

SOFTWARE FOR EVALUATION OF QRS DETECTORS

Vojtěch Veverka

Bachelor Degree Programme (3.), FEEC

BUT E-mail: xvever07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marina Ronzhina

E-mail: ronzhina@feec.vutbr.cz

Abstract: This work focuses on statistical testing and evaluation of quality of QRS complexes detectors. For evaluation, the database of more than one hundred ECG records is used. Proposed software with GUI enables evaluation and comparison of various QRS detectors using common statistical measures.

Keywords: QRS detection, evaluation of detection

1. ÚVOD

QRS komplex reprezentuje u EKG depolarizaci srdečních komor a díky svým vlastnostem je využíván k určování tepové frekvence a slouží jako jeden z referenčních bodů při automatickém rozměření a analýze EKG. Je vyvinuta řada metod pro detekci QRS komplexu, ale žádná z nich není zcela ideální. Nejčastějším faktorem, který ovlivňuje detekci, bývá výskyt komorové extrasystoly (KES), která svou amplitudou převyšuje ostatní komplexy v signálu. Tato práce je věnována vytvoření softwarového nástroje pro testování a porovnání několika automatických detektorů QRS. Program využívá CSE databázi reálných EKG záznamů.

2. METODY DETEKCE QRS KOMPLEXŮ A HODNOCENÍ SPOLEHLIVOSTI DETEKCE

Obecný princip detekce QRS zahrnuje předzpracování a prahování EKG a aplikaci rozhodovacího pravidla pro finální rozhodnutí o pozici QRS komplexu [1]. Metody detekce se od sebe různí převážně ve fázi předzpracování (rozdíl filtrace a vlnková transformace), ale i v přístupu u rozhodovacího pravidla (překonání prahové hodnoty vs. průchod nulovou hladinou).

V práci byla použita řada detektorů založených na *číslicové filtraci*, *rozkladu EKG bankou filtrů*, *vlnkové transformaci* a *metoda Chouhan&Mehta* (viz [1], [2] a [3]). Část detektorů byla vytvořena autorem, např. detektory založené na číslicové filtraci. K těmto detektorům byly vytvořeny i jejich globální verze. Snahou při vytváření globálních detektorů bylo eliminovat vliv artefaktů vyskytujících se v jednotlivých svodech. Zbýlá část detektorů byla převzata od jiných autorů (jsou dostupné na ÚBEMI, VUT v Brně) a částečně upravena pro použití ve vytvořeném softwaru.

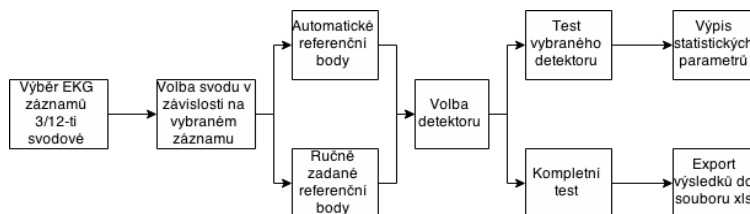
Pro hodnocení kvality se používají dva klíčové parametry a to senzitivita Se a pozitivní prediktivní hodnota P^+ . Oba parametry lze vypočítat podle rovnic (1,2):

$$Se = \frac{TP}{TP + FN} \quad \text{a} \quad P^+ = \frac{TP}{TP + FP} \quad , \quad (1,2)$$

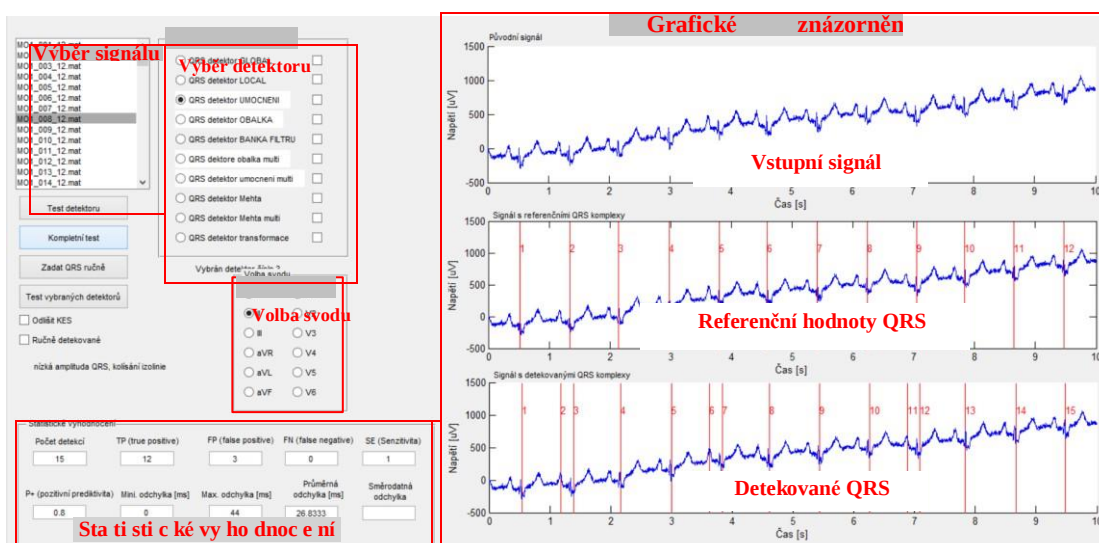
kde TP je počet správně detekovaných komplexů, FP je počet falešně pozitivních detekcí a FN označuje počet falešně negativních detekcí. Se vyjadřuje pravděpodobnost pozitivní detekce, v případě přítomnosti komplexu. P^+ udává pravděpodobnost přítomnosti QRS komplexu při pozitivní detekci [1].

3. SOFTWARE A VÝSLEDKY HODNOCENÍ KVALITY DETEKTORŮ

Software s grafickým uživatelským rozhraním (viz Obr. 1 a Obr. 2) je realizovaný v prostředí Matlab a nabízí na výběr testování detektorů pomocí databází tří svodových a 12ti svodových záznamů.



Obrázek 1: Blokové schéma softwaru



Obrázek 2: Uživatelské rozhraní softwaru pro hodnocení kvality detektorů QRS komplexů

Při spuštění programu je uživatel vyzván k výběru složky obsahující databázi signálů. Jednotlivé signály jsou poté vypsány v *listboxu*.

Vlastní detektor je samostatná funkce, která je volána na základě vyhodnocení podmínek. Detektory převzaté od jiných autorů měly nastavené jako vstupní parametry vzorkovací frekvenci, vstupní signál, popř. zobrazení průběhů. Pro použití v programu byly upraveny tak, že jediným vstupním parametrem je signál, vzorkovací frekvence byla nastavena staticky na 500Hz. Použití jednotlivých detektorů na jednotlivých signálech z databáze je vhodné, když chce uživatel zjistit, u jakých typů signálů detektor selhává a mohl tak zkoumat jeho chování u signálů obsahující komorové extrasystoly (KES), pohybové artefakty nebo u signálů obsahujících více typů QRS komplexů.

Statistické vyhodnocení je samostatná funkce, do které jsou vloženy potřebné vstupní proměnné, jako jsou referenční hodnoty QRS komplexu a hodnoty detekovaných QRS komplexů. Podprogram porovná hodnoty v obou vektorech, pokud je hodnota detekovaného QRS komplexu od referenční odlišná o 200ms, je tento komplex považován za *FP* (falešně pozitivní), v opačném případě nikoliv. Pomocí hodnot *TP*, *FP* a *FN* jsou vypočítány parametry *Se* a *P+*. Vizuální kontrola detekce je možná díky grafickému znázornění vybraného EKG, referenčních a detekovaných poloh QRS komplexů.

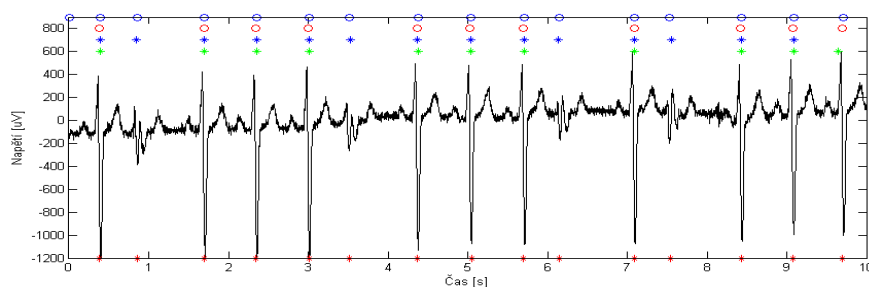
Kompletní test prochází postupně celou databází EKG. Do testu jsou zahrnuty všechny detektory. Výstupní data jsou po jednotlivých detekcích vložena do podprogramu statistického

vyhodnocení a výstupní data této analýzy jsou následně uloženy do tabulky Excel. V programu je možnost ručního vložení referenčních hodnot, to je vhodné zejména při testování detektoru na databázi EKG signálů, u kterých nejsou dostupné referenční polohy QRS.

Výsledky kompletního testu dvou detektorů (s nejvyšší a nejnižší Se) na databázi 12ti svodových EKG jsou shrnuty v Tab.1, kde N je počet detekovaných komplexů v signálech a md udává průměrnou odchylku mezi detekovanou a referenční polohou QRS. Příklad úspěšné a neúspěšné detekce QRS komplexů různými detektory je znázorněn na Obr.3.

Detektor/Parametr	N	TP	FP	FN	Se [%]	P ⁺ [%]	md [ms]
Vlnková transformace (global)	1460	1459	1	3	99,77	99,91	4,95
Umocnění signálu (global)	1419	1406	13	56	96,47	99,19	4,71

Tabulka 1: Výsledky hodnocení kvality detektorů na 12-ti svodových záznamech (detektory jsou seřazeny dle senzitivity od nejvyšší po nejnižší)



Obrázek 3: Ukázky selhání detekce. Červená * - referenční hodnoty, zelená* - umocnění(local), modrá* - umocnění(global), červená° - Chouhan&Mehta(local), modrá° - Chouhan&Mehta(global)

Detektory s pevně nastaveným prahem (především založených na *číslicové filtraci*) selhávají u signálů s výrazně odlišnou morfologií QRS komplexů jako na Obr.3. Podobné chyby se vyskytují u signálů s KES. Detektory, které využívají FIR filtry, selhávají při detekci QRS komplexu několik milisekund před koncem signálu, což je způsobeno zaváděním zpoždění při filtraci. Řešením je použití IIR filtrů, která ovšem může vykazovat určitou míru nestability. Nejvhodnějšími a nejlepšími jsou dle dosažených výsledků detektory založené na *vlnkové transformaci*. Za nejméně spolehlivý můžeme označit globální detektor založený na umocnění filtrovaného signálu. Ostatní detektory lze považovat za průměrné.

4. ZÁVĚR

Byl vytvořen program s uživatelským rozhraním a bylo provedeno testování devíti detektorů na CSE databázi EKG. Detektory převzaté od jiných autorů a vytvořené autorem této práce pracují celkem spolehlivě. Program může být rozšířen o možnost přidání nebo otestování vlastního detektoru, který není v seznamu použitých detektorů. V rozšířené verzi by bylo vhodné zavést možnost nastavení některých parametrů jako například vzorkovací frekvence. Vytvořený software může být použitý pro porovnání nově vytvořených detektorů se stávajícími.

REFERENCE

- [1] Kozumplík, J., Kolář, R., Jan, J.: Číslicové zpracování a analýza signálů (Počítačová cvičení). Elektronická skripta FEKT VUT v Brně, 2002
- [2] VÍTEK, M. Automatické rozměření signálů EKG. Brno, 2010. Dizertační práce. VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [3] Chouhan, V.S., Mehta, S.S. Detection of QRS Complexes in 12-lead ECG using Adaptive Quantized Threshlod. International Journal of Computer Science and Network Security. 2008, s. 155-163, vol.8 No.1.