

## Posudek oponenta diplomové práce

Vedoucí: Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.

Student: Jan Čermák

Název: Manipulation using a compliant robot

Název česky: Manipulace za použití poddajného robotu

Práce se zabývá skládáním a rozebíráním kostek LEGO pomocí poddajného robotu.

Nejprve shrnu pozitivní aspekty práce. Jednalo se o praktickou úlohu na reálném robotu, které se student velmi dobře chopil – uvedl do chodu celý setup a naběhal celou řadu experimentů. Práce je pečlivě zpracována, včetně např. zevrubného zavedení vlastní terminologie (část 4.1) a systematického popisu jednotlivých způsobů skládání a rozebírání kostek i jednotlivých experimentů. Práce je bohatá na schémátka, která vhodně znázorňují jednotlivé aspekty. Po formální stránce je práce pěkně zpracována. Krátce po odevzdání se mnou student nasdílel i videa jednotlivých experimentů.

Své výhrady popíšu po jednotlivých částech práce. Úroveň angličtiny není skvělá, ale textu rozumět je. Název považuji za příliš obecný – LEGO kostky např. vůbec v názvu nefigurují.

1. Ch. 1 - Úvod.
  - (a) Str. 1, odst. 1. Definice poddajného robotu (compliant robot). Zmíněna pouze tzv. software/active compliance. Může student něco říci o „passive compliance“ a popř. příkladech robotů s tímto prvkem?
  - (b) Robot repeatability and accuracy a omezení – popsáno relativně vágně, pouze slovně. Efektivnější by bylo chování robotu dokumentovat např. grafy či statistikou.
2. Ch. 2 - Motivation and related work. Student se omezuje prakticky pouze na literaturu zabývající se problémem „peg in a hole“. V této kapitole ale i v celé práci postrádám jakoukoli teorii compliant control / force control / hybrid position and force control / joint compliance/impedance / Cartesian compliance / impedance atd. Metody, které student nakonec použil, zdá se, pouze převzal z nabídky software robotu (zmíněno v části 3.1.2) a empiricky vyzkoušel, aniž by je ukotvil v teorii.
3. Ch. 3 – Working layout. V kapitole jsou určité nepřesnosti – např. KUKA LBR iiwa není zdaleka jediným poddajným robotem na trhu; pro danou úlohu by se navíc nabízelo použití robotu s Force/Torque senzorem na zápěstí. KUKA FRI (Fast Robot Interface) není ROS package, ale obecné rozhraní poskytnuté výrobcem robotu.
4. Ch. 4 – LEGO Problem. V této kapitole je popsána celá řada strategií, které student vyvinul pro skládání – rozebírání LEGO kostek. Jednotlivé případy jsou podrobně popsány a graficky ilustrovány. Postrádám však především:
  - (a) Které funkce robotu (z KUKA Sunrise) byly použity. To by výrazně přispělo k tomu, aby se na práci studenta dalo navázat. S obsahem přiloženého CD jsem neměl možnost se seznámit; v KOSu jsem našel Java kód, nicméně bez dokumentace. Z práce by na příslušné funkce měly být odkazy.
  - (b) Navázání na teorii. Každá jednotlivá studentem použitá strategie je popsána slovně a jsou zmíněny některé parametry – např. u 4.4.3 Spirální pohyb jsou zmíněny hodnoty stiffness, damping, bias v ose Z, force limit v osách X,Y, ale lze se jen domnívat, že se jedná o řízení Cartesian impedance, popř. hybrid position (X,Y) and force (Z) control.
  - (c) Chybí odůvodnění, jak byly jednotlivé parametry nalezeny a popis/statistika alternativ.
  - (d) Chybí přehled parametrů pro jednotlivé strategie a souhrn pro všechny. Např. tabulka sumarizující pro každou metodu, jaká funkce robota a s jakými parametry byla použita, by velmi zlepšila čitelnost a přínos práce.

5. Ch. 5 Experiments. Vizualizace jednotlivých metod skládání/rozebírání je zajímavá a i přehledná. Chybí ale bohužel jakákoli statistika, grafy atd. Jak bylo výsledné vizualizace dosaženo? Výsledky jsou bohužel pouze empirické a kvalitativní.
6. Ch. Conclusion. Kapitola je pouze jeden odstavec, což považuju za nedostatečné. Chybí jakákoli diskuze výsledků, zhodnocení přínosu, plán do budoucna atd.

Celkově lze říci, že student odvedl mnoho praktické práce a i ji pěkně zdokumentoval a vizualizoval. Bohužel ale chybí ukotvení v teorii a kvantitativní výsledky. Celá práce neobsahuje jedinou tabulku, graf či statistiku. Jaké byly průběhy naměřených sil? Jaká byla statistika úspěšnosti jednotlivých metod?

Z výše uvedeného se pro obhajobu nabízí následující otázky:

1. Může student svou práci vztáhnout k nějakým pojmům z řízení robotů (compliant control / force control / hybrid position and force control / joint compliance/impedance / Cartesian compliance / impedance atd. )?
2. Může si student připravit přehled metod na skládání / rozkládání z Kapitoly 4 - jaká funkce robota a s jakými parametry (stiffness, force limit atd.) byla použita?
3. Existují nějaké záznamy z experimentů? Kolika opakování bylo použito a proč student neudělal statistiku či vizualizaci některých průběhů?

**Studentovi navrhuji známku C – dobře.**

18.1.2020

Mgr. Matěj Hoffmann, Ph.D.