

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|----------------------------|---|
| Název práce: | Automatic artifact detection in micro-EEG signals |
| Jméno autora: | Bc. Tomáš Grubhoffer |
| Typ práce: | diplomová |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | katedra počítačů |
| Oponent práce: | Ing. Radek Janča, Ph.D. |
| Pracoviště oponenta práce: | Katedra teorie obvodů |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| Zadání | průměrně náročné |
|---|------------------|
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Úkolem studenta bylo navrhnut off-line automatický detektor a klasifikátor artefaktů v intraoperačních mikro-EEG záznamech. Výsledky měly být porovnány se dvěma dříve publikovanými přístupy využívající jednoduchá kritéria detekce odvozené zejména z energie artefaktů. | |

| Splnění zadání | splněno s menšími výhradami |
|---|-----------------------------|
| <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i> | |
| 1) Seznamte se s problematikou mikroelektronických záznamů, souvisejících s hloubkovou mozkovou stimulací. (SPLNĚNO) | |
| <p>Popis Parkinsonovy nemoci je stručný, v rámci práce dostatečný. Technické aspekty snímání signálů a vzniku artefaktů byly popsány, nicméně detailnější znalost charakteru rušení by napomohlo vybrat vhodnou metodu jejich odstranění. Student pouze konstatuje, že existují tři typy rušení (energetické, frekvenční a aktivita pozadí), které se dají odstranit pouze obtížně a za použití pásmové propusti.</p> <p>Z pohledu digitálního zpracování by velkou část nízkofrekvenčních složek šlo odstranit správným návrhem filtru či pomocí adaptivní filtrace. Tvzení, že filtrace 50 Hz a vyšších harmonických složek nelze odstranit kvůli vizuálnímu znehodnocení signálu je diskutabilní apod.</p> | |
| 2) Vytvořte systém pro automatickou detekci a segmentaci artefaktů pro signály získané pomocí intrakraniálních mikroelektrod (SPLNĚNO) | |
| <p>Student navrhl postup založený na časové segmentaci signálů, parametrizaci jednotlivých segmentů a klasifikaci pomocí klasifikačního stromu. Výběr klasifikátoru zdůvodňuje jeho jednoduchostí, bohužel nediskutuje alternativní přístupy. Zvolené klasifikační parametry jsou vybrány nejjednodušší možné, částečně se duplikující a jejich výběr nevychází z řádné rešerše, a to ani z obdobné problematiky snímání mikro-EEG např. u zvířecích modelů. Čtenář se musí spokojit s vágní argumentací autora.</p> <p>Klasifikátor byl učen a optimalizován dle množiny dat (60 % databáze), která byla získána z vizuálního hodnocení 6 hodnotitelů (autor vytvořil jednoduché GUI pro popis). Shoda mezi hodnotiteli byla validována, jako „zlatý standard“ byla použita shoda alespoň 5 hodnotitelů (většina z původní skupiny 8 hodnotitelů). Participace autora na vizuálním hodnocení signálů není zmíněna.</p> <p>I když autor v celé práci typy artefaktů rozděluje do tří skupin, výsledkem je pouze detekce artefaktů jako celku.</p> | |

3) Vlastnosti modelu otestujte na databázi mikroelektrodových záznamů pacientů s Parkinsonovou nemocí a porovnejte chování Vámi navrženého modelu s publikovanými přístupy [2-4] napříč signály z různých jader. (ČÁSTEČNĚ SPLNĚNO)

Navržený detektor artefaktů byl autorem validován na skupině testovacích dat (30 %) a dále ověřen na skupině (10 %). Zmíněný postup by dával smysl při použití např. křížové validace typu „leave one sample out“, nicméně ta nebyla prováděna. Není mi jasné použití nezávislého testovacího 30% datasetu a dalšího 10% datasetu. Pokud 10 % má reprezentovat data jednoho pacienta, bez více iterací nelze nalézt horní a dolní limit úspěšnosti klasifikátoru, to ale autor nezmiňuje.

Autor porovnává výkonost algoritmu se dvěma publikovanými přístupy [2, 3], na kterých demonstruje lepší výsledky. Ze zadání „napříč signály z různých jader“ bych nicméně očekával stanovení chybovosti jednotlivých detekcí u jednotlivých podtypů micro-EEG. Autor práce typy signálů nerozlišoval.

Zvolený postup řešení

Částečně vhodný

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Vzhledem k lepším výsledkům oproti publikovaným přístupům lze konstatovat, že autor zvolil správný postup. Chybí však odborná rešerše dalších publikovaných přístupů (kromě dvojice referencí v zadání), možné parametrizace dat, volby klasifikátorů, způsobu validace, stanovení „zlatého standardu“ apod. I přes velmi specifickou problematiku existuje řada srovnatelných prací zabývajících se odrušováním signálů např. u zvířecích modelů. Je však diskutabilní, jestli by jiné řešení přineslo dramaticky lepší výsledky.

Z práce není příliš zřejmé, co vše bylo autorovým přínosem a cílem, které části projektu byly již připraveny; vytvořil GUI pro popis dat, implementoval algoritmy nebo využíval toolbox, vznikl zapouzdřený systém pro použití na operačním sále nebo jen jako součást analytických nástrojů?

Odborná úroveň

D - uspokojivě

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Jak již bylo zmíněno, postup práce vychází z minimální rešerše. Autor přiznává, že používá nejjednodušší a nejdostupnější možné řešení. Neuvádí však jiné možné příklady algoritmů. Neověřuje, zdali jsou data za použití parametrizace lineárně separabilní a nediskutuje vhodnost zvoleného klasifikátoru. Výsledky však ukazují, že volba klasifikátoru a parametrů byla dostatečná.

V práci jsou zbytečně rozváděny kapitoly se základní problematikou (filtrace, výpočet parametrizací) a naopak složitější pasáže, které by zasloužily větší rozbor (implementace, postup optimalizace) jsou popsány vágně bez matematických definic.

Některá tvrzení autora ukazují na nedostatky v teorii řešené problematiky:

- Například v kapitole (3.3) autor popisuje, že signál je při nahrávání již filtrován propustí v pásmu 0.5-5 kHz. Pokud by to platilo, kapitola 4.3.3, 8.3 je zcela zbytečná. Snímací zařízení obsahuje tvrdý filtr typu dolní propust s nízkou strmostí, takže vysokoenergetické artefakty nemusejí být odstraněny. Student tento fakt nijak nezmiňuje a ani se nesnaží zjistit charakter vstupního filtru např. odhadem spektra pomocí Welchovy metody.

-V 4.3.3 autor provádí porovnání vlastností filtrace nulováním spektrálních čar a filtrací v časové oblasti. U spektrální filtrace ovšem nedodrží podmínky vyplývající z cyklické konvoluce, u návrhu „standardního high-pass filtru“ neuvádí ani typ filtru (IIR, FIR), ani základní požadavky na něj; uvádí pouze nastavené parametry a absolutní složku přenosové funkce, skupinové zpoždění ignoruje. Mezní kmitočet volí 80 Hz pro filtraci aktivity pozadí (baseline artefacts), v práci však uvádí její výskyt v pásmu 0-200 Hz (kap. 4.2.3, 8.3.3.) nebo 0-300 Hz (8.3). Své poznatky vyvozuje z vizuálního zkresení signálů a nediskutuje vliv např. skupinového zpoždění, které lze odstranit reverzní filtrací (zero-phase filtering).

U parametrizace signálů pomocí spektrálních parametrů (8.3.3) autor hledá významné spektrální čáry i v nízkých filtrovaných pásmech. Nelze tedy dohledat, kdy je navržená hornopropustní filtrace používána, kdy ne a jestli vůbec.

Při extrakci parametrů při popisu segmentů signálu počítá autor okamžitý výkon signálu (RMS). Dalším parametrem je výkon ze spektra, což dle Parsevalovi rovnosti musí odpovídat. Z tvrzení autora „for the spectrum we selected segment of length of 100 Hz“ by se dalo pouze odhadovat, že počítá výkon v pásmu do 100 Hz. Proč ale do 100 Hz, pokud aktivita pozedí je v pásmu 0-200/300 Hz? Pojem segment používá autor čistě pro časovou oblast, segment ve spektrální oblasti je zavádějící.

V kapitole 8.4 autor popisuje parametry spočtené pomocí konvoluce signálu s Gaussovským jádrem. Autor uvádí, že se jedná o dolní propust, zvolené parametry ani vlastnost filtru nijak nekomentuje. Parametrizaci však dále nepoužívá.

V práci se vyskytují vágní tvrzení. Např. validace shody mezi hodnotiteli v kapitole 7.2 autor sensitivitu 0.64 hodnotí jako špatnou a 0.75 jako dobrou. Jaké bylo limitní kritérium? Hodnotitel s nižší sensitivitou byl vyřazen, i když měl lepší přesnost (0.97) oproti nevyřazenému s přesností (0.84). Nejsou tedy stanoveny objektivní kritéria, která vyřazení hodnotitelů ospravedlňují. Při tvorbě zlatého standardu mohly být použity všichni hodnotitelé jejich průnikem.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

F - nedostatečně

Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je psána v anglickém jazyce. Střídají se dobře čitelné pasáže s hůře srozumitelnými s gramatickými chybami. Některé větné konstrukce jsou komplikované, mnohdy s nevyjádřeným podmětem, čtenář se často musí vracet v textu.

U technického textu by se dle zvyklostí očekávala drtivá většina vět psaných v trpném rodě, autor však používá 1. osobu množného čísla. To lze akceptovat v pracích více autorů. U jednotlivých kapitol student neuvádí podíl dalších řešitelů, proto bych preferoval 1. osobu jednotného čísla.

Po odstranění tabulek a obrázků práce obsahuje cca 27 faktických stran textu, které jsou rozděleny mezi 10 hlavních kapitol a 37 podkapitol, tedy 47 sekcí! Přitom v každé navazující kapitole jsou opakovány informace z předešlých kapitol. Práce nesplňuje základní členění (úvod, metodika, výsledky a diskuze). Jednotlivé sekce se prolínají, autor odkazuje napříč prací a je tedy extrémně těžké se orientovat. Struktura práce spíše odpovídá pracovnímu deníku studenta nežli vědecké práci.

Zápis rovnic není formálně správný, autor nerozlišuje matice od prvků (tučně, kurzíva). Rovnice tak nedávají smysl (20-24). V některých případech je uváděn pseudokód (24, 25). Komplexní spektrum je nazýváno Fast Fourier Transformation (20) a absolutní hodnota spektra (21) jako spektrum signálu. Není sjednocené značení, např. v rovnici (5) jsou vzorky značeny „n“, v rovnici (20) jako „t“, pod rovnicí (6) „t“ definuje délku signálu. V rovnici (3) je uváděna „T“ jako délka signálu, má se jednat o periodu signálu. Autor uvádí délku 24000 sekund, hodnota by měla být ve vzorcích. Naopak v (9, 10) „T“ není definováno vůbec. Jedná se o transpozici? U rovnic (14, 15) značí „T“ faktor prořezávání stromu. Značí u rovnic (7-12) index „l“ a „k“ stejnou věc a jakou? Některé veličiny nejsou v textu vůbec definovány: Fc (kapitola 5.2), accuracy, sensitivita a specifická (od kapitoly 7, definice až v 8.5 jako TPR a FPR).

Grafická stránka je slušná, i když popisky obrázků jsou velmi stručné a bez kontextu s textem samostatně neobstojí. Některé grafy při porovnání nezachovávají stejné měřítko os, namátkou obr. 11, 22, 25. V zobrazení rozhodovacích stromů Fig. 30-33 se překrývají popisky a grafy jsou nečitelné, v kontextu práce se hodí spíše jako příloha.

Chybí seznam zkratek. Vzhledem ke špatnému členění textu musí čtenář často listovat a dohledávat definice. Některé definice zcela chybí: CLN (asi clean signal), IRIT (irritated neuron).

Výběr zdrojů, korektnost citací

D - uspokojivě

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Autor v seznamu uvádí 29 citací, u 7 není uveden zdroj (žurnál, kniha, sborník). Jednotlivé citace nemají stejný formát, některé využívají zkratky žurnálů, jinde je uváděn celý název. Jména autorů jsou rovněž v plné i zkrácené formě s tečkou nebo bez tečky. První polovina citací je uvedena na prvních 5 stranách, jedná se o násobné-citace, např. „Deep Brain Stimulation [8, 9, 10, 11] is neurological therapy...“, str. 3. Obdobně dále „Decision tree [19, 20, 21, 22] is a logical tree structure...“ str. 20. U zásadních metodologických tvrzení citace chybí, naopak definice např. FFT je citována.

Převzaté obrázky jsou citovány.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Teoretický rozbor problematiky byl povrchní, student použil pouze nejjednodušší metodu. Nesnažil se odzkoušet další možné varianty. Pokud byl přínos studenta větší, nelze z práce vyčíst.

Implementace dle dosažených výsledků je funkční. Autor práce využitelnost nediskutuje, pouze konstatuje, že výsledky jsou dobré, ale je co zlepšovat. Lze ovšem očekávat použití pro základní předzpracování dat v retrospektivních studiích.

Z postupu realizace spíše usuzuji na řešení metodu pokus/omyl nežli detailní rozbor problematiky a hledání optimálního řešení a odzkoušení několika variant. Snaha alespoň o určitou míru analýzy problému však studentovi upřít nelze.

Prezentované výsledky v dané formě publikačně neobstojí a ani o ně nebylo usilováno.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Z odborného pohledu hodnotím celkovou práci jako podprůměrnou, nicméně obhajitelnou. Autor, i když s výhradami, splnil všechny body zadání. Rozsah zadání ovšem poskytl velký prostor pro invenci, která nebyla studentem vyčerpána, a student zadání splnil bez větší přidané hodnoty, nebo tato hodnota není v práci patrná. Je zřejmé, že číslicové zpracování není hlavním oborem studenta, o to větší však mělo být vynaloženo úsilí o nastudování problematiky a přípravy rešerše. Ze studijního oboru „Umělé inteligence“ bylo v práci využito nezbytné minimum.

Z pohledu formálního práce obsahuje obrovské množství nedostatků: struktura práce, zápis rovnic, zdvojené citace, gramatické chyby. Práce po formální stránce působí velmi uspěchaně a nedodělaně a dle mého názoru by v této podobě neměla být přijata a zveřejněna. Navrhuji práci z formálního hlediska přepracovat. Pokud odborná komise rozhodne, že formální nedostatky jsou akceptovatelné, z odborného pohledu jsem, i když s výhradami, práci ochoten doporučit k obhajobě se známkou D.

Přínos studenta:

- Student provedl základní zpracování signálů (filtrace, jednoduchá parametrizace)
- Vyhodnotil a „definoval zlatý standard“ pro optimalizaci algoritmu. Z vlastní zkušenosti lze předpokládat, že se jednalo o časově náročný proces, nicméně autor neuvádí svůj podíl na něm.
- Implementoval a optimalizoval klasifikátor, jehož výsledky převyšují dva konkurenční přístupy
- Není diskutována reálná použitelnost, stanoveny limitace metody

Otázky:

- 1) Proč byl zvolen klasifikátor „hierarchický strom“ a ne jiný z Bayesovských klasifikátorů. Uváděný důvod dostupnost a jednoduchost nepovažuji za dostatečný (např. lineární separabilita parametrů)
- 2) Uvádíte, že parametry dostatečně nepopisují artefakty v signálu. Proč jste neodzkoušel další. Jaké jiné typy parametrizací znáte?
- 3) Jak lze ověřit správný výběr parametrů a eliminaci redundantních parametrů před optimalizací prořezáváním stromu? Napovím např. PCA.

Datum: 25.1.2016

Podpis: