

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Fast Model Predictive Control with Long Prediction Horizon</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Jiří Burant</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	doc. Ing. David Horák, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	VŠB-Technická univerzita Ostrava, IT4Innovations & Katedra aplikované matematiky (FEI)

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Práce se zabývá velice zajímavým a náročným tématem prediktivního řízení. Kromě studia a popisu prediktivního řízení pomocí kvadratického programování se student zabýval zejména efektivními způsoby jeho řešení a to s důrazem na řízení s dlouhým horizontem predikce včetně blokování vstupů. Dovoluji si tvrdit, že se jedná o velice komplikovanou problematiku, co se pochopení týče a to dokonce pro samotné matematiky, nemluvě o náročnosti vlastní implementace a otestování efektivity jednotlivých přístupů.	
<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Po nastudování dané problematiky student implementoval nejperspektivnější přístup v Matlabu – Sparse NPP algoritmus, který je vhodný pro dlouhé horizonty predikce, a funkčnost a efektivitu tohoto přístupu demonstroval systematickými experimenty. Všechny úkoly byly splněny.	
<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vynikající</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolenému přístupu nelze nic vytknout. Je přirozený, tj. vede od studia formulace problému, přes metody řešení, jejich modifikace za účelem efektivního vyřešení konkrétní problematiky, následně implementace a ověření její funkčnosti a efektivity na reálné aplikaci. Ukázkový příklad!	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce obsahuje ucelený popis problematiky MPC optimalizací – současný stav poznání pro problémy s hustou i řídkou strukturou, různé typy formulace včetně té vedoucí na úlohu kvadratického programování. Následuje přehledný popis algoritmů pro řešení úloh kvadratického programování s důrazem na metody využívající aktivních množin a projekcí gradientu. Jádrem práce je pak představení NPP algoritmu a jeho modifikace pro řídká data včetně adaptace některých jeho kroků, jako např. „face problému“. Tento algoritmus je vhodný právě pro větší úlohy s delší horizontem predikce, neboť jeho náročnost je pouze lineární na rozdíl od „husté“ varianty mající závislost kubickou na délce horizontu predikce. Algoritmus byl implementován v Matlabu a byla otestována jeho funkčnost a efektivita z hlediska počtu FLOPs operací. Práce je motivována reálnými aplikacemi, tudíž navržený algoritmus najde široké uplatnění v celé řadě aplikací jako je např. vývoj řídicích jednotek pro automobilový průmysl.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
První část, v níž je přehledně popsána související problematika, má kompilační charakter. Hlavním přínosem studenta je pak modifikace a Matlabovská implementace NPP algoritmu a otestování jeho efektivity pro různé parametry, které jsou	

popsány v Kapitole 5. Výsledky jsou velmi zdařile prezentovány prostřednictvím grafů. Práce je členěna logicky a jednotlivé kapitoly na sebe navazují. Grafické i typografické zpracování práce jsou na velice dobré úrovni. Velmi pozitivně hodnotím rozhodnutí studenta psát práci v anglickém jazyce, což skýtá možnost prezentace těchto velmi pěkných výsledků na mezinárodních konferencích.

Mám několik připomínek, které se týkají překlepů („senn“ na str. 17 „containts“ na str. 21) a používání zkratk, které se někdy používají před jejich zavedením (např. MPC v Abstraktu, QP v Introduction), nebo jejich nepoužívání, když už byly zavedeny. Taktéž použití velkých písmen jako např. Barrier Interior Point algorithm, Fast Gradient method, aj. je zvláštní, pokud se pro ně nedefinují zkratky, zatímco mnohdy velké písmeno chybí jako např. kronecker product. Několikrát se opakuje špatný slovosled: „The problem then is solved ...“ (str. 8) nebo „The problem then can be expressed ...“ (str. 10) a špatné odsazení za rovnicemi (velmi často před „where“). V několika případech se používá „series“ (of problems) místo „sequence“. U aktivních množin se opakovaně používá „added or removed from“ místo „added into or removed from“. Věty uvozující rovnici na zvláštním řádku mnohdy končí tečkou před samotnou rovnicí (např. na str. 10, 16, 18, 21, 25, 26, 33 atd.). Na str. 29 je „Lagrangian multipliers“ namísto „Lagrange multipliers“. Jednou se používá „FLOP“ jindy „FLOPs“. Na str. 31 by mělo být „ $x_k = x_{k-1}$ “ místo „ $x_k = x_k$ “. Dále pak nesedí rozměrově vztah pro  $f^*$  na druhém řádku na str. 25.

#### Výběr zdrojů, korektnost citací

#### A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Autor využil mnoho materiálů o dané problematice a na všechny použité zdroje se řádně odkazuje. Odkazy jsou aktuální a poskytují přehled o state-of-the-art dané problematiky.

#### Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Toto téma je velice zajímavé a navrhuji pokračovat v řešené problematice v doktorském studiu. Samotný student má představu o dalších krocích a vylepšeních (např. implementace v programovacím jazyku C, apod.), jak sám píše k sekci „Future Work“.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Zpracování práce psané v jazyce anglickém je na velmi vysoké úrovni. Nejdůležitějším výsledkem je přehled formulací problémů, metod jejich řešení a zejména modifikace a funkční implementace Sparse NPP algoritmu pro dlouhé horizonty predikce v Matlabu a otestování její efektivity vůči Dense NPP.

Otázka: Dal by se odvodit na základě FLOPs (Tabulka 1) vztah určující délku horizontu predikce  $N$  v závislosti na parametrech  $n_x$  a  $n_u$ , pro kterou se Sparse NPP vyplatí před Dense NPP?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 6.6.2017

Podpis: