

## Posudek Vedoucího

Supervisor: Ing. Teymur Azayev

Student: Švrčina Jan

Thesis title: Online Adaptive Control Using Neural Networks

Submission date: 08.2020

Faculty: Faculty of Electrical Engineering

Dpt: Department of Cybernetics

Study programme: (B2654) Kybernetika a robotika

### Assignment level:

The assignment topic is an active area of research and requires understanding of advanced concepts and the use of machine learning tools that were developed in the recent 5 years. The execution was adequate, despite the diploma-thesis-level difficulty.

### Assignment fulfillment:

The assignment was fulfilled completely, with good results. The only part that I wanted to see more work on was the training of the Recurrent adaptation policy which did not have great results. Nevertheless, the work done satisfies the assignment.

### Activity:

The work done was mostly independent, requiring several short consultations to explain some of the concepts and to provide guidance. Given the difficulty of the assignment, the level of autonomy exceeded expectations. The core of the work was left slightly too close to the deadline for my taste.

### Technical level:

The technical level is good, with ample verbal and mathematical description of theory and tools that were used to solve the problem. Citations are also present where required (total of 46). Personally, I think that the structure of the thesis at some points could be reworked. The quality of the supplementary code is also good and a lot of work was done.

Proposed grade: A (excellent)

Date: 23.08.2020

Supervisor signature:

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	Adaptivní řízení pomocí neuronových sítí
<b>Jméno autora:</b>	Jan Svrčina
<b>Typ práce:</b>	Bakalářská práce
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jan Hauser
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	OSVČ (Původně student doktorského studia FEL ČVUT)

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Student měl za úkol srovnat dvě metodiky přístupu k adaptivnímu řízení systémů s proměnlivými parametry. Cílem práce bylo porovnat přístup k řešení pomocí neuronových sítí a jiných přístupů, jako například MPC či H-inf. Zadání sledávám pro účely bakalářské práce jako zajímavé a průměrné náročné.	
<b>Splnění zadání</b>	<b>A - výborně</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>	
Student zadání splnil bez výhrad. Podařilo se mu navrhnout pět různých modelů neuronových sítí, které následně porovnával s třemi různými přístupy prediktivního řízení (MPC). Student provedl i validní valuaci dosažených výsledků a dostatečně se vyjádřil ke srovnání úvodních očekávání a skutečných dosažených výsledků.	
<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student zvolil vhodnou architekturu s využitím feed-forward neuronových sítí. Uchopení teorie prediktivního řízení a návrhu MPC je také validní vzhledem k rozšířenosti této metody. Student nejprve dostatečně popisuje teoretický základ jednotlivých metod řešení, následně odvozuje model prostředí na kterém nakonec provádí srovnání jednotlivých přístupů.	
<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>	
Student kvalitně využil znalosti získané z bakalářského studia, některé použité metody dokonce překračují očekávání. Odborná úroveň zvoleného experimentu je dostačující s ohledem na to, že se podobné srovnávací experimenty vždy lépe znázorňují na zjednodušených příkladech.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Odborná práce je psána v angličtině, což považuji za standard, který student úspěšně splnil. Celkově je práce kvalitně strukturovaná a přehledně rozdělená do smysluplných kapitol. V práci se vyskytuje většinou a nezanedbatelné množství překlepů, které ale nemají příliš velký vliv na kvalitu výstupu. Např. strana 3 "worse the MPC" namísto "worse than the MPC", či strana 20 "its is better" namísto "it is better". Určitě by si práce ale zasloužila dodatečnou korekturu. Z hlediska rozsahu práce byly splněny požadavky. Formální zápis rovnic by zasloužil úpravu pro jejich zahrnutí v samotném textu, tedy užití čárek na konci jednotlivých řádků rovnic a teček při jejich zakončení. K odkazování a indexaci nemám větší výhrady.	

**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.*

Vybrané zdroje k vypracování bakalářské práce jsou kvalitní. Nechybí klíčová literatura z teorie řízení a reinforcement learning. Provedené citace jsou v pořádku a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

**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.*

Student přehledně a srozumitelně odprezentoval dosažené výsledky a kvalitně okomentoval výstupy.

**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.*

Student kvalitně zpracoval téma srovnání neuronových sítí a standardních metod adaptivního řízení na příkladu nelineárního systému inverzního kyvadla. Ze standardních metod nabízí tři MPC s různým množstvím dodatečné informace o proměnlivých parametrech.

Jednotlivé kapitoly jsou dobře členěny a výstup se příjemně čte s výhradou k překlepům.

Zvolené téma je průměrně složité. S využitím dobře vybraného software je implementace neuronových sítí a prediktivních regulátorů poměrně běžnou záležitostí, je tedy nutné hodnotit primárně přístup k realizaci architektury navrhovaného řešení, která je v případě této práce poměrně přímočará.

K celkovému hodnocení přidávám dvě otázky k obhajobě:

*Vyjádřete se k využitelnosti neuronových sítí pro účely řízení v praxi například i pro embedded systémy. Jak se řeší problém s omezenou kapacitou paměti a výpočetní inteligence na těchto zařízeních?*

*Jaké další parametrické či neparametrické reinforcement learning metody aproximace funkce jsou relevantní pro účely adaptivního řízení? Jaké jsou jejich výhody a nevýhody a kterou byste doporučil k hlubší analýze a proč?*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm B - velmi dobře

Datum: 23. 8. 2020

Podpis: