

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Metody klasifikace stavebního odpadu
Jméno autora:	Lukáš Javorský
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Radioelektroniky
Oponent práce:	Ing. Ondřej Nentvich
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT, Fakulta elektrotechnická, Technická 2, 166 27, Praha 6

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce byla rešerše a návržení algoritmu pro klasifikaci stavebních a demoličních odpadů pomocí ultrazvukových senzorů. Na základě odlišných akustických pohltivostí a tím různých naměřených akustických odezvy měla být provedena klasifikace materiálů.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Student provedl návrh zařízení pro klasifikaci stavebních a demoličních materiálů pomocí 5-ti ultrazvukových měničů jako vysílačů a měřicího mikrofону jako přijímače. Z naměřených signálů následně provedl klasifikaci na základě poměrů úrovní signálů ve dvou oknech za použití neuronové sítě sklearn pro Python. Z předložených výsledků je zřejmé, že klasifikátor detekuje materiály s 91% přesností, zejména materiály, které mají odlišné vlastnosti.	

Zvolený postup řešení	 vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Práce se opírá o vědecké články, které tuto metodu klasifikace pomocí ultrazvukových senzorů popisují [25,31]. Samotné rozšíření detekce o stavební a demoliční odpady jsou dalšími kategoriemi, kde lze metodu uplatnit, jak tato bakalářská práce prakticky dokazuje. Samotný způsob měření je s těmito publikacemi v souladu.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je rozdělena to tématických kapitol, kde student začíná popisem vlastností materiálů, důležitostí jejich recyklace pro další použití, možnosti detekce typu materiálu pomocí různých metod až po samotné měření na bázi ultrazvuku, což bylo cílem práce. Tuto část, společně s výběrem detekčních a klasifikačních metod hodnotím pozitivně společně s výsledky, které dokazují, že klasifikaci pomocí ultrazvuku lze použít. Kde ovšem vidím nedostatek je v popisu měřicí aparatury, kde se např. správně uvádí vzdálenost od vzorku L, ale už nikde není definovány podmínky měření. Z naměřených signálů na obrázku 4.4 jsou poté uvedeny časy odrazů z nichž by se dalo usoudit, že první odezva na 5 ms by odpovídala vzdálenosti 85 cm od měřeného materiálu, jelikož čas je konstantní přes všechny průběhy. Bohužel toto tvrzení nemohu potvrdit, neboť není jasné, jestli signály jsou pouze výřezem časové odezvy bez spouštěcího signálu nebo od začátku vysílání ultrazvukového signálu. Dále bych zmínil to, že bylo pro měření použito 5-ti ultrazvukových měničů, ale v práci už není zmínka o jejich využití, jestli slouží pro detekci pozice materiálu, citlivější analýzy apod. Je zde pouze zmínka o možnosti výběru. Na obrázku 3.4a je sice snímek měřicí soupravy, ale pro následnou reprodukci bych ocenil elektrické schéma zapojení senzorů s Arduinem, jelikož student absolvovat studium na FEL a měl by tuto znalost využít. Měření signálu o frekvenci 40 kHz bylo s velkou rezervou navzorkováno s 8 GSaps, ale už v práci nebylo zmíněno to, za jakých okolností bylo možné signál převzorkovat na 50 kHz, aby se neztratila informace o frekvenci.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Bakalářskou práci vypracovanou pomocí sazebního programu LaTeX s rozsahem 21 stránek hodnotím jako podprůměrnou. Nicméně, práce obsahuje jak teoretickou, tak praktickou část a kratší rozsah není na škodu. Seznam zkratk obsahuje všechny zkratky, bohužel ale už není důsledně dodrženo provázání s textem, např. zkratka SDO je i na straně 7, ale v seznamu zkratk není na tuto stranu odkázáno. Zde bych uvažoval, jestli v tomto rozsahu práce je nutné odkazy na stránky uvádět. Po jazykové stránce nemám co bych vytkl.

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.

Student pracuje celkem s 34 zdroji, kde velká část se odkazuje na odborné články z oblasti detekce materiálů, klasifikace, vyhodnocení dat nebo na legislativu s nakládáním s odpady. Část zdrojů jsou potom odkazy na katalogové listy na moduly a součástky, což v případě návrhu elektronického zařízení je v pořádku. Z formální stránky bych potom uvedl, že student správně provázal všechny obrázky, grafy a tabulky s textem a převzaté obrázky korektně citoval.

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.

Student prostudoval a navrhl metodu klasifikace stavebního a demoličního odpadu na základě měření odezvy materiálů pomocí ultrazvuku a měřicího mikrofónu. V tomto bodě hodnotím nápaditost realizace jelikož ultrazvukový modul neposkytuje informaci o amplitudě a bylo třeba využít dalších zařízení. Z předložených výsledků lze usoudit, že klasifikace materiálů na základě poměru amplitud je účinná a mohla by být použita na třídění odpadu v praxi. Práce diskutuje použité různé algoritmy klasifikace, které pro tento účel korelují i se závěry z článků [25,31]. Zde bych možná zvážil použití metody SVM, která by mohla mít vyšší přesnost.

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.

Student Lukáš Javorský se v bakalářské práci věnuje klasifikaci stavebních odpadů, které by bylo možné recyklovat a následně znovu využít. Z hlediska ekologie je recyklace důležitou částí současné civilizace a udržitelného stavu spotřeby surovin.

Navržené řešení klasifikace odpadů se opírá o vědecké studie na základě měření odezvy intenzity odraženého ultrazvukového signálu od zkoumaného vzorku a podle poměru intenzit byl příslušný materiál klasifikován. Z testovaných metod klasifikace k-NN, DT, SVM vyšla teoretická účinnost detekce 91 % pro DT, což lze považovat velmi dobrý výsledek. Největší slabinou práce vidím v opomenutí podmínek měření, definic získání informace pro klasifikaci z prvního okna signálu a vyjádřením např. ve formě vzorce pro lepší pochopení a případnou reprodukovatelnost měření. Další nedostatky jsou v části „Odborná úroveň“

Otázky:

- 1) Dokázal byste říci, co se stane se spektrem signálu o frekvenci 40 kHz, který převzorkujete ze vzorkovací frekvence 8 GSaps na 50 kSaps?
- 2) Jak by bylo možné od sebe odlišit betonovou cihlu a keramickou dlaždici, které mají podobnou odezvu signálu?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 4.6.2023

Podpis: