

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Energy Optimization of Robotic Cells with Single Robot and m Machines
Jméno autora:	Jakub Chmel
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Doc. Ing. Jan Faigl, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra počítačů

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce je rešerše existujících přístupů rozvrhování robotických buněk a formulace řešení problému formou smíšeného celočíselného lineárního programování. Dále je cílem implementace optimálního řešení a také návrh alternativního přístupu využívající struktury optimalizační funkce. Oba přístupy mají být implementovány a porovnány. Zadání tak kombinuje rešerši, formulaci úloh vhodnou pro optimální řešení celočíselným programováním a návrh dalšího řešení včetně implementace a porovnání. Přestože v literatuře existují podobné přístupy, zvolené optimalizační kritérium minimální energetické náročnosti není v literatuře pokryto. Z důvodu rozsahu práce a očekávání hodnotím práci jako mimořádně náročnou.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, 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>	
V práci je stručný avšak dostačující přehled existujících přístupů. Studovaný problém je formulován a implementován jako úloha smíšeného celočíselného lineárního programování doplněná o empirickou verifikační proceduru. Kromě optimálního řešení celočíselným programováním student navrhuje heuristický přístup založený na evolučních principech, ve kterém je hodnotící funkce evaluována jako výsledek celočíselného programování vycházející z navrženého optimálního řešení. V závěru práce student popisuje navržené testovací instance a shrnuje výsledky porovnání obou navržených přístupů. Zadání proto hodnotím jako bezesbýtku splněné. Navíc považuji za velmi přínosné vytvoření testovacích instancí, které v literatuře chybí, a věřím, že vytvořené instance spolu s nalezenými řešeními stanou benchmarky, které doposud chyběly.	

Zvolený postup řešení	A - výborně
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student v textu nejdříve seznamuje čtenáře s řešenou problematikou a specifikuje řešený problém zaměřený na vytvoření takového rozvrhu, který minimalizuje spotřebu energie pro zadanou maximální přípustnou délku cyklu (rozvrhu). Problém je formulován jako úloha smíšeného celočíselného lineárního programování a vzhledem k relativně komplexnímu problému student dále navrhuje verifikační proceduru empiricky ověřující správnost formulace na náhodných instancích. Následně navrhuje evoluční heuristický algoritmus. Stěžejní část ověření navržených řešení vychází z pečlivě navržených testovacích instancí.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Navržené řešení vychází z důkladné rešerše a tam kde je to možné, student cituje odbornou literaturu. V návrhu testovacích instancí vychází z dostupných dat časové energetické náročnosti pohybu robotických manipulátorů získaných z existujícího simulátoru průmyslových robotů. Z uvedeného popisu je zřejmé, že se autor snažil vytvořit testovací instance co nejvěrněji korespondující s reálnými podmínkami.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Práce je psána v angličtině s minimem chyb a překlepů, které přibývají s jednotlivými kapitolami. Text je vhodně strukturován, je čtivý a srozumitelný. Práce je vhodně doplněna ilustracemi, výpisy kódu a přehlednými tabulkami. K drobným nedostatkům patří např. chyba v exponentech v (2.4) a (2.5), popisek tabulky pod tabulkou, který bych raději umístil nad tabulky. Prezentované formulace používají řadu symbolů přehled použitých symbolů a jejich význam by podpořil rychlou orientaci v textu.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi 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.

Student řádně cituje uvedené zdroje, jedinou drobnou připomínkou je chybějící uvedení data citace v případě odkazů na online zdroje. Dále pak u citací časopiseckých publikací chybí čísla stránek, což je zřejmě důsledek použitého stylu.

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.

Z práce jsem získal dojem, že student přistupoval k řešení zadaného problému svědomitě. V práci se podařilo formulovat úlohu pro optimální řešení spolu s alternativním heuristickým algoritmem včetně vhodných testovacích instancí. Věřím, že pokud již nebyly výsledky práce publikovány, či zaslány do recenzního řízení, tak v brzké době budou.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

V diplomové práci student navrhl nové řešení optimalizačního problému rozvrhování robotických buněk s uvažováním energetické náročnosti. Kromě optimálního řešení také navrhl heuristický algoritmus, který je dle prezentovaných výsledků škálovatelný pro větší problémy. Součástí práce jsou i nově navržené testovací instance. Práci považuji za velmi zdařilou a nemám pochybností, že student prokázal schopnost samostatného nastudování problematiky, návrhu vlastního řešení, jeho ověření a prezentace dosažených výsledků ve vlastním textu diplomové práce.

Doplňující otázky:

- V práci jsou uvažovány dílčí předem definované trajektorie robotu při pohybu s/bez břemene. Jakým způsobem by bylo nutné navržené formulace a řešení upravit, pokud by robotické manipulátory byly vybaveny chapadlem pro uchopení dvou nebo i více břemen najednou? Jakým způsobem by to ovlivnilo uvažované časy a očekávanou energetickou náročnost?
- Uvedené výsledky energetické náročnosti jsou velmi slibné. Z grafu na obrázku 7.2 vyplývá, že již malá relaxace maximální přípustné délky cyklu výrazným způsobem snižuje potřebné energetické nároky. Mohou být tato pozorování motivací pro optimalizaci trajektorií manipulátorů ve smyslu kombinace hledání sekvence pohybů a plánování pohybu?

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

Datum: 6.6.2018

Podpis: