

Neke mogućnosti softverske dijagnoze karakterističnih srčanih mana analizom fonokardiograma (PCG – a)

Đaković Joka

Zavod za medicinu rada i sporta RS
Banja Luka
jokadjakovic1@gmail.com

Mitar Grgur

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

Sažetak Predmet rada je softverska identifikacija 14 karakterističnih srčanih tonova primjenom naprednih algoritama analize signala i ekspres algoritama LabVIEW programskog paketa. Korištenjem navedenih algoritama, u radu su analizirani fonokardiogrami, kako normalnog srčanog tona, tako i 1. aortic stenosis early, 2. aortic stenosis late 3. mitral regurgitation 4. pulmonic stenosis 5. aortic insufficiency 6. mitral stenosis 7. innocent benign murmur 8. atrial septal defect 9. ventricular septal defect, 10. patent ductus arteriosus, 11. splits 21 split S2, 12. extra heart sounds s31 i 13. extra heart sounds s41. Razvijeni algoritmi bazirani na navedenim algoritmima su maksimalno fleksibilni tako da se isti mogu primijeniti bez značajnijih izmjena i za dalju analizu ostalih srčanih oboljenja.

Ključne riječi: 1. Fonocardiogram (PCG), 2. Auskultacija, 3. LabVIEW, 4. srčani zalisci, 5. Aortic stenosis, 6. Digitalni stetoskop ThinkLab ONE

I. UVOD

Bolesti srca su najčešći uzroci smrti u svijetu već duže vrijeme, a ono što je posebno alarmantno je što se stopa smrtnosti i dalje povećava. Prema brošuri Word Heart Federation od 28.09.2018.godine “*Svake godine, 17,5 miliona ljudi umre prerano od kardiovaskularnih oboljenja, uključujući oboljenja srca i moždani udar. Zato su svjetski ubica broj jedan i do 2030-te se očekuje da će ovaj broj narasti do 23 miliona.*” Međutim, u istoj brošuri se navodi:; “*Ali ne mora biti ovako. Mijenjanjem veoma malo stvari u našim životima, svi možemo živjeti duže, bolje, zdravije...*”. Ovdje, posebno, važi zlatno pravilo da je “*bolje spriječiti nego liječiti*”. Zbog toga je i u ovom slučaju rješenje upravo u ranom otkrivanju simptoma kardiovaskularnih bolesti. U tom smislu značajne mogućnosti pruža analiza srčanih tonova snimljenih digitalnim stetoskopima kao što je npr. ThinkLab ONE. Vizuelna analiza fonokardiograma pruža znatno više mogućnosti u odnosu na klasičnu auskulaciju [3]. Detaljniji razlozi korištenja savremenih digitalnih stetoskopa data je u dijelu 5. ovog rada.

Predmet rada je potpuno u saglasnosti sa ciljevima navedenim u “*Dijagnostičko-terapijskog vodiča za porodičnu medicinu*”,

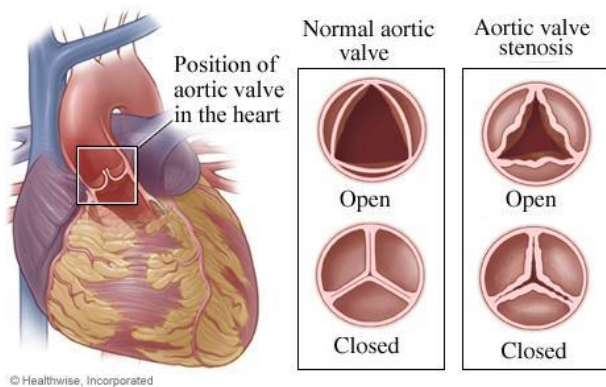
a koji se odnosi na srčanu insuficijenciju, Prim. dr Milenko Krneta i dr Duško Kuprešaka - novembar 2007. godine) u kom je jasno navedeno:

“*Nakon pokretanja Programa kardiovaskularnih bolesti u Republici Srpskoj od 2000. godine Ministarstvo zdravlja i socijalne zaštite je u saradnji sa strukovnim udruženjima uvelo u praksu izradu nacionalnih vodiča za dijagnostiku i terapiju kardiovaskularnih oboljenja.*” Dalje je, posebno, istaknuto: “*Dijagnostičko-terapijski vodiči za doktore porodične medicine predstavljaju najbolju praktičnu primjenu medicine zasnovane na dokazima i omogućuje doktorima da koriste najnovija medicinska saznanja u svakodnevnom radu, stanovništvo da bude liječeno na najbolji način.*”

Da bi se postigli programirani ciljevi, potrebna su prvi i pravi koraci koji će minimalnim ulaganjem postići značajne rezultate. Postojeća mreža mobilne telefonije može se, upravo, najbolje iskoristiti kod primjene digitalnih stetoskopa u kombinaciji sa postojećim mobilnim telefonima, tabletima, laptop-ovima itd. To je, relativno, jeftina oprema koja se može vrlo efikasno primijeniti prilikom redovnih i sistematskih pregleda, te pomoći ljekarima u udaljenim centrima da mogu poslati tonski zapis i zatražiti dodatno mišljenje iz odgovarajućeg medicinskog centra. Osim toga novi digitalni stetoscopi pružaju velike prednosti i u samoj edukaciji studenata. U tom cilju znatni pomak, bez nabavke skupe medicinske opreme može se postići softversko vizuelizacijom PCG-a, a što je i bio predmet našeg prethodnog rada (3). U nastavku će biti date tri karakteristične srčane mane koje se mogu dijagnostikovati, upravo, na osnovu PCG-a, a potvrditi na osnovu korištenih algoritama.

II. AORTNA STENOZA

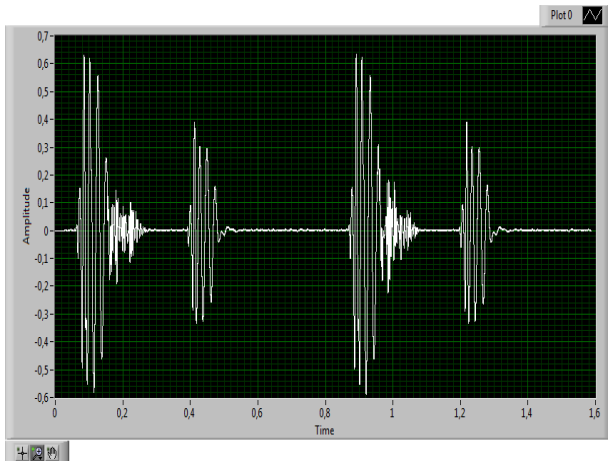
Aortna stenoza je srčana mana koja se ogleda u suženju otvora samog arterijskog zaliska što ima za posljedicu mehaničku prepreku ispumpavanja krvi iz lijeve komore u aortu – slika broj 1. Aortni zalizak je trolisni (trikuspidalni), ali može biti i dvolisni, a što predstavlja najčešću urođenu srčanu manu koja može biti uzrok stenozе.



Slika broj 1. Pozicija aortnog zaliska i izgled normalnih i oboljelih aortnih zalizaka u otvorenom i zatvorenom položaju kod aortne stenoze.

Aortna stenoza je analizirana, posebno, radi njene specifičnosti koja se ogleda u činjenici da približno 17% pacijenata (<https://www.belmedic.rs/bolest/aortna-stenoza>) nema simptome aortne stenoze i dijagnoza se postavlja sistematskom ili slučajnim pregledom. Površina normalnog arteriskog zaliska iznosi 3-4 cm² a u kasnijoj fazi bolesti iznosi oko (i manje) od 1 cm². Kasniji simptomi aortne stenoze su: disponeja (nedostatak vazduha), sinkopa (gubitak svijesti), bol u grudima, izuzetno otežano disanje, kašalj, iskašljavanje krvi, dok su nespecifični simptomi brzo zamaranje, ubrzan rad srca i slabost.

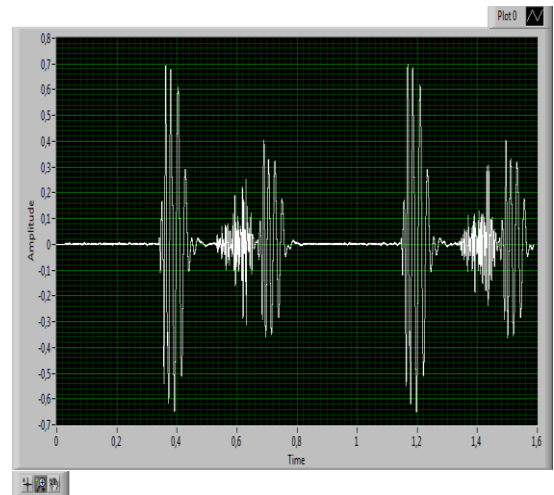
Na slici broj 1. dat je grafik PCG-a kod rane faze aortne stenoze



Slika br.2 Aortna stenoza

Sa grafika je očigledno da do pojave šuma dolazi za vrijeme sistole – iza S1 tj. nakon zatvaranja mitralnog i trikuspidalnog zaliska. Pošto je u pitanju rana faza stenoze – početak sužanja, karakterističan šum nastaje na samom početku sistole. Period dijastole je normalan tj. bez šuma pod uslovom da mitralni i trikuspidalni zalizak potpuno zatvaraju.

Razvojem bolesti dolazi do premještanja šuma ka S2 tako kao što je prikazano na slici broj 3.



Slika br.3 PCG kod kasne faze aortne stenoze

Dakle, poređenjem grafika kod rane i kasne faze aortne stenoze sasvim jasno se može uočiti očigledna razlika koja se sastoji u pojavi šuma odmah nakon zatvaranja mitralnog i trikuspidalnog zaliska tj. odmah nakon S1 tona.

Kasnu fazu stenoze moguće je prepoznati po pojavi ovog šuma prema završetku sistole i početku dijastole.

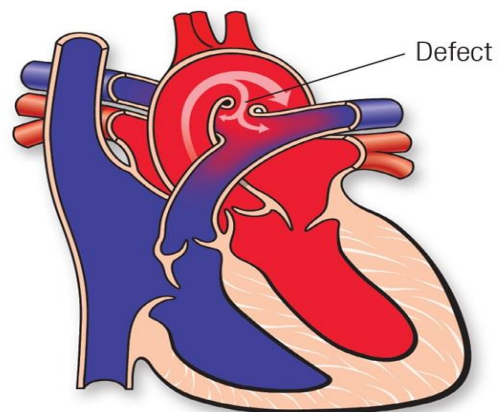
Upravo to daje mogućnost rane dijagnoze stenoze pri rutinskim medicinskoj kontroli ili sistematskim pregledima.

III. OTVORENI ATRERISKI KANAL

Obzirom da je auskultacija srca jedna od najvažnijih metoda klasične dijagnostike urođenih srčanih mana, to je predmet ovog rada analiza dvije najčešće srčane mane: otvoreni aortni kanal i ventrikularni septalni defekt.

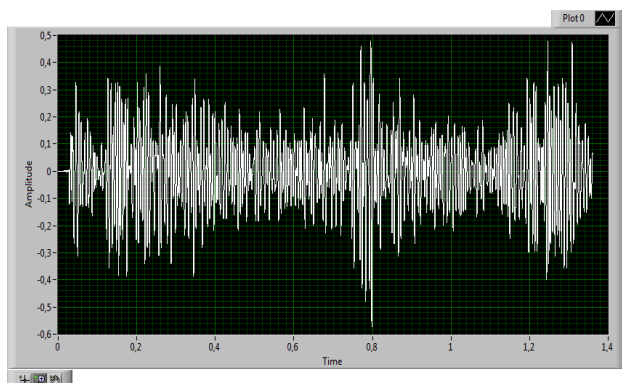
Otvoreni arterijski kanal (Ductus arteriosus presistent (DAP) –lat. ili Persistent (patent) ductus arteriosus (PDA) eng. je otvor u mišićnom sudu između descendentnog dijela aorte i a.pulmonalis preko koga se održava normalna cirkulacija krvi u fetusnom životu, a koji se normalno zatvara 10 – 15 sati nakon rođenja slika broj 4.

Patent Ductus Arteriosus



Slika broj 4. Otvoreni arterijski kanal

U literaturi npr. <https://www.svetmedicine.com/bolesti-i-stanja/interna-medicina/bolesti-srca-i-krvnih-sudova-kardiologija/211-ductus-arteriosus-persistens-dap-otvoren-arterijski-kanal-pda-eng-persistent-patent-ductus-arteriosus> se navodi da je drugi ton „maskiran“ intezivnim šumom, a što je očigledno i sa samog grafika. Ovaj ton se opisuje kao zvuk „lokomotive ili vodopada“.

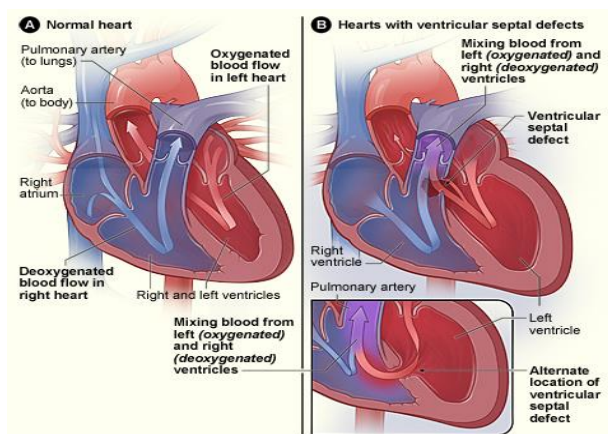


Slika broj 5. Grafik PCG-a kod otvorenog aortnog kanala

Komplikacija, u slučaju šireg kanala, može dovesti do plućne hipertenzije, a česta komplikacija je infektivni endokarditis.

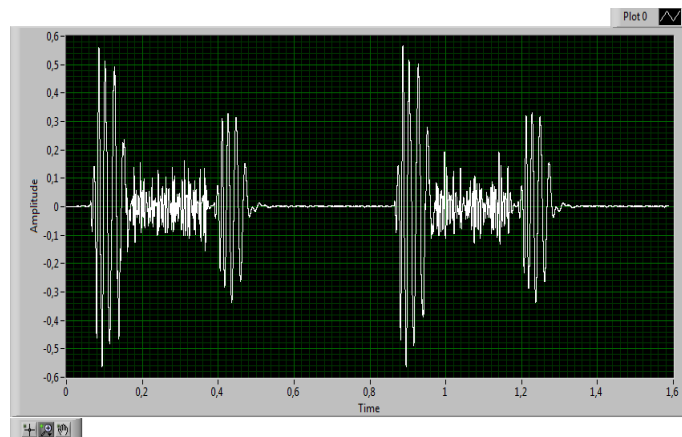
IV. VENTRIKULARNI SEPTALNI DEFEKT

Ventrikularni septalni defekt (lat. Defectus septi ventricularum ili eng. Ventriculium septal defect (VSD)) je, takođe, jedna od najčešćih urođenih srčanih mana. U ovom slučaju u samom srcu postoji otvor (rupa) u zidu između srčanih komora – slika broj 6. VSD se može podijeliti u zavisnosti od mjesta i veličine samog otvora. Mali otvor ne izaziva znatno miješanje krvi između komora pa samim tim i ne dovodi do većeg poremećaja protoka krvi.



(<https://www.centarzdavlja.hr/zdravlje-/srce/ventrikularni-septalni-defekt/?refresh=true>)

Slika broj: 6. Normalno srce i srce sa ventrikularni septalnim defektom i putevi krvi u normalnom i bolesnom srcu.



Slika broj 7. PCG kod ventrikularnog septalnog defekta

Međutim, veći otvor dovodi do porasta pritiska u plućima što ima za posljedicu nastanak plućne hipertenzije usljed povećanog dotoka krvi u plućnim arterijama. Moguće su, međutim i druge komplikacije kao što su srčana insuficijencija. Na slici broj 7 prikazan je grafik PCG-a. Klasičnom auskultacijom čuje se pansistolni šum stepena 3-6/6 koji se najbolje čuje na sredini ili uz donju lijevu ivicu grudne kosti.

Na samom grafiku jasno se vide intezivni šumovi za vrijeme trajanja cijelog perioda sistole obzirom na pritisak usljed kontrakcije komora pa u tom periodu i dolazi do miješanja venske i arterijske krvi kroz otvor i takvo kretanje krvi su i uzrok navedenih šumova. Za vrijeme diastole nema pritiska u komorama, a samim tim nema ni uslova za nastanak šuma uz napomenu da mitralni i trikuspidalni zalisci u potpunosti zatvaraju.

Indetifikacija rane faze obe bolesti je znatno teža pri klasičnoj auskultaciji obzirom na relativno male vremenske intervale.

V. OSNOVNE KARAKTERISTIKE DIGITALNOG STETOSKOPA THINKLAB ONE

Samo iz navedenih grafika očigledna je nesumnjiva prednost korištenja fonokardiograma koji se dobija korištenjem digitalnih stetoskopa, od kojih je Thinklab ONE jedan od vodećih, ako ne i prvi, po svojim izuzetnim karakteristikama.

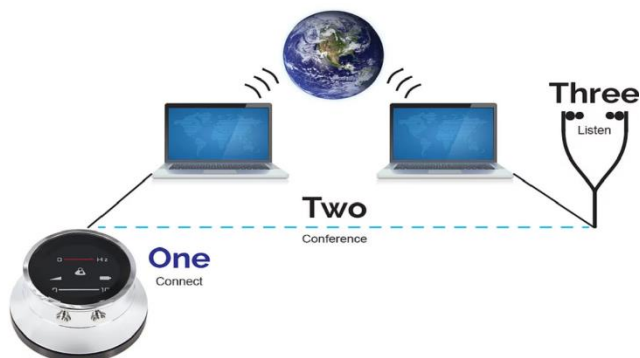
Navedeni digitalni stetoskop, razlogom izuzetnih osobina, koriste osim ljekara, istraživači, edukatori i kliničari zbog njegovih izuzetnih karakteristika od kojih su, samo, neke navedene u nastavku.

- Pojačanje više od 100 puta je znatno veće u poređenju sa klasičnim stetoskopima. Samim tim je moguće pojačati srčane zvuke kod gojaznih pacijenata i kod pacijenata sa bolesnim srcem.
- Ugrađenim hardverskim filterima za različite frekventne opsege što pruža znatnu prednost kod snimanja zvukova srca i pluća obzirom na njihovu razliku u frekventnom domenu. Bez obzira što je moguća softverska realizacija filtera, treba ukazati da programeri nemaju dovoljno iskustva za određivanje parametara softverskog filtera obzirom na brojne

specifičnosti i različitosti, pa je upravo zbog toga opravdana upotreba jednog vrhunskog stetoskopa.

- c) Dizajn koji se razlikuje od standardnog jer nema gumene cijevi i slušalice koje su zadržate još od binauralnog stetoskopa iz 1852. godine koga je razvio George Cammann promijenivši izgled stetoskopa Rene Laennec-a iz 1816. godine. Ovaj novi, digitalni stetoskop se može staviti u džep tako da je promijenjen i sami znak – ikona do sada korištena – doktora sa slušalicama. Bez obzira što su isporučene slušalice visokog kvaliteta, ostavljena je mogućnost korištenja i drugih eksternih slušalica.
- d) Jasan korisnički interfejs i jednostavne operacije pri korištenju jer se sve operacije izvode samo sa četiri tipke.
- e) Ono što je posebno važno je mogućnost povezivanja na iPhone, iPad, Android, Tablet, računare itd. što pruža do sada neviđene mogućnosti.
- f) Snimanje i dijeljenje zvukova pomoću audio aplikacija i komunikacionih aplikacija.

Telekardiologija predstavlja [5] revolucionarni korak u pružanju njege pacijenta koje je neophodno u danjašnjem vremenu. Upravo je na ovaj način eliminisana udaljenost koja razdvaja pacijenta iz neke lokalne bolnice i većeg medicinskog centra.

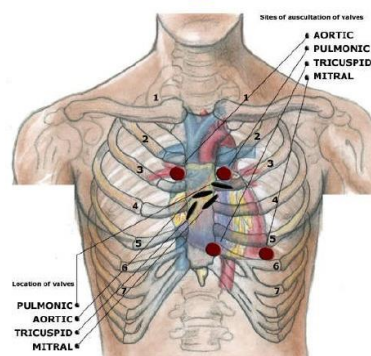


Slika broj 8. Spajanje digitalnog stetoskopa ThinkLab na LabTop računare preko kojeg PCG snimak se može dalje prenositi putem mobilne telefonije

Bez obzira što se u upustvu za korištenje navedenog digitalnog stetoskopa ne traži da se snimanje zvuka vrši na klasičan način, tj. sa fokusa navedenih na slici br. 9. smatramo da je i dalje takvo snimanje potrebno vršiti iz više razloga. Analiza 4. PCG-ova snimljenih sa navedenih fokusa pružaju znatno više informacija koje se samo dopunjuju, a da pri tome vrijeme snimanja i analize nije znatnije produženo. Doktor je ranije, uostalom, morao provesti znatno više vremena prilikom samog slušanja kako bi mogao uočiti neki od karakterističnih zvukova. Uloga samog doktora se znatno promijenila jer on sada, prvestveno, treba da brine o kvalitetu snimka. Naravno, ostavljena je i dalje mogućnost da doktor i dalje koristi svoje prethodno stečeno znanje. U tom smislu ima mogućnost korištenja eksternih profesionalnih slušalica i to po svom

izboru, a što je kod klasičnih stetoskopa bilo nemoguće. Znači, samo vrijeme snimanja se, zapravo, smanjilo obzirom da tonski snimak traje od 7 do 10 sekunda – što je sasvim dovoljno za dalju analizu. Na taj način je moguće sa većom preciznošću ustanoviti potpuniju dijagnozu i ispraviti grešku do koje je, eventualno, došlo pri snimanju jednog PCG-a. Isto tako, u korisničkom upustvu se isključivo ne traži da se stetoskop postavlja ditektno na kožu i da se može postaviti i preko lakše odjeće. Bez obzira i na tu mogućnost, a radi smanjenja šuma do koga u tom slučaju dolazi, smatramo da i tu opciju nije poželjno koristiti, jer je kvalitet samog snimka odlučujući za uspješnu analizu na osnovu koje se može i postaviti pravilna dijagnoza.

Listening Posts



Slika broj 9. Fokusi kod auskultacije srčanih tonova

VI. OSNOVNI OPIS PREDLOŽENOG RJEŠENJA

Analiza PCG-a, koja je potrebna za uspostavljanje dijagnoze navedenih karakterističnih srčanih oboljenja izvršena je korištenjem ekspres algoritama LabView-a.

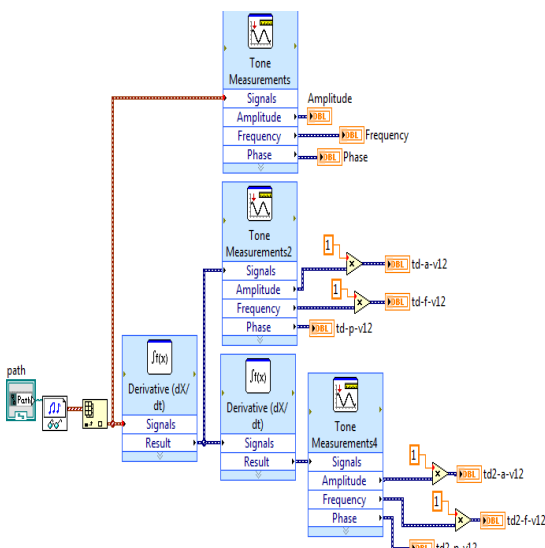
Pored ekspres algoritama Spektral measurements korišteni su i:

- a) Tone Measurements koji kao rezultat daje amplitudu, frekvenciju i fazu ulaznog signala. Posebno je značajno istaći da je za traženu - specifičnu frekvencij moguće naći njenu amplitudu, što je vrlo značajno prilikom identifikacije S3 i S4.
- b) Amplitude and Level Measurements daje, pored RMS i DC komponente signala, pozitivne i negativne pikove, cycle average i cycle RMS.
- c) Distortion Measurements kao rezultat daje SINAD (dB), te ukupni i harmonični nivo signala.
- d) Osim navedenih algoritama u radu su korišteni i rezultati statističkih veličina. Još davno, je H.G. Well (1866-1946) napisao da će „Statistički način mišljenja jednog dana za svakodnevnii život građana postati jednako neophodan kao znanje čitanja i pisanja“. Obzirom na karakteristike računara, posebno današnjih, za koje obimne aritmetičke operacije ne predstavlja nikakav problem, statističke metode

postale integralni dio i drugih oblasti. Tako se analiza vibracija pored standardne Furijeove analize, koja je gotovo isključivo bila korištena proširuje i na statističke metode. Algoritam daje sledeće statističke veličine: srednju aritmetičku vrijednost, mode, standardna devijacija, variansa, kurtosis i skwness. Opravdanost uvođenja statističkih proračuna pokazala se i kod analize navedenig PCG-ova. Tako je pokazano da sve navedene statističke vrijednosti jednoznačno određuju PCG normalnog rada srca tj. ne pojavljuju se u bilo kojem od analiziranih karakterističnih srčanih mana.

VII. KRAĆI OPIS PROGRAMA

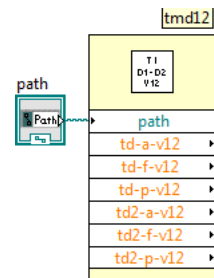
Sam program se sastoji od više podprograma od kojih svaki uključuje samo jedan od navedenih ekspres algoritama. Za ilustraciju, na slici broj 10 prikazan je u pojednostavljenoj formi ton algoritam. Kao što se sa same slike vidi, pored direktne primjene ton algoritma paralelno je korištena i prethodna obrada samog signala jednostrukog i dvostrukog diferenciranja. Pokazalo se da se na taj način eliminišu „preklapanja“ sa nekim drugim simptomom. Naime, kod diferenciranja prvog izvoda PCG normalnog rada srca ima jenoznačno određene vrijednosti amplitude, frekvencije i faze koje se ne pojavljuju kod bilo koje od analiziranih srčanih mana u bilo kojem obliku.



Slika broj 10. Prikaz dijela programa (Block Diagram) kog tonskog mjerenja i prve i druge derivacije ulaznog signala

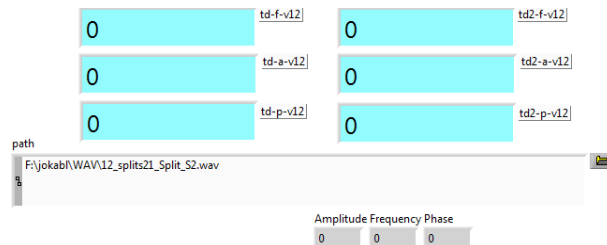
Od tako dobijenih programa dalje se prave podprogrami čija je ikona data na donjoj slici broj: broj 11. Na taj način se sami program znatno pojednostavljen glavni program, nego i znatno ubrzano samo izvršenje zato što je već prethodno izvršena kompilacija. Formiranjem takvih logičnih i funkcionalnih cjelina, moguća je njihova dalja implementacija pri formiranju dijelova glavnog programa. Posebna pažnja je pri tome posvećena da ulazi i izlazi podprograma podprograma imena imena koja lako asociraju na njihovu

stvarnu funkciju, a što je to jasno i sa slike broj 11. na kojoj je prikazan izgled podprograma Sub VI, a koji s eodnosi na aloritam tonskog mjerenja PCG-a.



Slika broj 11. Izgled podprograma (Sub VI) za algoritam tonskog mjerenja PCG-a

Front panel navedenog podprograma dat je na slici broj 12.



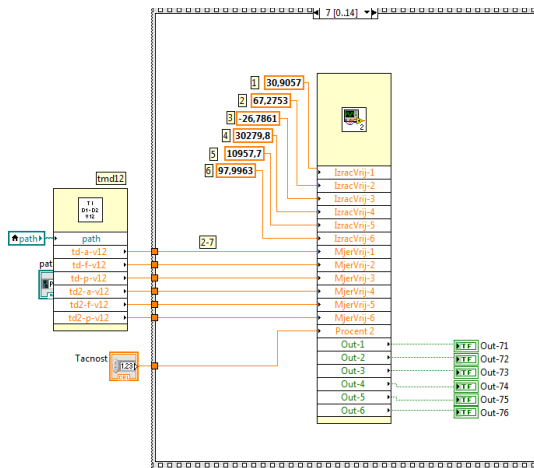
Slika broj: 12. Izgled Front panela kod programa tonskog mjerenja

Od tako dobijenih vrijednosti prave se varijable u zavisnosti od zahtijevane tačnosti koja se određuje u procentima. Slična procedura se primjnjuje i za prethodno navedene Express algoritme. Za svako karakteristično oboljenje (manu) srčanih zalizaka ili samog srca formirane su sve potrebne vrijednosti na osnovu kojih je formirana baza znanja. Iz tako formirane baze znanja se vrši „prepoznavanje“ snimljenog PCG-a i postavljanje same dijagnoze.

Pored toga, ostavljena je mogućnost detaljnog poređenja ulaznog PCG-a sa svim navedenim srčanim manama, prvestveno radi, kompletiranja i popunjavanja baze znanja za slučaj da je u pitanju neko drugo srčano oboljenje. Zbog toga, prtheadno formirani podprogrami paralelno ulaze u odgovarajuće strukture. Na slici broj 13 prikazana Stacked Sequence Structure) koje na front panelu prikazuju izračunate vrijednosti za ulazni signal. Na ovaj način stvoreni su univerzalni moduli pa je za dalje proširenje ostalo samo popunjavanje odgovarajućih polja za konkretnu bolest. Osim toga, prilikom snimanja, svi dijagrami se memorišu u posebne fajlove koje se smještaju u direktorij pacijenta.

To je od izuzetne važnosti za kontinuirano praćenje stvarnog stanja samog srca jer, kao što je već navedeno, neki simptomi npr. rani stadij aortne stenozе.

Na kraju da još jednom ukažemo na fleksibilnost predloženog rješenja koje se ogleda u mogućnosti dodavanja, po potrebi, dodatnih kriterija za specifične slučajeve. Poseban dio programa je generisanje izvještaja koji se može odmah štampati ili može biti u HTML formi za Web stranicu.



Slika broj: 13 DioStacked Sequence Structure

VIII. ZAKLJUČAK

U radu je data analiza 13 karakterističnih mana srčanih zalizaka i bolesti srca. Ono što je posebno važno istaći je da je postojeću bazu znanja relativno lako proširiti i na druge srčane mane koristeći se razvijenim podprogramima. Tako npr. mitralnu regurgitaciju je moguće proširiti i na specifične slučajeve kakvi su: 1. Mitral stenosis accentuated first sound, 2. Mitral stenosis opening snap, 3. Mitral stenosis short mid diastolic murmur, 4. Mitral stenosis presystolic murmur, 5. Mitral regurgitation systolic murmur, 6. Mitral regurgitation systolic murmur high pitched and blowing type, 7. Mitral regurgitation systolic murmur crescendo type, 8. Mitral regurgitation late systolic murmur crescendo type, 9. Mitral regurgitation mid click and late systolic murmur, 10. Mitral regurgitation holesystolic murmur, 11. Mitral regurgitation third heart sound i 12. Mitral regurgitation mitral stenosis. Na ovaj način se izbjegavaju vrlo komplikovani skupi medicinski pregledi u vrlo specijalizovanim medicinskim ustanovama. Druga, vrlo značajna, činjenica je da je, praktično, svaki dom zdravlja posjeduje EKG aparat. Ovakom ili sličnom analizom bilo bi moguće verifikovati dobijene rezultate kao i eliminisati moguće šumove prilikom snimanja PCG-a.

Dopunjavanjem medicinskog kartona sa snimcima PCG-a moguće bi bilo praćenje srčanih tonova i njihovo blagovremeno liječenje u početnoj fazi, a što kao rezultat ima znatno lakše i ekonomičnije liječenje.

Upravo to je moguće ustanoviti prilikom redovnih pregleda radnika, a što je jedan od osnovnih zadataka Zavoda za medicinu rada i sporta.

- [1] LABVIEW Advanced Signal Processing Toolkit Reference Manual National Instruments January 1999 Edition
- [2] Fleksibilni sistem za fonokardiografiju – Magistarski rad Anđelina Jokić, br. 01/2009
- [3] Softverska vizuelizacija srčanih tonova i njihova analiza primjenom kombinovanih algoritama programskog paketa Lab View-a Mr Mitar Grgur dipl.ing i Đaković dr Joka Specijalista interne medicine Zavod za medicinu rada
- [4] Fizičko-matematičke metode za analizu varijabilnosti srčane frekvencije – diplomski rad Umiverzitet u Novom Sadu Prirodno-matematički fakultet – Department za fiziku Novi Sad 2010
- [5] Analysis of Heart Sounds and Murmurs by digital signal manipulation David Theodor Ker Gretzger 1996
- [6] Telemedicina Irini Reljin, Ana Gavrovska Akademsko misao Beograd 2013. godina
- [7] An Leectronic Stetoskope with Diagnosis Capability Wah W. Myint Department of Comp. Science and Software Eng. Auburn University, College of Engineering Auburn, AL 36849 USA, Bill Dillard Department of Comp. Science and Software Eng. Auburn University, College of Engineering Auburn, AL 36849 USA
- [8] DEVELOPMENT OF DIGITAL STETHOSCOPE AND HEART SOUND ANALYSIS Samruddhi Pathil and others Electronics and Telecommunication Department, Fr. C.r.i.t., Vashi, India
- [9] HEART SOUND ANALYSIS USING LABVIEW N. Ruban and others School of Electrical Engineering , VIT University, Vellore, INDIA
- [10] Study of Heart Sound Anallysis Instrument Xiefeng and others College of Electronics science & Engineering, Nanjing China
- [11] PC based Hearh Sound Monitoring System Arathy R Assistent Professor in Electronics and biomedical Engineering College Thrikkakara, Cochin and others
- [12] http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/vnutrmed2/classes_stud/en/med/lik/ptn/Internal%20medicine.
- [13] https://www.youtube.com/watch?v=K_BWCw7s1Xo

ABSTRACT

Abstract The subject of the paper is the software indication of 14 characteristic heart tones using advanced signal analysis algorithms and expressing the LabVIEW software package algorithms. Using the above algorithms, the paper analyzes phonocardiograms, both normal cardiac tone, and aortic stenosis early, 2. aortic stenosis late 3. mitral regurgitation 4. pulmonary stenosis 5. aortic insufficiency 6. mitral stenosis 7. innocent benign murmur 8 atrial septal defect 9. ventricular septal defect, 10. patent ductus arteriosus, 11. splits 21 split S2, 12. extra heart sounds s31 and 13. extra heart sounds s41. Developed algorithms based on these algorithms are maximally flexible so that they can be applied without significant alterations and for further analysis of other cardiac diseases.

Đaković Joka, Grgur Mitar