Oponentský posudek na disertační práci:

Ing. Jindřich Ciniburk

Hilbert-Huang Transform for ERP detection

(Hilbert - Huangova transformace pro detekci evokovaných potenciálů)

Oponentní posudek je vypracován dle pokynů v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. a čl. 52 odst. 8 Studijního a zkušebního řádu ZČU.

Cílem disertační práce byl návrh algoritmů a programového vybavení, umožňující určit amplitudu a latenci jednotlivých komponent EEG signálů v případě ERP (evokovaných potenciálů). Po úvodních kapitolách, kde autor popisuje EEG signály a ERP pokračuje detekčními technikami a pak popisem časově-frekvenčních metod pro detekci ERP. Těžištěm práce je pak Hilbert-Huangova transformace (HHT), která je pro zpracování signálů použita.

- Zhodnocení významu disertace pro obor

Pokud jde o význam disertace pro obor, je nutno uvést, že autor prezentoval v práci nové vlastní metody (modifikaci HHT) v oblasti vytváření obálek signálu, které při testech dosahují obvykle lepší výsledky než původní algoritmy. Výsledkem jsou nové, původní, autorem vyvinuté algoritmy, které lze použít pro vyhodnocení určitých typů signálů (tedy nejen ERP).

- Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Autor v práci nejdříve rozebírá různé přístupy k řešení problému a na základě výsledků při zpracování signálu pak zvolil jednu z nejnovějších transformací, tj. HHT. U původní HHT však došel při testech k závěru, že v určitých případech může dojít k problémům při vytváření obálky signálu. Proto navrhl modifikace, které opět testoval a úspěšně použil.

- Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu autora

Pokud jde o význam disertační práce, je nutno uvést, že autor prezentuje v práci nové vlastní algoritmy, které při testech dosahují lepší výsledky než dosud známé metody. Je nutno také vyzdvihnout, že autor provedl praktické testy na reálných signálech, které potvrdily teoretické předpoklady. Disertace zcela splňuje zadaný cíl a přináší nové poznatky které mohou být použity v praxi.

- Případné další vyjádření k systematičnosti, přehlednosti formální úpravě atd.

K práci mám několik drobných dotazů:
Na str. 5, 4 ř. zdola je chybný letopočet „...established in 195.“. Str. 6, 1.ř. shora „...too weak (μV) to activate the differential amplifier.“ Dle mého názoru existují již velmi kvalitní přístrojové operační zesilovače, které tato napětí spolehlivě zesílí. V podkapitole 8.1.1 (str. 44), by měl být zmíněn obr. 8.3.
Měl by signál vstupující do HHT mít nulovou střední hodnotu ? Jak se projeví filtrace signálu před vstupem do HHT oproti zpracování nefiltrovaného signálu ?

Závěrem k tomuto bodu však je nutno poznamenat, že práce je výborně zpracována po systematické, formální i grafické stránce a také je třeba ocenit to, že je psána v angličtině.

- Vyjádření k publikacím studenta

Autor má dosud 11 významných publikací, přičemž u 5 je samostatným autorem a u zbylých publikoval se spoluautory. Práce se týkající problematiky ERP.

Disertační práce p. Ing. Jindřicha Ciniburka zcela splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce a obsahuje původní autorem publikované a ověřené výsledky.

Podle zákona č. 111-1998 Sb. 47 **doporučuji** disertační práci k obhajobě.

V Plzni dne 12.1.2012

Prof. Ing. Milan Stork, CSc.
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací
Západočeská univerzita v Plzni

+Oponentský posudek disertační práce Ing. Jindřicha Ciniburka

„Hilbert-Huangova transformace pro detekci evokovaných potenciálů"

Původně jsem měl velký zájem o přečtení práce Ing. Jindřicha Ciniburka „Hilbert-Huangova transformace pro detekci evokovaných potenciálů". Byl jsem však zaražen odvážným tvrzením v úvodu disertační práce na straně 1, kde autor tvrdí, že není patrný vývoj v klinické elektroencefalografii za posledních 75 let. To přirozeně není pravda. Jen databáze IEEE explore poskytuje na dotaz Event-related potentials 605 záznamů. Právě z tohoto důvodu si dovoluji tvrdit, že rešerše pro práci na téma analýza evokovaných potenciálů měla vycházet ze základní literatury typu "Gyorgy Buszaki: Rythms of the Brain, Oxford University Press 2006," a případně ji citovat v kapitole 3.3, která sama nese název Brain Rythms.

Úvodní kapitoly 3. – 6. práce jsou věnovány vlastnostem EEG a charakteristikám poruch a artefaktů při detekci signálů EEG a jsou zde porovnány metody analýzy nestacionárních signálů typu EEG z pohledu časově-kmitočtového rozlišení. Autor se zde dále zabývá metodami detekce evokovaných potenciálů z pohledu vlnkové transformace a metody matching pursuit (MP), která patří do skupiny metod adaptivního zpracování signálů.

V 7. kapitole autor uvádí Hilbert-Huangovou transformací jako vhodný nástroj pro detekci evokovaných potenciálů a analýzu EEG signálů. Zde je také uvedena tabulka, převzatá ze základní Huangovy práce "The empirical mode decomposition and the hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis" citována jako [10]. K této tabulce mám obecnou poznámku, která podle mě uvádí srovnání některých známých transformací na pravou míru

transforms	Short Time Fourier	Discrete Wavelet	Hilbert-Huang
frequency resolution	excellent	pure	good
time resolution	moderate	excellent	excellent
reversibility	very good	generally ill-defined	none

Vlastní práce doktoranda je obsažena v kapitolách 8. a 9., ve kterých se zabýval podstatným zlepšením Hilbert-Huangovy transformace při aproximaci obálkových křivek k signálům typu EEG. Uvádí zde upravenou metodou zrcadlení a metodu delta-diferencí, které umožňují zanedbat artefakty, ignorovat malé fluktuace v signálu a určit obálku EEG signálu víceméně přesně. V následující 10. kapitole přestavuje implementaci Hilbert-Huangovy transformace v jazyce Java a v kapitole 11. jsou uvedeny výsledky a hodnocení numerických experimentů.

Měl jsem v úmyslu vyzkoušet autorovu implementaci HHT. Neúspěšně, neboť ve výtisku disertační práce, který jsem obdržel, se CD ROM nenacházel. Komentáře k výsledkům vyznívají slibně a samotné výsledky lze hodnotit jako velmi dobré.

Dále oceňuji, že autor publikoval podstatnou část základní myšlenky disertační práce v příspěvku

J. CINIBURK: EMD overshoot efect in ERP detection: ERP detection related specifics of the empirical mode decomposition in EEG analysis, ICEIS(5), 5 HCI, pp. 238-241, SciTePress, 2010.

Event related potentials (ERPs) are detected from continuous EEG. Most common method for ERPs detection is averaging. But this method is not suitable for single trial detection, because it requires lot of epochs. When we are performing attention experiments, it is required to detect ERPs ideally from single epoch. To detect ERP means determine its amplitude and latency. EEG signal is quasi-stationary therefore it is necessary to use signal processing methods designed for this task. We decided to use Hilbert-Huang transform. Its capabilities and problematic for ERP detection are discussed in the paper.

V práci jsem nalezl některá nepřesvědčivá tvrzení, neúplné věty, či zjednodušené závěry, z nichž uvádím následující.

a) V odborném textu nelze libovolně směšovat termíny jako „stored on optical discs, flash cards, hard discs and *in databases*" – na straně 4.
b) Odstranit vliv rušení sítě pomocí Faradayovy klece je trochu nadnesené, neboť síťový kmitočet je díky síťovým přívodům měřících přístrojů přítomen i uvnitř laboratoře.
c) Věta „If the statistics were nearly equal in the whole signal, the signal would be deemed as stationary" - na straně 10, je odborně málo vypovídající.
d) Věta na straně 17 „Is classic odd-ball paradigm." je neúplná.
e) Dále nemohu souhlasit tvrzením, že pro časově- kmitočtové reprezentace signálů jsou vhodné vlnkové transformace, DWT, CWT, krátkodobá Fourierova transformace STFT, Hilbertova transformace (HHT) – na straně 19. Například vlnkové transformace obecně neposkytují relevantní informaci o spektrálních vlastnostech signálu, a také proto se jejich reprezentace nazývá správně „Wavelet Scalogram" – viz obrázek 6.3.
f) Podobně tvrzení „ The WT has good ability of time and frequency localization..."– na straně 24, svědčí spíše o nepochopení správné role vlnkové transformace. Vlnková transformace je banka filtrů, v které je signál v každém pásmu decimován, a proto vlnková transformace neobsahuje informaci o spektrech signálů.

Uvádím také specifickou otázku. Jaké typy úzkopásmových zádrží (notch-filter) se obvykle používají - viz obrázek 5.2 ?

Na závěr konstatuji, že doktorand přes všechny uvedené výhrady, splnil zadání disertační práce a doporučuji, aby v souladu se zněním odpovídajících předpisů zákona č. 111/98 Sb. a Studijního a zkušebního řádu ZČU svoji práci obhájil.

V Praze dne 26. dubna 2012

prof. Miroslav Vlček