

# Posudek disertační práce

Název disertační práce: **Optimization of processing and classification of signal using convolutional neural networks**

Autor disertační práce: **Ing. Dalibor Cimr**

Studijní program: **Applied Informatics**

Oponent: **prof. Ing. Martin Černý, Ph.D.**

Pracoviště oponenta: **VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

Předložená disertační práce se zabývá aktuální oblastí využití konvolučních neuronových sítí (CNN) pro klasifikaci biologických signálů, konkrétně EKG, EEG a balistokardiografie (BCG).

Aktuálnost tématu je demonstrována dostatečným počtem citací odborné literatury, která je v rámci disertační práce využita.

Zvolené cíle disertační práce svou náročností odpovídají úrovni práce v doktorském studiu a jsou pro oblast biomedicínského inženýrství zajímavé a přínosné.

V rámci disertační práce Ing. Cimr navrhl a využil dvě vlastní architektury CNN, které náležitě popsal. Využil je pro klasifikaci EKG, označení úseků záznamů fibrilací síní, fibrilací komor a síňového flutter. K testování využil volně dostupných databází, které obsahovaly výše uvedené poruchy srdečního rytmu a také záznamy zdravých pacientů. Druhým zvoleným datovým setem z dostupných databází biosignálů byly záznamy EEG, u kterých klasifikoval fyziologické úseky fyziologické a patologické (preictal a seizure). Poslední analyzovaný datový set obsahuje záznamy balistokardiografie, u nichž bylo cílem klasifikovat poruchy dechové frekvence. Ve své práci se zabývá nejen úspěšností klasifikace vůči známým nebo dříve popsaným klasifikátorům ale rozvíjí výzkumné otázky vztahující se k vlivu samotné architektury CNN a vlivu způsobu předzpracování dat, což považují za zásadní přínos práce pro danou problematiku.

Předložená disertační práce vykazuje dílčí nedostatky v samotné struktuře předloženého textu práce. Je zřejmé, že je práce založena na čtyřech publikacích autora ([21] – [24]). Text práce je ale koncipován jako souvislý vědecký text. A právě proto považují za nevhodné a matoucí ponechání slovních obrátů, které odkazují na „naši předešlou práci“ nebo „naš předešlý článek“. Jedním z příkladů nevhodného způsobu organizace textu je kapitola 3.5.2, která je kombinací rešerše a představení vlastního řešení bez jasného oddělení vlastní práce autora. Přehlednost práce také komplikuje spojení komentářů k výsledkům experimentů, které se vztahují k různým biosignálům, například kapitoly 4.1.2 a 4.2.1 volně přechází od hodnocení EKG do hodnocení EEG.

V další textu posudku jsou témata k odborné diskuzi v rámci obhajoby disertační práce, doplněné návodnými otázkami.

Pro analýzu EKG byl dle kapitoly 3.4. (strana 24) využit pouze jeden EKG svod (Einthoven II), přestože každý ze svodů EKG poskytuje jinak významnou informaci o změnách elektrického srdečního vektoru a tím pádem každý ze svodů může poskytovat jinak významné informace o konkrétní srdeční poruše. Pro klasifikaci byly vybrány poruchy srdečního rytmu, které jsou velmi dobře rozeznatelné, ale i tak se naskytá otázka, proč byl vybrán právě tento svod pro další analýzu? Také je k diskusi zvolení délky okna 2 sekundy a vliv změny tohoto parametru na úspěšnost klasifikace a náročnosti konstrukce modelů.

Vzal autor disertační práce dostatečně v úvahu vliv zvolené metody normalizace EKG dat? Z grafů na obrázku 4.1. je jasné, že normalizace zásadně potlačila fyziologické vlny EKG signálu (P a T). Dá se říci, že je vyhladila, takže mezi QRS komplexy je téměř konstantní signál, s celkově velmi nízkou energií. Na takto předzpracovaný signál je možná až zbytečné využívat pro klasifikaci zvolených poruch srdečního rytmu CNN. Použily ostatní metody uvedené ve srovnání stejného přístupu normalizace dat? Jak jsou úspěšné detektory vybraných poruch srdečního rytmu využívající stejného druhu normalizace dat? Na straně 43 je rovněž tvrzení, že kvalita klasifikace nezáleží na výběru a užití konkrétního datasetu. Z textu práce nepovažuji toto tvrzení za dokázané, většina metod uvedených v tabulce 4.6. využívá minimálně jeden dataset stejný, spíše dva. Všechny využívají AFDB, který je nejrozsáhlejší (250 hodin záznamu oproti 24 hodinám například v MITDB).

Zajímavou a hojně autorem publikovanou částí jeho disertační práce je část zabývající se analýzou BCG měření. Proto by si tato část práce zasloužovala lepší a přehlednější zpracování. Na základě studia předložené práce předpokládám, že se jedná o dataset získaný výzkumnou činností v rámci UHK a týmu, kterého je autor členem. Postrádám proto zásadní informaci, jakým způsobem byly anotovány data BCG, která zařízení byla využita jako referenční pro určení klasifikovaných parametrů?

Obecně z textu práce a poskytnutých tabulek není jednoduché rozpoznat, která ze dvou navržených architektur CNN byla zrovna v danou chvíli využita. Osvětlete, prosím toto při své obhajobě nejlépe pro všechny provedené a prezentované experimenty ve Vaší práci.

Zajímavou částí práce je kapitola 4.3.1, která popisuje možnosti opakovatelného použití stejného CNN modelu. Z poskytnutých informací k dané kapitole ale není zřejmá metodika testování. Které modely byly využity, v jakých kombinacích a ke které kombinaci se váže prezentovaná tabulka 4.12.

Kapitoly popisující vliv frekvence prezentují velmi zajímavé výsledky, které mají dopad pro další výzkum v oblasti. Je poněkud překvapující, že k této části práce není uveden v rešerši nebo v diskusi odkaz na možné výsledky podobných analýz jiných autorů.

Z předložené disertační práce jsou zřejmé odborné kvality doktoranda, jeho publikační aktivity jsou rovněž na požadované úrovni. Ing. Dalibor Cimr v předložené disertační práci prokázal schopnost samostatné vědecké činnosti.

Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Ostravě, dne 19. 5. 2023

  
prof. Ing. Martin Černý, Ph.D.