

Posudek oponenta diplomové práce

Autor práce: Ester Kotěšovcová

Název práce: **Odhad standardního průběhu signálu odpovědi vestibulárního nervu**

Obsah práce

Práce se zabývá stanovením reprezentativního signálu z množiny signálů opakujícího se vyšetření metodou vHIT. Celkem bylo navrženo a implementováno 9 metod, z toho 7 v časové doméně a 2 ve frekvenční. Nad rámec práce studentka navrhla a realizovala jednoduchý klasifikátor reprezentativního signálu do jedné ze dvou tříd, a to na základě frekvenční analýzy.

Kvalita řešení a dosažených výsledků

Základní problém spatřuji v tom, že studentka zřejmě není dostatečně obeznámena s motivací pro potřebnost odhadu standardního průběhu signálu odpovědi vestibulárního nervu. Důsledkem toho je, že není jasně definováno, jakých konkrétních cílů se práce snaží dosáhnout, a tudíž není možné ani posoudit, zda těchto cílů bylo dosaženo či nikoliv. V práci se nachází pouze jeden vágní cíl, a to „provést z naměřeného souboru signálů jednoho vyšetření odhad standardního signálu, který může být dále použit pro podporu rozhodování o typu poruchy vestibulárního ústrojí“ (viz str. 10). Co je to standardní signál není definováno. Pouze z kontextu se čtenář může domnívat, že se jedná o signál, který je pro daného pacienta nějak reprezentativní. Jak? Důsledkem toho je, že přes velké množství odvedené práce není zřejmé, zda vůbec nějaké z navržených metod je v praxi použitelná. Bohužel diskuse použitelnosti pro podporu rozhodování v práci zcela chybí. V kapitole 3 je vysvětleno, že práce se zabývá zpracováním signálů naměřených zařízením ICS Impulse používaným ve FN Motol, přičemž z textu je patrné, že k zařízení dodávaný software má bohatou funkcionalitu pro podporu rozhodování. Není popsáno, jaké je limitace tohoto software vedoucí k potřebě vývoje nového experimentálního software pro zlepšení podpory rozhodování. Existují konkurenční software, který požadovanou úroveň podpory rozhodování podporuje? Pokud ano, na jakém principu pracuje? Z textu práce není zřejmé, zda tato analýza byla učiněna, či zda se studentka rovnou vrhla na návrh nejrůznějších metod.

Všechny navržené metody předpokládají, že i -tý vzorek signálu koresponduje i -tému vzorku signálu opakovaného měření. Vzhledem k tomu, že pohyb hlavy je dán pohybem operátora, je průběh signál do značné míry ovlivněn lidským faktorem. Z popisu v kapitole 3.3.1 se zdá, že zařízení samo se o jisté zarovnávání signálů pokouší, nicméně schází podrobnosti (odhadují, že ani výrobce je neuvádí), které by umožnily jednoznačnou odpověď, zda je výše uvedený předpoklad garantován. Z tohoto důvodu bych považoval za vhodné problém diskutovat a minimálně na teoretické bázi navrhnout přístup pro nalezení korespondence v případě, že by předpoklad splněn nebyl. Nabízejí se např. techniky postavené na Dynamic Time Warping.

Navržené metody pro odhad standardního signálu jsou rozumné, vzhledem k zamýšlené úloze, přesto k nim mám několik málo připomínek. V případě metody „Minimální odchylka hodnot od průměru“ by mohlo být uvedeno, že se jedná o standardní MAE (mean absolute error) a analogicky „Minimální vzdálenost hodnot vzorků od průměru“ je de facto MSE (mean square error) – rozdíl oproti MSE je pouze v použití druhé odmocniny, ale vzhledem k monotónnosti této funkce, její použití vede k naprosto stejným výsledkům jako MSE. V případě metody „Skóre vzorků v pásnu σ , 2σ , 3σ “ se musím ptát, zda bylo testováno, zda i -té hodnoty skutečně mají charakteristiku normálního rozdělení? Při pohledu na průběhy signálů na obr. 4.1 se domnívám, že se spíše může jednat o Studentovo rozdělení (a jeho speciální případ Cauchyho rozdělení). Konkrétní rozdělení nemá sice vliv na validitu metody, ale může mít dopad na interpretaci výsledků. Konečně metoda může vést k tomu, že více signálů bude mít stejné skóre odlišnosti. Jaký signál se v takovém případě vybere jako reprezentativní? Metoda „Skóre četnosti amplitudového spektra“ je nejsložitější navrženou metodou pro výběr reprezentativního signálu. Zde postrádám logické vysvětlení významu jednotlivých částí. Jaký signál metoda upřednostní? Proč zrovna byl volen krok 0.05?

Metody byly implementovány v C#. Kód je vhodně strukturován do tříd a jednotlivých metod a přiměřeně komentován. Jediné, co bych studentce vytknul je tvrdé zadrátování počtu klasifikačních tříd a jejich reprezentativních průběhů. Zde by bývalo bylo vhodnější umožnit uživateli konfiguraci. Připouštím však, že třída Classification jde nad rámec zadání a zřejmě byla realizována na samý závěr práce, kdy bylo potřeba vše rychle vyzkoušet a nesnažit se o obecnost. Je škoda, že výsledky onoho vyzkoušení nejsou v textu práce blíže diskutovány a není mi tedy zřejmé, zda se navržený přístup ke klasifikaci v praxi osvědčil či nikoliv, tj. jaká je úspěšnost klasifikace?

Aplikace veškerá data z vyšetření uchovává v databázi. Rozumím, že snahou bylo vytvořit databázi tak, aby reflektovala 1:1 údaje z importovaných XML souborů, nicméně s ohledem na zvolenou relační databázi nepovažuji tento přístup za šťastný. Studentka se vůbec nezabývala vhodností datových typů. Všechny atributy jsou volené jako řetězec, ačkoliv pro řadu z nich by byl vhodnější datový typ Datum a čas (např. StartDateTime, EndDateTime) nebo Boolean (např. IsDirectionLeft, IsDeleted, IsHit). Rovněž zajištění integrity dat je ohroženo, neboť v tabulce HITest se nachází číselné údaje o počtu příslušných záznamů v tabulce HImpulse. Co se stane v případě, že se záznam odstraní? Bude hodnota automaticky aktualizována? V tabulce HITest se nachází dále v attributech ListSeparator a DecimalSeparator znaky používané pro oddělování jednotlivých hodnot vzorků (viz HeadVelocitySamples a EyeVelocitySamples v tabulce HImpulse), které by bývalo vhodnější vůbec do databáze nedávat a namísto toho převést vzorky do přirozenější podoby, např. binární pole double hodnot (Objekt OLE) či další relační tabulka vzorků. Tak či onak výsledná aplikace zřejmě hodnot těchto atributů nevyužívá pro načtení dat, neboť na počítačích s tečkou jako oddělovačem desetinných míst spadne na neošetřenou výjimku.

Vytvořené softwarové vybavení je nicméně jinak funkční. Ovládání by mohlo být více intuitivní. Pomohly by např. tooltipy k jednotlivým prvkům GUI. Naštěstí studentka vypracovala uživatelskou dokumentaci, která přehledně uživateli vysvětlí instalaci aplikace i její použití. Co se týče instalace, tak drobnou výtku bych měl k tomu, že se instalátor se hlásí jako instalátor aplikace SetUp. Používání aplikace není, alespoň z mého pohledu, uživatelsky příliš přívětivé. Vzhledem k tomu, že stanovení standardního průběhu probíhá v interaktivní čase, považuji nutnost změnu volby metody, signálu apod. potvrdit za zbytečné. Domnívám se rovněž, že výběr pacienta dle ID z jednoduchého pole se seznamem není příliš vhodný. Ačkoliv pole se seznamem umožňuje zadání ID pacienta z klávesnice, aplikace tento způsob volby pacienta nepodporuje a uživatel je tak odkázán na výběr ze seznamu. Jakmile v databázi budou stovky pacientů bude tento přístup zcela nevhodný. Vhodnější by bylo poskytnout uživateli možnost sofistikovanější volby, včetně např. možnosti filtrace dle datumu vyšetření. Za nedostatek považuji, že aplikace není responsivní, tj. i v případě maximalizace aplikace na plnou obrazovku zůstává velikost grafických výstupů nezměněná. Na obrazovkách s malou velikostí ale vysokým rozlišením tak grafy jsou hůře čitelné. Postrádám možnost přiblížení / oddálení a posunu. Užitečné by bylo rovněž přidání možnosti exportu grafu do vektorového obrázku (např. SVG).

Nicméně samotná vizualizace prostřednictvím grafů je provedena korektně a lze ji považovat za zdařilou. Výjimkou je vizualizace hodnot amplitudového spektra. Tato vizualizace nemá příliš vysokou informační hodnotu. Vhodnější by bylo jednotlivé sloupce seřadit sestupně, čímž čtenáři poskytnete navíc informaci o rozptylu, nebo ještě lépe použít nějaký graf pracující s neurčitostí, např. Tukey box-plot, zřejmě v kombinaci s použitím logaritmického měřítka na ose y.

Formální úroveň

Text diplomové práce je psán v češtině s ojedinělými překlepy (např. vysokorychlostní na str. 21) a je vhodně strukturován celkem do 7 kapitol, které na sebe logicky navazují. Pouze podkapitoly 3.2.1–3.2.5, každou v rozsahu jednoho krátkého odstavce, by bývalo vhodnější sloučit do jedné kapitoly se stručným vypíchnutím toho, co je pro jednotlivé systémy odlišné, s tím, že by zde byl i stručně představen ICS impuls (na úrovni 1-2 vět) s odkazem, že detailně bude tento systém popsán v další kapitole (3.3).

Text je snadno srozumitelný dokonce i pro čtenáře, který není blíže obeznámen s lékařskou problematikou. Jedinou výjimkou je vzorec 4.3, ve kterém chybí vysvětlení symbolů P_s a P_n . Text je doprovázen obrázky napomáhající porozumění. Zde bych studentce vytknul, že se jedná o rastrové obrázky nižší kvality. To souvisí především s výše uvedenou připomínkou, že by bývalo vhodné umožnit export grafů do vektorového formátu.

Práce s literaturou

Práci s literaturou lze hodnotit za přiměřenou a odpovídající typu práce.

Splnění zadání

Zadání práce považuji za splněné, byť 4. bod zásad pro vypracování („dosažené výsledky zhodnoťte“) považuji za splněný spíše povrchně (viz rovněž první odstavec v zhodnocení kvality řešení a dosažených výsledků). Nedostatek je však alespoň částečně kompenzován nad rámec jdoucím návrhem a realizací jednoduchého klasifikátoru.

Dotazy k práci

Studentka by se měla v průběhu obhajoby vyjádřit k výše uvedeným výhradám ke kvalitě řešení, zejména pak k následujícím otázkám:

- *Jaký signál upřednostní metoda „Skóre četnosti amplitudového spektra“?*
- *Která z navržených metod je nejužitečnější pro podporu rozhodování ve FN Motol a proč?*
- *Byla testována úspěšnost klasifikace? Pokud ano, jak a s jakými výsledky?*

Závěrečné shrnutí

*Studentka odvedla velké množství rozumné práce prokazující její schopnost realizovat řešení na úrovni absolventa bakalářského studia, a proto **práci doporučuji k obhajobě**. S ohledem na výše uvedené kritické připomínky ke kvalitě řešení a výsledků práce ji navrhuji hodnotit známkou **velmi dobře**.*

V Plzni dne 24. 5. 2023

*Doc. Ing. Josef Kohout, PhD.
KIV-FAV-ZČU*