

RECOGNITION OF ECG SIGNALS BY ALGORITHM BASED ON DYNAMIC TIME WARPING

Tomáš Nejedlý

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xnejed05@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jana Bardoňová

E-mail: bardona@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This project deals with recognition of biosignals. The proposed recognition system REC-DTW processes electrocardiographic signals (ECG) by algorithm based on Dynamic time warping (DTW). DTW allows to evaluate difference between testing signal and control signal, which do not have to be of the same lengths. The sensitivity of recognition is 87,5%.

1. ÚVOD

V dnešním moderním světě se ve velké míře využívá služeb počítačové techniky. Počítače se využívají pro jednoduché úkoly, ale také pro složité algoritmy a procedury. Matematické výpočty, které by jindy trvaly několik hodin, zvládne počítač během několika málo okamžiků. Tím se lidem otevřely nové možnosti v oblasti komunikací, lékařství, stavebnictví a v mnoha dalších odvětvích.

Tato práce se zabývá využitím počítačové techniky k rozpoznávání elektrokardiogramů (EKG). Jedná se konkrétně o využití algoritmu Dynamického borcení času (DTW), pomocí kterého je hledaný signál rozpoznán. DTW je algoritmus, který umožňuje porovnávat nestejně dlouhé posloupnosti. Algoritmus je náročný na paměťové zatížení počítače.

2. TEORETICKÝ ROZBOR

Srovnávání posloupností o různých délkách je častou úlohou využívanou v mnoha oborech. Toto srovnání se provádí také v kardiologii, kde na základě rozměření EKG lékař diagnostikuje zdravý nebo patologický stav srdce pacienta. V této práci jsou navrženým programem srovnávány časové průběhy EKG jednotlivých srdečních cyklů, které jsou získány z experimentů na izolovaném srdci. Experiment je založen na snímání EKG při aplikaci napětově-citlivého barviva. Je sledován vliv barviva na EKG v průběhu kontrolní fáze, fáze aplikace barviva, fáze vymývání barviva a fáze uměle vyvolané ischemie. Srdeční cykly se tvarově liší v různých fázích. Pomocí metody DTW je podobnost srdečních cyklů vyhodnocována.

2.1. ALGORITMUS DYNAMICKÉHO BORCENÍ ČASU

Metoda DTW, česky označovaná jako metoda borcení časové osy, využívá principu dynamického programování. Dynamické programování se využívá pro analýzu sekvenčních

rozhodovacích procesů. Metoda slouží pro zařazení neznámého slova do určité třídy nejčastěji na základě minimální vzdálenosti obrazu neznámého slova k některému ze vzorových této třídy. Je vidět, že název dynamické programování je odvozen z mechanismu určování vzdálenosti mezi dvěma obrazy slov.

Metoda DTW slouží k rozpoznávání izolovaných vzorků signálů nebo krátkých úseků. Jako vzor pro rozpoznávání je použita referenční nahrávka. Postupně, pomocí algoritmu, lze porovnat testovaný vzorek s danou referenční nahrávkou a spočítat celkovou vzdálenost cesty DTW. Hledá se ten referenční signál, který měl s daným testovaným signálem nejmenší celkovou vzdálenost vypočítanou pomocí DTW. Pomocí tohoto algoritmu lze srovnávat signály různých délek.

Celková vzdálenost mezi referenčním a testovaným vzorkem vypočítaná pomocí algoritmu DTW se vypočítá podle vztahu

$$D(T, R) = \left[N(\hat{W}) \right]^{-1} \cdot \left\{ \min_{i(n), j(m)} \sum_{n=1}^l d[i(k), j(k)] \cdot \hat{W}(k) \right\}, \quad (1)$$

kde D je celková vzdálenost mezi testovaným signálem T a referenčním signálem R , $N(\hat{W})$ je normalizační vektor pro kompenzaci délky kroků, $\hat{W}(k)$ je váhová funkce a d je lokální vzdálenost mezi jednotlivými vektory referenčního a testovaného signálu [1].

3. VÝSLEDKY

Rozpoznávání bylo provedeno pro dva vzorky naměřených EKG signálů, každý vzorek obsahoval 4 různé signály EKG (kontrolní fáze, aplikace barviva, vymývání barvy, ischemie). Jeden vzorek byl zvolen jako referenční. Vybral se vždy pouze jeden úsek zahrnující P-Q interval, QRS komplex a S-T interval ze zvoleného referenčního signálu. Postupně byly z testovaného vzorku vybrány jednotlivé periody signálu EKG a každá tato perioda se porovnávala s referencí pomocí programu REC-DTW. V každé fázi experimentu bylo ověřováno 10 testovaných vzorků. Ukázka jednoho správně rozpoznaného testovaného ischemického vzorku je na obrázku 1. Výsledky klasifikace jsou zpracovány v tabulce 1.

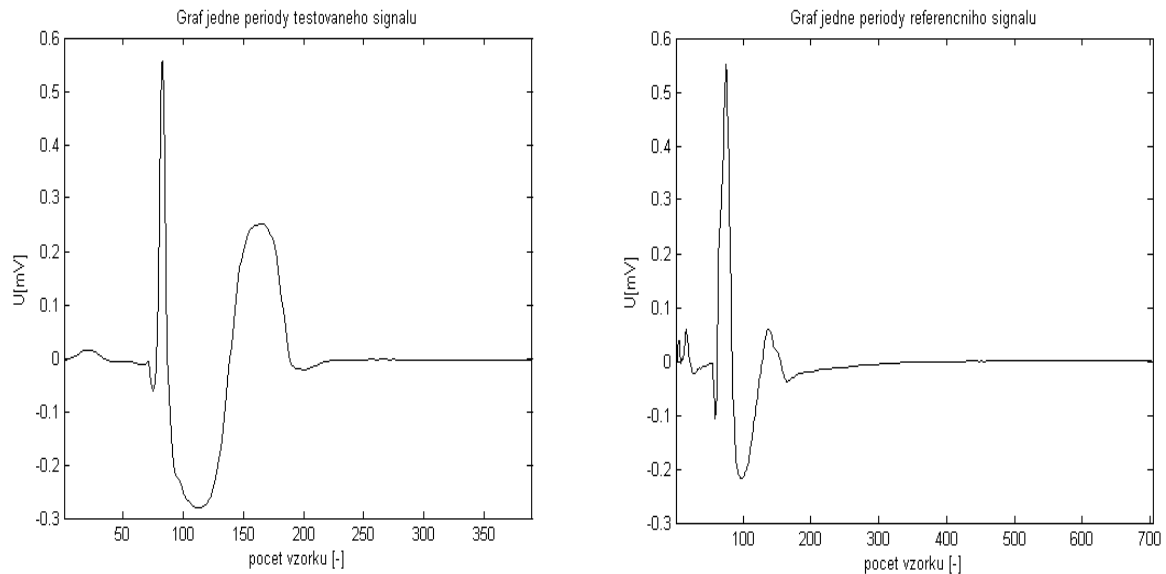
Úspěšnost rozpoznání je vyjádřena pomocí senzitivity. Senzitivita je definována jako pravděpodobnost, že hledaný testovaný vzorek bude vyhodnocen pozitivně.

$$SE = \frac{TP}{TP + FN} [\%], \quad (2)$$

kde SE je senzitivita testu, TP počet správně rozpoznaných vzorků (true positive) a FN je počet nesprávně rozpoznaných vzorků (false negative).

	kontrolní fáze	aplikace barviva	vymývání barviva	ischémie
senzitivita [%]	100	50	100	100

Tabulka 1: Senzitivita jednotlivých signálů testovaného vzorku



Obrázek 1: Grafy testovaného a referenčního ischemického vzorku signálu EKG

4. ZÁVĚR

Tato práce je zaměřena na rozpoznávání signálů. Jako algoritmus pro rozpoznávání signálu byla zvolena algoritmus Dynamické borcení času (DTW). Ke klasifikaci pomocí algoritmu DTW byly vybrány EKG signály dostupné na ÚBMI. Celý program využívající tento algoritmus je naprogramován v programu Matlab.

Pro zjednodušení práce s programem REC-DTW využívající algoritmu Dynamického borcení času bylo navrženo grafické prostředí pomocí grafického rozhraní [2]. Dále byla navržena funkce pro vybírání referenčních signálů z knihovny a funkce DTW, která slouží k výpočtu celkové vzdálenosti mezi referenčním a testovaným vzorkem pomocí algoritmu Dynamické borcení času.

Dosažená průměrná úspěšnost rozpoznávání 4 vzorků je 87,5%.

LITERATURA

- [1] Psutka, J.: Komunikace s počítačem mluvenou řečí. Academia, Praha, 1995
- [2] Zaplatílek K., Doňar B.: MATLAB – tvorba uživatelských aplikací. BEN-technická literatura, Praha, 2005