

POSUDEK HABILITAČNÍ PRÁCE

Název práce: Efficient Embedded Explicit Model Predictive Control via Convex Lifting
Oponent: Doc. Ing. Lukáš Ferkl, Ph.D.
Autor: Ing. Martin Gulan, PhD.

Předkládanou habilitační práci lze stěží charakterizovat jiným slovem než „vyčerpávající“. První část je velmi srozumitelně napsaná a dobře uvádí do problematiky, jejíž jednotlivé části jsou rozvedeny ve druhé části. Jelikož práce sestává z pěti článků publikovaných, resp. přijatých k publikaci, prošla už vlastně rukama 10–15 oponentů. Nebudu tedy komentovat jednotlivé rovnice – věřím svým kolegům, že je již zkontrolovali a že jsou dobře. Zaměřím se na dva jiné aspekty – na srozumitelnost metody a na její aplikační přínosy. V posudku budu průběžně klást otázky, u kterých bych byl rád, kdybyste je během obhajoby nebo habilitační přednášky zodpověděl.

Při čtení habilitace jsem získal pocit, že postup „convex lifting“ je dobrým a nadějným doplňkem k explicitnímu MPC, jehož omezení jsou obecně známa. Musím ale říci, že ani po několikerém podrobném přečtení si nedokážu představit, co vlastně convex lifting s MPC dělá – na rozdíl od různých metod explicitního MPC, order-reduction techniques apod. Matematicky metoda smysl dává, ale představit si ji lze těžko. Domnívám se, že to může být základní překážka pro obecné přijetí této metody, byť by se ukázala jako výhodná. Mám-li uvést paralelu, LQ regulátor (kterému ve skutečnosti skoro nikdo nerozumí) pro systém 1x1 degraduje na Pythagorovu větu (které rozumí každý), ale to se skoro v žádné literatuře neuvádí a absolventi control engineering tak LQ regulaci v praxi skoro nepoužívají.

Otázka 1: Je možné popisovanou metodu vysvětlit na nějakém radikálně jednoduchém příkladu, aby bylo na první pohled zřejmé, jak funguje? Možná by stačilo zjednodušit a trochu rozvést obrázek 3.10 na str. 38.

Dále v práci není úplně srozumitelně jasné, jaký k sobě EMPC a LEMPC mají praktický vztah, chybí nějaký stručný souhrn, například srovnávací tabulky jsou sice podrobné, ale bohužel ztrácí přehlednost. Pokud budu v praxi řešit nějaký problém a budu se chtít rozhodnout, jestli použiji Vaši metodu, nenajdu stručné porovnání, proč bych se jí měl zabývat.

Otázka 2: Dokážete na jeden slide ukázat, kdy použít „klasické“ EMPC a kdy má smysl zabývat se LEMPC? Čím se liší, jaké jsou výhody, případně nevýhody? Proč bych měl jako inženýr po LEMPC sáhnout?

Podstatná část práce se týká implementace popisovaných algoritmů na 8-bitové a 32-bitové mikročipy. Tady jsem opět toho názoru, že méně je někdy více a alespoň na závěr bych uvedl jednoduchou tabulku, kam bych dal typické příklady, ne ucelený přehled. Nenašel jsem také porovnání mezi implementací na 8-bitové a 32-bitové architektuře. Zajímavé by také bylo nejen porovnávat různé varianty EMPC, ale v praktických ukázkách vyzkoušet také implementaci „klasických“ algoritmů, např. PPF (jako jste udělal v publikaci Takács et al., 2016) nebo PID.

Otázka 3: Jak se vůči sobě chovají implementace na 8-bitové a 32-bitové architektuře, resp. je možné určit hranici (ve smyslu paměti, rychlosti, horizontu predikce, ceny...), od kdy už je nutné použít 32-bitovou architekturu?

Otázka 4: Je možné porovnat EMPC s klasickými regulátory, např. typu PPF nebo PID, ve smyslu přesnosti, případně rychlosti útlumu? Jak složité je navrhnout tyto regulátory (např. v hodinách strávených návrhem a laděním)?

A poslední komentář (který prosím berte trochu s nadsázkou) je oblíbeným argumentem odpůrců EMPC a týká se MIMO systémů. Argumentace je zhruba následující. Pro SISO systémy je návrh EMPC příliš komplikovaný a dosahované výsledky (kromě vysoce speciálních aplikací) nejsou výrazně lepší než u daleko jednodušších regulátorů. U MIMO systémů ale dojde k výpočetní explozi a velmi rychle se dostanete mimo paměť, takže je stejně nutné koupit dražší procesor a použít implicitní MPC.

Otázka 5: Mohl byste stručně ukázat, jak se Vaše metoda chová pro MIMO systémy, kde jsou hranice její použitelnosti?

Mám-li své komentáře shrnout, musím konstatovat, že habilitační práce je z vědeckého hlediska velmi dobře napsaná. Nyní však čeká na další krok, a to je praktické uplatnění popisovaných metod, nejen na laboratorních přípravcích. Bude třeba celé řady srovnávacích studií, výkonnostních testů, zjednodušení, v neposlední řadě také např. analýzy robustnosti nebo tzv. minimálních variant, ale podle mého názoru se toto všechno dá do profesorského řízení stihnout.

Z mého pohledu habilitační práce splňuje všechna kritéria daná zákonem, vnitřní předpisy Slovenské technické univerzity v Bratislavě, vnitřní předpisy Strojní fakulty STU v Bratislavě, jakož i obecně platné principy vědecké práce. Práci doporučuji k obhajobě.

V Mnichově dne 15. ledna 2018



Doc. Ing. Lukáš Ferkl, Ph.D.