

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

POSUDEK OPONENTA

ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Název práce: **Ovládání mobilního robotu gesty**
 Jméno autora: **Bc. Jiří Dolejš**
 Typ práce:
 Fakulta/ústav:
 Katedra/ústav: **Katedra řídicí techniky**
 Oponent práce: **Mgr. Ing. Petr Švarný PhD**
 Pracoviště oponenta práce: **Katedra kybernetiky**

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **průměrně náročné**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Přiměřené diplomové práci.

Splnění zadání **splněno**

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.

Viz níže, práce splňuje všechny čtyři body zadání. Obsahuje rešerši, úvahu nad užitím gest, implementuje metodu ovládání pomocí gest a vyhodnocuje její kvality.

Zvolený postup řešení **vynikající**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Postup řešení byl adekvátní problematice.

Odborná úroveň **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Výsledné řešení je funkční a opřené o data z praxe. Bohužel některé části popisované teorie či rozhodnutí nejsou podepřena jasnou argumentací. Viz níže.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **B - velmi dobře**

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

Text má jen nepatrné nedostatky. Problematické bylo však někdy formátování obsahu – např. nadpisy oddělené od těla textu. Viz níže.

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.

Zdroje byly vhodně a správně použity. Rešerše byla dostatečná. Viz níže.

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.

Viz níže.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Práce prezentuje způsob řízení robotu pomocí gest snímaných senzorem Kinect. Úvodní shrnutí stávajících metod a aplikací je následováno popisem navrhovaného řešení. Po popisu ovládacího systému jsou popsána a rozdělena gesta do dvou skupin (dynamických a statických). Zde také student prezentuje dva klasifikátory, které bude později vyhodnocovat, jmenovitě naivní bayesovský klasifikátor a vlastní klasifikátor založený na analýze gest. Implementační část popisuje technické aspekty jak softwarové tak hardwarové. Závěrečnou částí práce je vyhodnocení výsledků pomocí matic záměn a hodnot senzitivity, přesnosti a F-míry. Celý text je uzavřen závěrem shrnujícím práci.

Text je velmi dobře zpracován a jasně ukazuje pochopení látky a přínos práce k tématu. Výsledky práce jsou prezentovány ve vhodném pořadí a srozumitelně. Obsahuje potřebné zdroje a také na ně vhodně a jednoznačně odkazuje, a tím zajišťuje nejen dohledatelnost informací, ale i odlišení přínosu studenta od již známé práce.

I když ze související literatury a známých aplikací je jasné, že podobné projekty již existovaly, student představuje vlastní implementaci s užitečnou diskuzí nad omezeními metody snímání gest RGB-D senzorem. Tím i splnil zadání této práce.

Na práci zejména oceňuji zohlednění bezpečnostního aspektu ovládání robota gesty (tj. užití zvukové signalizace před ztrátou ovládnutí i s tím spojené vyhrazení oblasti, kde jsou gesta dobře rozpoznatelná). Také je dobře zpracována a rozepsána jak normalizace detekovaného skeletu (Kapitola 4.2.1) nebo zohlednění různých omezení použitých gest (např. úhlem pohledu). Obecně lze tedy říci, že práce byla dosti detailní a důsledná.

Přesto zůstává několik aspektů, které by zasloužily vylepšení. Zpracování gest bylo dosti detailní a metoda jejich reprezentace a kategorizace dobrá. Jen mi z textu nebylo jasné, jak byla daná gesta volena. Zde by se hodil odkaz na literaturu (např. Gupta 2016) nebo na formalizovaná gesta k navádění. Ač je pravda, pokud je mi známo, že formalizovaná gesta existují jen v armádě (viz pojmy visual signals nebo ground guiding). V úvodu je zmíněno, že gesta byla zvolena tak, aby byla co nejodlišnější a nejsnáze detekovatelná, avšak bylo by přínosné míru odlišnosti kvantifikovat (zejména, když se později polohy končetin matematicky zpracovávají, a tedy data byla k dispozici). V případě dynamických gest mi nebylo úplně jasné, jak se interpretuje „-“, a tedy fakt, že např. v Tab. 3.5 se levá ruka nalézá v poloze dolů. Má tam být celou dobu? Ke gestům se také váže má jediná výtka na organizaci textu, a to fakt, že mnohé názvy signálů jsou na jiné straně než jejich popis, obrázek či tabulka (např. Otáčení na místě, str. 18).

Pozastavil bych se také u části s klasifikátory. Naivní bayesovský klasifikátor byl v závěru vyhodnocen jako horší než pevně daný klasifikátor gest. Naivní bayesovský klasifikátor však, pokud jsem správně pochopil, má dva netriviální předpoklady – gesta mají uniformní apriorní pravděpodobnost (str. 27) a příznaky (tj. polohy jsou na sobě nezávislé, předpoklad naivního bayesovského klasifikátoru – str. 28). Tyto předpoklady by bylo třeba obhájit. Zejména uniformní apriorní pravděpodobnost není jednoznačná, neboť gesta mohou mít různou pravděpodobnost (např. častěji se budou vyskytovat gesta navigační než aktivační, aktivační gesta budou více pravděpodobná, pokud je robot neaktivní).

Student navrhuje vlastní klasifikátor daný pevnými podmínkami, resp. vyhodnocováním fronty zaznamenaných gest, a porovnáváním s referenční polohou kloubů. Popis klasifikátoru není úplně názorný a obsahuje několik mezer. Jediným parametrem má být násobící konstanta λ , avšak v textu nebylo specifikováno, jakou hodnotu nakonec student použil. Taktéž není z textu jasné, jak přesně se vypočítá d_{max} , neboť se jedná o hodnotu užitou jak pro loket, tak i zápěstí. Krátká formulace s indexovaným popisem by ujasnila, zda se v d_{max} slučuje „střední vzdálenost každého kloubu od jeho průměrné pozice“. Pokud tomu tak je, vyvstává otázka, zda je takové kombinování vzdáleností pro dva odlišné klouby vhodné. Očekával bych, že zápěstí bude vykazovat větší odchylky od referenčních poloh než loket. Protože se jedná o pevně vystavěný klasifikátor, uvítal bych také diskuzi nad možností zobecnění (např. v návaznosti na normalizaci kostry v Kapitole 4.2.1 diskutovat nad přenositelností klasifikátoru natrénovaného na jedné osobě na jinou osobu).

Z textu také není jasné, proč byla zvolena fronta 10 gest na analýzu dynamických gest, když ta mají maximálně čtyři kroky. Není jasné zda se jedná o náhodně určené číslo, nebo je podložené nějakou úvahou či experimentálními daty.

Pokud jde o formální úpravu textu, je vše podstatné v pořádku. Jak je u takového rozsahu obvyklé, obsahuje několik málo překlepů (např. str. 61 „V rámci této práci“) nebo přehlédnutí (např. str. 9 a 12, kde na rozdíl od zbytku textu chybí rozepsání



použité zkratky CNN, resp. NUI, nebo významnější přehlednutí u Obr. 3.1, kdy bez aktivačního gesta hrozí, že nebude načten další snímek). U Obrázku 4.4 bych také pro názornost k popisu použil spojení „žlutě vyznačenými“.

Otázky:

Proč byla zvolena fronta 10 gest?

Proč byla u gest předpokládána uniformní apriorní pravděpodobnost?

Jaké, pokud vůbec, očekáváte potíže při užívání vašeho klasifikátoru někým jiným než tím, na jehož datech byl trénován? Jaká je jeho schopnost zobecnění?

Reference:

Gupta, Surabhi, Maria Vasardani, and Stephan Winter. "Conventionalized gestures for the interaction of people in traffic with autonomous vehicles." In Proceedings of the 9th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science, pp. 55–60. 2016.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 05/28/20

Podpis: