

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**ÖLÇMƏ NƏTİCƏLƏRİNƏ GÖRƏ ARİTMİYALARIN
IDENTİFİKASIYASI VƏ PROQNOZLAŞDIRILMASI
METODLARININ MÜQAYİSƏLİ ANALİZİ**

**İxtisas: 3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri
(texnika)**

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: Səmədova Şəfəq İdris qızı

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: texnika elmləri doktoru, professor
Tokay Murad oğlu Qasımzadə

Rəsmi opponetlər: əməkdar elm xadimi, texnika elmləri
doktoru, professor
Ramiz Topuş oğlu Hümbətov

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov

texnika elmləri doktoru, professor
Orxan Ziyəddin oğlu Əfəndiyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Azərbaycan Texniki Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor
Nurəli Adil oğlu Yusifbəyli

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent -
Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, dosent
Məzahir Məhəmməd oğlu İsayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir tibbi praktikada biotibbi siqnalların alınması, qeydiyyatı, emalı və analizinin nəticələri müxtəlif xəstəliklərin diaqnostikasında, insanların sağlamlığının, iş qabiliyyətinin və fizioloji durumunun obyektiv qiymətləndirilməsində və həmçinin, diaqnostika metodlarının və sistemlərinin işlənməsi və təkmilləşdirilməsində geniş tətbiq olunur.

Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının verdiyi statistikaya görə ürək-damar sisteminin (ÜDS) xəstəlikləri ölüm faizinə görə ən yüksək yerdə durur və hazırda əsas ölüm səbəblərdən biri olaraq qalır. ÜDS-nin xəstəlikləri arasında ritmin müxtəlif pozulmaları – aritmiyalar xüsusi yer tutur. Aritmiyalar arasında ən çox yayılmışı, əsas ürək ritminə nəzərən növbədənənar yaranan və bütövlükdə ürəyin və ya onun ayrı-ayrı nayihələrinin həyəcanlanmaları şəklində özünü biruzə verən ekstrasistolialardır. Mədəcik ekstrasistoliaları təhlükəlilik dərəcəsinə görə müxtəlif qradiasiyalara malik olduğundan onların vaxtında aşkar edilməsi və təsnifatlaşdırılmasını təmin edən alqoritmlərin müqayisəli təhlili, keyfiyyətinin artırılması üsullarının işlənməsi ÜDS diaqnostikasının aktual məsələlərdən biridir

Tədqiqat işi ÜDS-nin diaqnostikası metodlarının inkişaf etdirilməsi sahəsində böyük xidmətləri olmuş Pan J., Tompkins W.J., Rangayyan R.M., Jenkins J.M., Clifford G.D.Laguna P., Macfarlane P.W., Sanders W.J., Akselrod S., Ардашев В.Н., Гуляев Ю.В., Немирко А.П., Баевский Р.М. və başqa alimlərin işlərinə söykənir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyektini ürək-damar sistemi və aritmiyaları təşkil edir. Tədqiqat predmti isə aritmiyaların aşkar edilməsi, tanınması və analizi üsulları və sistemidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi aritmiyaların informativ parametrlərinin tədqiq edilməsinin

instrumental metod, alqoritm, model və proqramlarının müqayisəli analizi və tədqiqat nəticələrindən, aprior informasiyalardan istifadə etməklə mədəcik ekstrasistoliyaların diaqnostikasının dəqiqliyinin artırılmasından ibarətdir. Dissertasiya işinin əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

- 1) Elektrokardioqrafik siqanalları ölçmə və emal metodlarının müqayisəli analizi və aritmiyaların təhlili;
- 2) Ürək ritminin informativ parametrlərinin təyin edilməsi üçün proqram təminatının işlənilməsi;
- 3) Exodopplerografiya metodu əsasında ürək aritmiyaların tədqiq edilməsi;
- 4) İnformasiya-ehtimal metodlarının aritmiyaların diaqnostikasında tətbiqi;
- 5) Bayes şəbəkəsinin tətbiqi ilə mədəcik aritmiyalarının diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində bioelektrik siqanalların rəqəmli emal metodları, siqanalların filtrasiyası, riyazi statistika və ehtimal nəzəriyyəsi metodları, Bayes proqnostik yanaşması metodu, kompüter modelləşdirmə üsulları, MATLAB, Multisim, LabVIEW və Netica proqramları istifadə olunmuşdur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- Elektrokardioqrafik siqanalların ölçmə və emalı metodları və texniki vasitələrinin müqayisəli analizi aparılmış, EKQ siqanalların analizi nəticələrinə əsasən ürək ritminin aritmiyalarının diaqnostikasında zəruri olan informativ parametrlər müəyyən edilmişdir [1, 6, 11, 15, 19,21].
- Müasir virtual texnologiyalar əsasında ürək ritminin model tədqiqatları yerinə yetirilmiş, EKQ siqnalın simulyasiyasını *LabVIEW* mühitində, element bazasını isə *Multisim14* mühitində modelləşdirilmə və bu iki mühitin birgə sintezi ilə elektrokardioqrafın modeli qurulmuşdur [8, 10, 16].
- Aritmiyaların tanınması üçün RR intervallarının nisbətləri ardıcılığının təhlilinə əsaslanan yeni metod təklif edilmiş, onun alqoritmi qurulmuş və proqramlaşdırılmış, test

- siqnalları ilə sınaqdan keçirilərək onun adekvatlığı müəyyən edilmişdir [6, 18, 20].
- EKQ və exo-doppleroqrafiya texnologiyalarının birgə tətbiqinin nəticələri müqayisəli şəkildə təhlil edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, arterial damarların divarının imtina media kompleksinin qalınlığının normadan kənara çıxması (artması) ilə ürək aritmiyaları arasında korrelyativ əlaqə mövcuddur; qanın Doppler siqnalının tezlik-zaman oblastında analizi və informativ parametrlərin təyini alqoritmi və kompüter modelləşdirilməsi realizə edilmiş və Doppler siqnalının spektrinə görə maksimal tezliyinin hesablanması dəqiqliyinin artırılmasına imkan verən modifikasiya olunmuş həndəsi metod təklif olunmuşdur[2, 7].
 - Netica proqramının köməylə ekstrasistoliaların diaqnostikası üçün Bayes şəbəkəsi işlənmiş və onun köməyi ilə mədəcik aritmiyalarının proqnozlaşdırılması və ehtimal qiymətləndirilməsi aparılmışdır[3, 4, 17, 20].

Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti. Aritmiyaların etibarlı identifikasiyası üçün EKQ siqnalının emalı və QRS komplekslərinin aşkar edilməsi prosedurlarının AAMI EC57:2012 sənədlərinin tələblərinə uyğun olaraq yerinə yetirməsi üçün zəruri olan mərhələlərin ardıcılığı alqoritmi işlənmişdir. İşdə işlənmiş ürək ritminin dəyişkənliyini və aritmiyalarını tədqiq edən sistem və mədəcik aritmiyalarının proqnozlaşdırılması və ehtimal qiymətləndirilməsi üçün qurulmuş Bayes inanc şəbəkəsinin klinik praktikada istifadəsi həkimlərə aritmiyaları etibarlı şəkildə identifikasiya etməyə və qəbul edilən tibbi qərarların doğruluğunu artırmağa imkan verə bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dsertasiya işində aritmiyaların tədqiqinə aid alınmış nəticələr, işlənmiş metod, alqoritm və proqramlar Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Cihaz mühəndisliyi” kafedrasında görülən dövlət hesablı elmi-tədqiqat işlərində və tələbələrin tədrisi prosesində istifadə olunmuş,

Bakı ş. “Ömür” klinikasında mädəcik ekstsistoliyaların diaqnostikasında tətbiq olunmuşdur.

Əsas tədqiqat və praktiki nəticələr Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasının seminarlarında və aşağıdakı beynəlxalq konfranslarda müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin mövzusunə uyğun 21 elmi iş, o cümlədən, 10 elmi məqalə, 11 elmi konfrans materialı, 4 həmmüəllifsiz məqalə dərc edilmişdir. Bunların 1 “SCOPUS”, 1 isə “Web of Science” elmi bazalarında indekslənməmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatı: Dissertasiya işinin əsas nəticələri Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetində “Cihaz mühəndisliyi” kafedrasında və Bakı şəhəri “Ömür “ klinikasında yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı: Dissertasiya işinin məqsədi, müdafiyyə çıxarılan müddəalar, müqayisəli təhlillər, işlənmiş yeni alqoritmlər, aparılmış riyazi hesablamalar, əldə edilmiş simulyasiya və eksperimental nəticələr şəxsən müəllifə aiddir.

Dissertasiyanın həcmi və quruluşu: Dissertasiya işin Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən qoyulan tələblərə uyğun qaydada yazılmışdır. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsildən, nəticə, iki əlavə və istinad olunan ədəbiyyatdan ibarətdir.

Dissertasiya işinin girişi 16701, I fəsil 59976, II fəsil 73986, III fəsil 34025, IV fəsil 67073 işarə, nəticə 2906 işarədən ibarət olmaqla ümumilikdə 254667 işarədən ibarət mətndə şərh olunmuşdur.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, aparılmış tədqiqatların məqsədləri və məsələləri şərh edilmişdir. Tərkibində elmi yenilik olan nəticələr qeyd edilmiş və onların praktiki dəyəri göstərilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəslində** problemin vəziyyətini təhlil etmək və tədqiqat məsələsini formalaşdırmaq üçün ürək ritminin fizioloji əsasları, ritmin dəyişkənliklərinin analizi metodları, aritmiyaların tədqiqində istifadə olunan müasir instrumental metodların üstün və çatışmayan cəhətləri şərh edilmişdir.

Aritmiyaların özəlliyi ondadır ki, onlar simptomsuz və ixtiyari vaxtlarda baş verə bilər, buna görə də EKQ-nin qeydiyyatı zamanı çox vaxtı aritmiyaları aşkar etmək olmur. Aritmiya epizodları mütəmadi olaraq baş vermədiyi üçün xəstənin uzunmüddətli (24saatlıq bəzən daha çox) monitorinqinə ehtiyac yaranır və bu da hazırda Holter monitorinqindən istifadə etməklə həyata keçirilir. Monitorinq nəticəsində əldə edilən böyük həcmli informasiyanın analizi və tibbi qərarların qəbulunda həkim-mütəxəssislərə yardımçı məqsədləri üçün EKQ-nin avtomatlaşdırılmış emalı tələb olunur. EKQ-nin avtomatik analizi prosesi zamanı elektrokardioqrafik siqnalların fizioloji mənşəyi ilə bağlı olan bir sıra çətinliklər qarşıya çıxır. Bunlara elektrokardioqrafik siqnalların qeyri-determinikliyi, dəyişkənliyini, qeyri-stasionarlığını, çoxsaylı maneə və küylərin müdaxiləsinə qarşı həssaslığını göstərmək olar. Elektrokardioqrafik siqnalların bu xüsusiyyətləri onların real zaman məkanında avtomatik emalı, analizi və aritmiyaların aşkar edilməsi prosedurlarının həyata keçirilməsində küylərə davamlı alqoritmlərin işlənməsinə ehtiyacın olması ilə yanaşı müasir hesablama texnikasına da müəyyən tələblər qoyur. Amma müasir kompüter texnologiyaların inkişaf səviyyəsi bu prosedurların həyata keçirilməsi üçün kifayət qədər texniki imkanlara malikdir, əsas məsələ aritmiyaları aşkar etmək üçün mövcud alqoritmlərin

müqayisəli təhlilini AAMI 57-2012¹-nin tövsiyyələrinə uyğun olaraq aprılaraq onları (aritmiaları) daha keyfiyyətli şəkildə aşkar etmək üçün EKQ siqnalın emalı və analizi mərhələlərinin təqdim edilməsindən ibarətdir. Bunun üçün, qeyd edildiyi kimi, ilk növbədə EKQ-nin mövcud emal və analiz metodlarının bir-birilə müqayisəsinin aparılması zəruridir.

Ürək ritminin dəyişkənliyinin (ÜRD) statistik və zaman oblastında (*Time Domain Methods*), tezlik oblastında (*Frequency Domain Methods*) və Qeyri-xətti analiz metodlarına baxılmış və onların analizi nəticəsində alınan ÜRD-i xarakterizə edən əsas parametrlər təyin edilmişdir. Bu metodların tətbiqi zamanı kardioritmoramaya (KRQ) - ardıcıl RR- intervalları sırasına zamanın bir funksiyası kimi baxılır.

Aritmialarının diaqnozunda istifadə olunan əsas diaqnostik metodlar (Elektrokardiografiya (EKQ), Sutkalıq Holter monitoru, Exokardiografiya (EXO-KQ) və əlavə diaqnostik metodlar (Transesophageal exokardiografiya, Fiziki yüklənmə ilə test) şərh edilmiş, aritmialar zamanı onların fərqli xüsusiyyətləri qeyd edilmişdir.

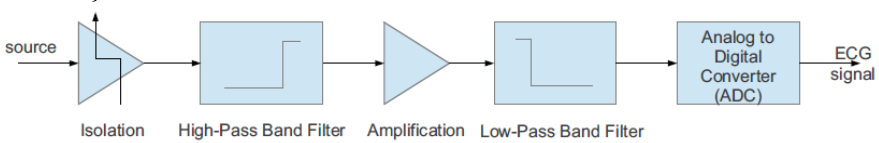
Fəslin sonunda diaqnozun qoyulmasında istifadə olunan riyazi metodlar şərh edilmiş və Bayes kriteriyası əsasında diaqnozun qoyulmasında istifadə edilən riyazi metodun – Bayes inanc şəbəkəsini aritmiaların diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsində tətbiqi əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsildə EKQ siqnallarında küy və maneələrin azadılması alqoritmləri, zaman və tezlik oblastlarında filtrasiya metodları, EKQ və Holter-EKQ-nin nəticələrinə əsasən aritmiaları aşkar edilməsinin müasir alqoritmləri təsvir edilmişdir. Bu alqoritmlərinin müqayisəli təhlili əsasında aritmiaların təsnifatlaşdırılmasının dəqiqliyini artırmaq üçün EKQ -nin emalı və analizi mərhələlərinin ardıcılığı təklif edilmişdir. Ürək ritminin dəyişkənliyinin və aritmiaların aşkar edilməsi alqoritmlərinin kompüter modelləri,

¹ ANSI/AAMI EC57:2012 . Testing And Reporting Performance Results Of Cardiac Rhythm And ST Segment Measurement Algorithms. URL: <https://webstore.ansi.org/Standards/AAMI/ansiaamiec572012ec57>

işlənmiş proqram təminatları və onların effektivliyinin yoxlanılması üsulları şərh edilmişdir.

EKG-nin qeydə alınması prosesinin ümumi sxemi şəkl.1-də təsvir edilmişdir. İlkin siqnal optik olaraq izolə olunmuş instrumental gücləndirici ilə gücləndirilir və sonra gücləndirilmiş siqnal Yüksək Tezlik (YT) filtrindən ikinci gücləndiriciyə, daha sonra Alçaq Tezlik (AT) hamarlayıcı filtrə ötürülür. Nəhayət gücləndirilmiş və filtrasiya olunmuş siqnal Analox Rəqəm Çeviricisinə (ARÇ) ötürülür və ARÇ-nin çıxışında EKG siqnal formalaşır.



Şəkil 1.EKG-nin qeydə alınmasının ümumi sxemi

EKG siqnalların götürülməsi zamanı bir sıra küy və maneələrin təsiri nəticəsində EKG-nin elementlərinin müxtəlif təhrifləri baş verir. Elektrokardioqrafik maneələrin əksəriyyəti qeydə alınmış EKG-də təzahürlərinə görə (və onların aradan qaldırılması üsullarına görə) bir neçə qrupa bölmək olar². Aşağıdakı manelər demək olar ki, bütün EKG ölçmələrində ən böyük təsirə malikdirlər:

- siqnalın sıfır səviyyəsinin sürüşməsinə səbəb olan elektrodların polyarizasiyasının (qütbləşməsinin) təsiri;

- şəbəkə gərginliyinin yaratdığı sənaye tezlikli komponentləri ilə təmsil olunan kvazi-harmonik proses;

- elektrodların yerdəyişməsi nəticəsində yarana bilən təsadüfi amplitudlu və davam etmə müddətli sıçrayışlarla təmsil olunan artefaktlar;

- elektrofizioloji, əsas etibarlı ilə mioqrafik maneələr.

Bu küy və maneələrin EKG siqnala təsiri additiv xarakter daşıyır. Qeydiyyat sistemini lazımi qaydada təşkil etməklə

² Rangayyan R.M. Biomedical signal analysis ISBN: 978-0-470-91139-6 June 2015 Wiley-IEEE Press 720 pag

elektrodların polyarizasiyası və şəbəkə gərginliyinin yaratdığı maneələri kompensasiya etmək, onların təsirini minimallaşdırmaq mümkündür. Ən əsas maneəni yaradan mioqrafik maneələrdir. Mioqrafik maneə qeyri-stasionar prosesdir. Pasiyentin sakit vəziyyətində mioqrafik maneənin standart kvadratik yayılması bir neçə mikrovolt təşkil edir və fiziki aktivliyin artması ilə kəskin şəkildə artır. EKQ-yə müxtəlif növ maneələrin müdaxiləsi zamanı avtomatik diaqnostikanın nəticələrində müəyyən səhvlər gözlənilə bilər.

EKQ siqnallarında maneələrin azaldılması alqoritmləri və filtrasiya metodları. EKQ siqnalların emal alqoritmlərinə qoyulan əsas tələblərdən biri, maneələrin müdaxiləsinin qarşısının alınması ilə yanaşı, Q, R, S dişciklərinin və həmçinin, P və T piklərinin hamar ekstremumlarının parametrlərinin maksimal mümkün dərəcədə saxlanmasıdır. Ürəyin normal rejiminin pozulması hallarında EKQ-də piklərin parçalanmaları, kiçik piklər, patoloji dişciklər və QRS kompleksinin və ST segmentinin spesifik deformasiyaları mövcud ola bilər ki, bunları da emal zamanı qorumaq çox vacibdir. Buna görə dinamik xüsusiyyətlərə görə EKQ-nin filtrasiya alqoritminin seçilməsi qarşıya qoyulan məqsədə əsaslanaraq həyata keçirilməlidir. EKQ siqnallarına küy və ya maneələrinin təsirinin aradan qaldırılmasında əsas problemlər bunlardır:

- küy və ya maneələrinin səviyyəsinin yüksək, faydalı siqnalın səviyyəsinin aşağı olması;
- siqnalın və maneələrin stasionar olmaması;
- siqnal ilə maneənin spektrlərinin kəsişməsi;
- tədqiq olunan siqnalın keyfiyyətini aşağı salmadan maneənin aradan qaldırılması.

EKQ diaqnostik sistemlərinə küy və maneələrin təsirini azaltmaq üçün iki əsas istiqaməti fərqləndirirlər:

- küy və maneələrdən müdafiə olunma üsulları;
- küy və maneələri azaldılma metodları.

Cədvəl 1-də küylər və onlardan müdafiə üsulları təsvir edilmişdir.

EKQ siqnallarını maneələrdən müdafiə üsulları

Maneələrin növləri	Müdafiə üsulları
1.Hərəkət artefaktları	Elektrodların və onları bərkidilmə vasitələrinin konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsi. Kontaktı olan mühitlərin təkmilləşdirilməsi.
2.Şəbəkə maneələri	Sinfaz siqnalı zəiflətmə əmsalı yüksək olan instrumental gücləndiricilərin tətbiqi. Dəri-elektrod müqavimətinin azaldılması. İzolə edilmiş işçi hissə, işçi torpaqlama. Tədqiqatların düzgün aparılmasının təşkili.
3.Əzələ tremoru	Toxumaların, xüsusilə dərinin müqavimətinin azaldılması. Tədqiqatların düzgün aparılmasının təşkili
4.İzoxəttin dreyfi	Gücləndiricinin giriş müqavimətinin artırılması, dəri müqavimətinin azaldılması. Elektrodların və onları bərkidilmə vasitələrinin konstruksiyalarının təkmilləşdirilməsi

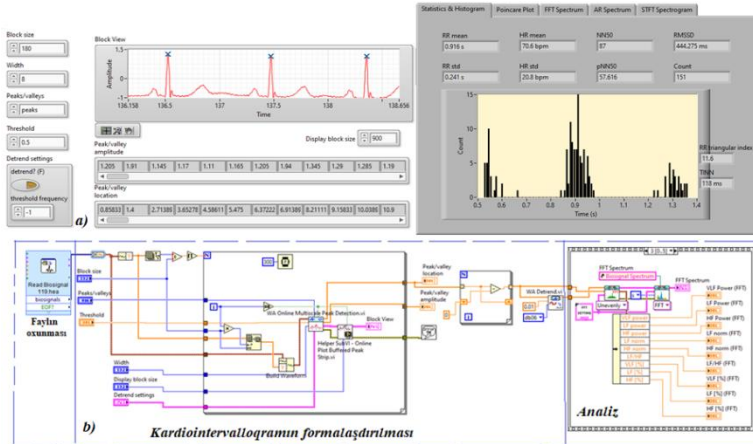
EKQ siqnalları təhrif edən müxtəlif növ artefaktların təhlili və onların, faydalı siqnalın keyfiyyətini aşağı salmadan, aradan qaldırılması üçün tətbiq edilən filtrasiya metodları ilkin emal metodları arasında mühüm yerdə durur. Filtrasiya metodlarını hansı oblastda: zaman və ya tezlik oblastlarında aparılmasından asılı olaraq fərqləndirirlər.

Aritmiyaların aşkar edilməsinin müxtəlif metodlarının eyni şəraitdə real siqnalların emalında işini yoxlamaq və müqayisəsini aparmaq üçün sertifikatlaşdırılmış EKQ siqnalların beynəlxalq verilənlər bazalarından istifadə edirlər. Bu bazalar tibb mütəxəssisləri tərəfindən hazırlanmış annotasiyalarla təchiz olunmuşdur və burada qeyd olunan nəticələr 100% etibarlı hesab olunur ki, onlar müxtəlif alqoritmlərin müqayisəsində “etalon siqnallar” kimi qəbul olunur. İşdə *PTB Diagnostic ECG Database*), *MIT-BIH Arrhythmia Database* və *MIT-BIH Normal*

Sinus Rhythm Database məlumat bazalarından istifadə olunmuşdur.

Labview proqram mühitində ÜRD-in analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının ön paneli və blok diaqramı Şəkil 2-də təsvir edilməşdir. Proqram aşağıdakı alqoritmə uyğun tərtib edilmişdir:

- tədqiq edilən EKQ signalın (faylın oxunması)
- EKQ-nin RR-dişcikliəri arasındakı zaman intervallarının (RR-intervallar) ayırd edilməsi və ölçülməsi
- kardiointervalların dinamik sıralarının qurulması
- alınmış sıraların müxtəlif riyazi metodlarla analizi əsasında ÜRD-in parametrlərinin təyini.



Şəkil 2. Labview proqram mühitində ÜRD-in analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının ön paneli (a) və blok diaqramı (b)

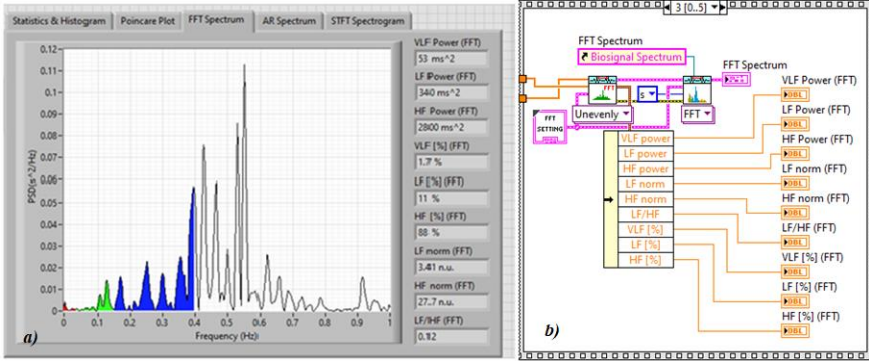
Kardiointervalloqramın formalaşdırılması alt proqramı Şəkil 3, b-də qırıq xətlərlə göstərilmişdir. Bu, RR intervallarının ardıcılığını on-layn rejimində təyin etmək üçün Veyvlet analizi əsasında EKQ signalın piklərini təyin edən proqramdır (virtual cihazdır). Bu proqramı *WA Online Multiscale Peak Detection VI* virtual cihazı əsasında qurmuşuq.

Ürək ritminin dəyişkənliyinin analizi və onun informativ parametrlərinin təyini alt proqramı Labview-nun *Sequence Structure*- Ardıcılıq Strukturu elementindən istifadə edərək tərtib etmişik və o, 6 kadrından (0...5) və ya başqa sözlə 6 alt proqramdan ibarətdir. Bu proqramların köməyiylə ÜRD-i xarakterizə edən NN50, pNN50, RMSSD, HR std, HR men, RR std, RR men, RR intervalların histiqramını və triangular index TINN kimi parametrlər, Skatteroqram, Kardiointervaloqramın Sürətli Furiye çevirməsi (FFT- Fast Fourier Transform) və spektral parametrlər, Avtoreqrqessiya spektri (AR Autoregression) və uyğun spektral parametrlər, Qısamüddətli Furiye çevrilməsi (Short-Time Fourier Transform) və uyğun spektral parametrlər təyin edilir.

Şəkil 3-də nümunə olaraq, MIT BİH³ bazasından götürdüyümüz *119.heg* faylın URD analizi alt proqramlarından biri, Sürətli Furiye çevirməsi təsvir edilmişdir.

Aritmiyaların aşkar edilməsi və tanınması alqoritmi. Hazırda normal və patoloji QRS komplekslərinin aşkarlanması üçün bir çox üsullar mövcuddur ki, bunlar da praktiki olaraq əvvəllər məlum olan metodların təkmilləşdirilməsi əsasında formalaşdırılmışdır. Bu təkmilləşdirmələr müxtəlif maneə və küylərin aradan qaldırılmasına, aritmiyaların etibarlı aşkarlanması və tanınması üçün müxtəlif çevirmələrin tətbiqinə əsaslanıb.

³ <http://ecg.mit.edu/george/publications/mitdb-embs-2001.pdf>



Şəkil 3. MIT BIH bazasından götürülmüş 119.heg faylın analizi: Sürətli Furye çevirməsi (FFT- Fast Fourier Transform) : a- ön panel, b- blok diaqram

Bununla belə, hətta ayrılıqda götürülmüş bir pasiyentin ritminin dəyişmə dinamikasının gözlənilməzliyi ilə bağlı problem hələ də açıq qalır və QRS komplekslərini müəyyən etmək üçün alqoritmlərin təkmilləşdirilməsi və konkret pasiyentdən zəif asılı olan alqoritmlərin yaradılması məsələsini gündəmə gətirir. Bu məqsədlə, aritmiyaların tanınması üçün, əsasən RR intervallarının fərqlərinin onların orta qiymətləri ilə müqayisəli təhlilinə əsaslanan mövcud alqoritmlərdən fərqli olaraq, biz bu intervalların nisbətlərinin təhlili əsasında yeni alqoritm təklif etmişik. Məlum olduğu kimi, ritm pozğunluğu zamanı RR intervalında dəyişiklik $\geq 10\%$ təşkil edir. Buna əsaslanaraq deyə bilərik ki, normal ritm vəziyyətində iki qonşu ΔR_{i-1} və ΔR_i intervalın nisbəti

$$\frac{1}{1,1} \leq a_i \leq \frac{1,1}{1},$$

və ya

$$0,9 \leq a_i \leq 1,1 \quad (1)$$

şərti təmin etməlidir, burada $a_i = R_i/R_{i-1}$. Normal ritm

vəziyyətində, qonşu intervalların mütləq uzunluqlarından asılı olmayaraq, (2) şərti təmin olunmalıdır (konkret götürülmüş bir sağlam ritmdən çox zəif asılıdır). Beləliklə, təklif etdiyimiz alqoritmin mahiyyəti aşağıdakı kimidir:

1) tədqiq olunan EKG verilənlər faylı sistemə yüklənir (və ya on-layn rejimində qeyd edilir),

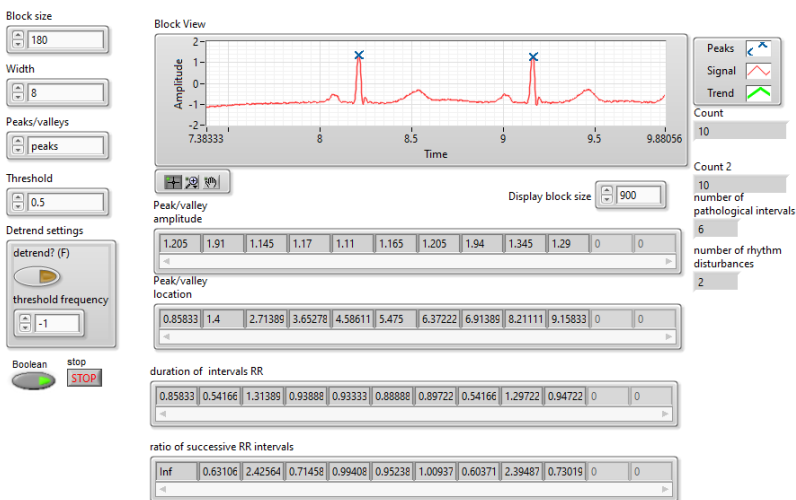
2) R dişciklərinin amplitudları və lokalizasiyaları fərqləndirilir,

3) RR intervallarının uzunluqlarının ardıcılığı $\{\Delta R_i = R_i - R_{i-1}\}$ müəyyən edilir;

4) RR intervallarının uzunluqları ardıcılığının əldə edilmiş seriyasına uyğun olaraq qonşu RR intervallarının nisbəti kimi təyin olunan a_i elementlərinin yeni ardıcılığı müəyyən edilir: $\{a_i = \Delta R_i / \Delta R_{i-1}\}$.

5) $a_i \leq 0,9$ və ya $a_i \geq 1,1$ şərtlərinə cavab verən a_i qiymətlərinin sayına görə ekstrasistoliyaların və ya ritm pozğunluqlarının sayı hesablanır. Bu şərtlər patoloji intervalların görünüşünə uyğundur, yəni döyünmələrin tezliyinin 10% -dən az olmayan dəyişikliklərinə uyğundur. Patoloji intervallara uyğun gələn a_k qiymətlərinin sayı tam olaraq n_k olarsa, aritmiyaların (ekstrasistoliyaların) sayı $n_e = n_k / 3$ düsturu ilə müəyyən edilir.

6) ritm pozuntularının sayına görə diaqnostik parametrlər (həssaslıq, spesiflik) və ekstrasistolların müvəqqəti lokalizasiyası müəyyən edilir.

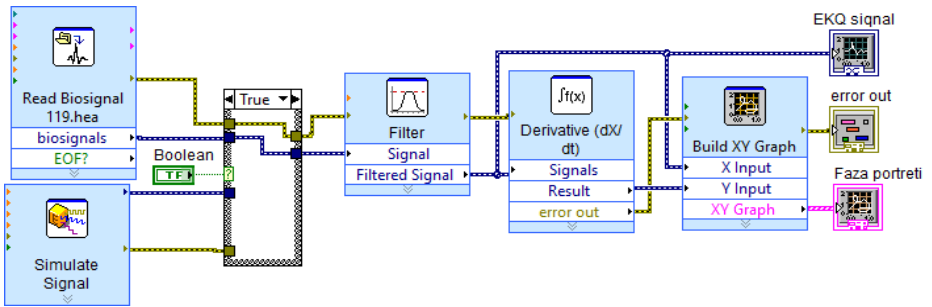


Şəkil 4. Aritmiyaları aşkarlama algoritminin LabVIEW mühitində reallaşdırılması proqramının ön paneli

Bu alqoritmin reallaşdırılması *LabVIEW 2014* proqram mühitində həyata keçirilmişdir. Şəkil 4-də proqramın ön paneli göstərilmişdir. Proqram üç alt proqramdan ibarətdir: fayılın oxunması, kardiointervaloqramların yaradılması (KİQ) və siqnalın analizi.

Faza fəzasında EKQ siqnalların diaqnostik parametrlərinin təyini sistemi. Zaman oblastında verilmiş skalyar $s(t)$ EKQ siqnalından: faza $s(t), s'(t)$ koordinatlarında (burada $s(t)$, və $s'(t)$), uyğun olaraq EKQ siqnalın ani qiyməti və törəməsidir) vektor təsvirinə keçid, həyəcanlanmalarla təhrif olunmuş faydalı siqnalı effektiv surətdə bərpa etməyə, $s(t)$ -ni ayrı-ayrı R-R intervallarına bölməyə və qeyri-tipuk sikllərin seleksiyasının aparılmasına imkan verir. EKQ siqnalın faza portretlərinin üstün cəhətlərindən biri də ondan ibarətdir ki, EKQ-nin $s(t), s'(t)$ faza koordinatlarında təsviri zamanı onun ənənəvi diaqnostik əlamətləri zaman oblastdakına

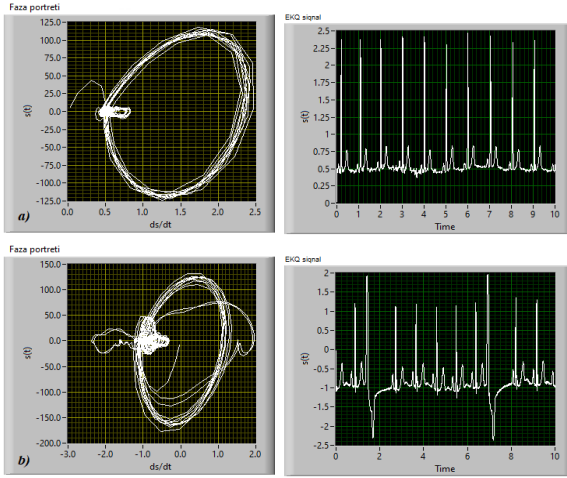
nisbətən daha aydın şəkildə aşkar olunur. Faza fəzasında EKQ siqnalların diaqnostik parametrlərini təyini etmək üçün LabvieW mühitində işlədiyimiz proqramın blok diaqramı Şəkil 5-də təsvir edilmişdir. Proqramın düzgün tərtib olunduğunu yoxlamaq üçün sistemin girişinə *Simulate Signal* VC ilə məlum siqnal (sinus və ya kosinus) verilir və törəməsinin qrafiki yoxlanılır (sinusun törəməsi kosinus verdiyi üçün). Tədqiq edilən və fayl şəklində saxlanmış siqnal *Read Biosignal* VC tərəfindən oxunur, *Filter* VC ilə filtrasiya olunduqdan sonra *Derivative* (dX/dt) VC-lə törəməsi tapılır.



Şəkil 5. LabvieW mühitində EKQ siqnalın faza fəzasında emalı proqramının blok diaqramı

Giriş EKQ siqnalın faza portreti isə iki ölçülü XY koordinat sistemində ds/dt -nin $s(t)$ -dən asılılığı kimi qurulur. Şəkil 6-da *Physionet*⁴ beynəlxalq bazadan götürülmüş *e0103.heg* və *119.heg* verilənlər fayllarının EKQ təsvirləri və uyğun faza portretləri təsvir edilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi normal sinus ritminə malik pasiyentin (*e0103.heg* faylı, şəkil 6, a) faza portreti aritmiya xəstəsinə aid (*119.heg* faylı, şəkil 6, b) faza portretindən aydın şəkildə fərqlənir.

⁴ <https://physionet.org/content/edb/1.0.0/>



Şəkil 6. Physio-net beynəlxalq bazadan götürülmüş *e0103.he* və *119.he* verilənlər fayl-larının EKG təsvirləri və uyğun faza portretləri

Ürək ritminin tədqiqatlarına aid işlərin müqayisəli təhlilinə əsaslanaraq, işdə aritmiyaların EKG-siqnallarına əsasən ayırd edilməsi və təsnifatlaşdırılmasını aşağıdakı sxem üzrə aparılması təklif edilmişdir:

1. *Aritmiyaları aşkarlama və təsnifatlaşdırılmasına aid müxtəlif metod və alqoritmlərin effektivliyinin təhlili üçün verilənlər bazasının seçimi.*

2. *İlkin emal.*

3. *Səgmentasiya (Segmentation):*

4. *Əlamətlərin seçilməsi*

5. *Təsnifatlaşdırma (Classification)*

6. *Qiymətləndirmə (Evaluation).*

Üçüncü fəsildə Exodopplerografiya texnologiyaları əsasında ÜDS-nin vəziyyətinin qiymətləndirilməsinə baxılmışdır. ÜDS-nin xəstəlikləri arasında ən geniş yayılmış və həyat üçün təhlükəli olanı ateroskleroz hesab olunur. Ateroskleroz ürəyin işemik xəstəliyi ilə paralel olaraq inkişaf edir və damarların tutulması nəticəsində insult,

infarkt baş verə bilər. Qan damarı damar divarından və divar boşluğundan ibarətdir. Damar divarı üç qatdan təşkil olunub: xarici təbəqə - adventitia; orta təbəqə - media, və daxili təbəqə- intima. Məhz ümumi yuxu arteriyasının intima-media kompleksinin qalınlığının normadan kənara çıxması (artması) aterosklerozun və ürəyin işemik xəstəliyinin müjdəçisi – ilkin markeri hesab olunur. İntima-media kompleksinin (İMK) qalınlığının ən dəqiq ölçmə üsulu exoqrafiya metodları hesab olunur.

Biz damar divarının intima-mediya qatında baş verən dəyişikliklər ilə ürək aritmiyaları arasında qarşılıqlı əlaqəni müəyyən etmək üçün “Ömür” klinikasında 142 nəfər xəstənin ambulator vərəqindən və onların kardioloji müayinələrinin nəticələrindən istifadə edərək exokardiografik tədqiqatlar aparmışıq. Onları əvvəlcə ÜDS-nin vəziyyətinə görə Lown və Wolf⁵ klassifikasiyası üzrə aritmiyaların 0-3 ballıq qradasiyalarına uyğun olaraq dörd qrupa bölmüşük. Hər dörd qrupa aid olan xəstələrin aorta və bəzi arteriyalarının İMK-larının qalınlıqlarını ölçərək alınan nəticələri xəstələrin “aritmik” vəziyyətləri ilə müqayisəli analiz etmişik. Aorta və bəzi arteriyalarının intima-media kompleksi qatının qalınlıqlarının ölçmə nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

I-IV-cü qruplara daxil olan xəstələrin bəzi və aorta arteriya damarlarının intima-media kompleksi qatının qalınlıqları

Qruplar	Yaş, il			Bəzi İMK-nin qalınlığı, mm			Aorta İMK-nin qalınlığı, mm		
	orta	min	max	orta	min	max	orta	min	max
I	39,37±1,408	30	53	0,573±0,007	0,46	0,69	2,740±0,088	2,10	3,80
II	39,50±0,542	33	49	0,592±0,007	0,51	0,81	2,790±0,007	2,20	3,70
III	41,60±1,247	33	57	0,644±0,009	0,54	0,76	3,51±0,10	2,45	4,60
IV	39,38±1,409	31	53	0,698±0,015	0,66	0,76	4,06±0,16	3,60	4,80

⁵ Бокерия О.Л., Ахобеков А.А. Желудочковая экстрасистолия // Анналы аритмологии, 2015, Т. 12, № 1, с.16-24

Müəyyən edilmişdir ki, nəzarət qrupuna (I qrupa) nəzərən bazı arteriyasının intima-media kompleksi qatının orta qalınlığı II-IV qruplara daxil olan xəstələrdə, uyğun olaraq, 3,3 %, 12,4%, 21,8 % artmışdır. II-IV qruplara daxil olan xəstələrdə həmçinin aorta arteriyasının intima-media kompleksi qatının orta qalınlığı nəzarət qrupuna nəzərən, uyğun olaraq, 1,8%, 28,1%, 48,2% artmışdır.

Aldığımız bu nəticələr onu göstərir ki, bazu və aorta arteriyalarının intima-media kompleksi qatının qalınlığının normadan kənara çıxması, yəni artması ilə qradiasiyalı ekstrasistolalar arasında korrelyasiya əlaqəsi vardır.

Dopler spektrinə görə maksimal tezliyin qurşayanının təyin edilməsinin müxtəlif ədədi üsulları məlumdur: *faiz metodu, sadə və modifikasiya olunmuş astana metodları, həndəsi və modifikasiya olunmuş həndəsi metodlar*. Bu metodlarla maksimum tezliyin qiymətləndirilməsində müəyyən çətinliklər qarşıya çıxır (şək. 7), məsələn, həndəsi metodla maksimum tezliyin qiymətləndirilməsində:

1) inteqral spektrin əyrisi $\Phi(f)$ (İSƏ) ilə istinad xətti arasındakı maksimal məsafənin gücləndiricinin gücləndirmə əmsalına görə həssas olması, yəni şək.7-dən görüldüyü kimi f_L ilə f_B -nin fərqli olması;

2) qan axını istiqamətini dəyişdikdə, bəzi spektral sütunlarda axın aşkar olunmaya bilər və bu halda isə, siqnalın yox, yalnız küyün gücü ilə formalaşar.

Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün təklif etdiyimiz təkmilləşdirilmiş həndəsi metod əsasında maksimum tezliyin qiymətləndirilməsi aşağıdakı kimi həyata keçirilir:

1) gücləndirmə əmsalına görə həssaslığı aradan qaldırmaq üçün normallaşdırılmış inteqral spektrin əyrisindən istifadə edilməli, yəni İSƏ-ni $IS\Theta/IS\Theta_{max}$ ilə əvəz edilməli. Bu halda maksimum tezliyin tapılması alqoritmi bir əyri üzərində aparılacaq (tutaq ki, GED normallaşdırılmış İSƏ-dir, onda $IS\Theta_{max}$ – siqnalın tədqiq edilən tezlik diapazonundakı tam enerjisinə bərabərdir, bu şək.7-də $\Phi(f)$ -in D nöqtəsindəki qiymətinə bərabərdir);

2) küyün təsirini aradan qaldırmaq üçün gücün empirik $IS\Theta_{astana}$ astana həddi daxil edilməli (şək.7-də astana qiyməti DR

parçasına uyğundur) və istinad xətti kimi CR düz xətti götürməli (şək.7,b);

3) maksimum tezliyin qiyməti ISƏ ilə CR istinad xətti arasındakı məsafənin maksimum olduğu Z nöqtəsinin absisinə bərabər götürməli.

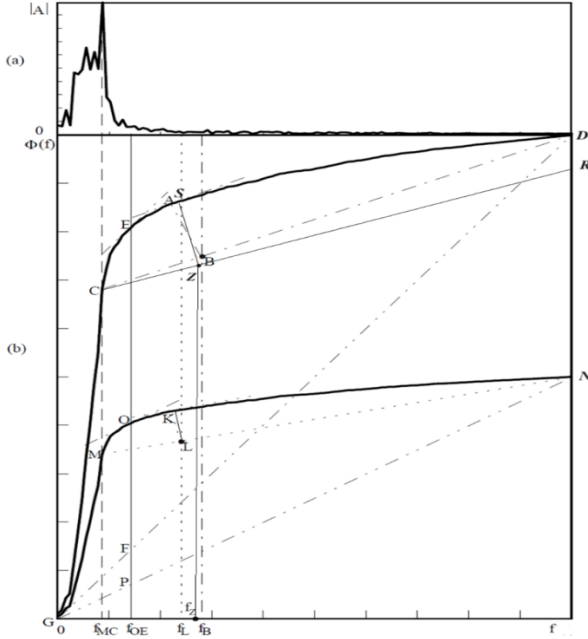
Ürək ritminin fazalarından: sistola və distoladan asılı olaraq qan axınının sürəti dəyişdiyindən və həmçinin, verilmiş anda US şüasının qan damarına düşən hissəsində elementar həcmdə olan eritrositlərin sürətləri fərqli qiymətlərə malik olduğundan qan axınının Doppler siqnalı hər bir verilmiş zaman anında geniş tezlik zolağını əhatə edir. Belə mürəkkəb və dinamik dəyişən qeyri-stasionar siqnalın köməyi ilə qan axınının informativ parametrlərini əldə etmək üçün bu siqnalın tezlik-zaman oblastında təhlili üsullarından istifadə olunması zərurəti meydana çıxır. Doppler siqnalının spektral-zaman analizini Gabor çevirməsi əsasında həyata keçirmişik. Gabor çevrilməsi Pəncərə Furye çevirməsinin

Gauss pəncərəsi $W(t - \tau) = e^{-\frac{(t-\tau)^2}{\sigma^2}}$ olan bir növüdür və aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$G(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \exp\left(-\frac{(t-\tau)^2}{2\sigma^2}\right) \exp(-j\omega t) dt \quad (2)$$

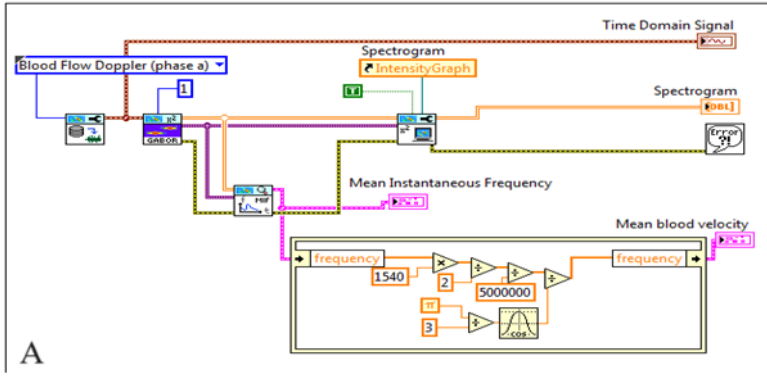
Burada τ və σ Gauss pəncərəsinin, uyğun olaraq, sürüşməsinə və eninə təyin edir.

Doppler siqnalının Gabor çevrilməsini LabVIEW proqram mühitində yerinə yetirmişik (Şəkil 8). Proqramın *Time Frequency Analysis* - tezlik-zaman palitrasında *Fast Gabor Spectrogram VI* virtual cihazın köməyi ilə siqnalın Gabor spektrogramını almışıq. İlk Doppler siqnalın *Blood Flow Doppler* modeli *Data Samples VI* elementi ilə generasiya edilmişdir. Qan axınının doppler siqnalının spektrogramını *LabVIEW* -nin sürətli Gabor çevirməsini icra edən *Fast Gabor Spectrogram VI* funksiyasından istifadə edərək tərtib etdiyimiz və blok-diaqramı şəkil 8,A-da təsvir edilmiş virtual sistemin köməyi ilə əldə etmişik.

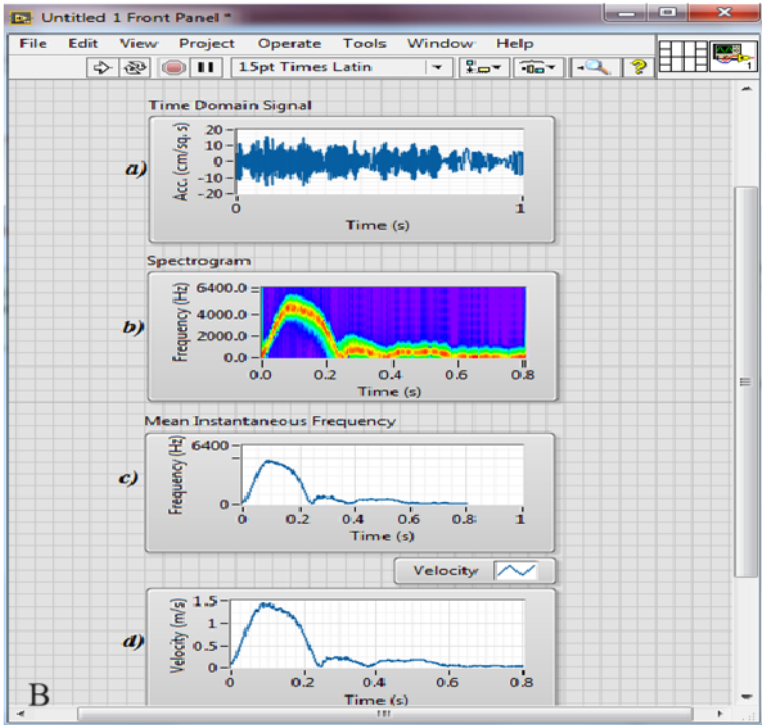


Şəkil 7. Doppler spektri (a) və onun integrallşdırılmış spektrinin müxtəlif gücləndirmə əmsallarına uyğun olaraq çəkilmiş GED və GON (b) ayrılırları

Doppler f_d sürüşməsinə görə eritrositlərin v sürətini $v = \frac{f_d}{2v_0 \cos \alpha} c$ düsturuna uyğun olaraq hesablamışıq. f_d -ni təyin etmək üçün “Fast Gabor Spectrogram VI”-nin çıxış siqnalını “Mean Instantaneous Frequency VI” -nin girişinə vermişik, hansı ki, sonuncunun çıxışında ani orta tezliyin qiyməti indikasiya olunur. Qan axınının v sürətini hesablamaq üçün proqrama ilkin verilənlər kimi US vericinin f_0 tezliyini ($f_0 = 5 \text{ MHz} = 5000000 \text{ Hz}$), α insolyasiya bucağını ($\alpha = 60^\circ$, US-nin toxumalarda yayılma c sürətini ($c = 1540 \text{ m/san}$) daxil etmişik. Sürətin hesablanması proqramı blok-diaqramda (şək.8,A-da), hesablamının nəticələri isə üz paneldə şəkil 8,B-də təsvir edilmişdir.



A



B

Şəkil 8. Qan axınının Doppler signalının LabVIEW proqram mühitində tezlik-zaman oblastında analizi proqramı

Dördüncü fəsildə aritmiyaların diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsində Bayes şəbəkəsinin tətbiqinə baxılmışdır. Diaqnozun qoyulması prosesində təqdim olunan informasiyanın qeyri-müəyyənliyi şəraiti ilə qarşılaşmaq məsələsi meydana çıxır, çünki, adətən eyni simptomlar bir neçə xəstəliklərə aid ola bilər. Belə qeyri-müəyyənliyi idarə etmək üçün hazırda tibbi ekspert sistemlərində Bayes inanc şəbəkəsindən (ingiliscə: *Bayesian belief network*) geniş istifadə edirlər. BİŞ-in mahiyyətini Bayes teoreminin köməyi ilə xəstəlik haqqında müəyyən aprior məlumatlar və tədqiqatların nəticələri mövcud olduqda aposterior informasiyaların, yəni həmin xəstəliyin diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsi təşkil edir. BİŞ qraf ehtimal modelidir və qrafik olaraq asiklik istiqamətli *qraflar* (istiqamətlənmiş oxlar, hansı ki, düyünlər arasındakı əlaqəni – şərti ehtimalları ifadə edir) və qrafların *düyünləri* (yəni dəyişənlər, baxdığımız halda xəstəliklər, simptomlar) ilə təsvir edilir (ingiliscə: *DAG, directed acyclic graph*). Düyünlər tədqiq edilən prosesə aid müəyyən dəyişənlərə uyğun olub, şərti ehtimallar cədvəli ilə təyin olunurlar.

Aritmiyaların diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsi üçün ilk nəvbədə:

1) tədqiq olunacaq mədəcik ekstrasistoliyasının seçimi əsaslandırılmalı,

2) mədəcik aritmiyaları haqqında ilkin məlumatlar (müayinənin nəticələri və anamnez, yəni simptomlar) toplanmalı diaqnostik prosedurlar üçün instrumental tədqiqatlar (elektroqrafik və Doppler-exo tədqiqatlar) aparılmalı və nəhayət,

3) BİŞ-in qurulması üçün proqram mühiti seçilməli, şəbəkənin strukturu qurulmalı, şəbəkənin kompilyasiyasını həyata keçirməli və yaradılmış BİŞ-in köməyi ilə seçilmiş mədəcik aritmiya növünün diaqnozunun ehtimal qiymətləndirməsi həyata keçirməlidir.

İşdə mədəcik ekstrasistolaların Lown-Wolf klassifikasiyasına əsasən ayrılışına baxılmışdır. Bu klassifikasiyaya əsasən mədəcik ekstrasistoliyalarının qradasiyaları 5 bal sistemi ilə qiymətləndirilir.

Mədəcik ekstrasistoliyaların diaqnozunda qradasiyalarının düzgün müəyyən edilməsi müalicə tədbirlərinin taktikasının seçilməsi üçün böyük əhəmiyyətə malikdir.

Mədəcik ekstrasistoliyalarının Lown-Wolf klassifikasiyası əsasında yuxarıda göstərilən qradasiyalarından 4 və 5 ballra uyğun gələn və həyat üçün çox təhlükəli sayılan ekstrasistoliyalar adi EKQ-də çox qabarıq şəkildə nəzərə çarpır və bunların ayırd edilməsi çətinlik yaratmır. Amma 0 -3 ballıq qradasiyaya uyğun ekstrasistoliyaların ayırd edilməsi uzun müddətli Holter EKQ monitorunun aparılmasını və analizi kimi mürəkkəb məsələnin həllini qarşıya qoyur. Bu qradasiyalardan xüsusilə 3 ballıq qradasiya qabaqlayıcı tədbirlər görülməsə hər an daha dəhlükəli qradasiyalara keçə bilər. Bu mənada bilavasitə Lown-Wolf klassifikasiyasına görə 3 ballıq qradasiyaya uyğun mədəcik ekstrasistoliyalarının vaxtında aşkar edilməsi və diaqnozlaşdırılması çox vacibdir. Məhz bu 3 ballıq qradasiyaya uyğun mədəcik ekstrasistoliyaları işdə tətqiq edilmişdir.

Tədqiqat prosesi Bakının “Ömür” klinikasına daxil olmuş xəstələrin ambulator kartlarından götürülmüş natamam və qeyri-müəyyənlik elementlərindən azad olmayan məlumatlar əsasında aparıldığı üçün mədəcik aritmiyalarının diaqnozu üçün BİŞ-dən istifadə etmişik. Bayes inanc şəbəkələrindən qeyri-müəyyənlik şəraitində mühakimə yürütmək, daha düzgün qərarların qəbulunu təmin etmək üçün, o cümlədən, xəstəliklərin diaqnozunda, pasiyentin optimal müalicə kursunun seçilməsində, xəstəliklərin nəticələrinin proqnozlaşdırılmasında, xəstəliklərin modelləşdirilməsində daha tez-tez istifadə olunur. Buna görə də, işdə mədəcik aritmiyalarının diaqnostikası məqsədilə BİŞ-in işlənilib hazırlanmasına və tətbiqi prosedurlarına baxılmışdır. BİŞ-in informasiya təminatı üçün ilkin verilənlər olaraq Bakı ş. “Omür” klinikasında müayinədən keçmiş 142 nəfər xəstənin ambulator vərəqindən istifadə olunmuşdur.

İşdə BİŞ-in qurulması üçün Kanadanın “Norsys Software Corp” firmasının məhsulu olan *Netica* proqramından istifadə olunmuşdur.

Bayes şəbəkəsini *Netica* proqramında qurmaq üçün ilkin verilənlər əsasında diaqnostik şərti ehtimallar cədvəli tərtib edilir.

Belə diaqnostik cədvələ müəyyən xəstəliklər sinifinə aid olan D_1, D_2, \dots, D_m xəstəliklər (diaqnozlar), bu xəstəlikərə aid S_1, S_2, \dots, S_n simptomlar və həmçinin $p(S_i/D_k)$ uyğun şərti ehtimallar toplusu daxil edilir.

Əgər xəstəyə D_k diaqnozu qoyulmuşdursa (yəni D_k hadisəsi baş vermişdirsə), onda bu xəstəliyə aid olan konkret S_i əlamətinin müşahidə olunma ehtimalına şərti ehtimal deyilir (“ D_k olduqda S_i ”) və $p(S_i/D_k)$ kimi işarə edirlər. Məsələn, $p(S_2/D_1)$ şərti ehtimalı

$$\begin{aligned} p(S_2 \cap D_1) &= p(D_1) \cdot p(S_2/D_1) = p(S_2) \cdot p(D_1/S_2) \\ p(S_2/D_1) &= \frac{p(S_2) \cdot p(D_1/S_2)}{p(D_1)} \end{aligned} \quad (3)$$

(3) ilə ifadə olunan Bayes teoremi əsasında təyin olunur.

Əgər test müayinəsi zamanı pasiyentdə D_k xəstəliyinə aid S_i simptomu müşahidə olunmuşdursa, onda bu simptomu görə D_k diaqnozun doğruluğu ehtimalı (bu şərti ehtimal $p(D_k/S_i)$ kimi işarə olunur) Bayes teoreminə əsasən aşağıdakı kimi hesablanır:

$$p(D_k/S_i) = \frac{p(S_i/D_k) \cdot p(D_k)}{p(S_i)} \quad (4)$$

Diaqnozun qoyulması proseduru bir simptomu görə deyil, pasiyentdə müşahidə edilmiş bir neçə simptomu görə (yəni, simptomlar kompleksinə görə, məsələn, $S_{ci} = (S_1, S_3, S_6, S_7, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{14})$) həyata keçirilir və bu simptomlar kompleksi üçün D_k diaqnozunun etibarlılıq ehtimalı Bayes teoremi ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$p(D_k/S_{ci}) = \frac{p(S_{ci}/D_k) \cdot p(D_k)}{p(S_{ci})} \quad (5)$$

(5) ifadəsindəki simptom kompleksinin $p(S_{ci}/D_k)$ şərti ehtimalı ehtimalların vurulması düsturuna görə

$$p(S_{ci}/D_k) = p(S_1/D_k) \cdot p(S_3/D_k) \cdot p(S_6/D_k) \cdot \dots \cdot p(S_{14}/D_k) \quad (6)$$

kimi təyin olunur. Bütün simptom kompleksinin şərti ehtimalını tapmaq məqsədilə ayrı-ayrı klinik əlamətlərin şərti ehtimallarının vurulması o zaman mümkündür ki, bu ehtimallar bir-birindən asılı olmasın. (5) ifadəsindəki $p(S_c)$ tam ehtimaldır və simptom kompleksinin bütün xəstəliklərdə mövcud olması ehtimalını ifadə edib, aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$p(S_c) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^j p(S_{ci}/D_k) \cdot p(D_k) \quad (7)$$

burada i - simptomların sayı, j isə həmin simptomlarla özünü göstərən xəstəliklərin (baxdığımız halda aritmiyaların) sayıdır.

Pasiyentdə müşahidə edilmiş S_{ci} simptomlar kompleksi əsasında bir neçə müxtəlif xəstəliyin diaqnozunun hesablanması zamanı hər bir simptomun ayrı-ayrı xəstəliklərdə fərqli ehtimalla malik olması faktı nəzərə alınır.

Aldığımız nəticələrə və ədəbiyyatlardan götürülmüş məlumatlara əsasən D_4 diaqnozu üçün simptomlarının şərti ehtimallar cədvəli tərtib edilmişdir (cədvəl 4).

Cədvəl 4

4-cü qrupa aid mədəcik ekstrasistoliyaların (D_4 diaqnozunun) simptomlarının şərti ehtimalları cədvəli

Simptomlar	Simptomları n xəstəlikdə mövcud olma ehtimalları
S_1 ürəyin dayanıb sonra döyünməsi	69%
S_2 - qida qəbulundan sonra ürək vurğuları arasında ani olaraq ürəyin donmasını və sonradan təxminən 1 dəqiqə müddətində ritmik döyünməsi	22%
S_3 - horizontal vəziyyət alarkən və xüsusilə sol böyrü üstə uzanarkən ürəyin ani olaraq dayanıb sonradan döyünməsi	9%
S_4 -mədəcik ekstrasistolalarının sayı saatda 30-dan artıq	23%

Cədvəl 4-ün davamı

S ₅ - Qanda eritrositlərin oksigen doyumuğu indeksi < 22	11%
S ₆ - Aorta arteriyasının intima media qatının qalınlığının ölçüsü > 3,370 mm	41%
S ₇ - mədəcik ekstrasistolalarının tez-tez və politop xarakteri	19%
S ₈ - yaş həddi > 40	15%

Bayes şəbəkəsini Netica proqramında qurmasını aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirmişik:

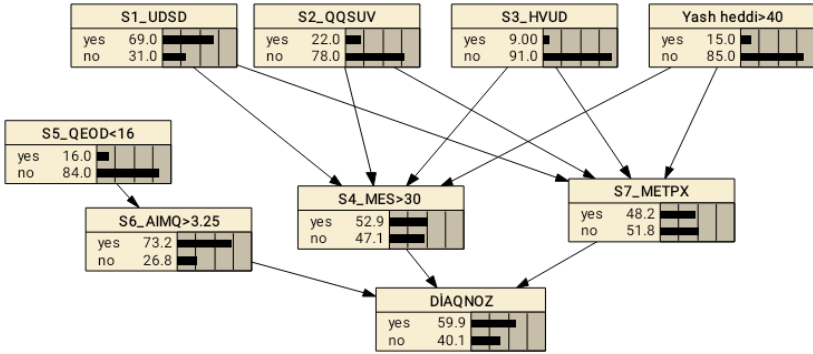
1. *Dəyişənlərin (düyünlərin) daxil edilməsi.* Qurulan şəbəkə 9 düyüнден: 8 simptom və 1 diaqnoz (xəstəlik) düyünlərindən ibarətdir.

2. *Düyünlər arasında səbəb-nəticə əlaqələrinin qurulması.* Bütün düyünləri yaratdıqdan, yerləşdirdikdən və xassələrinin şərtsiz ehtimallarını müəyyən etdikdən sonra, onları aralarındakı səbəb-nəticə əlaqəsinə uyğun olaraq bir-biri ilə əlaqələndirilir.

3. *Asılı düyünlərin şərti ehtimal cədvəlləri.* Asılı düyünlərin hər biri üçün şərti ehtimal cədvəllərini müəyyən edilir.

4. *Bayes şəbəkəsinin kompilyasiyası.* Şəbəkənin düyünləri arasında bütün şərti ehtimalları təyin etdikdən sonra onu kompilyasiya etmək lazımdır. Kompilyasiyanın nəticəsində, həm də şəbəkənin qeyri-marginal düyünlərinin şərti ehtimallarının qiymətlərinin hesablanması əməliyyatı yerinə yetirilmiş olur. Mədəcik ekstrasistoliyaların diaqnostikası üçün Netica proqramında Bayes şəbəkəsinin təsviri Şəkil 15-də verilmişdir.

Cədvəl 4-də verilmiş simptomlara malik pasiyentdə Lown-Wolf klassifikasiyasına görə 3 ballıq mədəcik ekstrasistoliyaların olması ehtimalı Netica mühitində qurduğumuz BİŞ-in verdiyi nəticəsinə görə Şəkil 9-dan görüldüyü kimi 59,9% təşkil edir.



Şəkil 9. Netica programında Bayes şəbəkəsinin təsviri. Düyünlərin (dəyişənlərin) adları cədvəl 4-ə uyğundur

Mədəcək ekstrasistoliyaların aşkar edilməsinə aid məlum alqoritmlərinin əsasında elektrokardiografiya metodu durur, yəni EKQ-nin qeydiyyatı, emalı və QRS komplekslərini aşkar edib onların zaman oxunda mövqeyini dəqiq qeyd etmək durur. Təqdim etdiyimiz işin fərqli cəhəti ondan ibarətdir ki, mədəcək ekstrasistoliyalarının diaqnozlaşdırılmasında EKQ yanaşması ilə birgə Doppler exokardioqrafik tədqiqatların nəticəsində müəyyən edilmiş və aritmiyaların yaranmasında rol oynayan digər faktorların, o cümlədən, qanda eritrositlərin oksigen doymuluğu indeksinin, aorta arteriyasının intima media qatının qalınlığının ölçüsünün və qan plazmasının lipid fraksiyalarının miqdarında baş verən dəyişikliklərin də təsirini kompleks şəkildə nəzərə alınmışdır.

Təklif olunan Bayes şəbəkəsi simptomların şərti ehtimallarını manipulyasiya etməklə aposterior ehtimalın dəyişmə dinamikasını izləməyə imkan verir.

Ehtimal qiymətləndirmələrin keyfiyyətinin artırılmasına, şəbəkəyə əlavə düyünlərin daxil edilməsi ilə nail olmaq olur.

Bayes şəbəkələri ilə iş zamanı yaranan əsas çətinliklərə şəbəkənin strukturunun yaradılmasında ümumi bir seçimin, qaydanın olmaması, mürəkkəb sistemlər üçün çoxlu sayda şərti ehtimallar

haqqında biliklərin lazım gəlməsi və onların həsaslığının analizinin mürəkkəb bir texniki məsələ olmasını göstərmək olar.

Netica proqramında ekstrasistoliyaların diaqnostikası üçün işlənmiş Bayes inanc şəbəkəsi həkimlərə həlledici qərarların dəqiqləşdirilməsi və qəbul edilməsi üçün əlavə imkanlar verə bilər.

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

- 1) EKQ siqanalları ölçmə və emal metodları və texniki vasitələrinin müqayisəli təhlili aparılmış, EKQ siqanalların analizi nəticələrinə əsasən ürək ritminin aritmiyaların diaqnostikasında zəruri olan informativ parametrlər təyin olunmuşdur [6, 11, 15, 19, 21].
- 2) Müasir virtual texnologiyalar əsasında ürək ritminin tədqiqat modellərinin emal proseslərində effektivliyi əsaslandırılma və onların *LabVIEW* və *Multisim* mühitində simulyasiyası modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir [8, 10, 16].
- 3) Faza fəzasında EKQ siqanalların diaqnostik parametrlərinin təyin və tədqiq edilməsi üçün virtual sistem işlənmiş və aritmiyaların analizində tətbiq edilmişdirdir [5, 6, 19].
- 4) Ürək ritminin dəyişkənliyinin tədqiqində tətbiq edilən riyazi emal metodları təhlil edilmiş, bu metodlarla EKQ siqnalın emalı *LabVIEW* mühiti və onun *Biomedikal Toolkit* əlavəsinin imkanları ilə reallaşdırılmışdır [6, 8, 10].
- 5) Ürək ritminin dəyişkənliyinin analizi üçün virtual cihazın proqramı (ön panel və blok diaqram) *LabVIEW* mühitində tərtib və tətbiq edilmişdir [6, 10].
- 6) Aritmiyaların tanınması üçün RR intervallarının nisbətlərinin təhlili əsasında yeni alqoritm təklif və tədqiq olunmuşdur. Bu alqoritm, sinus ritmi və tək mədəcik ekstrasistoliaları ilə müşayiət olunan EKQ siqanalları üçün yüksək həssaslıq və spesifikasiyə malikdir. Alqoritmün üstün cəhəti onun sadəliyi və hesablama resurslarına qarşı minimal tələblərin olmasıdır [6, 18, 20].
- 7) EKQ və exo-doppleroqrafiya texnologiyalarının birgə tətbiqinin nəticələri müqayisəli şəkildə təhlil edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, arterial damarların divarının intima-media kompleksinin qalınlığının normadan kənara çıxması (artması) ilə ürək aritmiyaları arasında korreliativ əlaqə mövcuddur [12, 13, 17];

- 8) Qanın Doppler siqnalının tezlik-zaman oblastında analizi və informativ parametrlərin təyini alqoritmi və kompüter modelləşdirilməsi realizə edilmiş və Doppler siqnalının spektrinə görə maksimal tezliyinin hesablanması dəqiqliyinin artırılmasına imkan verən modifikasiya olunmuş həndəsi metod təklif olunmuşdur [2, 7, 9].
- 9) Mədəcik ekstrasistoliyaların diaqnozlaşdırılmasında siqnalların emalı nəzəriyyəsi ilə yanaşı, obrazların tanınması və tibbi ekspert sistemlərdən - BİŞ-dən istifadə olunması məqsədəuyğunluğu qeyd olunmuş və ekstrasistoliyaların simptomlarının şərti ehtimallar cədvəli tərtib edilmiş, şərti və aprior ehtimallardan istifadə edərək Bayes şəbəkəsinin köməyi ilə ekstrasistolaların aposterior ehtimalı qiymətləndirilmişdir [3, 4, 17. 20].
- 10) Aritmiyaların aşkar edilməsi və diaqnostikasının effektivliyini artırmaq üçün EKQ yanaşması ilə birgə Doppler exokardioqrafik tədqiqatların nəticəsində müəyyən edilmiş və aritmiyaların yaranmasında rolunu olan digər faktorların, o cümlədən, qanda eritrositlərin oksigen doyumuğu indeksi, aorta arteriyasının intima-media qatının qalınlığının ölçüsü, qan plazmasının lipid fraksiyalarının miqdarında baş verən dəyişikliklər kimi faktorların təsiri kompleks şəkildə BİŞ-in işlənməsində nəzərə alınmışdır [13, 14, 17].

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Самедова Ш.И., Караев Е. Устройство для измерения временных параметров сигналов // Тези доповіді міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених», Харків 2014 19 – 20 березня 2014, с.115
2. Мамедов Р.К., Рагимова Е.К. Самедова Ш.И. Выбор материнского вейвлета для обработки медицинских

- сигналов // Materials of the IV International Scientific Conference «Information-Management Systems and Technologies» 22th – 24th September, Odessa, 2015, p.201-203.
3. Хидиров А.Ш., Самедова Ш.И., Самедова Х.З. Применение байесовских сетей при диагностике экстрасистолий // XV Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии», ФРЭМЭ'2022 Владимир - Суздаль 28-30 июня 2022, с.183-186.
 4. Хидиров А.Ш., Самедова Ш.И., Самедова Х.З. Применение байесовских сетей при диагностике желудочковых аритмий // IEHCI2022 | International Eastern Conference on Human-Computer Interaction, Nakhchivan, Azerbaijan 9-10 September 2022, s.56-60.
 5. Самедова Ш.И. Система определения диагностических параметров электрокардиографического сигнала // Сборник научных трудов XII международного форума кардиологов и терапевтов 21-23 марта 2023 г. г. Москва, с.72.
 6. Абдуллаев Н.Т., Хидиров А.Ш., Самедова Ш.И., Самедова Х.З. Система определения диагностических параметров экг сигнала в программной среде Labview // «Биомедицинская радиоэлектроника» 2024, Т.27.№1, с.54-63
 7. Xidirov A.Ş., Səmədova Ş.İ., Səmədova X.Z., Xasməmmədova G.T. Ultrasəs doppler signalının spektral analizi // Azərbaycan Texniki Universiteti, elmi əsərlər, №3, 2018, səh 227-232.
 8. Xidirov A.Ş., Səmədova Ş.İ . Elektrokardioqrafik diaqnostikanın effektivliyinin artırılmasının müasir istiqamətləri Birinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans: MIMCS – 2019, ADNSU, University of Burgundy Franche-Comté (France), 1-2 iyul, Bakı, Azərbaycan, 1-2 iyul 2019, s.113.

9. Məmmədov R.L., Məmmədov U.Q., Səmədova Ş.İ. Mayələrin sıxlığını və özlülüyünü ölçən yeni qurğu// İkinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans: Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivləri MIMCS –207-08 dekabr 2020-ci il, s.105.
10. Səmədova Ş.İ.,Səmədova X.Z. Ürək ritminin dəyişkənliyinin Labview program mühitində analizi // İkinci Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans:Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivləri MIMCS –2, 07-08dekabr 2020-ci il, s.145-146.
11. Səmədova Ş.İ.Emal prosedurlarının EKQ siqnala təsirinin tədqiqi// Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı- 07-08 may 2020, s.18
12. Səmədova Ş.İ. Exokardioqrafiyada koronar çatışmazlıq siqnallarının alınması və emalı // “Azərbaycan hava yolları” qapalı səhmdar cəmiyyəti Milli Aviasiya Akademiyası Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş Elmi-texniki konfrans 6-7 may 2021-ci il,səh.129.
13. Xidirov A.Ş. Mehrəliyev O.Ş. Səmədova X.Z. Səmədova X.Z., Xasməmmədova G.T. Bayes şəbəkəsinin aritmiyaların diaqnostikasında tətbiqi // Azərbaycan Texniki Universiteti, ELMİ ƏSƏRLƏR, №1, 2021, səh 115-119.
14. Səmədova Ş.İ.Ürək aritmiyaların diaqnozunun ehtimal qiymətləndirilməsi // Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Pespublika elmi-texniki konfransının MATERIALLARI (I hissə),AzTu, 4-5 may 2022, s. 102-106.

15. Qasımazadə T.M., Mehrəliyev O.Ş., Səmədova Ş.İ. Aritmiyaların diaqnostikasi və müalicəsində biotibbi cihazların yeri // Peşə təhsili və insan kapitalı, Azərbaycan Respublikası elm və təhsil nazirliyi Cild 5, №3, 2022, s.47-51.
16. Səmədova Ş.İ., Ürək aritmiyalarının analizi sistemi// Azərbaycan Texniki Universiteti, elmi əsərlər, №1, 2022, səh 14-21.
17. Samedova Sh, Khidirov A., Mammadov R.L., Suleymanova S. Probabilistic assessment of the cardiac arrhythmias diagnosis in Bayesian belief network //UDC 616 DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263050 "Eastern-European Journal of Enterprise Technologies" No. 4 (118).2022, p.16-24.
18. Samadova Shafag. Algorithm for automatic recognition of cardiac arrhythmias // Control, Navigation and Communication Systems. Issue 2(72), 2023, p.146-150.
19. Samedova Sh. Cardiac arrhythmias analysis based on the phase portrait of ecg signal // Piretc journal of social research & behavioral sciences volume 24 ISSUE 03 2023, p.11-17.
20. Shafaq Samadova System of detection of ventricular arrhythmias // Socioworld Social research & Behavioral sciences, 2023, Volume 12, Issue 02, p.32-38.
21. Mehraliev Oruj, Shafaq Samadova Cardio-oncology: A comprehensive overview and innovative approaches// The Baltic scientific journals PROCEEDINGS, 2024, Volume 30 (07) Issue 01, p.114-119

Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:

[1, 2, 8]- Sıqnalları emalı və analizi sisteminin struktur sxeminin işlənməsi, ana veyvletin seçilməsinin əsaslandırılması, EKQ sıqnallarının qeydiyyatının keyfiyyətinin artırılması məsələlərinin araşdırılması;

- [3,4]- Bayes şəbəkəsi üçün mədəcik aritmiyaların tədqiqindən alınmış diaqnostik əlamətlərin hazırlanması;
- [6, 10, 18]- mədəcik aritmiyalarının avtomatik aşkar edilməsinin yeni üsulunun təklif edilməsi və onun alqoritminin Labview program mühitində reallaşdırılması;
- [13, 17]- Bayes şəbəkəsi üçün aritmiyalara aid ilkin verilənlərin təqdim edilməsi, mədəcik ekstrasistoliyaların simptomlarının şərti ehtimalları cədvəlinin qurulması;
- [7, 9]- Qan axınının Doppler signalının zama-tezlik oblastında analizi və axın sürətinə təsir edən faktorların araşdırılması;
- [15, 21]- EKQ monitorinqi aparatları əsasında aritmiyaların təsnifatlaşdırılması və kardioloji müayinələrin nəticələrinin digər diaqnostik verilənlərlə korrelyasına aid araşdırmaların aparılması

Dissertasiyanın müdafiəsi 29 noyabr 2024-cü il tarixdə saat 15:00-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1073, Bakı şəhəri, Hüseyn Cavid prospekti, 25.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 oktyabr 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 23.10.2024
Kağızın formatı: A 5
Həcm: 39095
Tiraj: 100