

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	LiDAR Based Sequential Registration and Mapping for Autonomous Vehicles
Jméno autora:	Tomáš Sixta
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra Kybernetiky
Oponent práce:	Ing. Lukáš Koucký
Pracoviště oponenta práce:	Porsche Engineering Services s.r.o.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce je navrhnout model pro reprezentaci 3D dat z LiDARu. Vyvinout algoritmus pro robustní registraci měření do navrženého modelu a odhad egomotion vozidla, na kterém jsou senzory umístěny. Nakonec by měli být navržené metody otestovány na skutečných datech z testovací jízdy. To vyžaduje hlubší znalost použitého senzoru, současných metod používaných k řešení obdobných problémů, návrh a vhodné otestování vlastního řešení.	

<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>	
Práce splňuje všechny zadané cíle.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Autor nejprve analyzuje standardně používané řešení pro registraci LiDARových dat a odhad egomotion. Je zmíněn algoritmus ICP, přidána hodnota Vizuelní odometrie a jejich výhody a nevýhody. Následuje popis navržené metody a experimenty na dvou datových sadách. V průběhu experimentů správně reaguje na nastalé problémy a upravuje navržené algoritmy.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
V práci jsou použity standardní postupy aplikované na tento relativně nový problém. Navržená metoda registrace mapuje mrak měřených bodů do mřížky obsazenosti v rovině země. Nad každou mřížkou poté diskretizuje jednotlivé body do histogramů. Tento přístup je značně závislý na správném odhadu roviny země. To se ukázalo při experimentech jako problém a autor byl nakonec nucen výrazně zjednodušit řešení a místo výpočtu výšky bodu nad rovinou země používá přímo senzorem měřenou výšku v ose Z. Celkově je práce po odborné stránce na velmi dobré úrovni. Autor provedl rešerši používaných metod, ve které posal jejich nedostatky a následně navrhl vlastní metodu, tu otestoval několika experimenty a reagoval na problémy, které přitom vznikly.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psaná anglicky a až na několik ojedinělých nestandardních formulací je po jazykové stránce napsaná výborně. Stejně tak členění textu do jednotlivých kapitol a sekcí je provedeno přehledně a práce se díky tomu velice dobře čte.	

**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.*

V úvodní části práce, která shrnuje současná řešení autor cituje několik článků z odborných konferencí a časopisů. Citované práce se zaměřují zejména na ICP algoritmus a na kombinaci vizální odometrie a LiDARu. Dále pak zmiňují několik dalších přístupů využívající například Kalmanův filtr nebo Kinect. Více prostoru by zasloužila rešerše metod s podobným přístupem jaký navrhuje autor. Po formální stránce jsou citace naprosto vpořádku.

**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.*

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

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

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Předložená práce krátce shrnuje současné standardní řešení studovaného problému registrace LiDARových dat s odhadem egomotion a zmiňují jejich nedostatky. Autor navrhuje vlastní řešení, které je popsáno ve třetí kapitole. Navržené řešení agreguje data ze více senzorů a provede komenzaci pohybu, která výrazně zpřesní odhad egomotion. Následně diskretizuje získaný mrak bodů přičemž spoléhá na odhad roviny země a následný výpočet výšky měřených bodů. V posledním kroku registruje mrak bodů do mapy a vypočítá egomotion. Tento postup hodnotím kladně a jeví se poměrně robustní. Ovšem odhad roviny země se při experimentech ukázal jako obtížně řešitelný, často nebyl přesný a zasloužil by zlepšení. Experimenty na dvou datových sadách prokázaly, že navržené řešení je funkční a práce splnila zadané cíle. Práce je psaná anglicky na dobré jazykové úrovni a odborná úroveň je taktéž velice dobrá.

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

Otázky k obhajobě:

- 1) Experimenty byly provedeny na dvou krátkých záznamech jízd. Zkouší jste testovat i na jiných datech? Například na datech z KITTI databáze?
- 2) V sekci 4.6.1 se zmiňujete problém s jízdou do kopce. Jak by současné řešení jízdu do kopce zvládalo? Může i menší změna sklonu vozovky způsobovat některý z problémů který nastal při experimentech na druhé testovací sadě?
- 3) Jaká je časová a paměťová náročnost navrženého řešení? Je vhodné pro real-time využití?
- 4) Neuvažovali jste použít data z dalších senzoru na testovaném vozidle pro zpřesnění odhadu egomotion? Například dat z Inertial Measurement Unit (IMU)?

Datum: 5.6.2017

Podpis: