ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Topological Exploration and On-line Terrain Classification for Hexapod Walking Robot**
Jméno autora:	**Vojtěch Kabelka**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jan Faigl, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra počítačů

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Bakalářská práce se zabývá ověřením, zdali lze využít relativně nenákladnou šestinohou kráčející robotickou platformu v úloze tvorby topologické mapy prostředí pouze s využitím odhadu taktilní informace. V práci jsou tak řešeny problémy adaptivního řízení šestinohého kráčejícího robotu, autonomní navigace robotu podél překážek, rozpoznávání terénu na základě výstupu použitých servo pohonů a návrhu vlastní strategie topologického průzkumu. Svým rozsahem proto práci považuji za náročnější.

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.

V práci se podařilo integrovat jednotlivé části řízení pohybu, autonomní navigace a klasifikace terénu do funkčního celku a provést řadu ověřujících experimentů. Zadání tak považuji za bezezbytku splněné.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce — **A - výborně**

Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.

Pan Vojtěch Kabel pracoval samostatně, na pravidelné konzultace byl vždy velmi dobře připraven a diskuse se tak především týkaly klíčových rozhodnutí o směrování bakalářské práce. Spolupráce byla příjemná a vždy bylo jasné, jak v řešení práce postupuje a jaký je plán na další období. V závěru řešení práce věnoval dostatek času pro realizaci ověřujících experimentů spolu s dostatečnou rezervou pro jejich vyhodnocení a sepsání vlastního textu práce.

Odborná úroveň — **A - výborně**

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

V práci je kombinováno několik přístupů a metod, které patří jak mezi znalosti získané studiem, tak znalosti získané dodatečným čerpáním z odborné literatury. Student se při řešení bakalářské práce snažil problém pojmout z širšího pohledu, což je patrné z citované literatury. Širší kontext pak umožnil zvolit odpovídající řešení a realizovat relativně komplexní autonomní systém v rámci omezené časové dotace bakalářské práce. Kladně hodnotím realizované reálné experimenty, které zahrnují i přípravu testovacího prostředí, které považuji za velmi vhodně zvolené. Vyhodnocení experimentů je podrobné a nechybí diskuse a zhodnocení jednotlivých částí realizovaného autonomního systému spolu s identifikací silných i slabých stránek.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **A - výborně**

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

Text práce je členěn do několika na sebe navazujících kapitol, ve kterých student seznamuje čtenáře s problematikou, použitým hardwarovým vybavením a jednotlivými algoritmy. Následně je představeno vlastní řešení doplněné o ilustrativní obrázky. Text je čtivý a po jazykové stránce považuji text za zdařilý.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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.	
Práce řádně cituje všechny relevantní zdroje, včetně odkazů na specifikace jednotlivých hardwarových částí a použitých softwarových knihoven.	

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.
Vlastnímu řešení topologického průzkumu předcházel návrh způsobu autonomního pohybu robotu, pro který pan Vojtěch Kabelka zvolil poměrně jednoduchý algoritmus sledování zdi. Zde bych rád zdůraznil, že v kontextu použité šestinohé kráčející platformy bylo nutné zvolit vhodné umístění dálkoměrných senzorů spolu s řízením pohybu kráčejícího robotu a to zejména s ohledem na robustní a spolehlivou autonomní navigaci tak, aby robot pokud možno bezchybně zvládl zdolat experimentální dráhu. Kromě toho byl při experimentech použit referenční lokalizační systém poskytující absolutní pozici robotu, které bylo využito pro stanovení referenčního řešení topologické mapy, což dále umožnilo vyhodnotit úspěšnost topologického průzkumu.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Navržené řešení kombinuje existující metody adaptivního řízení pohybu a klasifikace terénu z dat servo motorů spolu autonomní navigací robotu a stavbou topologické mapy. Realizované řešení bylo experimentálně ověřeno a umožňuje robotu zdolat prostředí s rozličným terénem a na základě klasifikace terénu vytvořit topologickou mapu prostředí. Práci považuji za velmi povedenou a student rozhodně prokázal schopnost samostatného nastudování problematiky, návrhu vlastního řešení, včetně experimentálního ověření a též schopnost prezentace výsledků svého snažení ve vlastním textu bakalářské práce.

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

Datum: 10.6.2016

Posudek oponenta bakalářské práce

Téma: Topological Exploration and On-line Terrain Classification for Hexapod Walking Robot
Student: Vojtěch Kabelka
Posudek vypracoval: Ing. Vojtěch Vonásek, Katedra kybernetiky, ČVUT FEL

Práce se zabývá topologickou explorací prostředí s šestinohým robotem. Cílem bylo vyvinout strategii pro sledování zdí vhodnou pro exploraci prostředí. V práci je uvažován důležitý aspekt reálných prostředí — proměnlivost terénu. Typ terénu je během chůze klasifikován s využitím proprioceptivních senzorů. Téma bakalářské práce je velmi aktuální a patří k těm obtížnějším, neboť je v něm potřeba kombinovat znalosti (a algoritmy) z několika oblastí.

Práce je psána anglicky na velmi vysoké úrovni. Během čtení jsem nenašel jedinou gramatickou chybu nebo překlep. Taktéž typografické zpracování a zpracování grafů je nadprůměrné. Text je velmi čtivý a je vhodně doplněn řadou schémat.

Definice úlohy, formulace hypotéz a popis potřebných nástrojů je uveden v prvních čtyřech kapitolách. Vlastní řešení je popsáno v páté a šesté kapitole. Experimentální výsledky jsou popsány v kapitole 7. Provedení experimentů, jejich vyhodnocení a závěry mi přijdou smysluplné.

Během experimentů robot kráčí různými typy terénů (videa z experimentů lze shlédnout na youtube kanálu autora, na přiloženém CD nejsou). Terén je občas nesprávně klasifikován jako "Artgrass" (dle Obr. 7.9).

- Čím lze vystvětlit tuto špatnou klasifikaci a jak ji zlepšit?

Mám také připomínky k úloze klasifikace terénu, která byla řešena algoritmem SVM. V textu (sekce 4.1) je pouze slovní popis přípravy vektoru příznaků. Myslím, že by bylo vhodné uvést zde příklad reálného signálu, ze kterého jsou příznaky vytvořeny, a také ukázat příklad těchto příznaků v "gait-phase" domain. Rozdělení signálu do jednotlivých přiznaků bude zřejmě závislé na typu chůze a je tudíž dobré znát, jak toto rozdělení provést.

- Vzhledem k tomu, že se v práci hovoří o přesnosti klasifikace, bylo by dobré (pro budoucí porovnání) uvést i parametry SVM. Jaký jste pro klasifikaci použil kernel (a s jakými parametry)? [1]
- Jak byla trénovací data normalizována? Kolik bylo k dispozici trénovacích dat pro každé místo/typ terénu?
- Dotek nohy se zemí je detekován na základě rozdílu mezi požadovanou polohou odpovídajícího serva (na servu "femur") a jeho aktuální polohou. Dotek je detekován pokud je tento rozdíl větší než nějaká konstanta. Jak byla tato konstanta stanovena pro "rychlou" a "pomalou" chůzi?

I přes uvedené připomínky považuji tuto bakalářskou práci za velmi dobře vypracovanou. Provedení experimentů s reálným HW, použití výsledků předchozích BP a DP prací jistě stálo nemálo času.

Předloženou bakalářskou práci hodnotím **A — výborně.**

16.6.2016, Praha

Vojtěch Vonásek

[1] Uvedené údaje jsem nakonec našel na přiloženém disku (svm/traindata/datasets.zip ve formátu libsvm).