

prof. Ing. Vladimír Bobál, CSc.
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav řízení procesů
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín 5
Tel.: 57 603 5197, Fax: 57 603 5279
E-mail: bobal@fai.utb.cz

Oponentní posudek habilitační práce

Uchazeč: **Ing. Michal Kvasnica, Ph.D.**

Pracoviště: **Slovenská technická univerzita v Bratislave**

Fakulta chemické a potravinářské technologie

Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky

Název habilitační práce: **Rýchle a paměťovo efektivně prediktívne riadenie hybridných systémov**
Předložená habilitační práce náleží do oblasti prediktivního řízení hybridních systémů a její náplní je tzv. *explicitní prediktivní řízení*. Habilitační práce je uvedena ve formě souboru příspěvků autora a jeho spolupracovníků, které přináší nové originální vědecké poznatky. Jednotlivé příspěvky byly v posledních čtyřech letech publikovány v popředních renomovaných impaktovaných vědeckých mezinárodních časopisech (4 příspěvky), prestižních vědeckých mezinárodních konferencích (3 příspěvky na IFAC World Congress, 2 příspěvky na Conference on Decision and Control, 2 příspěvky na IEEE International Symposium). V habilitační práci je rovněž uveden Obsah a Úvod původní uchazečovy vědecké monografie „Real-time Predictive Control via Multiparametric Programming“, která byla vydána v nakladatelství VDM Verlag Saarbruecken v roce 2009, její rozsah je 231 stran. Rozsah habilitační práce je 168 stran, z toho 25 stran tvoří stručná charakteristika autorem dosažených výsledků, která je doplněna 154 odkazy na citovanou použitou literaturu.

Habilitační práce je členěna do šesti kapitol. *První* úvodní kapitola stručně charakterizuje prediktivní řízení a deklaruje cíle a přínosy habilitační práce.

Ve *druhé* kapitole je popsán současný stav problematiky prediktivního řízení (Model Predictive Control – MPC) a je zde uveden velmi rozsáhlý a vyčerpávající přehled uvedené problematiky z hlediska historického vývoje s vyčerpávajícími citacemi vědecké literatury, týkajících se prediktivního řízení.

Náplní *třetí* kapitoly je prediktivní řízení hybridních systémů, je zde definován pojem hybridní systém a uvedena definice tzv. *po částech afinního* (Piecewise Affine – PWA) modelu. Rovněž je v této kapitole stručně pojednáno o explicitním prediktivním a časově optimálním prediktivním řízení.

Kapitolu *čtvrtou* je možno považovat za klíčovou z hlediska teoretického. Její náplní je snižování složitosti explicitního prediktivního řízení. Při explicitním řízení se dopředu off-line vypočítají optimální akční zásahy pro veškeré přípustné počáteční podmínky a tyto se uloží do tabulky. Úloha získání optimálního akčního zásahu se poté redukuje na jeho vyhledání v příslušné tabulce, čímž se značně zjednoduší výpočetní náročnost jak z hlediska času, tak i z hlediska použité výpočetní techniky. Tím je splněn základní požadavek pro optimální řízení, tj. kvalita regulace a ekonomické hledisko (cena hardwareových i softwareových prostředků).

Z aplikačního hlediska jsou velmi důležité programové prostředky (toolboxy), které jsou schopny realizovat explicitní prediktivní řízení (viz *pátá* kapitola). Z toho důvodu byl sestaven uchazečem a jeho spolupracovníky programový nástroj *Multi-Parametric Toolbox* (MPT), který je schopen řešit problémy parametrického programování aplikovaného hlavně na úlohy prediktivního řízení. Tento toolbox je volně přístupný a je ve velké míře používán mezinárodní vědeckou komunitou. Tato skutečnost je dokázána i velkým počtem citací publikace, ve které je MPT uveden. Je třeba se zmínit o skutečnosti, že MPT byl poté výrazně uchazečem modifikován.

V závěrečné šesté kapitole jsou stručně shrnuty výsledky dosažené v habilitační práci a zdůrazněny praktické výhody navrženého přístupu oproti klasickým prediktivním regulátorům

Není úkolem oponenta hledat chyby a omyly v disertační práci, která sestává z vědeckých příspěvků autora a jeho spoluautorů. Tato činnost byla kvalifikovaněji provedena v rámci náročného recenzního řízení, které je nevyhnutelnou podmínkou zveřejnění příspěvku v renomovaném mezinárodním vědeckém časopise, případně ve sborníku mezinárodní vědecké konference. Chci ještě jednou připomenout, že veškeré publikace v příloze mají vysokou vědeckou úroveň a vzbudily velký ohlas v mezinárodní odborné komunitě.

Habilitační práce jako celek je pečlivě zpracována jak z hlediska formální úpravy, tak i srozumitelnosti. Přínos práce je vedle teoretické oblasti i v oblasti aplikační (vytváření programových prostředků). Dosažené teoretické výsledky a sestavený MPT doplněný programovým prostředkem Autoprox mají velký význam pro vlastní implementaci prediktivních regulátorů v průmyslové praxi. Navržené explicitní algoritmy umožňují efektivně a ekonomicky prediktivně řídit i procesy s velmi rychlou dynamikou relativně jednoduchými a lacinými řídicími výpočetními prostředky. Klasické prediktivní regulátory kvůli náročným optimalizačním výpočtům je možno použít spíše pro procesy s pomalou dynamikou. Z tohoto hlediska mají výsledky uvedené v disertační práci nejen teoretický přínos, ale i velký aplikační přínos pro průmyslovou praxi.

V žádném případě nechci suplovat práci habilitační komise, ale rád bych se vyjádřil rovněž k pedagogickým schopnostem uchazeče. Zúčastnil jsem se několika vědeckých mezinárodních konferencí, kde uchazeč prezentoval výsledky své vědecké práce v anglickém jazyce před mezinárodní vědeckou komunitou. Ve všech případech byly přednášky M. Kvasnice přijaty s velkým zájmem a vzbudily diskusi (na uvedené dotazy M. Kvasnice jasně a srozumitelně reagoval). Rovněž jsem se zúčastnil semináře na téma „Model Predictive Control“, který M. Kvasnice přednesl na našem pracovišti (UTB ve Zlíně, Fakultě aplikované informatiky) v minulém roce pro akademické pracovníky a doktorandy. Seminář vzbudil velký zájem jak u akademických pracovníků naší fakulty, tak i doktorandů. Z toho plyne, že M. Kvasnica má velké předpoklady nejen pro vědeckou, ale i kvalitní pedagogickou činnost.

Téma pro diskusi při obhajobě doktorské práce

Navrhují, aby uchazeč při obhajobě habilitační práce zodpověděl následující dotazy:

1. Při konstrukci časově optimálního řízení pro PWA (Piecewise Affine) systémy s parametrickými neurčitostmi (Kapitola 3.4) se v predikční rovnici neuvažují matic B jako funkce parametrů. Proč se uvažuje takové omezení?
2. Pro výpočet parametrů separačního polynomu je v Kapitole 4.2 uveden iterační postup založený na řešení problémů lineárního programování. Existuje teoretická garance konvergence takového algoritmu po konečném počtu iterací?

Závěrečné vyjádření

Ve své habilitační práci prokázal uchazeč vědeckou a pedagogickou erudici v oblasti teorie automatického řízení a schopnost předávat výsledky své práce nejen posluchačům vysokých škol, ale i mezinárodní vědecké komunitě.

Habilitační práce splňuje veškeré požadované a potřebné náležitosti, proto doporučuji habilitační komisi, aby uchazeč Ing. Michal Kvasnica, Ph.D., byl navržen pro jmenování docentem v odboru 5.2.14 *Automatizace*.

Ve Zlíně 29. srpna 2011



prof. Ing. Vladimír Bobál, CSc.