

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Edge AI Integration for Anomaly Detection in Assembly using Delta Robot
Jméno autora:	Vojtěch Hanzlík
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra počítačů
Vedoucí práce:	Ing. Martin Macaš, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	CIIRC

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bylo spíše implementační, pokrývalo integraci strojového učení do robotického výrobního systému. Úspěšné řešení vyžadovalo jak programovací schopnosti, tak osvojení problematiky integrace robotického systému či umění práce v týmu. Proto hodnotím zadání jako náročnější.	

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>	
Detektory anomálií nebyly součástí práce a byly studentovi poskytnuty ve formě balíku pro Python. Student detekční algoritmy úspěšně nasadil, což bylo ověřeno mnou v Testbedu pro průmysl 4.0 na stanovišti s delta robotem. Součástí této práce byla implementace sběru dat a jejich ukládání, dockerizace detektorů anomálií a zajištění streamu dat pro online detektory. Byl vytvořen user interface pro zapojení lidské zpětné vazby formou potvrzování výsledku detekce anomálií. Detektory anomálií a příslušná data včetně data brokerů byla umístěna na tzv. AI-on-demand platformě pro diseminaci celého use case a jeho možné mezinárodní využití dalšími týmy. Student se v průběhu práce seznámil s paradigmatem MLOps, který byl dodržen hlavně při komunikaci s jeho kolegou v roli machine learning inženýra a kolegy z testbedu a který pomohl snazšímu nasazení algoritmů strojového učení ve výrobě. Tímto student splnil všechny body zadání.	

Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student po prostudování celé problematiky zvolil standardní a správný způsob řešení – přístup k datům pomocí OPC-UA protokolu a gRPC rámce pro streamování dat a docker pro kontejnerizaci detekčních algoritmů. Pro zpětnou vazbu operátora implementoval webové uživatelské rozhraní. Pro ukládání dat zprovoznil databázi. Nasazení celého systému vyhodnotil z pohledu latence a ověřil funkčnost i pro případ složitějších detektorů. Student tak odvedl velký kus dobré práce.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Co se týče odborné úrovně, je zde podstatný rozdíl mezi samotným plněním cílů a jeho popisem v závěrečném textu. Student zvolil dobrý postup řešení a prokázal přehled a vysokou míru odbornosti. Řešení je funkční a velmi užitečné. Student byl velmi dobře schopen využít nových poznatků, které během studia literatury i práce na projektu získal. Je škoda, že jeho vysoká odbornost v praxi není dostatečně vyjádřena v textu práce, který je místy poměrně stručný, přestože srozumitelný.	

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**C - dobře**

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

Práce obsahuje mírné překlepy. Například v abstraktu je chybně uveden význam zkratky OPC UA. Některé zkratky (jako například zkratka pro machine learning) nejsou definovány. Větší výhrady mám také k používání obrázků v práci. Na některé obrázky není odkázáno a je jediným štěstím, že jsou často samovysvětlující. Ale například obrázky 3.7 a 3.8 nejsou ani dostatečně popsány a není na ně odkázáno v textu. Práce je psána angličtinou na dobré úrovni a texty jsou jasné a srozumitelné. Práce je poměrně stručná. Například mohla být rozšířena o rešerši současného stavu poznání, přestože nebyla v zadání. Student ji vlastně provedl a bohužel jí nevěnoval vlastní sekci typu „Related work“.

**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.*

Oceňuji, že práce obsahuje 24 relevantních a velmi aktuálních citací zahraniční literatury, kterou student skutečně prostudoval.

**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 prokázal svou schopnost úspěšně dokončit zadaný projekt. Povedlo se mu nasadit systém strojového učení do výroby reprezentované skutečným montážním robotem. Výsledkem je use case, který lze předvádět zájemcům o digitální inovace z výrobních podniků. Sdílením výsledku na mezinárodní platformě AI-on-demand také zajistil jeho diseminaci.

K praktické části student přistupoval velmi poctivě a aktivně. Zúčastnil se pravidelných schůzek, komunikoval se členy týmu a při problému s vystavením systému na AI-on-demand platformu neváhal oslovit její tvůrce a sám se aktivně zúčastnit telekonferencí s mezinárodním týmem. Strávil mnoho dní na pracovišti s robotem a prokázal svou spolehlivost a užitečnost.

Ačkoliv zadání bylo spíše implementačního charakteru, popis celého systému v textu práce je však příliš stručný a obsahuje některé formální nedokonalosti. Student mohl více diskutovat některé aspekty a problémy. Například se mohl více zabývat diskutováním aktuální problematiky Edge AI.

**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.*

Zatímco implementační a praktickou stránku bych hodnotil stupněm výborně, prezentaci v samotném textu práce bych hodnotil stupněm dobře.

Celkově tedy předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 4.6.2024

Podpis: