

Posudek oponenta diplomové práce

Autor/autorka práce: **Jindřiška Reismüllerová**

Název práce: **Alternativní techniky trénování vrstevnatých neuronových sítí**

Obsah práce:

Předkládaná diplomová práce je věnována studiu vrstevnatých neuronových sítí typu zpětného šíření a problematice jejich učení, zejména s cílem rychle inicializovat jejich modely s jedinou skrytou vrstvou neuronů, jejichž váhy by následně bylo možné upravovat pomocí evolučních technik. Na základě provedené rešerše známých metod diplomantka navrhla 4 varianty vlastního přístupu k inicializaci a učení vah sítě. Práce obsahuje zevrubný popis navržených technik, představuje jejich implementaci a výsledky, kterých dosáhly během testování, a to včetně použitých datových souborů. Závěr práce shrnuje dosažené výsledky a zkušenosti uchazečky. Implementovaný kód tvoří přílohu práce, k práci je přiložena i stručná uživatelská příručka.

Kvalita řešení a dosažených výsledků:

Vysoce hodnotím schopnost autorky navrhnout nové metody pro inicializaci parametrů (vah, resp. prahů) tzv. mělkých (shallow) sítí perceptronového typu a využít je pro následnou (diferenciální) evoluci optimalizovaných neuronových sítí. Navrhované metody uchazečka implementovala v jazyce C++ (standard C++17). Software přiložený k práci je funkční, nicméně programátorský styl by jistě mohl být elegantnější, např. ve funkci `genetic_algorithm`, která zahrnuje 740 řádků kódu, zabírá samotné volání funkce `selectRandom` 160 řádků. Kvůli snazší čitelnosti by také bylo vhodné přiložený kód podrobněji komentovat.

Jisté rezervy má obhajovaná práce ve formálním popisu studovaných i nově navrhaných metod a při jejich testování. Např. kapitoly 3.2.4 i 3.2.5 skýtají jen velmi zevrubnou představu o popisovaných modelech konvolučních, resp. rekurentních neuronových sítích. Při vyhodnocování dosažených výsledků (kapitola 8) by bylo žádoucí uvažovat chybu nejen na trénovací, ale i na testovací, resp. validační množině, evtl. použít techniku k-násobné křížové validace (viz např. kapitola 5.6 z monografie T. Mitchella *Machine Learning*, McGraw-Hill, 1997).

Formální úroveň:

Práce je psaná v češtině a má pěknou grafickou úpravu; vlastní text je až na drobné výjimky srozumitelný a čtivý. Drobnější nedostatky formálního charakteru se týkají:

překlepů, např.:

- ve třetím odstavci na str. 35 se zřejmě jedná o obrázek 6.1. (namísto 6.2),
- na 4. ř. posledního odstavce na str. 38 má být uvedeno značně (namísto značne),
- nejasný zápis pro nastavení konstant na str. 48 – např. `p_mutation = 0.05` a `0.05`, `p_blitz = 0.002` a `0.002`, a další,
- ve třetím odstavci na str. 49 autorka zřejmě myslela šíření (namísto učení),

- na str. 61 v 7. řádku chybí 'se',

značení použitého u obrázků, např.:

- k obrázku 2.1 na str. 9 by bylo vhodné připojit české vysvětlivky anglických pojmů,
- v obrázku 4.4 na str. 24 by mělo stát u popisu znázorňovaných funkcí $-\log(h_\theta(x))$ a $-\log(1-h_\theta(x))$ spíše než $-\log(x)$, resp. $-\log(1-x)$, průběh funkcí by zároveň měl být hladký,

použití nevhodné terminologie, např.:

- složka vstupního vektoru není váhována, ale vážena (v druhém odstavci na str. 14),
- elitismus namísto elitářství v předposledním odstavci na str. 26,
- v prvním odstavci kapitoly 6.4 je vhodnější označení moment namísto parametr setrvačnosti,

neadekvátně, nepřesně či nesprávně zavedených pojmů, např.:

- cílem umělé inteligence není jen imitovat lidské myšlení (jak je uvedeno v prvním odstavci na str. 9), obor se zabývá i studiem jiných přístupů, např. evolučních technik, rojové inteligence, fuzzy logiky, dobývání znalostí, metod pro analýzu sociálních sítí aj.,
- některé pojmy by bylo vhodné zavést přesněji – viz např. pro $x_i, w_j, Y \in \mathbb{R}; 1 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n$ v kapitole 3.2.1,
- parametr F je použit už ve vztahu 4.3, ale zaveden až v následující kapitole,
- použité techniky by bylo vhodné nejdříve uvést plným názvem a až poté používat jejich zkratky (viz např. JADE na str. 29),
- funkci hyperbolický tangens uváděné na str. 15 neodpovídá zavedený předpis (argument funkce by měl být $2x$),
- v prvním odstavci kapitoly 3.2.2 se pro obecný případ d-rozměrných vzorků bude jednat o (d-1) – rozměrnou nadrovinu (nikoliv o přímku),
- ve vztazích na str. 21 by symbol $\theta^{(x)}$ měl označovat váhový vektor pro výstupy z x-té vrstvy (spíše než vstupy do x-té vrstvy),
- výraz (4.2) pro zavedení cenové funkce by měl uvažovat levou hranatou závorku až za použitou dvojitou sumou,
- chyba specifikovaná pro výpočet 1 na str. 25 neodpovídá (ani upravené – viz pozn. výše) cenové funkci zavedené na předchozí stránce (chybí člen $(1 - h_\theta) h_\theta$ ve jmenovateli); uváděná chyba δ spíše odpovídá kvadratické odchylce, kterou autorka používá i ve svém programu, ale v práci není zavedena,
- ve vztazích 4.7 a 4.8 by měla sumace přes i probíhat jen do $N_S - 1$,
- ve vztahu 4.9 by bylo vhodnější použít index (např. t) pro veličinu μ ,
- u metody Freely Growing na str. 46 by bylo vhodné uvést formální vztah pro měření podobnosti příznaků.

Práce s literaturou:

Obsáhlý seznam použité literatury čítá 45 položek a potvrzuje orientaci autorky v řešené problematice. Zdroje jsou citovány správně, práce neobsahuje doslova zkopírované nebo otrocky přeložené pasáže.

Splnění zadání:

Cílem práce bylo popsat model vrstevnatých neuronových sítí a prostudovat možné přístupy k jeho učení, zejména základní algoritmus zpětného šíření a jeho varianty. Na základě provedené rešerše měla diplomantka navrhnout alespoň jednu inovativní alternativu k algoritmu zpětného šíření použitelnou pro učení vrstevnatých neuronových sítí. Navrženou techniku měla studentka implementovat a demonstrovat její použitelnost pro učení vícevrstvého perceptronu. Pro testování vyvinutého softwaru měla použít běžné testovací postupy a veřejně dostupné sady dat. Dosažené výsledky pak měla vyhodnotit a porovnat je se standardní technikou zpětného šíření. Toto zadání posluchačka bezesporu splnila.

Doplňující informace k práci:

Popis metody ReiStein Blitz v kapitole 6.1 nepředpokládá žádné předzpracování vstupních dat. Vzhledem k podstatě metody by přitom bylo vhodnější uvažovat normované vzorky (ideálně standardizované na jednotkovou délku vektoru). Přiložený kód na druhou stranu podporuje (jako jednu z možností) normalizaci dat podle směrodatné odchylky. U obou metod ReiStein Blitz i Freely Growing by navíc bylo vhodnější inicializovat navrženým způsobem kromě několika málo prvních neuronů odpovídajících jednotlivým třídám i zbývající skryté neurony (nejen pomocí malých náhodných hodnot).

Datová sada leaf.txt obsahuje jen 35 tříd (ne 36, jak je uvedeno v kapitole Leaf2014 na str. 52). Vzhledem k charakteru úlohy by navíc bylo vhodnější prázdné třídy (s nulovým zastoupením vzorků v trénovací množině) vynechat.

Při běhu programu by bylo vhodné ošetřit případné prázdné řádky na konci textových souborů se vstupními daty.

Dotazy k práci:

1. V čem spočívá reprezentace znalostí extrahovaných z předkládaných dat, která se vytváří během učení, u modelů vrstevnatých neuronových sítí, Kohonenových map (resp. RBF-sítí) a modelů typu ART (Adaptive Resonance Theory)? Lze vytvářenou reprezentaci znalostí využít při volbě reprezentantů jednotlivých tříd ve Vámi navržených metodách?
2. Jaké jsou výhody, resp. nevýhody metod tzv. přeneseného učení (transfer learning) pro inicializaci architektury vytvářených neuronových sítí?
3. Posuďte škálovatelnost Vámi navržených přístupů pro hluboké varianty vícevrstevných perceptronů.

Navrhuji hodnocení známkou **výborně - velmi dobře** (dle výsledku obhajoby) / **dobře** a práci doporučuji k obhajobě.

Navrhuji hodnocení známkou **nevyhověl / nevyhověla** a práci nedoporučuji k obhajobě.