

# Posudek diplomové práce

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

**Autor práce** Bc. Renáta Pivodová  
**Název práce** Vícekriteriální hledání architektur neuronových sítí  
**Rok odevzdání** 2023  
**Studijní program** Informatika      **Studijní obor** Umělá inteligence

**Autor posudku** Mgr. Gabriela Kadlecová      **Role** Oponent  
**Pracoviště** ÚI AV ČR

## Text posudku:

Práce se zabývá rozšířením algoritmu pro hledání architektur neuronových sítí CoDeepNEAT (CDN) tak, aby se snížila doba běhu algoritmu a aby umožnil nejen hledání sítí s vysokou přesností, ale i s nižší výpočetní náročností. V oboru hledání architektur sítí (neural architecture search - NAS) je velká výpočetní náročnost podstatným problémem, jedná se tedy o důležité rozšíření známého algoritmu. Hlavním přínosem práce je zrychlení algoritmu skrz lamarkismus ve formě dědičnosti vah již natrénovaných sítí a přizpůsobení algoritmu pro vícekriteriální hledání. Výsledkem jsou algoritmy LamaCoDeepNEAT (LamaCDN) a MOLamaCoDeepNEAT (MOLamaCDN).

Práce je rozdělena do 5 částí (kromě úvodu a závěru). V 1. a 2. části studentka seznamuje čtenáře s evolučními algoritmy a neuronovými sítěmi s důrazem na koncepty použité v implementaci. V 3. části popisuje hlavní principy NASu a CDN, zároveň prezentuje algoritmy NAS, které řeší podobný problém jako studentkou navržené algoritmy ("related work"). Text je velmi čtivý a představuje dobrý úvod do tématu, navíc je podpořen vizualizacemi, které čtenáři napomáhají pochopit hlavní koncepty.

Ve 4. části se nachází hlavní přínos práce, tedy algoritmus LamaCDN a MOLamaCDN. Studentka navrhla velmi zajímavé řešení dědičnosti vah a vícekriteriální koevoluce. V případě vah bylo potřeba vyřešit problém, kdy rodičovský a nový modul nemají stejný rozměr vah - v tom případě se použije pouze část matice vah, pokud je rozměr menší, nebo je doplněna nulami v případě většího rozměru. Rozšíření na vícekriteriální variantu nebylo triviální, neboť přesnost sítě a její výpočetní náročnost jsou často protichůdné metriky. Namísto průměrování, jež by v tomto případě nefungovalo dobře, studentka navrhla přístup, kde síť pro účely selekce naklonuje a po selekci nechá pouze jeden z vybraných klonů.

V 5. části byly oba algoritmy vyhodnoceny na obrazových datasetech MNIST a CIFAR-10 a porovnány s původním CDN.

Hlavní přínosy práce vnímám následující:

- Kreativní rozšíření známého algoritmu, které vede k zlepšení jeho vlastností. Studentka dobře popsala výhody i slabiny navržených algoritmů a nabídla možné způsoby vylepšení.
- Výrazné zkrácení doby běhu na MNISTu za dosažení podobných výsledků jako CDN, v případě MOLamaCDN navíc úspěšné vícekriteriální řešení.
- Diskuze výsledků na CIFAR-10 a navrhnutí dvou dalších experimentů pro jejich zlepšení - LamaCDN překonal CDN, MOLamaCDN dosáhl horších výsledků, avšak stejně jako u MNISTu došlo ke zrychlení a dobrým vícekriteriálním vlastnostem.

- Prezentace výsledků je velmi dobrá - pro každý experiment je k dispozici několik grafů, které dobře ilustrují různé vlastnosti algoritmů.

V práci vnímám i několik negativ:

- Část "related work" by mohla být širší a zmiňovat výsledky dalších algoritmů na datasetu CIFAR-10.

- Popis navržených algoritmů ve 4. části je obecně dobrý, avšak populace modulů by mohla být lépe popsána - není jasné, jak přesně vypadají grafy modulů - jde pouze o jednoduchou konvoluci, nebo to může být i menší graf s více konvolucemi? Není pak jasné, jak přesně se dědí váhy - studentka popisuje dědění vah pouze mezi dvěma konvolučními moduly.

- Také u species by bylo dobré popsat, jak se chovají během evoluce - vznikají při mutaci nové, nebo je počet fixní? Je selekce jen v rámci stejných species, nebo na celé populaci a species slouží pouze k dosažení na správné místo do blueprintu?

- Je otázka, jestli 4 epochy stačí na dobrý odhad finální přesnosti sítě. Je pochopitelné, že kvůli velké výpočetní náročnosti bylo nutné někde "šetřit", osobně bych se však spíše klonila k menšímu počtu generací evoluce a vyššímu počtu epoch.

Celkově však klady práce převládají nad zápory a v práci vidím velký potenciál pro budoucí rozšíření (např. za použití více výpočetních zdrojů, nebo vyhodnocení na jiných datasetech).

Studentka ukázala, že je schopna samostatné práce a kreativního návrhu řešení problému - práci doporučuji k obhajobě.

Mám dvě doplňující otázky:

1. Oba navržené algoritmy jsou rychlejší než CoDeepNEAT, avšak ve všech algoritmech se sítě trénují 4 epochy (resp. 8 epoch u long experimentu). Jaké může být vysvětlení tohoto zrychlení?

2. Výsledky MOLamaCoDeepNEAT byly v long experimentu dobré, ale v obou krátkých verzích poměrně špatné. Jak si to vysvětlujete a jak by se daly navrhnout budoucí experimenty, aby další výsledky byly ještě lepší?

**Práci doporučuji k obhajobě.**

**Práci nenavrhuji na zvláštní ocenění.**

**Datum** 1. 6. 2023

**Podpis**