni štúdia (spolu 14), z ktorých 7 diplomových prác bolo predložených a obhájených v anglickom jazyku, čo deklaruje jeho vysokú zanietenosť pri zapájaní študentov do svojich vedeckých a odborných aktivít a určite to potvrdzuje jeho vysoké kvality v pedagogickej činnosti.

Publikačná aktivita a uznanie komunitou

Habilitant jednoznačne spĺňa kritéria na preukázanie publikačnej aktivity stanovené pre habilitačné pokračovania na fakulte. Celkový zoznam jeho publikácií vo všetkých kategóriách obsahuje 52 prác. Prekračuje týmto minimálne počty publikácií stanovené kritériami pre pôvodné vedecké práce. Habilitant je spoluautorom jednej zhraničenej vedeckej monografie vydanej prestížnym vydavateľstvom a 8 pôvodných vedeckých prác publikovaných v zahraničných karentovaných časopisoch. Celkovo v citačnej databáze WOS má zaradených 48 publikácií a v citačnej databáze SCOPUS 49 publikácií. Z pohľadu uznania vedeckou a odbornou komunitou jednoznačne prekračuje stanovené kritéria dané počtom dokladovaných citačných ohlasov na svoje vedecké práce, konkrétne v databáze WOS má registrovaných 111 citácií a dosiahol H-index 9, v databáze Scopus má 221 citácií a H-index 10 a v databáze Google Scholar má 444 citácií s dosiahnutým H-indexom 12.

Vedecko-výskumné kritéria a vedecká škola

Táto časť kritérií hodnotí výskumnú a projektovú činnosť a aktivity uchádzača pri tvorbe jeho vedeckej školy. I tu možno konštatovať, že habilitant spĺňa požadované ukazovatele. Dokladuje to obsiahly zoznam riešených domácich a medzinárodných projektov, na ktorých sa doteraz habilitant aktívne zúčastňoval. Pri projektoch APVV vystupoval 3x ako riešiteľ a v jednom prípade ako zodpovedný riešiteľ, pri projektoch VEGA tiež 3x ako riešiteľ a 1x ako zástupca zodpovedného riešiteľa. Ako zodpovedný riešiteľ získal a vedie jeden medzinárodný projekt v skupine EIT Manufacturing. Jeho aktívny postoj k vedeckej a výskumnej činnosti podčiarkuje i fakt, že v roku 2020 získal vedecký kvalifikačný stupeň *IIa*. Pokiaľ ide o tvorbu jeho vedeckej školy aktívne školí dvoch doktorandov, ktorí sú už po dizertačnej skúške.

Záver

Na základe posudzovanej habilitačnej práce, pripojených dokladoch o výchovno-vzdelávacej, vedecko-výskumnej, publikačnej a ďalšej činnosti jednoznačne pozitívne hodnotím celkový prínos Ing. MSc. Martina Klauča, PhD., v týchto oblastiach a jednoznačne odporúčam habilitačnej komisii a VR FCHPT STU v Bratislave po úspešnej obhajobe, udeliť uchádzačovi titul **docent** v odbore habilitačného a inauguračného konania **Automatizácia**.

V Bratislave 20. 04. 2022

Prof. Ing. B. Rohaľ-Ilkiv, CSc.