

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Machine Learning Techniques for High Performance Image Compression (Metody strojového učení pro efektivní kompresi obrazu)</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Rudolf Studený</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra radioelektroniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Karel Fliegel, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	FEL ČVUT v Praze, Katedra radioelektroniky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Aplikace metod strojového učení ML (Machine Learning) a zejména hlubokého učení DL (Deep Learning) pro efektivní kompresi obrazu patří mezi velice aktuální témata, jak v oblasti výzkumu, tak i mezinárodních standardizačních aktivit. V rámci standardizační skupiny ISO/IEC SC29/JTC1/WG1 JPEG (Joint Photographic Experts Group) patří rozvoj metod komprese založených na učení mezi progresivní projekty pod označením JPEG AI. Zadání diplomové práce je relevantní a nabízí potenciál k dosažení zajímavých výsledků. Vzhledem k relativně nedávnému masivnímu rozvoji výzkumu v této oblasti a jen základnímu pokrytí v předmětech studijního programu lze toto zadání považovat za náročnější. Z velké části byla tato problematika pro studenta úplně nová a musel si ji nastudovat.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s většími výhradami</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>	
<p>Podle zadání měl diplomant podat přehled nových metod pro kompresi obrazu založených na strojovém učení ML (Machine Learning) a zejména hlubokém učení DL (Deep Learning). V praktické části práce pak mělo být provedeno porovnání účinnosti vybraných metod strojového učení s klasickými kompresními schémata na vhodně zvolené databázi testovacích obrazových dat. V teoretické části práce se student věnuje obecnému úvodu do problematiky metod strojového učení a uvádí základní topologie umělých neuronových sítí, včetně metod jejich učení a testování účinnosti. Této problematice je věnováno přibližně 20 stran z celkového rozsahu práce. Jen malý prostor, přibližně 7 stran práce, je zaměřen na popis metod strojového učení pro kompresi obrazu. Rozbor současného stavu, zejména s ohledem na volně dostupné materiály např. v kontextu projektu JPEG AI, lze považovat za neúplný. Vlastní přínos diplomanta měl spočívat zejména v praktické části práce, která se podle zadání věnuje porovnání účinnosti vybrané metody strojového učení pro kompresi obrazu a konvenčních přístupů. Tento problém je rozpracován nedostatečně na velmi omezeném rozsahu 4 stran. Lze konstatovat, že zadání bylo ve velmi hrubých obrysech splněno, avšak kvalita zpracování zejména experimentální části je nedostatečná.</p>	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
<p>V této kategorii je nutno rozdělit hodnocení zejména na posouzení aktivity a samostatnosti studenta. Pan Studený pracoval naprosto samostatně, což v tomto případě mělo do určité míry negativní vliv na dosažený výsledek. Student se bohužel nehlásil na konzultace, které v době pandemie bylo možno u tohoto zadání založeného na simulacích realizovat distančně. Podrobnější konzultace se tak uskutečnila pouze v době zadání diplomové práce a pak těsně před odevzdáním. Diplomant navázal na předchozí semestrální projekt. Posun diplomové práce proti projektu spočívá zejména v její teoretické části, praktická část je rozšířena jen velmi málo. Pan Studený se soustředil na zpracování praktické části zřejmě až s blížícím se termínem odevzdání a bez průběžných konzultací tak nebylo možno dosáhnout výsledku v potřebné kvalitě. Student je schopen samostatně tvůrčí práce, což prokázal i v rámci předcházejícího projektu. V diplomové práci však tento svůj potenciál pan Studený příliš nezhodnotil.</p>	

**Odborná úroveň**

**F - nedostatečně**

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Teoretický úvod do problematiky strojového učení je zpracován na odpovídající úrovni, diplomant čerpá z relevantních zdrojů. Malý prostor je věnován přehledu současného stavu v oblasti aplikace metod strojového učení na kompresi obrazu. Hlavním nedostatkem předložené diplomové práce je povrchně zpracovaná experimentální část. Student zvolil správně volně dostupný balík softwarových nástrojů (tři různé modely) pro kompresi obrazu založené na učení a porovnal účinnost těchto metod formou RD (Rate-Distortion) analýzy s konvenčními kodeky JPEG a JPEG 2000, které jsou součástí Matlabu. RD analýza byla provedena s využitím dvou metrik pro měření kvality obrazu s plnou referencí, jmenovitě MS-SSIM a PSNR. Prezentovaná RD analýza je však nevyhovující svým rozsahem a zejména nevhodně navrženou metodikou. Byl použit pouze jeden testovací obrázek, chybí tak možnost posoudit obsahovou závislost a studie tak má velmi omezenou vypovídací hodnotu. Vlastní implementace, která je součástí přílohy představuje přibližně 60 řádků kódu v Matlabu. Tento kód slouží k RD analýze účinnosti konvenčních kodeků JPEG a JPEG 2000. Komprese pomocí strojového učení využívá volně dostupné kódy v Pythonu. Výpis použitého kódu pro automatizaci RD analýzy je uveden pouze v textu práce a není součástí elektronické přílohy. Kvalita a rozsah zpracování zejména praktické části neodpovídají požadavkům na závěrečné práce tohoto typu.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**C - dobře**

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

Diplomová práce je psána v angličtině, text je zpracován na dobré úrovni a obsahuje jen velmi malé množství překlepů a nevhodných formulací. I po typografické stránce je práce na velmi dobré úrovni. V textu práce je použito množství obrázků a ilustrací, téměř všechny jsou však převzaté z jiných zdrojů. Vlastních ilustrací je v textu minimální množství, což je na závěrečnou práci tohoto typu velmi neobvyklé. Předložená práce má rozsah 37 stran, z toho teoretická část 23 stran, praktická část 4 strany a zbytek tvoří úvod, závěr, seznamy a přílohy. Rozsah praktické části práce je nedostatečný.

**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.*

Diplomant čerpá z 59 zdrojů, kde velkou část tvoří volně dostupné zdroje ve formě různých tutoriálů. Použitá literatura obsahuje také vhodně zvolené kvalitní odborné publikace v časopisech a sbornících konferencí. Převzaté prvky, např. velké množství ilustrací, se jeví jako řádně odlišené od vlastních výsledků.

**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.*

Vzhledem k výše uvedenému hodnocení jednotlivých částí odevzdané diplomové práce má požadovanou kvalitu pouze obecný teoretický úvod. Přehled současného stavu v oblasti komprese obrazu založené na strojovém učení je neúplný. Zejména pak experimentální část práce vyžaduje zásadní přepracování a doplnění.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

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

Výsledné hodnocení závěrečné práce ovlivnily zejména zásadní nedostatky její experimentální části. Solidně zpracovaný teoretický úvod tak nemohl vylepšit celkový dojem z této práce. Doporučuji vrátit práci studentovi k přepracování, zejména s důrazem na rozšíření praktické části.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Datum: 25.1.2021

Podpis: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.