

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Implementace neuronové sítě pro autonomní sledování cesty
Jméno autora:	Yevhenii Kubov
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Matouš Vrba
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
V rámci zadání se student musel seznámit s novými koncepty a ty následně převést do funkčního a praktického systému schopného pracovat v obecných podmínkách.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posudte, 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>	
Student splnil zadání bezvýhradně a dokonce nad rámec původního zadání ověřil navržený systém i v experimentech v reálném světě při nasazení navrženého systému na bezpilotním letounu.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posudte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student pracoval velmi samostatně. Sám vyhledával relevantní zdroje informací, potřebné nástroje a postupy k řešení problému. Ty také dokázal správně využít bez nutnosti častých konzultací.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Po odborné stránce je práce na velmi dobré úrovni. Podrobný popis základních principů fungování a trénování konvolučních sítí, přehled jejich různých typů, ale i rozbor výsledků experimentů ukazují na dobré odborné znalosti autora. Mojí jedinou výtkou je, že student dostatečně nezdůvodnil výběr konkrétní architektury neuronové sítě, a že chybí podrobnější rešerše a srovnání dalších architektur řešících stejný problém.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po gramatické a typografické stránce je práce na výborné úrovni. Prezentace dosažených výsledků je přehledná. Student by akorát měl příště dbát na správné používání uvozovek podle konvencí anglického textu.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<i>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.</i>	
Citované zdroje jsou úplné a relevantní. Autor by měl ale dodržovat správné formátování i v rámci citací (např. uvádění zkratk jako „UAV“ velkými písmeny). Několik referencí obsahuje drobné	

chyby, kvůli kterým je těžší citovanou publikaci dohledat, nebo je citován článek z preprintových archivů místo recenzovaného periodika i přesto, že je k dispozici.

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.

Součástí odevzdané práce je i zdrojový kód programů pro předzpracování trénovacího datasetu, trénování neuronové sítě a pro nasazení systému na bezpilotním letounu. Kód je přehledně napsán a dobře zdokumentován. Dosažené experimentální výsledky prezentované v textu jsou výborné.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

V průběhu řešení zadání student prokázal dobré teoretické znalosti i praktické dovednosti a pracoval samostatně. Výsledkem je velmi kvalitní závěrečná práce a to jak z hlediska dosažených experimentálních výsledků i jejich vyhodnocení a celkové prezentace navrženého řešení. Předloženou závěrečnou práci proto hodnotím klasifikačním stupněm

A - výborně.

Datum: 29. 05. 2022

Podpis:

I. IDENTIFICATION DATA

Thesis title:	Implementation of a Neural Network for Autonomous Trail Following
Author's name:	Kubov Yevhenii
Type of thesis :	bachelor
Faculty/Institute:	Faculty of Electrical Engineering (FEE)
Department:	Department of Cybernetics
Thesis reviewer:	Ruslan Agishev
Reviewer's department:	Department of Cybernetics

II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

Assignment	challenging
<i>How demanding was the assigned project?</i>	
The project is based on the work [17] A. Giusti et al, "A machine learning approach to visual perception of forest trails for mobile robots" (reference number from the thesis). The thesis authors extend the previous work by introducing more robust quadrotor controller for forest trails following tasks. The proposed controller in the thesis is additionally equipped with obstacle avoidance algorithm, which was not utilized in the original work. Extensive tests in simulated as well as real world scenarios were described in the thesis.	

Fulfilment of assignment	fulfilled
<i>How well does the thesis fulfil the assigned task? Have the primary goals been achieved? Which assigned tasks have been incompletely covered, and which parts of the thesis are overextended? Justify your answer.</i>	
The main goal (implementation of the trail-following algorithm for a quadrotor) of the thesis is fulfilled.	
1. The authors utilize a neural classifier which was trained on the dataset provided by the authors of [17] A. Giusti et al. In the thesis there is a dedicated part describing neural networks architectures. However, I consider that several paragraphs are not relevant to the thesis (GANs, RNNs). I would also recommend to describe in more details the use of classifiers. Minor issues: in Section 2.1.2 I would add that non-linearity in NNs is used to model more complex function other than linear (in the thesis it is written as "to solve more complex tasks" which is not detailed enough). It is also stated as a fact that the hyperbolic tangent non-linearity was utilized without a clear explanation of its benefits for the particular task. Section 2.3: I would probably also highlight that the loss function is used for a supervised learning task (in general, we do not need a ground truth data to compute it). Section 3.3: I missed a description of the accuracy metric (I assume, it is defined as ratio of correctly classified images to the overall number).	
2. I think, it would also be beneficial to add a description of the obstacle avoidance algorithm which was used in the thesis. It is described that a LiDAR sensor was used in order to detect obstacles. However, as it is one of the main differences from the original work [17], it would be better to provide for a reader a description of the collision avoidance algorithm. It would also be beneficial to have an intuition on how it is combined with the pathfinder method.	

Methodology	correct
<i>Comment on the correctness of the approach and/or the solution methods.</i>	
The selected approach is suitable for trail-following tasks. Experimental results in simulation (Gazebo) and several different real-world scenarios are provided. Description of failure cases are also given, which is a benefit to understand the limitations and how to use the method in practice. I would also recommend to provide a link to a short video of the quadrotor following the trail. It would ease the experiments description part. Additionally, as the training data collection technique does not seem too challenging, I think, the thesis would benefit if the authors create their own dataset (not necessarily as large as the training one) in the real-world scenarios that were used for testing. The neural classifier could be then fine-tuned on more suitable domain-specific data, which could also be collected with cameras of the choice (Intel Realsense D435). However, a prove of concept is given that the method works in certain scenarios (described in the experiments section) with the NN trained on the dataset collected in a different environment and a different sensor.	

Technical level**B - very good.**

Is the thesis technically sound? How well did the student employ expertise in the field of his/her field of study? Does the student explain clearly what he/she has done?

The work on the thesis involves several hardware (autopilot, sensors: cameras and LiDAR) and software components (path direction classifier, navigation controller, obstacle avoidance algorithm). The student demonstrated his ability to understand the whole quadrotor navigation system and to apply his knowledge in deep learning to train the neural network and use it for inference on a real hardware platform. The thesis is well-structured and comprehensive for a reader.

As for the evaluation part, it is also interesting to conduct an experiment with a splitting path (into 2 or more directions), or at least to discuss that the algorithm is designed for one-directional paths.

Formal and language level, scope of thesis**A - excellent.**

Are formalisms and notations used properly? Is the thesis organized in a logical way? Is the thesis sufficiently extensive? Is the thesis well-presented? Is the language clear and understandable? Is the English satisfactory?

The student demonstrated his ability to write in English and correctly utilize scientific terms. The description of overall system was given in a proper and understandable order. However, I lack descriptions of some components involved (applications of classification neural networks, obstacle avoidance method, and optionally a summary of other navigation components of the quadrotor: localization system, another sensors onboard).

Selection of sources, citation correctness**A - excellent.**

Does the thesis make adequate reference to earlier work on the topic? Was the selection of sources adequate? Is the student's original work clearly distinguished from earlier work in the field? Do the bibliographic citations meet the standards?

The relevant works were cited for each sub-topic involved in the project. In general, the bibliographic citations meet the standards. I would recommend to add in introduction section a short statement of difference of the thesis from the original work [17], although it is described further in the text.

Additional commentary and evaluation (optional)

Comment on the overall quality of the thesis, its novelty and its impact on the field, its strengths and weaknesses, the utility of the solution that is presented, the theoretical/formal level, the student's skillfulness, etc.

III. OVERALL EVALUATION, QUESTIONS FOR THE PRESENTATION AND DEFENSE OF THE THESIS, SUGGESTED GRADE

Summarize your opinion on the thesis and explain your final grading. Pose questions that should be answered during the presentation and defense of the student's work.



THESIS REVIEWER'S REPORT

The grade that I award for the thesis is A - excellent.

Date: **29.5.2022**

Signature: