

Posudek na disertační práci:

Ing. Martin Vítek: Automatické rozměření signálu EKG.

Název práce výstižně popisuje řešenou problematiku, která odpovídá oboru disertace a řeší aktuální technický problém v kardiologii. Parametry získané rozměření EKG signálu představují důležitá vstupní data, která jsou nutná pro běžnou diagnostiku i pro různé analýzy činnosti kardiovaskulárního systému. Jakékoliv chyby vzniklé při rozměření mohou podstatně zkreslit, případně znemožnit, následné analýzy. Bylo publikováno a realizováno mnoho algoritmů řešících danou problematiku, žádný z těchto algoritmů ale není dokonalý.

Disertační práce je po formální stránce rozdělena do dvanácti kapitol. V kapitole 1. až 6. je rozbor současného stavu, založený na podrobném studiu literatury. V kapitole 7. jsou definovány cíle práce a zbývající kapitoly, 8 až 12, popisují vlastní řešení problematiky. Předložená práce má 129 stran, je zde uvedeno mnoho referencí, jsou citovány i aktuální publikace týkající se daného tématu.

Zhodnocení výchozího stavu, kapitola 1 až 6.

Doktorand prostudoval velké množství publikací týkajících se dané problematiky a popisuje používané metody. Popis publikovaných metod je rozdělen podle základního zvoleného algoritmu a hodnocení vychází z publikovaných výsledků. Proto zde není možné kritické zhodnocení metod, které by přispělo k dokonalejší orientaci v problematice. V této části práce se objevuje řada neúplných/nepřesných formulací, které by potřebovaly doplnit/upřesnit. Doktorand byl zřejmě značně ovlivněn studiem literatury a neuvědomil si nutnost přesnější specifikace, případně kritického přístupu k publikovaným závěrům. Na str. 6. lze uvést následující příklady:

„Algoritmy vyvíjené pro výzkumné účely zpracovávají soubory s vysokým podílem patologických signálů....“ ...patologické signály se vyskytují i při diagnostice; při výzkumu vzájemných vazeb v kardiologii často nelze použít EKG signály s větším počtem abnormálních tepů

„Nejvěrohodnější jsou výsledky získané na komplexní standardní databázi....“

„Vývoj zaměřen zejména na algoritmy použitelné pro výzkum srdeční činnosti.“

V této části práce postrádám rozbor parametrů, které mají být výsledkem rozměření, jejich předpokládané použití a požadavky na přesnost detekce.

Díleč připomínky:

Str. 14, vz. 3.13...schází popis x

Str. 18, klasifikace spolehlivosti algoritmů – doktorand nekriticky přejímá definici z literatury, tato pasáž je navíc dublována na str. 28

Str. 21...*Zejména detekce začátku vlny P je velmi důležitá pro analýzu HRV*

Str. 22...*pozice pěti významných bodů signálu EKG.....*body nejsou vyjmenovány, jsou jasné až z obr. 4.1

Str. 23...*nelineární transformace založená na integračním plovoucím okně....*

Str. 33, tab. 5.3....není jasný vztah uvedených abnormalit k rozměření EKG signálu. Je možno klasifikovat abnormality na základě rozměřených parametrů?

Str. 36, obr. 6.4. Kde je u CWT vlna T?

Str. 38...*Prodloužení signálu nulami část způsobuje vznik skokových změn na okrajích...*Proč vzniká přechodový děj a jak lze prodloužit signál aby přechodové zkreslení nevzniklo?

Zhodnocení řešení, kapitola 8 až 11.

Jednotlivé kapitoly řeší dílčí cíle disertace. Jedná se o detekci QRS komplexu, detekci polohy T a P vlny, transformaci svodů a vyhodnocení vícesvodového EKG a použití získaných údajů při vyhodnocení vlivu komprese a filtrace na zkreslení signálu EKG.

Algoritmus rozměření vychází z vlnkové transformace, pro zrychlení výpočtů je použito konvolučního přístupu pro dvě měřítka, odpovídající frekvenčnímu rozsahu QRS komplexu a vlny T. Prezentované výsledky jsou orientovány na vzorkovací frekvenci 500 Hz, jedná se o vzorkovací frekvenci databází použitých při testování. Je zde uveden přepočet měřítek na libovolnou fvz, nepředpokládá se tedy podvzorkování/převzorkování analyzovaných dat. Tento požadavek se objevuje u některých komerčních systémů a výrazně limituje jejich využití. Zrychlení výpočtu, založené na konvolučním přístupu, považuji za jeden z originálních přínosů doktoranda.

Detekce krajních bodů P a T vlny je založena na stejném principu, jen se před detekcí eliminují QRS komplexy, aby byla detekce přesnější. Tuto eliminaci považuji za další přínos doktoranda. Detekce byla testována na CSE databázi a výsledky byly srovnány s referenčními hodnotami.

Výsledkem detekce je 5 údajů pro každý tep: počátek a konec QRS komplexu, počátek a konec P vlny a konec T vlny. V případě vícesvodového EKG se tyto hodnoty dále zpracují pomocí shlukové analýzy, aby se získaly reprezentativní polohy s lepší věrohodností detekce. Přínosem je využití histogramů odchylek při testování správnosti detekce.

Ve zbývajících částech práce se doktorand zabývá různými transformacemi svodů a zkreslením signálu vlivem komprese a filtrace. Tato část doplňuje problematiku, ale její přínos lze těžko zhodnotit. V případě umělého zvýšení počtu svodů transformací by bylo zapotřebí statisticky vyhodnotit přínos a zvážit větší požadavky na dobu zpracování. V případě komprese a filtrace EKG signálu je důležité, že nedojde k zkreslení detekovaných hodnot. Většinou je ale zapotřebí získat z archivovaných dat i jiné informace než prezentované časové údaje.

Dílčí připomínky:

Str. 41: *testovali jsme řadu mateřských vlnek.....* škoda, že nejsou vyjmenovány a zhodnocen vliv volby vlnky na přesnost detekce

Str. 43, obr.8.4: U cwt nelze použít prodloužení EKG?

Str. 45, vz. 8.2: U některých metod se práh stanovuje z rozložení hustoty pravděpodobnosti. Uvažoval jste tuto možnost?

Str. 50 až 53, testování na CSE databázi. Doktorand zde rozebírá problémy s detekcí prvního a posledního tepu. Je to podstatný problém, nebo nepodstatný?

Tabulky 9.1, 9.2 a 9.3. Prahové hodnoty parametrů detekce jsou odvozeny z mediánové hodnoty tepových intervalů. Jak velká variabilita RR intervalů je povolena pro bezchybnou detekci?

Str. 68. Popis algoritmu výběru je nepřehledný, vhodnější by bylo blokové schéma, případně vzorce.

Tab. 9.4: Jednotka u okna schází.

Str. 81: *...k otestování jsme využili mediánové pozice 14 programů....* Jakých programů?

Str. 82: *...průměrnou odchylku m je možné korigovat přičtením konstanty....* Za jakých podmínek?

Celkové zhodnocení.

Řešená problematika je aktuální, jedná se o závažný technický problém řešený na více světových pracovištích. Za původní přínos doktoranda považuji zrychlení výpočtu získané konvolucí, eliminaci QRS komplexu před detekcí P a T vlny pro zvýšení přesnosti detekce a použití shlukové analýzy u vícesvodového EKG.

Práce byla prezentována na mezinárodních konferencích a opublikována v internetovém časopise. Doktoranda považuji za pracovníka s vědeckou erudiicí, v budoucnu by měl přistupoval kritičtěji k výsledkům a závěrům presentovaným v literatuře. Disertační práce splňuje základní požadavky k udělení akademického titulu a doporučuji ji k obhajobě.

V Brně,

Ing. Josef Halámek, CSc.
Ústav přístrojové techniky, AV ČR, v.v.i
Královopolská 147
612 64 Brno
josef@isibrno.cz

Otázky pro doktoranda:

- 1) Diskutujte zrychlení výpočtů dané konvolučním přístupem.
- 2) Vyjmenujte všechny parametry, které se získávají detekcí z EKG signálu. U parametrů definujte požadovanou/dosažitelnou přesnost a požadavky na délku vyhodnocovaného měření.