

**Posudek oponenta diplomové práce**

Autor diplomové práce pan Martin Fornbaum měl za úkol podle zadání navrhnout jednoduchý BCI systém určený pro ovládání robotnického vozítka, který bude pracovat na principu evokovaného potenciálu SSVEP. Úkolem je, části BCI systému, které se týkají zpracování ustálených vizuálních evokovaných potenciálů, implementovat, navrhnout klasifikátor a funkčnost systému testovat. Předložená DP je rozdělena do tří tematických částí, které obecně korespondují se zadáním diplomové práce.

V první tematické části práce, kapitoly 2 až 5, autor podrobně popisuje v rozsahu cca 30 stran textu vývoj a typy EEG, používané elektrody, snímání signálu EEG, rozdělení mozkových vln, evokované potenciály, spec. ustálené vizuální potenciály (SSVEP), zpracování EEG signálů včetně formulace Fourierovy transformace a způsoby klasifikace dat. K této části práce mám následující připomínky a dotazy:

- v předloženém vázaném výtisku diplomové práce chybí stránky 1 až 4, tj. Úvod a část kapitoly 2, *Elektroencefalografie*; úplný text lze ale nalézt v elektronické příloze, viz soubor „diplomka.pdf“;
- kapitola 1, *Úvod*, je psána velmi obecně a formulaci cílů práce je věnována jen malá část; proto doporučuji v rámci obhajoby jasně vymezit cíl, kterého mělo být v DP dosaženo;
- na str. 5 až 8 jsou popisovány mozkové vlny a artefakty; jak souvisí výskyt jednotlivých typů mozkových vln a artefaktů s rozložením elektrod 10-20, viz obr. 2.3 a obr. 2.9 (biologické artefakty)?
- to dále souvisí se vztahem (4.3), str. 20, a nastavením vah  $a_k$ ; podle jakého kritéria jsou váhy  $a_k$  nastavovány? podobně, viz kapitola 6.4.2;
- požadované stimulační frekvence pro SSVEP uvádí autor v rozsahu 5 Hz až 75 Hz; na jakých frekvencích pracuje v implementovaném scénáři? jsou to frekvence 6 Hz a 15 Hz podle obr. 6.5, str. 37 a textu str. 55?
- kap. 3.2.1, *Stimulace zrakové dráhy*; stimulace full-field a stimulační plocha  $>8^\circ$ , viz obr. 3.3; vysvětlíte význam úhlu  $8^\circ$ ;
- vztah (3.1), str. 12, v jakých jednotkách jsou hodnoty luminance  $L_{max}$  a  $L_{min}$ ?

Druhá část práce, kapitola 6, shrnuje návrh a implementaci BCI, obsahuje popis modulů pro načítání EEG dat a jejich zpracování, modul pro klasifikaci s implementací příznakového klasifikátoru a modul výběru vhodné stimulační frekvence. Připomínky a dotazy k této části lze shrnout do následujících bodů:

- v kapitolách 6.1 a 6.2 je popisován celkový koncept BCI, viz obr. 6.1 a 6.2; proti tomu jsou v kapitolách 6.2.2 a 6.2.3 popisovány požadavky na scénář a implementaci scénáře; do jaké míry se implementace scénáře přiblížila konceptu BCI? v textu je často používán podmiňovací způsob a není tak zcela jasná finální podoba BCI, která byla v rámci řešení DP použita;
- v souvislosti s řešením BCI se nabízí otázka, zda je možné nahradit vizuální stimulaci, která využívá pro generování podnětů obrazovku, diodovým polem, které bude umístěno vpravo a vlevo od obrazovky? obrazovka by pak zobrazovala jen snímanou scénou; existuje takové řešení?
- pokud byla použita optická zpětná vazba z webkamery (nebo její simulace), jakým způsobem, a je-li to v principu možné, ovlivní měnění se scéna odezvu měřenou SSVEP a proč?
- v kapitole 6.5 je popisován modul pro klasifikaci; autor se zde v některých případech uchyluje jen ke stručnému popisu použitých tříd; např. u popisu příznakového vektoru, str. 48, bych předpokládal podrobnější popis významu Fourierových koeficientů v kontextu SSVEP; pro kolik koeficientů je příznakový vektor definován, viz text: „...celý výstup Fourierovy transformace ...“?
- co je chápáno pod pojmem: „... druhé mocniny Fourierových koeficientů ...“, str. 47?
- co znamená formulace: „Nejspolehlivější způsob je použít jako příznaky frekvence, kterými se stimuluje. Jelikož může docházet k nepřesnostem, je vhodné ještě započítávat i koeficienty okolo s nižší vahou.“, str. 48; kolik je „okolo“?
- kapitola 6.8.1, odst. *Statistiky úspěšnosti klasifikace*, str. 56; popis stylem: „Statistiky počítá jedna z tříd ...“, nepovažuji za dostatečný.

Třetí část práce, kapitola 7, se pak zabývá ověřováním funkčnosti jednotlivých modulů. Jedná se o problém načítání EEG dat a jejich zpracování, výpočty koeficientů Fourierovou transformací typu FFT a DFT a testování algoritmů klasifikace, včetně testu klasifikace na reálných datech, která byla získána dřívějšími experimenty. Tuto kapitolu považuji za informačně nejobsáhlejší. Pomocí jejího obsahu lze částečně vyjasnit nepřesnosti a některé chybějící údaje v předcházejících kapitolách. I zde však např. postrádám popis jednotlivých datových sad (Trénovací data, Data1, Data2, Data3), viz str. 68 a 69.

Celkově diplomovou práci hodnotím následovně.

Diplomant řešil poměrně rozsáhlou a složitou úlohu, kdy musel část úkolu nahrazovat simulací, aby ověřil vhodnost zvoleného přístupu pro splnění cíle řízení robotnického vozítka. Navíc má tato úloha řadu variant a vyžaduje sestavení vhodných experimentů a jim odpovídajících stimulačních scénářů.

Diplomová práce je zpracována po formální i gramatické stránce na dobré úrovni a obsahuje všechny náležitosti včetně odkazů na použité zdroje. Součástí práce je funkční aplikace, která je na CD-ROM jako elektronická příloha. Jistou slabinu vidím v informačním obsahu některých částí textu, kdy je text velmi obecný a popisný. Postrádám také exaktní formulace matematickými zápisy. Místo toho autor opět volí popisnou formu.

Konstatuji, že diplomant zadání splnil, práci považuji celkově za zdařilou a doporučuji ji k obhajobě. Vzhledem k výše uvedeným nedostatkům v textu navrhuji klasifikaci známkou

„ **velmi dobře** “.

V Plzni 28. 5. 2012



Pavel Nový

Katedra informatiky a výpočetní techniky  
FAV – ZČU Plzeň  
tlf.: +420 377 632 411  
e-mail: [novy@kiv.zcu.cz](mailto:novy@kiv.zcu.cz)