

Posudek oponenta diplomové práce

Autor práce: **Tomáš Prokop**

Název práce: **Metody vyhodnocování elektrofyziologických experimentů**

Obsah práce:

Po stručném úvodu do EEG/ERP problematiky se autor zabývá vybranými metodami pro zpracování elektrofyziologických experimentů. Ze zmíněných metod si k úpravám vybírá metodu Hilbert-Huangovy transformace a navazuje tak na disertační práci Ing. Jindřicha Ciniburka, Ph.D. Navrhuje dvě dodatečné podmínky pro zlepšení výsledků EMD algoritmu a dva klasifikátory pro zvýšení úspěšnosti detekce ERP komponent. Navrhované dodatečné podmínky i klasifikátory testuje na datech použitých ve zmíněné disertační práci a uvádí, že jejich aplikací došlo ke zlepšení schopnosti detekce ERP komponent. Práce popisuje, jak použít HHT jako knihovnu v jazyce Java a v prostředí MATLAB. Přiložené CD obsahuje elektronickou verzi diplomové práce, přeloženou verzi knihovny, zdrojové kódy a použitá data.

Rozsah práce

Práce má zhruba 48 stran textu (bez obsahu, literatury a příloh).


Kvalita řešení a dosažených výsledků:

V prvních dvou kapitolách se autor ve stručnosti věnuje problematice EEG a ERP. Zcela chybí popis procesu získávání EEG dat (rozmístění elektrod, vhodné vzorkovací frekvence, vysvětlení pojmu artefakt je nedostatečné). Zcela chybí popis ERP experimentu (nejsou definovány pojmy epocha, target, non-target). Naopak jednotlivé EEG rytmy a ERP komponenty jsou vzhledem k zaměření a rozsahu práce popsány dostatečně.

Následuje popis jednotlivých metod vyhodnocování elektrofyziologických experimentů, který vykazuje rozdílnou kvalitu. Z popisu PCA a ICA se nezdá, že by autor věděl, jak tyto metody fungují (např. odcitovaná věta u PCA „Její výhodou je malá ztráta informace při kompresi, pokud jsme již našli vzory například redukcí dimenzí“ nijak nesoúvisí s tématem práce). Způsob použití PCA a ICA v EEG/ERP doméně chybí. Popis WT i MP je dostatečně srozumitelný a obsahuje jejich využití v EEG/ERP doméně. Popis HHT je pro odborníka s ní seznámeného dostatečný. Neseznámení budou postrádat vysvětlení pojmů overshoot, undershoot a oscilační mód. Způsob využití HHT v EEG/ERP není v této kapitole popsán. Kapitola sice obsahuje podkapitulu 5.4 s názvem „Aplikace HHT na zpracování EEG“, ta ale popisuje aplikaci HHT na obecný signál (dokonce se zkratky EEG a ERP v této kapitole už dále nevyškytují).

V samostatné kapitole (6) je stručně popsáno vylepšení HHT, které v rámci své disertační práce provedl Ing. Jindřich Ciniburk, Ph.D. Na tuto kapitolu už autor navazuje návrhy vlastních vylepšení HHT, konkrétně EMD algoritmu. Uvádí dvě dodatečné zastavovací podmínky, které nazývá „Průměrná vzdálenost průměrné křivky od nuly“ a „Průměrná hodnota průměrné křivky“. Autor používá v této kapitole obtížně srozumitelné formulace, které znesnadňují pochopení textu. Např. pasáž „Pokud má být střední hodnota obálek nulová v každém bodě, měl by být i průměrná hodnota průměrné křivky obálek rovna nule. Samozřejmě kvůli různým nepřesnostem nemusí být průměr přesně roven nule, ale měl by se nule blížit. Pokud je hodnota průměru menší než zadaný práh, je podmínka splněna.“ by

**SOUHLASÍ
S ORIGINÁLEM**



se dala elegantně nahradit několika málo rovnicemi, což by srozumitelnosti velmi prospělo. Obrázky (18, 19, 20) v této kapitole mají demonstrovat zlepšení funkce EMD algoritmu při použití dodatečných podmínek. Bohužel, v textu není vysvětleno, na co by se měl čtenář v obrázcích zaměřit. Chybí také jednotky jak na ose definičního oboru, tak na ose funkčních hodnot. Pro porovnání s původním algoritmem je ale k dispozici přehledná tabulka.

Následuje kapitola (8) popisující implementaci HHT algoritmu, díky které se čtenář v příložených zdrojových kódech snadno zorientuje. Popis činnosti metod obsahuje nejednoznačná vyjádření: „...atributy signálu jsou většinou zapsány do souboru...“ a „Výsledky se většinou ukládají do HTML souborů.“

Další kapitola (9) je věnována klasifikaci ERP komponent. Autor na začátku popisuje nejúspěšnější klasifikátor použitý ve zmíněné disertační práci. Prostor pro zlepšení vidí správně ve dvou případech:

- Rozšíření části epochy, ve které se ERP komponenta hledá, o okolí, ve kterém se ještě komponenta může vyskytovat. K zabránění false-positive klasifikace slouží specifická ohodnocovací funkce. Výsledkem je váhový klasifikátor.
- Prohledávání části epochy, ve které se ERP komponenta hledá, po částech užitím okna, které se po signálu posouvá s definovaným přesahem. Výsledkem je okénkový klasifikátor.

Popis klasifikátorů bohužel opět obsahuje nepřesnosti, nejednoznačnosti, popř. neuvádí některá fakta, která jsou důležitá při implementaci. Např.:

- „Někdy by mohlo být výhodnější přidělovat hodnotám amplitud nebo frekvencí v toleranci více (popřípadě méně) bodů než u předchozí funkce.“
- „Ohodnocení amplitudy probíhá obdobně“
- V rovnicích 9.2 a 9.3 je užitá nevysvětlená proměnná "k"
- "Hodnota tolerance d je větší nebo rovna a je z intervalu $(c, c+1)$. Vyšší hodnoty tolerance nemá smysl uvažovat, protože pak bychom chybně detekovali velké množství ERP komponent." Vzhledem k absenci jednotky proměnné "d" postrádá tvrzení jakoukoliv hodnotu. Vezmu-li i tak v potaz, že tvrzení je platné, pak nechápu, proč pro "a" neplatí, že spadá do intervalu $(b-1, b)$ v případě, že $b-1 > 0$, jinak $< 0, b >$.

V poslední kapitole (11) autor testuje jím navržené dodatečné zastavovací podmínky a oba klasifikátory. Jako referenční zastavovací podmínka slouží Cauchyho test konvergence. Jako referenční klasifikátor slouží FreqAmplTreshold klasifikátor ze zmíněné disertační práce (používaný se třemi nejlépe fungujícími nastaveními). Při testování se autor dopouští dvou chyb:

1. Nerozděluje data na trénovací a testovací množinu.
2. Nerozlišuje mezi false-positive a false-negative klasifikací.

U testování dodatečných zastavovacích podmínek je uváděno, u kolika klasifikátorů se výsledky klasifikace zlepšily či zhoršily. Chybí ale informace, které klasifikátory to konkrétně byly, resp. jsou použity formulace jako „nejlepší klasifikátory“ a „méně úspěšné klasifikátory“ bez dalšího určení. Následuje test klasifikátorů bez použití dodatečných zastavovacích podmínek a nakonec test klasifikátorů s použitím dodatečných podmínek. Výsledky jsou organizovány do přehledných tabulek a výstižně shrnuty v kapitole 11.4. Vzhledem ke dvěma zmíněným chybám nejsem schopen výsledky potvrdit, ale ani rozporovat. Tato kapitola obsahuje následující ničím nepodložená tvrzení:

**SOUHLASÍ
S ORIGINÁLEM**



- "Největší vliv na úspěšnost klasifikace váhového klasifikátoru má volba prahu a tolerance amplitudy. I mírná změna vede k rapidnímu zlepšení nebo zhoršení klasifikace. Naopak mírná změna mezí a tolerancí frekvence neměla na klasifikaci téměř žádný vliv."
- "Stejně jako u váhového klasifikátoru se i u okénkového výrazně neprojevuje na úspěšnosti klasifikace změna mezí frekvence."

V kapitole 11.5 uvádí autor oblasti, na které by se měli zaměřit ti, kteří budou na jeho práci, popř. disertační práci, ze které vychází, navazovat.

Kvalita vlastní implementace je na velmi dobré úrovni. Nově vytvořené třídy (klasifikátory, dodatečné zastavovací podmínky) jsou správně včleněny do hierarchie balíčků. Zdrojový kód je dobře strukturovaný, je dostatečně zdokumentovaný a neobjevil jsem v něm žádnou logickou chybu.

Logická struktura

Práce je do jednotlivých kapitol a podkapitol dobře členěna s následujícími výjimkami:

- Kapitoly 5 a 6 by měly být podkapitoly kapitoly 4.
- Podkapitola 5.1 popisuje, co je to nestacionární signál. Toto by mělo být vysvětleno už v kapitole 2.
- Název kapitoly "4.4.3. Krátkodobá analýza signálu" je nicneříkající
- Kapitola 8 by měla mít v názvu, čeho je popisem implementace. Popř. by mohla být poslední podkapitolou kapitoly 6.

Formální úroveň

Po typografické stránce neshledávám nic, co by stálo za to práci vytknout. Stylisticky je práce slabší. Chyby, nejasnosti a nepřesnosti přesahují rámec, který je u takto rozsáhlé práce běžný. Chybí seznam použitých zkratk. Nicméně zkratky jsou nejdříve definovány a až poté použity (s výjimkou zkratky SSVEP), takže při postupném čtení práce to není problém. Práce trpí drobnými nedostatky:

- Některé názvy metod jsou přeložené do češtiny, jiné nikoliv. Např. LDA jako lineární diskriminační analýza vs. Waveletová transformace (místo vlnková transformace).
- Obrázek 9 je znehodnocen vloženým rámcem s nesmyslnou hodnotou
- A dále drobnosti jako chybějící mezera mezi číselnou hodnotou a její jednotkou, a osamocené spojky na konci řádky.

Práce s literaturou

Práce se opírá o dostatečné množství respektovaných zahraničních publikací. Většina metod pro vyhodnocování elektrofyziologických experimentů je citována z předchozích prací vytvořených členy skupiny pro výzkum EEG/ERP na KIV/FAV/ZČU. Citovány jsou vždy původní zdroje. Na způsobu zpracování seznamu použité literatury neshledávám žádných nedostatků.

Kvalita překladu z anglického textu je slabší, např.: „baseline“ je přeloženo jako „základ“, "some well-known wavelet functions" je přeloženo jako "základní wavelety" (a v popisu obrázku jako "často používané wavelety), „set“ je přeloženo jako „řada“, na jiném místě zase není přeloženo vůbec, "The total sum of atoms selected successively in algorithm iterations is an approximation of the original signal" je přeloženo jako "Celkový součet atomů úspěšně vybraných v iteracích algoritmu je aproximací původního signálu.", atd.

**SOUHLASÍ
S ORIGINÁLEM**

Phi

Některé citace nejsou oprostěny od původního kontextu a tím pádem jsou matoucí. Např. kapitola 4.6.4: "Základní myšlenkou modifikovaného MP algoritmu není zakládat detekci ERP komponenty na klasifikaci vektoru příznaků." Před touto větou ani po ní není žádná detekce využívající MP algoritmus založená na klasifikaci vektoru příznaků v práci popsána.

Splnění zadání

Splněno bez výhrad.

Závěrečné shrnutí

Autor vypracovával svou diplomovou práci v netriviální doméně zpracování EEG/ERP signálu, jejímuž popisu na začátku práce věnuje méně prostoru, než je potřeba. Stejně tak popis principu fungování PCA a ICA není dostatečný a způsob jejich užití v EEG/ERP doméně není zmíněn vůbec. U metod LDA, WT, MP a HHT (s výjimkou aplikace HHT v EEG/ERP doméně) je popis dostatečný, i když některé termíny jsou použity bez vysvětlení. Autor principu fungování metody HHT, kterou si vybral pro další úpravy (navazuje jimi na disertační práci Ing. Jindřicha Ciniburka, Ph.D.), evidentně rozumí.

Nejprve navrhuje použití dodatečných zastavovacích podmínek v EMD algoritmu při výběru IMF funkce. Ukazuje, že s těmito IMF funkcemi dosahují klasifikátory ze zmíněné disertační práce lepších výsledků. Následně navrhuje úpravy neúspěšnějšího klasifikátoru ze zmíněné disertační práce. Výsledkem jsou „Váhový klasifikátor“ a „Okénkový klasifikátor“. Ukazuje, že tyto klasifikátory dosahují v porovnání s klasifikátory použitými ve zmíněné disertační práci lepších výsledků. Nakonec autor ukazuje, že nejlepší výsledky při klasifikaci dosáhne užitím nových klasifikátorů a IMF funkcí získaných užitím dodatečných zastavovacích podmínek.

Vzhledem k absenci rozdělení dat na trénovací a testovací množinu a faktu, že autor nerozlišuje mezi false-positive a false-negative klasifikací, nejsem schopen jeho výsledky potvrdit, ani rozporovat.

Dotazy k obhajobě

1. V kapitole 9.3.1 uvádíte nový spouštěč klasifikátorů (ORClassifierRunner), o kterém tvrdíte, že "v podstatě tento spouštěč klasifikátorů funguje také jako klasifikátor". To není pravda. Klasifikátoru ORClassifierRunner totiž poskytnete informaci, kterou nemáte k dispozici, pokud použijete tento klasifikátor v reálné aplikaci. Vysvětlete, která informace to je a proč ji nemůžete mít k dispozici.
2. Z obrázku 23 je zřejmé, že funkce ohodnocení amplitudy přiřadí maximální ohodnocení pro libovolnou amplitudu z intervalu $\langle b, \infty \rangle$. Vysvětlete, proč není interval maximálního ohodnocení omezen shora, resp. čím zajišťujete, že se artefaktům nedostane maximálního ohodnocení, což může mít za následek falešnou pozitivní detekci ERP vlny.
3. Z obrázku 22 je zřejmá rozdílná velikost intervalů $\langle a, b \rangle$ a $\langle c, d \rangle$. Vysvětlete, proč je velikost intervalu $\langle a, b \rangle$ rozdílná od velikosti intervalu $\langle c, d \rangle$.

Navrhuji hodnocení známkou **dobře** a práci doporučuji k obhajobě.

V Plzni 4. 6. 2012

Ing. Tomáš Řondík

**SOUHLASÍ
S ORIGINÁLEM**

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
katedra informatiky a výpočetní techniky