

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Multimodal RGBD Object Detection for Autonomous Car
Jméno autora:	Tomáš Nevole
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Ing. Vojtěch Šalanský Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Porsche Engineering Services

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
Cílem této práce bylo implementovat a naučit RGBD detektor tak, aby byl využitelný pro reálný automobil na platformě ROS. Vzhledem k žádání implementaci detektoru přímo na hardware, který je stále ve vývoji, hodnotím zadání jako náročnější.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
Zadání bylo splněno bez výhrad.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
Student pravidelně konzultoval průběžné výsledky. Proaktivně mě kontaktoval i nad rámec domluvených schůzek pokud by čekání na domluvenou schůzku mělo brzdit pokračování v práci. Dílčí úkoly byly zadávány obecně a student samostatně hledal cestu k jejich splnění.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
Oceňuji rozsáhlou kapitolu o neuronových sítích i dobře zpracovanou kapitolu o aktuálním stavu problematiky ve světě.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
Z formálního hlediska je práce kvalitně zpracovaná.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
Výběr zdrojů je rozsáhlý a k citacím nemám až výjimku výhrady. (Formát citace [Joc23])	

## III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Cílem této práce bylo implementovat a naučit RGBD detektor tak, aby byl využitelný pro reálný automobil na platformě ROS. To, že auto je stále ve vývoji, částečně komplikovalo nahrávání potřebných dat i vývoj kódu pro tuto bakalářskou práci. Oceňuji, že student pravidelně a aktivně konzultoval své výsledky a byl proaktivní i při získávání potřebných dat. Dále cením to, že se rozhodl vyvinout algoritmus v ROS2, i když s ROS1 by práce byla jednodušší (auto aktuálně běží na obou systémech ale na začátku semestru tomu tak ještě nebylo). Práce je kvalitně zpracovaná, teorie je rozsáhlá a výsledky jsou experimentálně ověřeny a v práci zdokumentovány. Zadání bylo splněno bez výhrad a výstup práce bude v budoucnu užitečný pro účely firmy Porsche Engineering.

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

Datum: 5.6.2023

Podpis:

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Detekce objektů v okolí autonomního auta v pomoci RGBD dat
Jméno autora:	Tomáš Nevole
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Matouš Vrba
Pracoviště oponenta práce:	Katedra kybernetiky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
V rámci práce se student musel seznámit s novými koncepty strojového učení a s několika softwarovými nástroji, a tyto následně aplikovat v praxi.	

<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>	
Zadání bylo splněno bez výhrad.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Nemám výtky ke zvolenému postupu řešení.	

<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>	
Oceňuji široký popis fungování různých prvků konvolučních neuronových sítí, který ukazuje, že si student tuto problematiku nastudoval. V textu se vyskytuje několik vzájemně si odporujících tvrzení (jako třeba že YOLOv8 je poslední verzí architektury YOLO, následováno o pár odstavců později tvrzením že YOLOv7 je její poslední verzí), ale věřím, že se jedná jen o důsledek nepozornosti při postupném dopisování jednotlivých sekcí práce.	
Moje hlavní výtka je, že neoriginálnější část práce, totiž interpolace a maskování projekce bodů z LiDARu do kamery, není v práci podrobně vysvětlena. Vliv masky na kvalitu detekcí je testován, ale vliv interpolace nebo kombinace použití masky bez interpolace nikoliv. Bylo by také zajímavé porovnat různé metody interpolace, případně možné modifikace vstupních vrstev neuronové sítě pro lepší využití informace ze vstupní masky.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Gramaticky je práce na dobré úrovni, byť se v textu vyskytuje několik menších problémů, jako třeba nekonzistentní psaní některých slov („JUPITER“ nebo „Jupiter“), bezdůvodné psaní velkých počátečních písmen u některých sousloví, která nejsou zkratkou ani vlastním jménem („Computer Vision“), chybějící mezery mezi slovem a otevřenou závorkou, a občasné překlepy. Některé věty se také významově opakují jen s jinou formulací.	
Stylisticky text hlavně v úvodních dvou kapitolách chvílemi zapadá spíš do oblastí marketingu, než vědecké nebo technické práce. Často se vyskytují vágní obraty s nadbytečnými, citově zabarvenými kvalifikátory, jako „premium engineering service	

provider“, „one of the most remarkable technologies“, „Waymo Driver stands as a beacon of safety“ apod., které nenesou žádnou relevantní informaci a do bakalářské práce se nehodí.

Matematická notace je místy nekonzistentní co se týče používání stejných symbolů v textu a v rovnicích (typicky v textu není symbol uveden kurzívou apod.). Symboly použité v rovnicích často nejsou v textu vysvětleny.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

## D - uspokojivě

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.

Reference se zaměřují hlavně na vizuální detekci objektů pomocí neuronových sítí. Rešerše v úvodu textu je v tomto ohledu postačující, byť by nebylo od věci rozvést také detekci objektů z LiDARových dat a interpolaci řídkých obrazových dat. V práci chybí rešerše metod multimodální detekce, což je hlavním tématem práce.

U velké části citací není uveden název periodika a formátování citací je občas matoucí, když například v názvu publikace chybí interpunkce nebo nejsou rozlišena malá a velká písmena. U některých citací není uveden ani rok publikace.

V úvodu práce zaměřujícím se na samořídící automobily jsou místo referencí na relevantní vědecké publikace z recenzovaných periodik odkazovány převážně webové marketingové materiály jednotlivých firem.

V textu se vyskytují silná tvrzení podložená jen slabě nebo vůbec. Jako příklad uvádím větu „In less than a decade, today's systems have reached 90 per cent (sic) accuracy from 50 per cent, making them more accurate than humans at quickly reacting to visual inputs.“ (str. 5), která je podána bez vysvětlení o jakou metriku se jedná, a je podložena odkazem na webovou stránku (která sama toto tvrzení nijak nepodkládá ani nevysvětluje). Tato konkrétní věta je dokonce slovo od slova opsána přímo z daného webu.

### 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.

Přiložený zdrojový kód není zdokumentovaný. Výsledky detektoru na testovacím datasetu KITTI jsou impresivní a je škoda, že metoda nebyla nahrána do automatického testovacího systému KITTI, aby byly ověřeny a zařazeny do databáze.

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

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

S přihlédnutím k výše zmiňovaným komentářům hodnotím předloženou závěrečnou práci klasifikačním stupněm **C - dobře**.

K práci mám několik doplňujících otázek:

1. Jakou metodu interpolace řídkých bodů z LiDARu jste použil? Zkoušel jste porovnat výsledky bez interpolace?
2. Jak si vysvětľujete, že použití masky zhoršilo výsledky detektoru? Uvažoval jste nad použitím jiného formátu masky, například gaussovsky rozmazaných bodů?
3. V jakých případech je zlepšení při použití LiDARových dat oproti detekci jen z RGB typicky nejmarkantnější?

Datum: 5.6.2023

Podpis: