

Softverska vizuelizacija srčanih tonova i njihova analiza primjenom kombinovanih algoritama programskog paketa LabView-a

Mitar Grgur

Rudnik i Termoelektrana Gacko
Gacko, Republika Srpska BiH
mitargrgur@yahoo.com

Đaković Joka

Zavod za medicinu rada i sporta RS
Banja Luka

Sažetak Predmet rada je softverska vizuelizacija srčanih tonova primjenom graphics&sound LabVIEW algoritama. Fonokardiogram dobijen na ovaj način je moćno sredstvo za vizuelnu analizu, što ima velike prednosti u odnosu na klasičnu auskultaciju. Ovaj pristup je karakteristika najnovijih elektronskih stetoskopa. Realizacija virtuelnog stetoskopa na opisani način je u potpunosti sa najnovijim tendencijama koja se postavlja pred savremenu medicinsku instrumentaciju koju karakteriše sve više razvoj softverskih rješenja. U prvom dijelu rada dat je kraći anatomsko-fiziološki opis građe srca koji je neophodan za razumijevanje fonokardiograma. U drugom dijelu dat je opis predloženog algoritma za određivanje najčešćih srčanih oboljenja uz napomenu da je analiza i formiranje “baze znanja” određena na osnovu wav fajlova sa www.thinklab.com.

Ključne riječi: 1; Fonokardiogram 2; Auskultacija 3; LabVIEW 4; Virtualna instrumentacija

1. UVOD

Jedan od dva najčešća uzroka smrtnosti, ne samo kod nas, nego i širom svijeta su, upravo, bolesti srca. Samo liječenje je znatno efikasnije ako se počne blagovremeno. Brojni srčani poremećaji, a posebno oni vezani sa zaliscima mogu se uspješno detektovati pomoću auskulacije. Međutim, auskulacija zahtijeva znatnu obuku i veliko iskustvo [2].

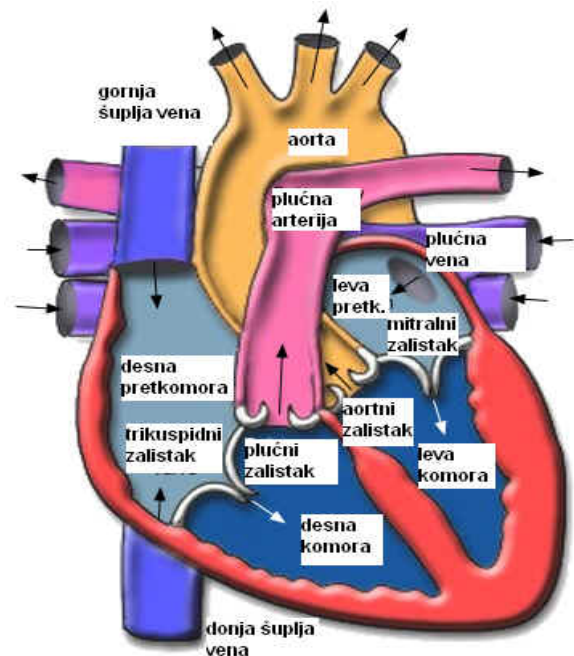
2. OSNOVE ANATOMSKO FIZIOLOŠKE GRAĐE SRCA

Prije nego što se pređem na samu analizu fonokardiografskog signala, potrebno je u kraćim crtama dati osnove građe samog srca sa akcentom na rad zalizaka i tok krvi jer su, upravo, oni uzrok nastanka stečenih zvukova, šumova i slično.

Srce je građeno od dvije komore i dvije pretkomore – lijevu i desnu koje su odvojene pregradom – septumom – slika broj 1. Desna pretkomora i komora predstavlja u mehaničkom smislu, pretpumpu i pumpu koja “pumpa” krv u pluća, dok lijeva pretkomora i komora predstavlja sistem pretpumpe i pumpe koju krv iz lijeve pretkomore pumpa u lijevu komoru, a odatle preko aorte u sve dijelove tijela.

Između lijeve pretkomore i komore nalazi se trikuspidalni zalizak – ventil (value), dok se između lijeve pretkomore i

komore nalazi mitralni zalizak. Njihova uloga je da propuštaju krv u samo jednom smjeru – iz pretkomore u komoru.



Slika broj 1. Pojednostavljena anatomska građa srca

Uloga aortnih i plućnih zalizaka je da propuštaju krv lijeve komore (aortni zalizak), odnosno desne komore u plućna arteriju.

3. SRČANI CIKLUS, ZVUCI, ŠUMOVI I DRUGI PARAMETRI PCG -A

Srčani ciklus traje oko 0.8 sekundi i sastoji se od dvije faze: sistole i diastole. Prilikom sistole (kontrakcije) lijeve i desne komore dolazi do brzog zatvaranja mitralnog i trikuspidalnog zaliska što se registruje na fonokardiogramu (PCG-u) kao S1 ton. Frekventni opseg S1 je u granicama od 30-100 Hz, a traje 30-100ms. Zatvaranje plućnog i aortnog zaliska na kraju sistolnog perioda dovodi do pojave drugog tona S2. Frekventni opseg S2 zvuka je, takođe, u istom frekventnom opsegu, ali je

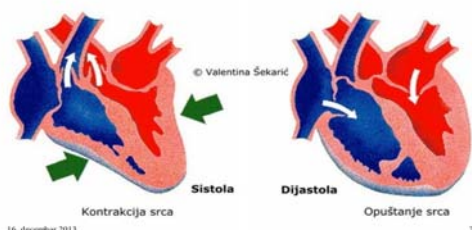
njegovo trajanje, približno, duplo kraće 25-50 ms. Zdravo srce proizvodi prvi i drugi ton S1 i S2.

Pored ova dva osnovna tona, pojavljuju se još dva dodatna tona S3 i S4. S3 nastaje usljed punjenja krvi pretkomora tj. brzog kretanja krvi u pretkomore. Frekventni opseg je nešto niži u donjem dijelu i kreće se u granicama od 10-100 Hz u vremenu od 40-60 ms. S3 ton, obično, nestaje poslije 30-e godine, a izraženiji je kod djece.

S4 ton nastaje zbog aortne kontrakcije, a karakteriše ga frekvencija od 10-50 Hz i trajanje od 30-60 ms [2].

4. PROTOK KRVI KROZ SRCE

Na slici broj 2. prikazan je protok krvi kroz srce. Na lijevoj dijelu slike prikazan je protok krvi iz desne i lijeve komore u aorte kada su otvoreni aortni i pulmarni zalisci za vrijeme sistole – kontrakcije srca [6].



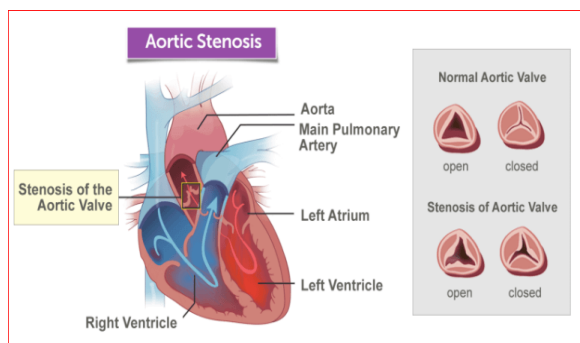
Slika broj 2. Tokovi venske i arterijske krvi kroz srce

Na desnom dijelu slike prikazano je punjenje pretkomora kod otvaranje mitralnog i trikuspidalnog zaliska za vrijeme dijastole (opuštanja srca).

Ovo je od suštinske važnosti za razumijevanje karakterističnih oboljenja srčanih zalizaka od kojih su, najkarakterističnije, date u nastavku.

5. AORTNA STENOZA I AORTNA REGURGITACIJA

Aortna stenoza je srčana mana koja se ogleda u suženju otvora samog arterijskog zaliska što ima za posljedicu mehaničku prepreku ispumpavanja krvi iz lijeve komore u aortu – slika broj 3. Aortni zalizak je trolisni (trikuspidalni), ali može biti i dvolisni, a što predstavlja najčešću urođenu srčanu manu koja može biti uzrok stenoze [6].



Slika br.3 Aortna stenoza

Simptomi aortne stenoze (osjećaj nedostatka vazduha, noćnog gušenja, skupljanje tečnosti u plućima, kratkotrajnog gubitka svijesti (sinkopa)) i drugih, ne moraju biti izraženi dugo vremena. To je zbog toga što suženje aortnog zaliska ima za posljedicu opterećenje srca, jer srce mora da pumpa istu količinu krvi kroz suženi otvor pa srčani zidovi postaju deblji tokom vremena. Sama pojava simptoma ukazuje da je bolest već klinički znatno napredovala i bez hirurške intervencije preostali životni vijek je od dvije do pet godina. Hirurška intervencija predstavlja ugradnju vještačkih ili prirodnih zalizaka.

Aortna regurgitacija ili aortna insuficijencija nastaje kao posljedica deformacije aortnog zaliska koji zbog toga ne zatvara u potpunosti aortni otvor, a što ima za posljedicu proširenja srca. Naime, količina krvi koja se vraća zavisi od insuficijencije perifernog vaskularnog otpora kao i dužine dijastole. Niža frekvencija znači duže trajanje dijastole što ima za posljedicu veću količinu vraćene krvi. Sve to, za posljedicu, ima veće opterećenje lijeve komore što dovodi do veće hipertrofije. Prepoznatljiv simptom aortne insuficijencije je „sistolni kolaps“ koji nastaje usljed naglog porasta pritiska (povećana količina krvi u lijevoj komori) i njenog naglog opadanja (ispumpavanje krvi u plućnu aortu). Važno je napomenuti da je već u ranoj dijagnostici moguće uočiti karakterističan šum koji počinje odmah nakon S2 i završava se prije S1.

6. MITRALNA REGURGITACIJA I MITRALNA STENOZA

Mitralna regurgitacija ili mitralna insuficijencija nastaje kao posljedica njegovog nepotpunog zatvaranja prilikom sistole. To ima za posljedicu djelimično vraćanje krvi u lijevu pretkomoru i pluća. Interesantno je napomenuti da je lijeva pretkomora u početnoj fazi djelimično zaštićena jer je zbog „oduška“ potrebna manja energija da se krv istisne iz nje. Međutim, sa napredovanjem bolesti mitralni zalizak postaje više raširen pa u lijevu pretkomoru dolazi sve više krvi, što opterećuje plućnu cirkulaciju, a što dalje dovodi do izlivanja vode u plućima. Trikuspidalna regurgitacija je posljednja faza bolesti usljed slabljenja (popuštanja) desne komore.

Uzroci nastanka mitralne regurgitacije su brojni: reumatska groznica, bolesti krvnih sudova, dugotrajno konzumiranje alkohola itd.

Simptomi su: nedostatak daha, otežano disanje, kašalj, ubrzano zamaranje, trajni umor, malaksalost, prisustvo crvenila u licu [2].

7. AUSKULTACIJA SRČANIH ZVUKOVA KLASIČNIM I SAVREMENIM STETOSKOPIMA

Auskultacija srca pomoću stetoskopa primjenjuje se još od početka devetnaestog vijeka i predstavljala je, i dalje predstavlja, jedan od nezamjenjivih i najviše korištenih instrumenata u ljekarskoj praksi. Međutim, auskultacija zahtijeva veliku obuku i „istreniranost“ zbog relativno kratkog trajanja periode (ispod 1 sec), kao i dosta složenog prepoznavanja pojedinih komponenti dijelova srčanih tonova. Tako, npr. teško je razlikovati mitralnu i trikuspidalnu komponentu tona u S1 sinalu PCG-a, odnosno arterijskog i

plumarnog tona u S2 signalu. Ovi problemi u znatnoj mjeri mogu biti prevaziđeni upotrebom savremenog stetoskopa.

Tako je na slici broj 4. prikazan jedan od najnovijih modela elektronskog stetoskopa sa integrisanim displejem – tip VisScope MD [7]. Kao što se sa slike vidi, i za najnovije verzije elektronskog stetoskopa ostavljena je mogućnost auskultacije pored displeja na kome je moguće prikazati MUR-a (Murmur-Signal Value).



Slika broj 4. Elektronski stetoskop VisScope MD

Novi elektronski stetoskop, upravo zbog prethodno navedenih i drugih, problema vezanih za auskultaciju ima ugrađen monitor na kome je prikazan i talasni oblik srčanog tona .

8. SOFTVERSKA VIZUELIZACIJA REALIZOVANA POMOĆU PROGRAMSKOG JEZIKA LABVIEW-A

Softverska vizuelizacija PCG-signalu razvijena je na osnovu Sound algoritama LabVIEW-a 11. LabView je grafički programski jezik koji koristi ikone umjesto tekstualnog načina pisanja programa.

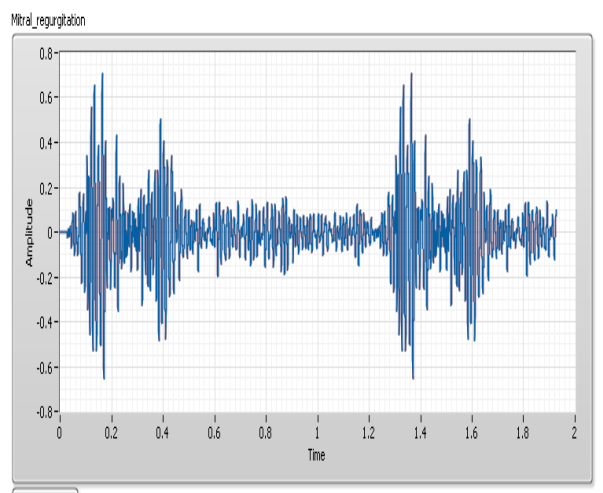
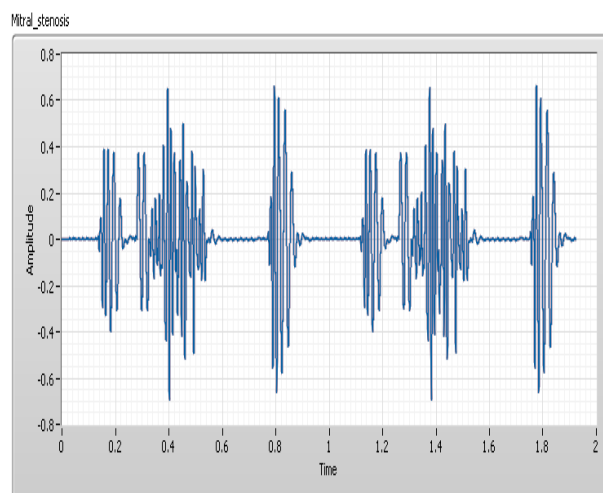
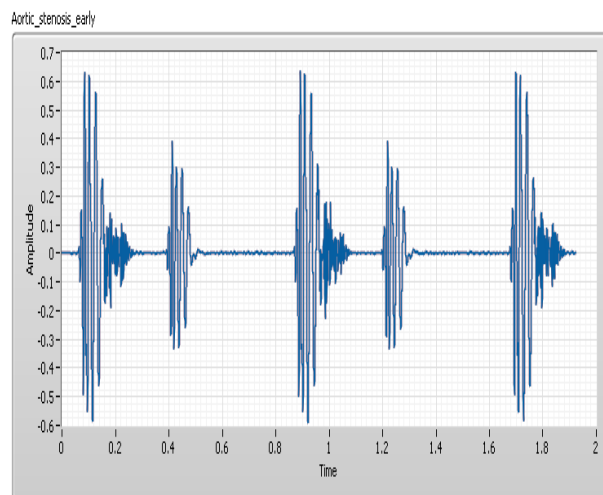
Široka mogućnost integracije hardvera i softvera preko moćnih alata za akviziciju, validaciju i izvještavanje je razlog da je LabVIEW najviše korišten za brzi razvoj i testiranje kompleksnih medicinskih uređaja. Zbog toga se hardverski i softverski proizvodi firme National Instruments koriste u medicinskoj instrumentaciji.

Auskultacija obuhvata akviziciju srčanog zvuka i njegovu analizu uz napomenu da su brojni radovi iz oblasti fonokardiografije, elektrokardiografije, elektroencefalograma i uopšte biomedicinskih aplikacija, upravo, realizovani primjenom programskog paketa LabView-a.

Na slici broj 5. prikazani su grafici karakterističnih srčanih oboljenja. Grafici aortne stenozе u ranoj fazi, mitralne stenozе i regurgitacije prikazani su na slici broj 5. uz napomenu da su MP3 formati fajlova preduzeti sa www.thinklabs.com.

Ono što je posebno značajno, je što je moguće vršiti “zoom” pomoću “Graph Palette” odabranog dijela iz grafika kako bi se jasno uočili grafici S3 i S4 signala, kao i dijelovi grafika između S1 i S2 dijela grafika. Na taj način moguće sasvim jasno vidjeti, npr, mitralnu i trikuspidalnu komponentu S1 signala.

Ostale mogućnosti bilježenja PCG-a su neuporedivo veće i u odnosu na navedeni najsavremeniji tip elektronskog



Slika broj 5. PCG karakterističnih bolesti zalizaka

stetoskopa. Posebna prednost primjenjenog algoritma vizuelizacije je u tome što njegova primjena nije ograničena samo na PC, LabTop ili NoteBook računare. Dodatnim prilagođenjem moguća je njegova primjena i na tablet i iPhone telefona, a što dalje otvara dodatne mogućnosti slanja snimljenog PCG –a I posebnim, specijalističkim, zdravstvenim ustanovama. (Real Time Patient Tele-monitoring System Using LabView)

9. NEKE PREDNOSTI SOFTVERSKA ANALIZA PCG-A I VIRTUELNE MEDICINSKE INSTRUMENTACIJE

Uočavanje razlika između normalnog i bolesnog zvuka srca, a posebno razlika između različitih vrsta oboljenja, pomoću klasičnog stetoskopa, zahtijeva pored znanja, i veliku „istreniranost“ doktora. Naime, srčani šumovi i tonovi su u području niskih frekvencija. Zbog toga je dosadašnja praksa pokazala da ljekari u pojedinim slučajevima pogrešno postavljaju dijagnozu srčanih šumova, a naročito kod djece. Zbog toga će sve više, pored klasičnih, stetoskopa biti korišteni elektronski stetoskopi u mnogo većoj mjeri.

Posebno je, zbog velikih mogućnosti i brzine obrade signala u realnom vremenu, upotreba današnjih računara sasvim opravdana i u medicini.

Hardverski i softverski proizvodi kompanije National Instruments široko se koriste u biomedicinskim aplikacijama kao što su biofizička ćelijska fiziologija, snimanje tkivnih kapilara, biomehanike, laboratorijske automatizacije itd. Medicinski instrument koji se razvije na platformi LabVIEW-a zove se virtuelni medicinski instrument i ima sve funkcije tradicionalnog medicinskog instrumenta. Osim toga na takvom instrumentu moguća je brza i uslovno rečeno, laka, dogradnja, izmjena, uz istu ili minimalnu hardversku nadogradnju [4].

Na taj način virtuelna medicinska instrumentacija zamjenjuje tradicionalni medicinski instrument koga definiše proizvođač i koga, kao takvog, korisnik ne može mijenjati.

10. KRAĆI OPIS PREDLOŽENOG RJEŠENJA I TABELARNI PREGLED REZULTATA KARAKTERISTIČNIH OBOLJENJA SRČANIH ZALIZAKA

Da bi bilo, uopšte moguće, korištenje zvučne kartice PC, laptop računara potrebno je iza stetoskopa postaviti mikrofona kako bi se signal iz mikrofona prenio do zvučne kartice računara. Druga, znatno bolja varijanta je da se koristi profesionalni elektronski stetoskop koji ima posebno namijenjen ulaz za zvučnu karticu računara i bez klasičnih slušalica jer se srčani ton može čuti na ugrađenom zvučniku ili eksternom zvučniku spojenom na audio izlaz.

Mi smo se opredijelili za drugu varijantu tj. za profesionalni elektronski stetoskop iz dva razloga.

Prvi razlog je da je za formiranje baze znanja potrebno posjedovati provjereni stetoskop. Kako na Internet stranici <https://www.thinklabs.com> već postoji 105 gotovih tonskih zapisa, a to je, u prvoj varijanti jedino moguće koristiti iste kako bi, na osnovu tih i takvih provjerenih tonskih zapisa bilo

moguća dalja analiza. Ako se pri tome u svakom budućem radu koristi i stetoskop iste firme, to su stvoreni svi potrebni preduслови za uspješan dalji rad.

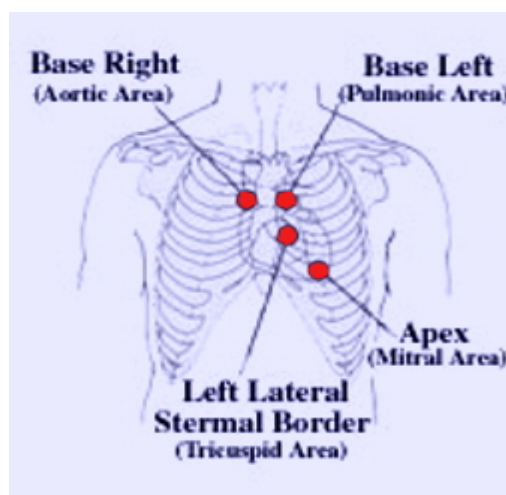
Ovdje treba, takođe naglasiti, da je snimanje auskultacije zvuka i njihovo uključivanje u elektronsku medicinsku dokumentaciju Electronic Medical Records (EMR) bilo od izuzetnog značaja pri sistematskim pregledima radnika zato što bi bilo moguće poređenje sa prethodnim pregledima. Tako bi već u ranoj fazi bilo moguće ustanoviti sami početak oboljenja. Ovo se, međutim, ne odnosi samo na redovne sistamske preglede. Već u kliničkoj praksi, SAD-a i nekih drugih država, za praćenje doziranja propisanih lijekova, od izuzetnog značaja je poređenje zvuka srca [5].



Slika broj: 5. Fizički izgled Digitalnog stetoskopa Thinklabs One

Da bi se dobio odgovarajući zvuk srčanog zaliska, potrebno je stetoskop postaviti na odgovarajuća mjesta (fokuse) kako je to prikazano na SL. 6.

Na taj način se vrši auskultacija aortnog, plućnog, mitralnog i trikuspidalnog fokusa na osnovu kojih se vrše sve kasnije obrade. „Sirovi“ PCG je potreban kako bi se povećala fleksibilnost njegove primjene za filtriranje po izboru samog korisnika. Tako je moguće da sam korisnik sam konfigurira filter, a što podrazumijeva: filter type, filter specification, finite impulse response, infinite impulse response, view mod /signal ili transfer function, scal mode itd. Neki rezultati primijenjenih algoritama dati su u tabeli broj 1.

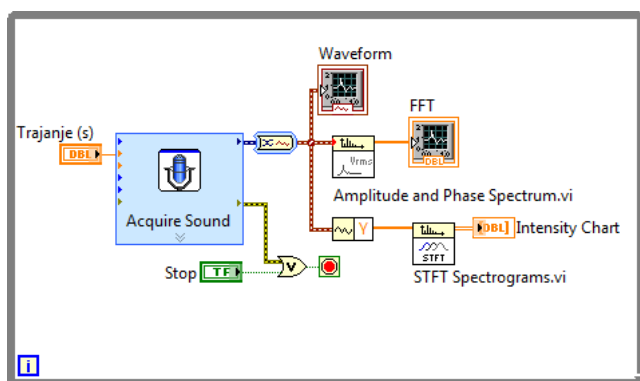


Slika br. 6. Fokusi kod auskultacije srčanih tonova

Prednost korištenja programskog paketa LabVIEW-a ogleda se u jednostavnosti, fleksibilnosti i mogućnosti korištenja već razvijenih algoritama. Da bi to bilo jasnije, na slici broj 7. prikazan je pojednostavljeni dio dijela programa za akviziciju sa zvučne kartice. Sa slike se jasno vidi da je samo sa jednim gotovim Ekspres Acquire sound moguće grafički prikazati tonski oblik na grafiku.

Amplitudni i fazni spektar je moguće prikazati na drugom grafiku korištenjem gotovog potprograma Amplitude and Phase Spectrum.vi.

Dobijanje različitih spektograma, konkretno STFT (Short-time Fourier Transform -a) moguće je korištenjem potprograma STFT Spectrogram.vi. Kako je u pitanju pojednostavljen, principijelan funkcionalni diagram, to nisu prikazani drugi ulazi/izlazi navedenih algoritama.



Slika 7. Pojednostavljeni dijagram unosa zvučnog signala i njegov prikaz na graficima

Na sl. 7. prikazani su neki od korištenih algoritama kako bi se po više osnova došlo do što potpunijeg zaključka.

Zbog toga su korišteni rezultati dobijeni Ekspres vi Spectral Measuremen što uključuje Power Spectrum, Magnitude (RMS) i Magnitude Peak.

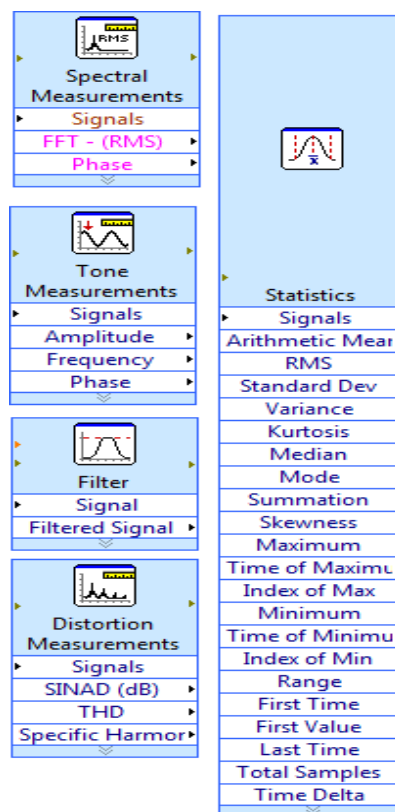
Obzirom da mjerenja audio signala zahtijeva složenu analizu kvalitetnog ulaznog signala, kompleksno skaliranje i njegovu grafičku interpretaciju, LabVIEW je razvio poseban program u okviru Express vi-a Tone Measurements koji daje informaciju o amplitudi, frekvenciji i fazi ulaznog signala.

Mjerenje izobličenja na ulaznom signalu vrši se Distorsion Measurements čiji je izlaz THD (Total Harmonic Distorsion), SINAD i Specific Harmonic).

Osim navedenih algoritama, kao još jedan kriterij koji služi za identifikaciju oboljenja srca koristi se Statistic potprogram Ekspres LabVIEW-a čiji su izlazi dati na sl. 8. Kako se sve navedene izlazne vrijednosti algoritama uvode u fuzzy kontroler, to je bilo potrebno izvršiti skaliranje izračunatih vrijednosti iz algoritama. Iz tabele 1. date su skalirane vrijednosti za zdravo (normalno) srce, MR – Mitral Regurgitation, ASD – Atrialni septalni defekt, PS – Pulmonarne stenoze i MS – Mitralna stenoza.

Kao što je iz tabele očigledno, karakteristike navedenih oboljenja se znatno razlikuju jedna u odnosu na drugu, pa

fuzzy kontroler bez problema može indetifikovati koje je oboljenje u pitanju.



Slika broj 8. Neki od korištenih algoritama obrade signala

Tabela broj 1. Karakteristične mane srčanih zalizaka

Veličine PSG-a	(skalirane vrijednosti za fuzzy kontroler)				
	normal	MR	ASD	PS	MS
amplitude	22,79	75,16	69,97	43,75	103,79
frequence	93,16	69,99	135,39	192,94	43,83
cycle avarage	-11,69	100,02	-44,11	-12,23	19,46
cycle RMS	14,57	58,20	25,45	12,74	23,83
mean DC	-60,09	763,09	-391,72	-119,6	407,50
sinad (dB)	12,02	33,73	25,43	16,46	38,54
THD	9,98	6,63	13,25	11,71	55,90
specific harmonic	22,79	75,16	70	43,75	103,79
arithm. mean	-6,33	-75,58	-39	-12,03	20,6
standard DEV	10,26	19,38	20,68	13,1	25,08
variance	10,53	37,55	42,75	17,14	62,91
kartosis	222,39	77,63	67,22	116	57,22
median	0,00	-34,18	-29	-9,76	16,17
mode	-6,07	69,66	73,1	67,17	66,32

11. ZAKLJUČAK

Vizuelizacija srčanih tonova je na predloženi način, praktično, u potpunosti realizovana. Takođe je napravljen softver za indentifikaciju karakterističnih oboljenja srčanih zalizaka koji su testirani na dostupnim wav fajlovima sa <https://www.thinklabs.com>. Njihovu provjeru je najlakše i najbrže provjeriti na nekoliko periodičnih pregleda radnika za što je upravo idelno rješenje Zavod za medicinu rada i sporta. Poslije toga, a u zavisnosti od rezultata, isti princip analize bi se mogao primijeniti i na analizu zvukova pluća, uz napomenu da je njihova separacija već riješena upravo korištenjem istog programskog paketa LabVIEW-a. Posebno bi bila interesantna analiza Korotkofvih tonova na osnovu kojih bi bilo moguće dobiti i druge vrlo dragocjene podatke obzirom da je mjerenje pritiska redovno koristi u svakodnevnom ambulantom pregledu.

Ipak, još jednom ističem da su prezentovani rezultati dobijeni sa navedene internet stranice, pa ostaje da se isti provjere u praksi.

ZAHVALNICA

Posebnu zahvalnost dugujemo ZP RiTE Gacko uz čiju saglasnost je korištena licencirana verzija LabView 11 Professional Development System koji uključuje: Database Connectivity Toolkit, Internet Toolkit, Report Generation for Microsoft Office Toolkit, Advanced Signal Processing Toolkit, Digital Filter Design Toolkit, PID and Fuzzy Logic Toolkit, NI LabVIEW SignalExpress itd čime je bilo moguće postići dobijene rezultate.

LITERATURA

- [1] LABVIEW Advanced Signal Processing Toolkit Reference Manual National Instruments January 1999 Edition

- [2] Fleksibilni sistem za fonokardiografiju – Magistarski rad Anelina Jokić, br. 01/2009
- [3] http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/vnutrmed2/classes_stud/en/med/lik/ptn/Internal%20medicine.
- [4] Mr. Bhavin Mehta, Ms. Divya Rengarian, Mr. Ankit Prasad Real Time Patient Tele-monitoring System Using LabVIEW
- [5] <https://www.thinklabs.com/one-digital-stethoscope>
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Third_heart_sound
- [7] [7] <http://www.blog.uporabnastran.si/abstract>

ABSTRACT

The subject of the work is software visualization of heart tones using graphics & sound LabVIEW algorithms. A photocardioqram obtained in this way is a powerful means of visual analysis, which has great advantages over classical auscultation. This approach is a feature of the latest electronic stethoscope. Realization of the virtual stethoscope in the described way is completely with the latest tendencies that are placed before the modern medical instrument, characterized by the increasing development of software solutions. In the first part of the paper, a shorter anatomical and physiological description of the heart structure is given, which is necessary for understanding the phonocardiogram. The second part gives a description of the proposed algorithm for determining the most common heart conditions, with the note that the analysis and the formation of a "knowledge base" is determined based on wav files from www.thinklab.com.

SOFTWARE VISUALIZATION OF HEART TONES AND THEIR ANALYSIS USING THE COMBINED ALGORITHMS OF THE LABVIEW SOFTWARE PACKAGE

Grgur Mitar, Đaković Joka