

Posudek oponenta bakalářské práce

Autor práce: **Tomáš Dubina**

Název práce: **Využití neuronových sítí v BCI systémech založených na evokovaných potenciálech SSVEP**

Obsah práce, kvalita řešení a dosažených výsledků

Cílem práce bylo navrhnout BCI založeném na ustálených vizuálních evokovaných potenciálech (SSVEP). Ke klasifikaci EEG záznamů měla být použita vhodná neuronová síť a výsledky klasifikace měli být vhodným způsobem vyhodnoceny. Z předložené bakalářské práce je patrné, že student zadání práce splnil. Nejprve navrhnul vhodný scénář pro měření SSVEP a následně naměřil záznamy od 14 osob a provedl klasifikaci těchto záznamů. Ke klasifikaci byla využita konvoluční neuronová síť a výsledky byly zároveň porovnány s klasifikátorem na bázi lineární diskriminační analýzy (LDA). Dosažené výsledky byly prezentovány formou tabulek a z tzv. matice záměn byla stanovena úspěšnost klasifikace.

Formální úroveň

Rozsah práce sice odpovídá požadavkům kladeným na bakalářskou práci, dle mého názoru je ale nevhodně zvolen poměr teoretickou a realizační částí práce. Zatímco teoretická část obsahuje 35 stran, realizační část obsahuje pouze 15 stran. Práce také obsahuje několik překlepů a nepřesných formulací, které jsou vzhledem k rozsahu práce akceptovatelné. Práce je logicky členěna do třech částí. V první teoretické části (kapitola 2 - 8) se student zabývá nejprve popisem základních informací o encefalografii, ustálených evokovaných potenciálech a zpracování EEG signálu, poté se věnuje popisu BCI systémů, umělých neuronových sítí a ostatních klasifikátorů včetně diskriminační analýzy. K této části mám následující dotazy a připomínky:

- Str. 20, kapitola 4.3 Korekce baseline – mluvíte o epoše, ale pojem epocha zatím nebyla vysvětlena. Co je míněno epochou?
- Str. 23, kapitola 4.5.1 – vysvětlete, co v případě parametrických metod odhadu PSD znamená spojení: „... potřebujeme vhodný vznik signálu“.
- Str. 27, kapitola 5.2 nerozumím uvedenému příkladu – v žádném řádku matice záměn (obr. 5.1) jsem nenalezl hodnoty (3,7,5,5) se kterými dále pracujete. Vysvětlete.
- Str. 30, v kapitole 6.3 uvádíte, že „V roce 2010 bylo aplikováno přes 220000 kochleárních implantátů po celém světě. Pomocí těchto systémů lze monitorovat a dokonce i detekovat některá nádorová onemocnění, projevy epilepsie, spánkové poruchy, migrény a další.“ Opravdu tohle umí kochleární implantát? Vysvětlete.
- Str. 30, v kapitole 6.4 uvádíte, že u f-VEP : „... stimulace je způsobena blikajícími objekty, které se překrývají“. Jak se objekty překrývají? Jak u překrývajících se objektů dokážete určit, na který objekt se měřená osoba dívá? Vysvětlete.
- Str. 35, uvádíte, že aktivační funkce ReLU „trpí na problém umrtvení neuronu“. O co se jedná? Vysvětlete.
- Na str. 39 v kapitole 7.8 popisujete konvoluční neuronovou síť bez uvedení obrázku. Myslím si, že popisovat relativně složitou architekturu bez uvedení obrázku je naprosto zbytečné a z textu čtenář neznalý dané problematiky jen stěží pochopí, o co se jedná. Výsledný efekt by byl stejný jako uvedení rozumného odkazu na literaturu, kde je tato problematika podrobně

vysvětlena. V prvním odstavci také používáte termín „obecná konvoluční síť“. Co to je a jak se tato síť liší od CNN? Vysvětlete.

Ve druhé části práce (kapitola 9-10) student popisuje vlastní návrh scénáře pro měření SSVEP a dále se zabývá implementací metod zpracování EEG signálu a následnou klasifikací předzpracovaných dat. K této části mám následující dotaz:

- Na str. 51 v kapitole 10.2.1 zmiňujete termín „validační množina“. Vysvětlete co to je a jak se validační množina liší od testovací množiny.

Třetí část práce se zabývá popisem dosažených výsledků a diskusí těchto výsledků. K této části mám následující dotazy a připomínky:

- Na str. 56 v kapitole 11 je uvedena matice záměn (obr. 11.1.) Proč jsou popisky této matice v angličtině? Budí to dojem, že matice záměn je převzata z nějakého anglického textu. Navíc je tato matice shodná s maticí v teoretické části práce (kapitola 5.2). Vysvětlete.
- Na str. 58 v kapitole 12 nerozumím následujícímu textu: „Např. subjekt číslo pět vykazuje enormní odezvu na alfa vlny a tím dokonce zhoršil viditelnost odezvy na frekvenci 15Hz ...“. Vysvětlete.

Práce s literaturou

Student ve své práci cituje 57 zdrojů (knihy, on-line manuály, články). Literaturu považuji za vhodně zvolenou vzhledem k tématu práce.

Splnění zadání

Student splnil zadání v plném rozsahu.

Dotazy k práci

1. Jaká je architektura konvoluční neuronové sítě (uvedte obrázek s popisem vrstev)?
2. Souvisí spolu nějak volba stimulačních frekvencí, vzorkovací frekvence a počet vzorků, ze kterých se určuje PSD? Pokud ano, uveďte, jak spolu tyto parametry souvisí a na co potřeba dát pozor.

Vzhledem k uvedeným připomínkám navrhuji hodnocení známkou **dobře** a práci doporučuji k obhajobě.

V Plzni 17. 8. 2020

Ing. Pavel Mautner, Ph.D.