

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Název práce:</b>                | <b>Učení grafonů pomocí neuronových sítí</b> |
| <b>Jméno autora:</b>               | <b>Huy Hoang Vu</b>                          |
| <b>Typ práce:</b>                  | Diplomová práce                              |
| <b>Fakulta/ústav:</b>              | Fakulta elektrotechnická                     |
| <b>Katedra/ústav:</b>              | Katedra počítačů                             |
| <b>Vedoucí práce:</b>              | Ing. Ondřej Kuželka, Ph.D.                   |
| <b>Pracoviště vedoucího práce:</b> | Katedra počítačů                             |

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| <b>Zadání</b>  | <b>Náročné téma výzkumného charakteru</b> |
|--|---|
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>  |   |
| Práce byla náročná. Student se musel seznámit s teorií tzv. grafonů, která není obsahem žádného předmětu během bakalářského nebo magisterského studia a která kombinuje teorii grafů, matematickou analýzu a teorii pravděpodobnosti. Kromě toho se student musel seznámit s praktickými přístupy pro trénování neuronových sítí. Konečně pak musel tyto dvě oblasti propojit. |   |

| <b>Splnění zadání</b>  | <b>Splněno beze zbytku.</b> |
|--|-----------------------------|
| <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 práci splnil beze zbytku.  |                             |

| <b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>   | <b>Velmi samostatný.</b> |
|---|--------------------------|
| <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 byl velmi samostatný během celé práce. Sám byl schopný nastudovat potřebné materiály a zorientovat se ve dvou tak odlišných doménách, jako jsou grafony a neuronové sítě.   |                          |

| <b>Odborná úroveň</b>  | <b>Vysoká.</b> |
|--|----------------|
| <i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> |                |
| Odborná úroveň práce je z mého pohledu velmi vysoká. Student využil poznatků z teorie, kterou sám nastudoval z odborné literatury.                     |                |

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**Vysoká.**

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

Jak formální, tak jazyková úroveň práce je na velmi vysoké úrovni. Málokterý student je schopný napsat tak čtivý odborný text.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**Korektní.**

*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.*

V pořádku. Práce zcela odpovídá, pokud jsem byl schopný posoudit, zvyklostem v oboru.

**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.*

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

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

Na úvod bych chtěl říct, že z práce pana Vu Huy Hoanga jsem byl nadšený. Výborně se četla. Prvotním cílem práce bylo ověřit následující: *Modely grafů, jako jsou například exponenciální náhodné grafy (exponential random graph models, ERGMs), jsou jednoznačně definovány parametry, které lze často vyjádřit pomocí "hustot homomorfismů". Grafony jsou "limity" konvergujících sekvencí takových grafů (trochu zde zjednodušuji), jejichž výhodou je, že smplování nových grafů je výpočetně snadné (narozdíl of ERGMs). Protože grafony nejsou nic jiného než symetrické funkce dvou proměnných na  $[0;1]^2$ , je možné je reprezentovat i pomocí neuronových sítí. Otázkou pak je, zda se je možné takové neuronové sítě učit nepřímo jen z hustot homomorfismů (podobně jako ERGMs).* Jak se ukázalo v průběhu práce, tento problém je těžší, než se zdá, ale i negativní výsledky jsou v tomto případě zajímavé a jejich analyzování může vést k lepšímu porozumění toho, jak trénovat modely náhodných grafů.

Pan Vu Huy Hoang nejprve nastudoval potřebnou matematickou literaturu a praktické přístupy z deep learning (konkrétně PyTorch), navrhl algoritmy pro učení neuronových sítí reprezentujících grafony a naimplementoval je do balíčku v Pythonu. Kromě gradientního algoritmu učení také naimplementoval a použil poměrně málo známý algoritmus nazvaný "multiple-gradient descent algorithm". Ten se sice nakonec ukázal nebýt lepší než klasické algoritmy, i to je ale zajímavá informace. Kromě toho pak práce obsahuje popis různých architektur, ukazuje, jak učení konverguje v různých případech (včetně těch "špatných"), a obsahuje zajímavou analýzu experimentálních výsledků. Velmi pozitivně hodnotím střídavé hodnocení výsledků a rozumnou analýzu.

Celkově si myslím, že se jedná o velmi zdařilou práci. I když se asi učení grafonů pomocí neuronových sítí v blízké době nestane nejlepší z dostupných možností pro modelování náhodných grafů, to vůbec není chyba pana Vu Huy Hoanga, jehož úkolem nebylo vytvořit nové “state-of-the-art” pro učení se modelů náhodných grafů (i když bychom si to třeba přáli), ale prozkoumat, do jaké míry je takový přístup nadějný. V tomto ohledu je práce výborná. Pokud je to, že výsledkem není nový state-of-the-art model něčí “chyba”, tak snad jedině mě jako vedoucího práce, který zadal téma, rozhodně ne pana Hoanga, který odvedl výbornou práci.

Co na práci dále hodnotím velice pozitivně, je pak samotný text a také zpracování různých diagramů, grafů apod., které umožňují čtenáři získat rychlý vhled jak do problematiky modelování grafonů, tak konkrétně do experimentů a analýzy, které práce popisuje.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A (“výborně”)**.

Datum: 18.8.2020

Podpis: