

Oponentský posudek disertační práce

Název: Dlouhodobá analýza ultrazvukových videosekvencí s využitím metod detekce významných bodů

Autor disertační práce: Ing. Martin Zukał

Obor doktorského studia: Teleinformatika

Vysoká škola: VUT Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Předložená disertační práce se zabývá aktuálním tématem z oblasti lékařské ultrazvukové sonografie. Problematika ultrazvukové diagnostiky je vysoce aktuální, protože umožňuje neinvazivním způsobem a rychle stanovovat diagnózu s použitím relativně laciného a mobilního zařízení. Vyhodnocení snímků ultrazvukové sonografie je ale, vzhledem k jejich nízké kvalitě poměrně obtížné. Proto každý postup jejich elektronického zpracování, který jejich vyhodnocení lékařem zjednodušuje, je velice přínosný.

V práci je řešen problém vyšetření dynamických vlastností karotidy, konkrétně měření změny jejího poloměru během srdečního cyklu, jehož výsledek lze použít pro diagnostiku kardiovaskulárního onemocnění.

Poloměr karotidy je nutno odečíst v době systoly a diastoly jako amplitudu pohybu arteriální stěny během jednoho srdečního cyklu. Měření se v současné době provádí manuálně na uložených snímcích, při kterém operátor vybere vhodné body na arteriální stěně, podle jejichž pozic jsou vypočteny poloměry karotidy na zvolených snímcích.

Práce se zabývá automatickou metodou pro interaktivní kontinuální měření parametrů karotidy. Jednotlivé sonografické snímky zobrazující vyšetření karotidy jsou v reálném čase zpracovávány a výsledky měření jsou k dispozici okamžitě v průběhu vyšetření, bez nutnosti záznamu snímků. Práce proto automaticky řeší procesy, které jsou při stávajícím postupu prováděny manuálně. Je to především problém lokalizace artérie a dále postupy vhodné pro potlačení vlivu dalších pohybů artérie při měření, vznikajících např. vlivem dýchání.

Odpovídajícím způsobem k výše uvedeným problémům autor volí cílem disertační práce návrh a implementaci systému pro automatické interaktivní kontinuální sledování artérie, který je popsán následujícími požadavky (zkráceně): pracuje zcela automaticky, měření provádí spolehlivě a přesně i pro nepřetržitý tok dat, je odolný vůči rušivým jevům a šumu ve snímcích, pracuje v reálném čase, data a naměřené hodnoty umožňuje uložit do různých formátů a je jednoduše rozšířitelný a upravitelný.

Algoritmus funkce systému, navrhovaný autorem, vychází z detekce významných bodů na stěně artérie. Z pozic bodů je určován poloměr artérie a množina významných bodů v posloupnosti snímků je originálním způsobem aktualizována tak, aby byl potlačen vliv pohybu artérie ve snímku na měření. V práci je uvedeno a porovnáváno 8 podobných algoritmů, ve kterých jsou používány různé detektory významných bodů.

Sledované algoritmy autor testuje na umělých sekvencích sonografických snímků, na kterých střední kvadratickou chybou vyhodnocuje přesnost měření podle odchylky změřeného poloměru artérie od správné hodnoty. Testovací umělé sekvence sonografických snímků jsou generovány buď modifikací reálných snímků, nebo zcela synteticky pomocí simulačního programu FIELD. V oblasti této problematiky autor formuluje nový matematický model pohybu arteriální stěny v příčném směru, který zohledňuje i vliv dýchání.

Navrhovaný algoritmus je vždy porovnáván s algoritmem, který je označován jako referenční metoda, a který nezohledňuje pohyb artérie ani vzdalování sledovaných bodů od arteriální stěny a používá shodný detektor významných bodů.

Výsledky testů, dle autora, dokumentují zvýšení přesnosti měření poloměru karotidy při použití navrhovaného algoritmu ve všech případech, kdy ve snímcích dochází k pohybu nebo je zpracováván signál zatížen šumem.

Práce je psána přehledně a pečlivě s minimálními nedostatky. Rozsah práce (135 stran) je na horní hranici rozsahu přiměřeného pro disertační práci. Práce obsahuje v seznamu literatury 113 odkazů na literární prameny, z nichž u 29 je autor práce autorem nebo spoluautorem. V práci je uveden i seznam publikací autora práce - 2 publikace v impaktovaných časopisech, 7 publikací v časopisech bez impaktního faktoru, 20 publikací na konferencích a 10 publikovaných programů.

K práci mám následující dotazy a připomínky

Připomínky formálního charakteru:

1. Popis módů ultrazvukové sonografie uvedený autorem na str.12 odpovídá popisu, který je uváděn pouze některými autory. Jako mód B je obvykle označováno jednorozměrné zobrazení zobrazující jako jas bodu na časové ose závislost úrovně echosignálu na čase od vyslání budicího impulzu. Zobrazení uvažované autorem je vždy dvoudimenzionální obraz, zobrazující jako jas obrazového bodu, úroveň echosignálu z elementární oblasti ležící přibližně v rovině kolmé k povrchu těla. Toto zobrazení je obvykle označováno jako dvoudimenzionální zobrazení v B módu, nebo dynamické zobrazení v B módu.
2. V popisu obr.3.7 na str. 49 je uváděno zobrazení sledovaných bodů barevnými kruhy, reálné obrazce zobrazující sledované body na obr. 3.7 odpovídají spíše čtvercům nebo osmicípým hvězdám.
3. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou většinou udávány s nevhodnou, velmi vysokou přesností. Střední kvadratickou chybu (RMSE) je obvyklé zaokrouhlovat na 2 platné číslice. Uvádět veličinu a její nejistotu, která přesahuje 10 %, na 6 platných číslic je velmi zvláštní.(Tab. 4.5 na str. 88)

Připomínky a dotazy věcného charakteru:

1. V práci je věnována velmi malá pozornost vzájemnému vztahu fyzikální reality číslicového signálu ultrazvukového snímku, který ji reprezentuje. Dle mého názoru by bylo vhodné blíže popsat snímací zařízení, umístění sondy na těle pacienta, digitalizaci analogového signálu.
2. Jaký je reálný poloměr karotidy a sledovaná změna jejího poloměru ? Na obr. 3.9, 3.12 a v přílohách jsou tyto veličiny udávány v pixelech. Podle prostorového rozlišení 97 μm , které je uvedeno na str. 93 pro sondu Ultrasonix L14-5/38, lze určit reálný průměr karotidy přibližně 8 mm, který odpovídá realitě a amplituda změny průměru karotidy přibližně 1 mm. Srovnáme-li ale tuto hodnotu s průběhem výchylky arteriální stěny v radiálním směru, který je určen podle modelu a je uveden na obr.1.6 a dosahuje velikosti téměř 9 mm, je tato hodnota téměř 20krát větší. Potom tvrzení, že křivka příliš neodpovídá skutečným průběhům, je vůči modelu nadměru smířlivé.
3. Jak bude ovlivňovat přesnost měření změna reálného průměru karotidy, která se u dospělých osob pohybuje minimálně v rozmezí 4 až 8 mm?

Shrnutí a závěr

1. Problematiku uvedenou v předložené práci s názvem „Dlouhodobá analýza ultrazvukových videosekvencí s využitím metod detekce významných bodů“ lze považovat za aktuální a v současné době rozvíjenou zejména ve spojení s metodami neinvazivní lékařské diagnostiky používané pro včasnou detekci kardiovaskulárních onemocnění. Práce svým obsahem přispívá k rozšíření poznání uvedené problematiky a svým obsahem a zaměřením spadá do oblasti studijního oboru „Teleinformatika“.
2. Původní výsledky práce jsou obsaženy v algoritmu pro dlouhodobé sledování artérie a ve formulaci nového modelu pohybu arteriální stěny. V práci jsou navrženy a ověřeny dva nové procesy pro stabilizaci pozice významných bodů na stěně sledované artérie – proces aktualizace sledovaných bodů a proces reinitializace. Dále je formulován nový matematický model pohybu arteriální stěny v příčném směru zohledňující vliv dýchání. Na základě tohoto modelu jsou vytvářeny umělé sekvence snímků využívané pro testování navrhovaného řešení.
3. V seznamu publikací autora je uvedeno 29 publikací, z toho 2 články v impaktovaných časopisech a 10 publikovaných programů. Všechny publikace jsou zároveň uvedeny jako literární prameny práce. Problematika detekce objektů v obraze je tématikou většiny z nich a stěžejní výsledky práce jsou v nich uvedeny.
4. Z předložené práce lze usoudit, že Ing. Martin Zukal je pracovník s vědeckou erudicí, schopný samostatné vědecké práce.

Předložená práce se věnuje analýze ultrazvukových videosekvencí k dlouhodobému měření parametrů karotidy v příčném řezu. V oponované práci nejsou patrné zásadní chyby věcného charakteru. Práce přináší původní výsledky a má nesporný význam pro vědní obor. Doktorand prokázal v práci schopnosti samostatné vědecké práce a orientaci v dané problematice.

Předložená práce splňuje obsahové i formální nároky na disertační práce podle zákona č. 111/1998Sb. § 47 a prováděcích předpisů pro řízení k obhajobě disertační práce a proto ji

doporučuji k obhajobě

V Praze dne 20. 4. 2015

Adresa:

České vysoké učení technické
Fakulta elektrotechnická
Technická 2
166027 Praha 6
Tel.: 02-22435 2165
e-mail: papez@fel.cvut.cz

doc. Ing. Václav Papež, CSc
oponent

