

## Posudek disertační práce: *Optimization of processing and classification of signal data using convolutional neural networks*

Autor: Ing. Dalibor Címr

Školitelka: doc. Ing. Hana Tomášková, Ph.D.

Oponentka: RNDr. Petra Vidnerová, Ph.D.

Tato práce se zaměřuje na využití strojového učení v oblasti medicínských dat, konkrétně systémech CAD (computer aided detection). Toto téma je aktuální, mimořádně významné a nabízí prostor pro inovace a nový výzkum.

Hlavním cílem je zlepšit efektivitu celého procesu práce s medicínskými daty, včetně jejich předzpracování, slučování a následné klasifikace. Klíčovou složkou využívanou v této práci jsou konvoluční neuronové sítě, které umožňují jak klasifikaci, tak konstrukci příznaků.

Tato práce je svým charakterem aplikační. Nezaměřuje se na návrh nových metod, jako takových, ale předkládá kompletní metodologii. Soustředí se na zkoušení a kombinování osvědčených postupů v rámci konkrétní aplikační domény, kterou jsou medicínská data. Cílem práce je nalézt optimální kombinaci těchto postupů, identifikovat jejich slabiny a provést jejich vylepšení tak, aby řešení bylo co nejefektivnější a nejpřesnější.

Práce je přehledně členěná do 6 kapitol, kromě úvodu a závěru jsou to kapitoly popisující cíle práce, použitou metodologii, výsledky a diskuzi, shrnutí splnění cílů. Ačkoliv toto logické členění práce slibuje velkou přehlednost, při samotném čtení je už poměrně složité se orientovat, kdy se popisuje metodologie a kdy výsledky, kdy jde o výsledky původní a kdy převzaté, kdy se práce odkazuje na výsledky autora a kdy na relevantní literaturu jiných autorů.

Například k problematice volby architektury neuronové sítě se dostáváme v metodologii (kapitola 3.1), kde jsou uvedeny dvě architektury konvoluční sítě bez vysvětlení motivace pro jejich volbu. Dále se architektura zmiňuje na straně 25, kde se mluví o vlivu počtu neuronů. Poté se v kapitole 4, která shrnuje výsledky práce, dozvídáme o volbě bloků, filtrů a dalších parametrů konvoluční sítě. Toto členění textu bylo pro mě matoucí.

Na straně 9 se také mluví o klasifikaci do 4 tříd, ačkoliv v předchozí kapitole se uvažuje klasifikace binární - normální a abnormální případ. Přesná formální definice vstupů a výstupů celého systému by zlepšila přehlednost práce.

Typograficky je práce hezky upravena, úroveň angličtiny je dobrá, ale dala by se vylepšit. Výjimečně se vyskytne překlep či chybějící písmeno.

Součástí práce je rozsáhlá rešerše dostupné literatury, odkazované práce jsou relevantní tématu a aktuální.

Výstupem práce je ucelený systém zahrnující proces od získání dat, přes předzpracování až po výslednou klasifikaci a evaluaci klasifikačního systému.

Práce využívá reálná medicínská data, signály z EKG, BCG a EEG. Data jsou z veřejně dostupných medicínských databází, část dat je navíc naměřena přímo na Univerzitě v Hradci Králové. Data jsou podrobně popsána, včetně ukázek signálů. Pracuje se i s daty z více kanálů, které je nutné sloučit. Zpracování dat si vyžaduje netriviální metodologii, která je v práci dobře zvládnuta.

Na klasifikaci je využita konvoluční síť využívající 1D konvoluce.

Popis experimentů je poměrně přehledný, kladně hodnotím srovnání s řadou existujících metod. Navržený postup lze označit jako efektivní jak co se týče časové náročnosti, tak co se týče výsledné přesnosti klasifikace.

Důležitou částí experimentů je analýza vlivu frekvence signálu na výsledné chování systému. Volba vhodné frekvence zaručí jak optimální přesnost systému, tak jeho efektivitu, co se týče časové náročnosti.

Jako nevýhodu práce vidím fakt, že součástí není zdrojový kód softwaru použitého k experimentům a ke zpracování dat. Veřejná dostupnost tohoto kódu by umožnila replikovatelnost a ověření experimentů.

I přesto, že jsem uvedla některé nedostatky práce, cíle práce považuji za splněné, což dokládají i publikace výsledků v mezinárodních vědeckých časopisech. Práce svým obsahem spadá do uvedeného oboru Aplikovaná informatika.

Disertační práce i publikační historie autora dokládají schopnost samostatné vědecké práce a proto doporučuji práci k obhajobě a doporučuji ji uznat jak doktorskou práci.

Závěrem si dovoluji přiložit několik otázek k diskusi na obhajobě:

- V práci se zmiňuje hrubá síla použitá na výběr architektury a parametrů konvoluční sítě. Kolik architektur bylo vyzkoušeno? Byla použita nějaká automatizace hledání hyper-parametrů? Uvažovali jste o použití nějakého pokročilejšího optimalizačního algoritmu pro automatické hledání architektury konvoluční sítě?
- V práci je důraz na redukcí výpočetní složitosti celého systému. Jaký datový typ byl použit k výpočtu konvoluční sítě (float32, float16, apod.) a neuvažovali jste o použití nižšího datového typu pro inferenci?
- Část dat je naměřena přímo v laboratoři University v Hradci Králové. Jak se řešilo označení (labeling) těchto dat a narazili jste při tom na nějaké problémy?
- Datová množina zmiňovaná na straně 16 obsahuje muže ve věku mezi 23 a 33 lety a ženy mezi 24 a 65 lety. Bere se při vyhodnocení dat v potaz věk a pohlaví? Nemohl věkový rozdíl mezi ženami a muži způsobit zkreslení výsledků?

V Praze dne 29. května, 2023

RNDr. Petra Vidnerová, Ph.D.  
Ústav informatiky, AV ČR

