

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Modely pro minimalizaci spotřeby robotických buněk</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Matěj Petr</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra počítačů
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Ondřej Benedikt
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
V rámci diplomové práce se musel student seznámit s problematikou energetické optimalizace robotických buněk. Bylo třeba nastudovat relevantní literaturu v oboru, uplatnit znalosti matematické optimalizace pro formulaci optimalizačních modelů, analyzovat data a navrhnout regresní model pro odhad energetického profilu. Náročnost zadání vyhovuje požadavkům na diplomovou práci.	

<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>	
Zadání práce bylo vesměs splněno. Student se seznámil s relevantní literaturou v oboru, navrhl matematické modely pro optimalizaci doby cyklu a energie a pokusil se odhadovat energetické profily na základě dat. Jedinou výhradu mám k bodu zadání číslo 4), který se týká aproximace energetického profilu. Ukazuje se, že navržený regresor na testovacích datech příliš nefunguje. Možná je problém v nedostatku vhodných trénovacích dat a jejich obtížným generováním, nicméně i tak měl student věnovat této části práce více času.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>částečně vhodný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Co se týče matematických modelů a energetické optimalizace je zvolený postup v pořádku. Větší zamyšlení by si zasloužila část věnovaná regresnímu odhadu energetických profilů. Není zcela jasné, jakým způsobem student vybral výsledné příznaky použité pro odhad, chybí testování regresoru na sadě testovacích dat a zhodnocení kvality odhadu. Navržený regresor ve výsledku nefunguje; výsledky by zasloužily hlubší analýzu a detailnější komentář.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Po odborné stránce vytýkám hlavně postup při odhadu energetického profilu. Není jasné, jakým způsobem byly vybírány příznaky, dále není vysvětleno, proč je použita zrovna lineární regrese. Zdá se, že trénovací data nebyla dostatečně různorodá a že jich bylo málo. Chybí kvalitativní analýza regresoru a jeho validace. Části týkající se nástroje Process Simulate by zasloužily detailnější popis. Není například vysvětleno, jakým způsobem vznikají v nástroji Process Simulate trajektorie mezi jednotlivými body. Je popsáno, že body jsou reprezentovány jako 3D souřadnice, nicméně jistě lze měnit i natočení jednotlivých kloubů robotu, takže popis není přesný. Kromě toho mi například není jasné, proč je <i>collision set</i> formálně uveden jako vstup problému, když přitom závisí na konkrétním rozvržení operací v čase a bude se tedy měnit v průběhu optimalizace.	

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**B - velmi dobře**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Alespoň co mohu posoudit byla práce napsaná poměrně dobrou angličtinou bez častějších gramatických chyb a překlepů. Rozsah práce je dostačující. Po formální stránce mám k práci jen několik drobných výtek:

- Některé obrázky (např. 4.4. a 4.5.) jsou příliš malé, jejich popisky jsou nečitelné.
- Font používaný pro označení množiny reálných čísel není příliš standardní.
- Na několika místech autor nejdříve používá symboly a až později popisuje jejich význam, což snižuje celkovou čitelnost textu.
- U popisů měření v sekci 4.1 není jasné, na který kloub odkazuje symbol  $j_1$  a co se při simulaci děje s ostatními klouby.
- Obrázek 5.3 není odnikud z textu odkazován.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**C - dobře**

*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 cituje řadu relevantních článků a internetových zdrojů (celkem 23). Některá místa v textu by si ale zasloužila citace doplnit. Například v kapitole 2.1.1 není jasné, proč by se měl energetický profil vrcholu popisovat právě uvedenou funkcí. Není patrné, zda jde o autorovu invenci nebo zda energetický profil přejímá odjinud. Citace internetových zdrojů se zdají být neúplné (chybí datum apod.).

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

Studentovi se podařilo implementovat a vyzkoušet matematické modely pro optimalizaci doby cyklu a energie robotických buněk. Výsledky potvrzují dosavadní poznání v této oblasti, tedy že vhodnou změnou rychlosti vykonávání operací může dojít k výrazné úspoře energie robotické buňky. Dále student ukázal, že pokud prodloužíme dobu cyklu, můžeme dosáhnout ještě větších energetických úspor. V rámci práce se student musel seznámit a naučit pracovat s nástrojem Process Simulate, ve kterém probíhaly potřebné simulace a experimenty; to osobně vidím jako nejnáročnější část celé práce.

Bohužel se nepodařilo uspokojivě implementovat regresní odhad energetického profilu z dat. Student ale používá i aproximaci získanou za použití kontroléru, která již funguje poměrně rozumně. Vzhledem k tomu, že tato část nepředstavovala těžiště práce, hodnotím celkově práci klasifikačním stupněm **C – dobře a doporučuji ji k obhajobě**.

Otázky:

1. V kapitole 3.1 převádíte model z časové oblasti kvůli násobení proměnných v omezeních 3.11 a 3.12. Nedalo by se místo toho uvažovat  $M$  jako konstantu (horní odhad doby cyklu)? Jaká je výhoda převodu?
2. V kapitole zabývající se experimenty příliš nediskutujete časovou náročnost. Jaká je efektivita navržených modelů a jaká je škálovatelnost Vašeho přístupu? Je možné ho použít v praxi? Co je úzkým hrdlem navrženého přístupu (předpokládám, že simulace) a jak by se to dalo zlepšit?
3. Regresní odhad energetického profilu nefungoval. Jaká je podle Vašeho názoru příčina a bylo by možné odhady nějak vylepšit?

Datum: 17.6.2019

Podpis: