

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazma hüququnda

İNSANIN ÜRƏK DAMAR SİSTEMİNDƏ YARANAN PATOLOJİ PROSESLƏRİN İNKİŞAFININ PROQNOZLAŞDIRILMASI VƏ AŞKAR EDİLMƏSİ METODLARININ İŞLƏNMƏSİ

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

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **İradə Cavad qızı İbrahimova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ-2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Texniki Universitetinin "Biotibbi texnika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, dosent

Namiq Tahir oğlu Abdullayev

Rəsmi opponentlər:

texnika elmləri doktoru, dosent

Fəhrad Heydər oğlu Paşayev;

texnika elmləri doktoru, professor

Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov;

texnika elmləri namizədi, dosent

Akif Şakir oğlu Xidirov

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor

Nurəli Adil oğlu Yusifbəyli

Dissertasiya Şurasının
elmi katibi:

texnika elmləri namizədi, dosent

Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent

Məzahir Məhəmməd oğlu İsayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzusunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. İnsanın ürək-damar sistemi ən mürəkkəb bioloji sistemlərdən biridir və orqanizmin həyat fəaliyyəti nöqteyi-nəzərindən başlıca yer tutur. O, daxili orqanların vəziyyətində və ətraf mühitdə cüzi dəyişmələrə həssaslıqla reaksiya verir. Pasiyentin elektrokardioqramının gözlə müşahidə edilməsi ənənəvi olaraq onun vəziyyəti haqqında informasiya alınmasının əsas üsullarından biridir. Bununla yanaşı olaraq son illərdə tibb müəssisələri insanın ürək-damar sisteminin vəziyyətinə avtomatik nəzarət üsullarına getdikcə daha çox maraq göstərir. Kardiologiyada (tibbin digər sahələrində olduğu kumu) instrumental yanaşma ənənəvi olaraq normaya və müxtəlif patologiyalara xas olan bəzi kəmiyyət göstəricilərinin müqayisə edilməsinə əsaslanır. Bu zaman diaqnostika tam olaraq ölçülən parametrlərin əvvəlki təcrübə nəticəsində toplanmış verilənlərə və digər üsullarla (klinik analizlər, xəstəlik tarixçəsi və s.) alınmış nəticələrə uyğun olmasına əsaslanır. Belə ki, məsələn, praktik kardioloqların və tədqiqatçıların çoxillik müşahidələri sayəsində məlum oldu ki, ürək-damar sisteminin müəyyən patologiyaları elektrokardioqramın (EKQ) formasının spesifik dəyişmələrinə gətirir. Ona görə də EKQ-nin dıçciclərinin qarşılıqlı yerləşməsi, forması və ölçülərinin ölçülməsi ürək-damar sisteminin xəstəliklərinin diaqnostikası prosesinin mühüm tərkib hissəsinə çevrilmişdir. Texnikanın inkişafı EKQ ilə yanaşı ürək döyüntüləri arasındakı zaman intervalları ardıcılığını – ritmoqramı – qeyd etməyə imkan verdi. Ritmoqramın parametrlərinin pasiyentin vəziyyəti haqqında digər verilənlərlə tutuşdurulması prosesi ürək ritminin dəyişməsinin göstəriciləri ilə orqanizmin vəziyyəti arasında aşkar əlaqənin müəyyən edilməsinə gətirdi. Hesablama texnikasının tibb müəssisələrində tətbiq edilməsi ritmoqramın qeyd olunan göstəricilərinin dairəsini genişləndirməyə imkan verdi.

Nə qədər çox göstərici qeydə alınarsa, diaqnostika məsələsi də bir o qədər dəqiq həll olunar, çünki müxtəlif göstəricilər konkret patologiyalara qarşı müxtəlif cür həssaslığa malikdir.

Son onillikdə fizioloji verilənlərin riyazi üsullarla emal edilməsi sahəsində mütəxəssislər tərəfindən aparılmış çox sayda tədqiqatlar müəyyən etməyə imkan verdi ki, insan orqanizmində baş verən bir çox fizioloji proseslərin dinamikası xaotikdir. Qeyri-xətti xaotik dinamika orqanizmə çoxlu funksional üstünlüklər verir. Determinik xaosun aşkar edildiyi sistemlər geniş şərait diapazonunda işləməyə qadirdir və ona görə də ətraf mühitin dəyişmələrinə asanlıqla adaptasiya edirlər. Xaotik davranış zahirən qeyd olunan verilənlərin dəyişkənliyi ilə aşkar edilir. Dəyişkənliyin müşahidə olunan verilənlərin aşkar ifadə edilən periodikliyi ilə müşayiət olunan azalması orqanizmdə patoloji dəyişikliklərin aşkar edilməsi deməkdir.

RR intervaloqramların xaotikliyinə qiymətləndirilməsi üçün fraktal çoxluqların fraktal Hausdorf ölçüsü, korrelyasiya və informasiya ölçüsü, Herst göstəricisi, ümumiləşmiş ölçü və faza fəzası ölçüsü kimi xarakteristikalarından istifadə olunur .

Ürək ritminin dəyişməsinin (ÜRD) spektral-zaman analiz üsulları hal-hazırda yaxşı öyrənilmişdir və onların sonrakı təkmilləşdirilməsi yalnız əldə olunan qiymətlərin dəqiqliyinin artırılmasına və ÜRD parametrlərinin tam avtomatik ölçülməsi üçün proqram-aparat vasitələrinin işlənilməsinə yönəldilməlidir. Bununla yanaşı təsdiq edilir ki, kardiointervalların dinamikasının və ÜRD-ün keçid vəziyyətlərinin tədqiqinə yönəldilmiş alqoritmlər kifayət qədər işlənilməmişdir. Bunu da nəzərə almaq lazımdır ki, bu cür üsul və alqoritmlərin olması ürək ritmindəki müxtəlif dəyişikliklərə gətirən proseslərin başa düşülməsini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırma bilər.

Ürək ritminin dəyişməsinin analizi üçün qeyri-xətti dinamika üsullarının tətbiq edilməsinin öyrənilməsi və həmçinin, ölçmə prinsiplərinin ürək ritminin fizioloji təbiətinə daha yaxşı adaptasiyası üçün riyazi model və alqoritmlərin işlənilməsi hal-hazırda ən prioritet tədqiqat istiqamətlərindəndir ki, bu da hazırkı dissertasiya işinin **mövzusunun aktuallığını** təsdiq edir.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Dissertasiya işində tədqiqat obyekti insan orqanizminin ürək-damar sistemi və onun hasil etdiyi

elektrik bioloji potensiallardır. Dissertasiya işinin predmeti ürək-damar sistemi haqqında yeni informativ məlumatların alınması və diaqnostik qərarların effektivliyinin artırılması.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin müəyyən edilməsi üçün yeni informativ əlamətlərin aşkar edilməsi və kardiosiqnalların periodik ardıcılığı nəzərə alınmaqla diaqnostik qərarların qəbul edilməsidir.

Tədqiqatın əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

1) Ürək döyünməsinin dinamikasında fraktal xüsusiyyətləri nəzərə almaqla qonşu kardiointervallar cütünün müqayisə edilməsinə əsaslanan ürək ritmi dəyişməsinin tədqiq edilməsi üsulunun seçilməsi.

2) EKQ analizi əsasında ürək-damar sisteminin müxtəlif xəstəliklərinin diaqnostikası üçün istifadə olunan ürək döyünməsinin təkrarlanan intervallarının yeni informativ əlamətlərinin müəyyən edilməsi üçün metodikanın və alqoritmlərin işlənilməsi;

3) Ürək döyünməsi intervallarının ekstremal qiymətlərinin təyin edilməsi əsasında ürək-damar sisteminin vəziyyətinin proqnozlaşdırılması prosedurasının işlənilməsi.

4) Fraktal xüsusiyyətli dinamik sıraların sıçrayışlarını proqnozlaşdırdıqda, ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervallarının qısa müddətli və uzunmüddətli korrelyasiya asılılıqlarından istifadə edilməsinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi.

5) Qısa müddətli və uzunmüddətli asılılıqlar haqqında informasiyadan istifadə etməklə ilkin verilənlərdə küylər olduğu halda ürək döyünməsinin dinamikasının proqnozlaşdırılması üsullarının müqayisəli analizi.

6) Qeyri-stasionar elektrokardioqrafiya siqnallarının seqmentləşdirilməsi alqoritmlərinin işlənilməsi və təkrarlanan intervalların sərhədlərinin müəyyən edilməsi əsasında ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin proqnozlaşdırılması.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işinin nəzəri hissəsi korrelyasiya analizi, multifraktal analiz, siqnallar nəzəriyyəsi, ehtimal nəzəriyyəsi, statistik analiz üsullarının bazasında yerinə yetirilmişdir. Tədqiqatın nəticələri Microsoft Excel, Matlab proqram

vasitələrində alınmışdır

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar: Dissertasiya işində aşağıdakı müddəalar müdafiəyə təqdim olunur:

-ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervallarının analizi əsasında ürək-damar sisteminin müxtəlif xəstəliklərinin diaqnostikası üçün metodika və meyarlar sistemi;

-ürək-damar sisteminin vəziyyətinin proqnozlaşdırılması prosedurasını sürətləndirməyə və əldə olunan proqnozun həqiqilik dərəcəsini artırmağa imkan verən və RİA-nın (return intervals approach) tətbiq edilməsinə əsaslanan ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervallarının statistikasının seçilməsi;

-ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervallarının həm qısa müddətli, həm də uzunmüddətli asılılıqları haqqında informasiyadan istifadə etdikdə ürək-damar sisteminin vəziyyətinin düzgün proqnozlaşdırılmasını qiymətləndirməyin mümkünlüyü;

-qeyri-sabitliyin dəyişmə nöqtələri nəzərə alınmaqla trend təşkilədicisini rejeksiya etdikdən (aradan qaldırıqdan) sonra qeyri-stasionar fizioloji siqnalların kvazistasionar seqmentlərə seqmentləşdirilməsi metodikası;

-kardiosiqnalların zaman sırasının qeyri-sabitliyinin dəyişmə nöqtəsinin qiymətləndirilməsi metodikası nəzərə alınmaqla kvazistasionar sahələrin sərhədlərini müəyyən etdikdə ürək-damar sisteminin vəziyyətinin kompleks proqnozlaşdırılması alqoritmı.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

1. Ürək döyüntüsünün təkrarlanan intervallarının yeni informativ əlamətləri təklif olunmuş, ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin diferensial diaqnostikasında uzunmüddətli korrelyasiyalardan istifadə edilməsinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün alqoritmik və proqram həlləri işlənilmişdir.

2. Ürək-damar sisteminin vəziyyətinin proqnozlaşdırılması prosesinin reallaşdırılması və onun həqiqiliyinin artırılması məqsədilə təkrarlanan intervalların ehtimallarının paylanma funksiyalarının, həmçinin onların uzunmüddətli asılılıqlarının (avtokorrelyasiya funksiyası, şərti təkrarlanma periodları və s.) tədqiq edilməsi təklif olunmuşdur.

3. Fraktal xüsusiyyətli dinamik sıraların sıçrayışlarını proqnozlaşdırdıqda ürək döyünməsinin təkrarlanan intervallarının qısa müddətli və uzunmüddətli korrelyasiya asılılıqlarından istifadə edilməsinin effektivliyi analiz edilmiş və qiymətləndirilmişdir.

4. Uzunmüddətli yaddaşın xətti və qeyri-xətti təşkilediciləri nəzərə alınmaqla normal və müntəzəm paylanmalı additiv küy olduqda, ürək-damar sisteminin vəziyyətinin proqnozlaşdırılmasının effektivliyi qiymətləndirilmişdir.

5. Elektrofizioloji siqnalların qeyri-stasionarlığı nəzərə alınmaqla zaman sırasının kvazistasionar sahələrinin sərhədlərinin müəyyən edilməsi əsasında ürək-damar sisteminin vəziyyətinin proqnozlaşdırılmasının modifikasiya olunmuş üsulu təklif edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

Dissertasiyada alınmış nəzəri nəticələr tibbi və hesabi ersperimetrlərlə sübut edilmiş və tədris prosesində tətbiq edilmişdir. Dissertasiya işinin nəticələri Azərbaycan Texniki Universitetinin “Biotibbi texnika” kafedrasının yerinə yetirdiyi dövlət hesablı elmi-tədqiqat işində istifadə olunmuşdur.

Dissertasiyada yerinə yetirilmiş tədqiqatların **praktiki əhəmiyyəti** ondan ibarətdir ki, elektrokardioqrafiya siqnallarının emalı üçün işlənilmiş alqoritmlərdən və proqramlardan, həmçinin ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin proqnozlaşdırılması üsullarından istifadə edilməsi elektrokardioqrafik tədqiqatlarda əldə olunan nəticələrin həqiqiliyini artırmağa və deməli, onların əsasında qəbul edilən diaqnostik qərarların effektivliyini yüksəltməyə imkan verəcək.

Həmçinin aparılan nəzəri və praktiki tədqiqatların nəticələri bir sıra fənlərin tədrisində tətbiq edilmişdir.

İşin aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin materialları “Проблемы и перспективы развития ИТ–индустрии” VIII Beynəlxalq konfransında, Ukrayna, Xarkov, 2016; “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии”-ФРЭМЭ-2016 XII Beynəlxalq elmi konfransda, Rusiya, Vladimir-Suzdal, 2016; “İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının müasir

vəziyyəti və inkişaf perspektivləri” Beynəlxalq elmi-texniki konfransında, Bakı, 2016; “Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии” IX Beynəlxalq elmi-praktiki konfransında, Ukrayna, Xarkov, 2018, XII Beynəlxalq elmi konfrans “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии” ФРЭМЭ 2018, Vladimir, Rusiya; “Обработка сигналов и негауссовские процессы” VII Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda Ukrayna, Çerkassi, 2019; “Современные информационные, измерительные и управляющие системы: проблемы и перспективы” I Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda Bakı, 2019 məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin mövzusunə uyğun 25 elmi əsər, o cümlədən 17 məqalə, 1 monoqrafiya, 2 həmmüəllifsiz məqalə çap edilmişdir.

Bunlardan 4-ü “Scopus” və “Web of Science” elmi bazalarında indeksləşmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Azərbaycan Texniki Universitetinin “Biotibbi texnika” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. I fəsil 35919 işarədən, II fəsil 55453 işarədən, III fəsil 51883 işarədən, IV fəsil 63760 işarədən ibarət olmaqla 255672 işarədən ibarət mətndə şərh olunmuşdur.

Dissertasiya girişdən, dörd fəsildən, nəticədən, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından (136) ibarətdir.

Dissertasiyanın ümumi həcmi 186 səh. və ümumilikdə isə dissertasiya işi 255672 işarədən ibarətdir. Dissertasiyanın əsas mətni 25 şəkil, 3. Cədvəl və 3 listing daxil olmaqla 185səhifədə şərh edilmişdir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, aparılmış tədqiqatların məqsədləri və məsələləri bəyan edilmişdir. Tərkibində elmi yenilik olan nəticələr qeyd edilmiş

və onların praktiki dəyəri göstərilmişdir. İşin məzmunlu hissəsinin qısa annotasiyası və strukturu verilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəslində** problemin vəziyyətini təhlil etmək və tədqiqat problemini formalaşdırmaq üçün ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətini qiymətləndirmə metodlarının nəzər-dən keçirilməsi və ürək siqnallarının xüsusiyyətlərinə əsaslanaraq baxış keçirilmişdir.

Ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin operativ diaqnostikası məqsədilə bir qayda olaraq, ürək ritminin dəyişməsi analiz edilmişdir. Belə yanaşma müxtəlif növlü maneələr şəraitində ölçmələrin maksimal etibarlılığını təmin etməklə və R-R intervalları ardıcılıqlarının analizini nəzərdə tutulmuşdur.

Biotibbi siqnalların müxtəlif riyazi emal və analiz üsulları və EKQ siqnallarının analizi və emalı üçün işdə istifadə olunan verilənlər PhysioNet xüsusi internet portalına əsaslanmış, bu portal hamı üçün əlçatan olduğu və tədqiqatçılara onun tərkibini genişləndirmək imkanı verdiyi göstərilmişdir. Hesablama eksperimentini apardıqda normal ritimli və ürək qulaqcığının fibrillyasiyasına uyğun siqnallar tədqiq olunmuşlar. Ürək ritminin müntəzəmliyi norma və göstərilən patologiya üçün ürək yığılmalarının tezlikləri müəyyən edilmişdir.

Elektrofizioloji siqnalların qeyri-stasionar xarakterini nəzərə alaraq diaqnostik informasiyanın alınması məqsədilə elektroqardioqramın analizinə fraktal metodikaların tətbiq edilməsinə perspektiv məsələ kimi baxılmışdır.

İkinci fəslində ürək-damar sisteminin vəziyyətinin diferensial diaqnostikası üçün hər-hansı Q həddini aşmaqdan ibarət olan təsadüfi prosesin sıçrayışlarını proqnozlaşdırmaq üçün ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervalları analiz edilmişdir. Bu zaman bu cür sıçrayışın tipik prediktoru, yəni sıçrayışın meydana gəlməsindən əvvəlki zaman anlarında təsadüfi prosesin xarakterik davranışı axtarılmışdır. Ürək döyüntülərinin dinamikasının statistik parametrlərini müəyyən etmək məqsədilə ürək döyüntüsünün intervalları multifraktal yanaşma əsasında modelləşdirilmişdir. Multifraktal çoxluqların generasiya edilməsi üçün multiplikativ

təsadüfi kaskad (multiplicative random cascade – MRC) prosesinə baxılmış, MRC prosesi ilkin verilənlərdən iterativ üsulla hər iterasiyada yazılar arasında ara məsafəsini dəyişdirməklə generasiya edilmişdir.

Multifraktal çoxluqların generasiya edilməsinin digər alqoritmı multifraktal təsadüfi dolaşma (multifraktal random walk-MRW) üsulunu tətbiq etməklə alınmış, bu alqoritmə əvvəlcə siqnalın rekord a_i , $i=1,...,N$ qiyməti generasiya edilmişdir. Burekordun eksponensial qiymətini götürərək və b_i qauss təsadüfi ədədlərinə vurmaqla nəticədə multifraktal sıra alınmışdır:

$$x_i = \left(e^{a_i}\right) \cdot b_i.$$

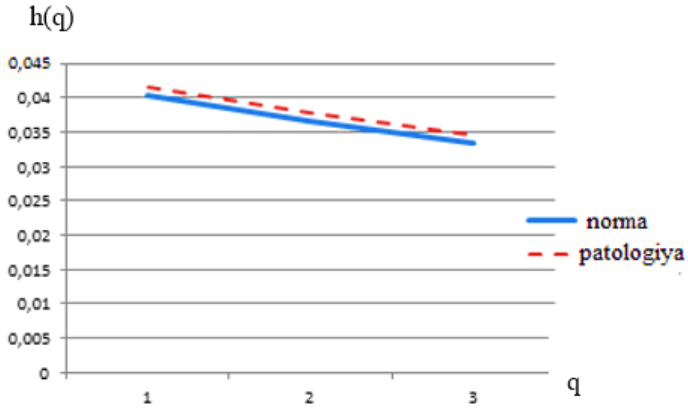
Prosesin MRC və MRW modellərindən istifadə etməklə hər hansı Q həddini aşan hadisələr arasındakı intervalların statistikalarına baxılmışdır. Təkrarlanan ürək döyüntülərinin informativ əlamətlərinin alınması üçün ümumiləşmiş Herst göstəricisinin hesablanması, Q həddini aşan təkrarlanan intervalların şərtsiz və şərti paylanma sıxlığını, şərti təkrarlanma periodunu, təkrarlanan intervalların avtokorrelyasiya funksiyasını qiymətləndirmək, təkrarlanan intervalların klasterlərinin ölçülərinin paylanma sıxlığını qiymətləndirmək üçün alqoritm işlənmişdir. Informativ əlamətlərin əldə olunmuş kompleksi ürək-damar sisteminin müxtəlif xəstəliklərinin diaqnostikası üçün istifadə edilir. Alqoritmın ədədi realizasiyası normal vəziyyətin və ürək qulaqcığının fibrillyasiyasının diferensial diaqnostikası üçün yerinə yetirilmişdir.

Ürək döyüntülərinin təkrar informativ əlamətlərini müəyyən etmək üçün aşağıdakı parametrlər hesablanmışdır:

1. Multifraktal $\{\tilde{X}_t\}$ çoxluğunun ümumiləşdirilmiş Herst göstəricisi

$$F_q(s) \sim s^{h(q)} \quad (1)$$

Burada $F_q(s)$ ümumiləşdirilmiş fluktasiya göstəricisi, s -uzunluqlu kəsiklər ardıcılığı, q -deformasiya parametridir $(-\infty < q < +\infty)$.



Şək.1 $h(q)$ asılılığının qrafiki

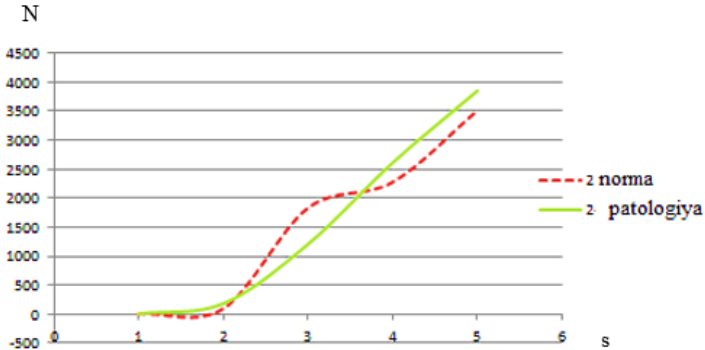
2.Skeylinq münasibətinin $\delta(Q)$ göstəricisi hesablanmışdır:

$$\ln[P_Q(r)] = -\delta(Q) \ln[r/R_Q] \quad (2)$$

Burada $P_Q(r)$ təkrar intervalların r uzunluqlarının paylanma sıxlığıdır.

$$P_Q(r) \sim (r/R_Q)^{-\delta(Q)} \quad (3)$$

Burada R_Q həddi ortalasdırılmış təkrar interval və ya təkrarlanma periodu, r cari intervalın qiymətidir.



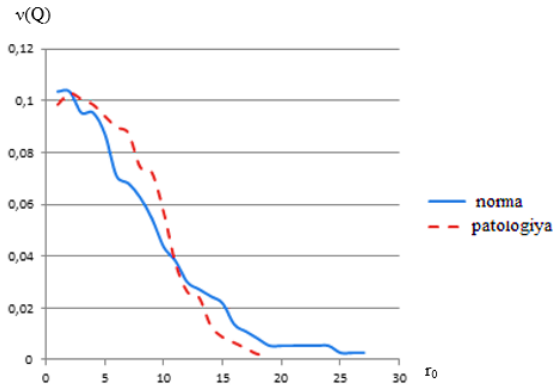
Şək.2 . $\delta(Q)$ asılılığının qrafiki
(N-intervallarda olan nöqtələrin sayıdır)

3.Şərti təkrarlanma periodunun qiymətləndirilməsi

$r_0 \geq R_Q$ qiymətləri üçün müəyyən r_0 qiymətinə malik təkrar intervalların ardınca gələn bütün r_j intervallarının orta qiyməti kimi təyin olunan şərti təkrarlanma periodu hesablanmışdır.:

$$\ln[R_Q(r_0)] = v(Q)\ln[r_0]. \quad (4)$$

$v=1,...N_S$ seqment nömrəsi, $N_S=N/s$

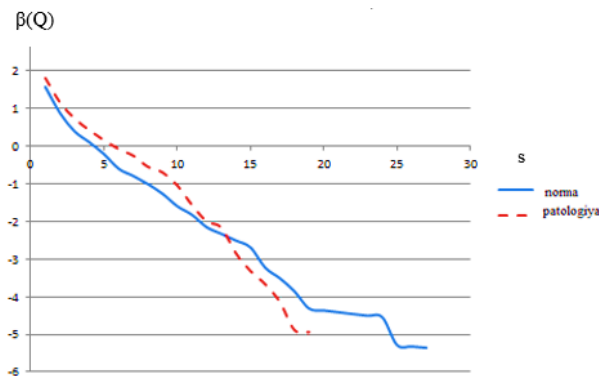


Şək.3 $v(Q)$ asılılığın qrafiki

4.Təkrar intervalların avtokorrelyasiya funksiyasının qiymətləndirilməsi.Qiymətləndirmə aşağıdakı kimi yerinə yetirilmişdir:

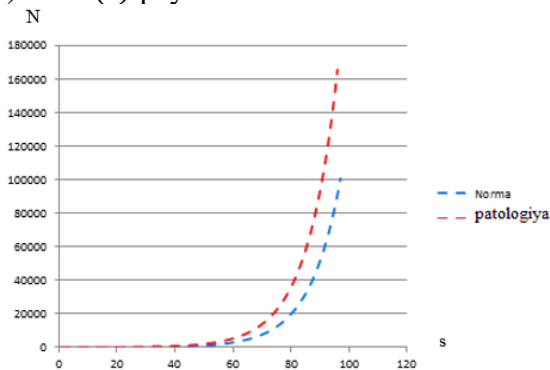
$$C_Q(s) \sim s^{-\beta(Q)} \quad (5)$$

Burada β göstəricisi kvantilin ölçüsünə bilavasitə asılılığı əks etdirir. Misal üçün $R_Q=10,70,500$ periodlarına $\beta=0.46, 0.49, 0.56$ qiymətləri uyğun gəlir.



Şək.4. $\beta(Q)$ asılılığının qrafiki

5. Təkrar intervalların klasterlərinin ölçülərinin paylanma sıxlığının qiymətləndirilməsi. Qeyd edək ki, k klaster kəmiyyətlərinin paylanmasını $v(k) > 1/2$ tezliyi ilə (mediandan yuxarı) və $v(k) < 1/2$ tezliyi ilə (mediandan aşağı) hesablanır. $P(k) \approx v(k)$ fərz etməklə uyğun olaraq mediandan yuxarı və aşağıda yerləşən təkrar intervallar üçün k ölçülərinin $P_1(k)$ və $P_2(k)$ paylanmalarının ehtimalları hesablanır.

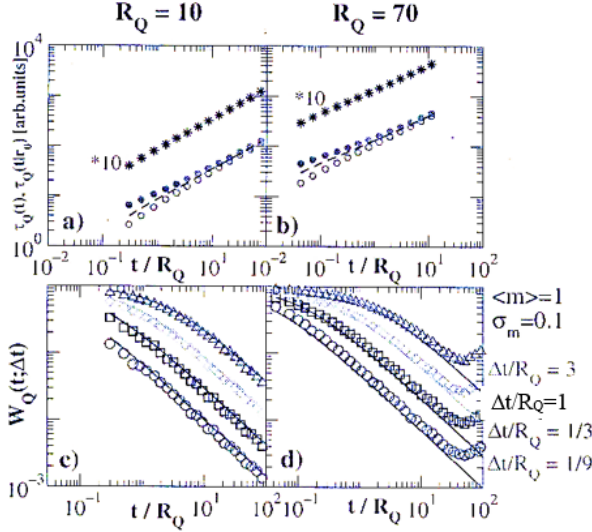


Şək.5. $P(k)$ asılılığının qrafiki

Qeyd olunan 5 mərhələnin nəticəsində ürək döyüntüsünün təkrar intervallarının informativ əlamətlərinin bütöv palitrası müəyyən edilir.

Uzun müddətli RİA (return intervals approach) yaddaşından istifadə edən böyük təkrarlanan intervalların proqnozlaşdırılması məsələsinə yanaşma nəzərdən keçirilmişdir.

$W_Q(t, \Delta t)$ ehtimalı t zaman vahidləri ərzində bu sonuncu Q -hadisəsinə qədər Q -hadisə intervalının meydana gəlməsi şərti ilə sonuncu Q -hadisədən sonra keçən Δt zaman vahidləri ərzində ürək döyünməsinin ən azı bir Q -intervalının meydana gəlməsinin ehtimalıdır.



Şəkil 6. $\tau_Q(t)$ və $W_Q(t, \Delta t)$ qrafikləri

Növbəti hadisə meydana gələnə qədər gözlənilən zaman vahidlərinin qlobal $\tau_Q(t)$ və şərti $\tau_Q(t|r_0)$ kəmiyyətlərinin qiymətləri göstərilmişdir. (şəkil 6) Onların ədədi qiymətləri MRC-model üçün alınmışdır: (a) $R_Q = 10$ üçün və (b) $R_Q = 70$ üçün. R_0 qiymətlərinə yalnız $r_0 = 1$ və $r_0 = 3$ olduqda baxılmışdır.

$$\tau_Q(t) \sim (t/R_Q)^{\xi(Q)} \quad (6)$$

qüvvət qanununu ödəyir, burada $\xi(Q)$ eksponentası Q artdıqca azalır ($\xi=0.6$; $R_Q=10$ üçün və $\xi=0.47$; $R_Q=70$ üçün). Zaman vahidlərinin şərti gözlənilən $\tau_Q(t|r_0)$ ədədi $r_0 = 1$ üçün də qlobal $\xi(Q)$ kəmiyyəti kimi təxminən $\xi(Q, r_0)$ kimi eksponentı olan qüvvət qanunu ilə təsvir oluna bilər.

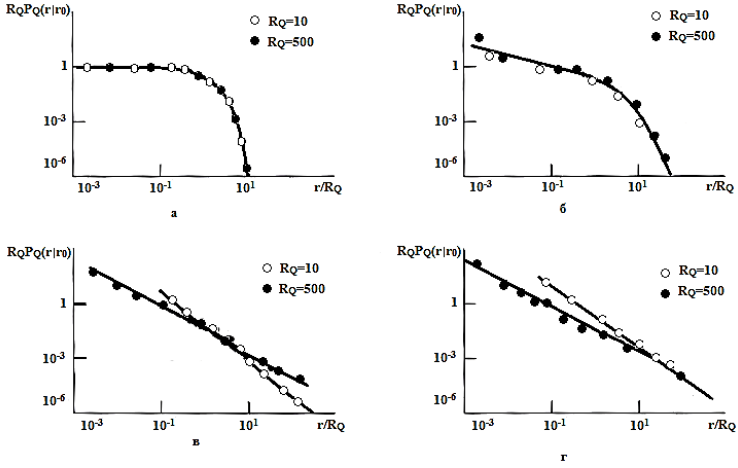
$$W_Q(t; \Delta t) = \frac{(\delta(Q)-1)\Delta t/R_Q}{t/R_Q + (\delta(Q)-1)\Delta t/R_Q}. \quad (7)$$

Şək.6(c) və 6(d)-də uyğun olaraq $R_Q=10$ və $R_Q=70$ olduqda $1/f$ şəklində güc spektri ilə xarakterizə olunan MRC-modelin yazıları üçün W_Q qrafikləri göstərilmişdir.

Üçüncü fəsildə göstərilmişdir ki, yanaşma qeyri-xətti (multifractal) uzun müddətli yaddaşa malik olan yazıları tədqiq etdikdə effektivdir. Proqnozlaşdırmanı qiymətləndirmək üçün iki göstəricidən istifadə olunmuşdur: qabaqcadan düzgün xəbər verilmiş Q-hadisələrin payını xarakterizə edən həssaslıq (sensitivity) Sens və qabaqcadan düzgün xəbər verilmiş qeyri-Q-hadisələrin payını xarakterizə edən xüsusi göstərici –spesifik (specify) Spec. Proqnozun effektivliyini artırmaq üçün ROC-analiz (receiver operator characteristic) adlanan signal qəbulu operatorunu tətbiq etməklə analizdən istifadə olunur. Həm qısa müddətli, həm də uzun müddətli asılılıqlar haqqında informasiyadan istifadə edildikdə yanlış həyəcan signalı (Spec) ehtimalının eyni qiymətlərində düzgün proqnozlaşdırmanın (Sens) təxminən eyni ehtimalları əldə olunur. Ürək döyüntülərinin uzun müddətli yaddaş (RIA-yanaşma) yazılarından istifadə edilməsi yalnız qısa müddətli yaddaşdan istifadə edən PRT tanıma texnologiyası (pattern recognition technique) ilə müqayisədə üstünlüyə malikdir.

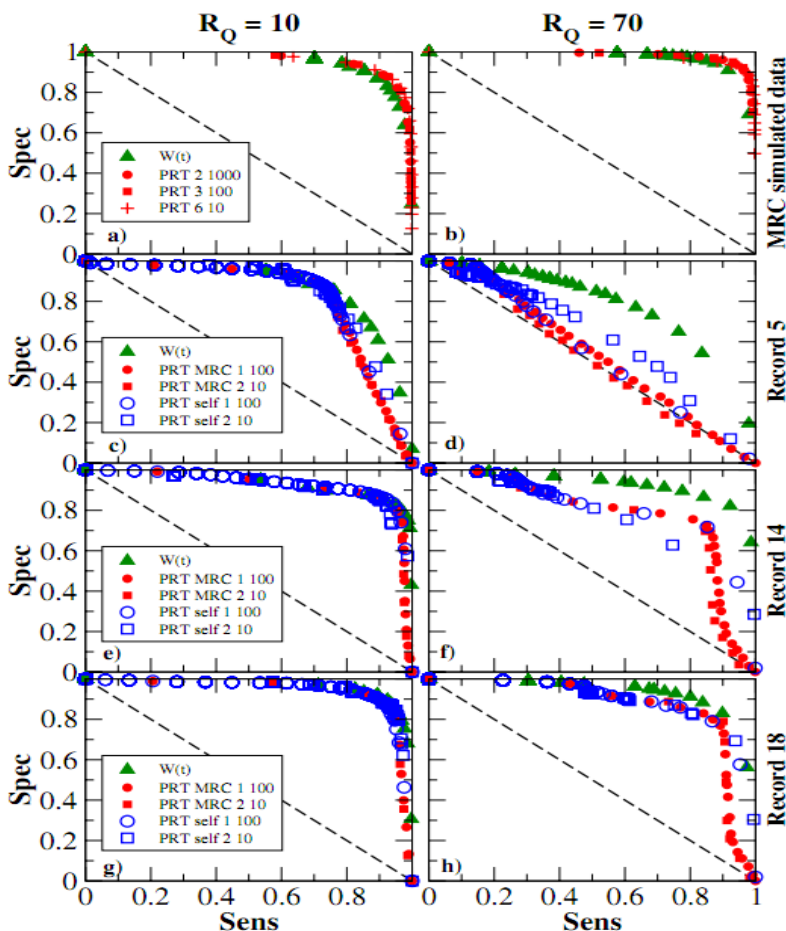
Şərti ehtimallar əsasında hesablanmış əsas ehtimallara keçid hesabına sıçrayışlar arasındakı əvvəlki intervalın qiyməti haqqında informasiyanın əlavə nəzərə alınmasını əldə etmək olar.

Ehtimalların paylanması $P_Q(r|r_0)$ şərti sıxlıqları şəkl. 7-də birinci bindən sonrakı (konturlu markerlər) və dördüncü bindən sonrakı (içi dolu markerlər) intervallar üçün verilmişdir. $P_Q(r)$ -i $P_Q(r|r_0)$ ilə əvəz etməklə alınan $W(t; \Delta t|r_0)$ şərti ehtimallarına keçmək hesabına addımlar arasında əvvəlki intervalın qiyməti haqqında informasiyanı əlavə olaraq nəzərə almaq olar



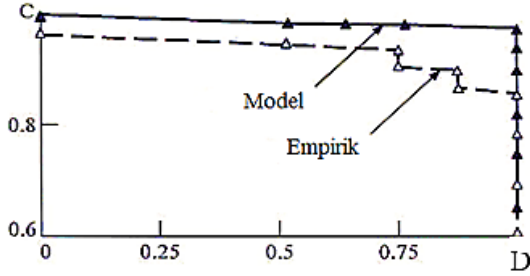
Şək.7. $P_Q(r/r_0)$ şərti sıxlığı

Şək.8(a) və 8(b)-də mövcud MRC modelinə görə proqnozun effektivliyini əks etdirən ROC əyrilər göstərilmişdir. MRC modelin rekordları $l = 2^{21}$ -də və $R_Q = 10$ və $R_Q = 70$ qiymətləri üçün alınmışdır və $1/f$ güc spektri olan xətti korrelyasiyaya malikdir. Bu şəkillərdən nəticə çıxır ki, bu hallarda statistikalar effektivlidir (bilavasitə müşahidə olunmuş verilənlərə görə alınmış rekordlarla müqayisədə), hər iki halda proqnozun effektivliyi çox yüksəkdir və proqnozlar bir-biri ilə müqayisə olunandır. Şək. 8(c)-(h)-də ürək döyünmə intervallarının rekordlarının (iyirmi rekorddan) üç verilmiş 5,14,18 qiymətlərinə görə alınmış ROC əyrilər göstərilmişdir. Bu şəkillərdə həmçinin PRT texnika ilə müşahidə olunan rekordlara görə alınmış müvafiq nəticələr göstərilmişdir. Şəkil göstərir ki, baxılan üç rekordun hamısında həm ROC əyri, həm də RIA texnika $R_Q = 10$ olduqda kifayət qədər yaxşı müqayisə olunan proqnozlar verir, $R_Q = 70$ olduqda isə RIA proqnozlar üç halın hamısında ROC əyrilərlə xarakterizə olunan dəqiqliyi üstələyir, xüsusən də $Sens=1$ qiymətləri yaxınlığında.



Şək.8. Spec və Sens parametrlərinin Q -dən asılılığı

Bu zaman müşahidə olunan rekordlara görə “öyrənməyə” əsaslanan PRT proqnozlar model rekordlarına görə öyrənmiş proqnozlardan yaxşıdır. Bu faktın səbəbi statistikaların öyrənməsinin kifayət qədər yaxşı səviyyəsinin olması və fizioloji tənzimləmələrin fərdi dəyişmələri daxil olmaqla ürək döyünmə intervallarının qısa müddətli dinamikasının təsviri üçün MRC modelin imkanının məhdud olmasıdır.



Şək.9. $W(t; \Delta|r_0)$ qiyməti üçün ROC əyrisi

Burada $C = \text{Spec}$ və $D = \text{Sens}$

Şək.9-dan görünür ki, bütöv xətlə göstərilmiş multifraktal model üçün $P_Q(r/r_0)$ xarakteristikalarının aproksimasiyasından istifadə etməklə alınmış $W(t; \Delta|r_0)$ qiyməti üçün ROC əyrisi həddin bütün qiymətlərində real verilənlər (ştrixli xətt) üçün empirik $P(r|r_0)$ qiymətindən istifadə etməklə alınmış ROC əyrisindən yuxarıda yerləşir. İki əyri ilə məhdudlaşan əyri nəticədə alınmış qazancı xarakterizə edir.

Real ürək ritminin tədqiq olunan təsadüfi siqnalı iki əsas səbəbi olan additiv küylə təhrif edilmişdir. Onlardan birincisi ölçmə aparaturasının məhdud dəqiqliyi səbəbindən yaranan ölçmə küyünün təsadüfi xarakterinin mümkün olmasından ibarətdir.

Uzun müddətli yaddaşın xətti və qeyri-xətti təşkiledicilərindən istifadə edən PRT və RIA-texnologiyaların köməyiylə proqnozlaşdırmanın effektivliyinin müqayisəli analizi aparılır. Normal və müntəzəm paylanmalı additiv küy olduqda hər iki yanaşmada proqnozlaşdırmanın maneəyədavamlılığına baxılmışdır. Fizioloji sistemlərin (xüsusi halda ürək-damar sisteminin – ÜDS) yaratdığı qeyd olunan təsadüfi siqnalları analiz etdikdə ölçmə zamanı küy amillərinin təsiri və ölçmə xətalrı çox böyükdür və küylərin olmamasını fərz etmək nəticənin həqiqiliyinin azalmasına gətirə bilər.

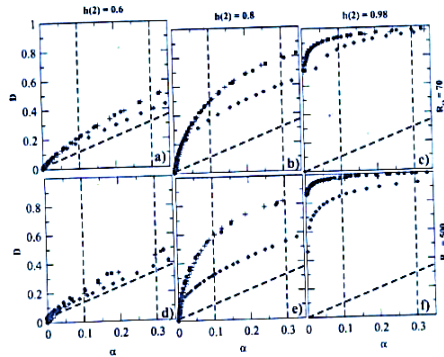
Ürək ritminin real yazılarını analiz etdikdə əlavə analizdən (Q hadisələrin, yəni Q həddindən böyük hadisələrin düzgün proqnozlarının tezliyini göstərən Sens həssaslıq operatorundan və qeyri- Q hadisələrin, yəni Q həddindən böyük olmayan hadisələrin

düzgün proqnozlarının tezliyini göstərən Spec spesifikasiya operatorundan) istifadə etməklə RIA əsasında proqnoz yerinə yetirilmişdir. “Receiver operator characteristic” (ROC) adlandırılmış bu analiz əksər hallarda daha effektiv olmuşdur.

Q hadisələrin düzgün və səhv proqnozlarının sayını N_{11} və N_{01} ilə, qeyri- Q hadisələrin düzgün və səhv proqnozlarının sayını N_{00} və N_{10} ilə işarə edək. Onda səhv proqnozların sayı

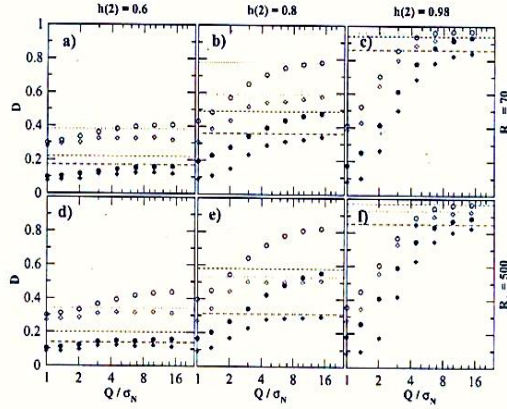
$$D = N_{11}/(N_{11} + N_{01}) \text{ və } \alpha = N_{10}/(N_{00} + N_{10}) \quad (8)$$

uyğun olaraq Q hadisələrin düzgün proqnozlarının və qeyri- Q hadisələrin səhv proqnozlarının payına bərabər olacaq. D -nin α -dan asılılıq qrafikinə ROC əyrisi deyilir



Şək.10. D və α -nın asılılıq qrafikləri

Additiv qauss küyünün əlavə edilməsi ilə MRC modelinə görə alınmış və küylərin 20 müxtəlif qauss paylanmasına görə ortalaşdırılmış sintetik verilənlər əsasında uzun müddətli asılılığın xətti mürəkkəbəsi haqqında informasiyaya görə sıçrayışları proqnozlaşdırdıqda RIA və PRT analizin effektivliyini müqayisə edək. Bu zaman uyğun olaraq $h(2) = 0.6, 0.8$ və 0.98 ($\gamma = 0.8, 0.4$ və 0.04) qiymətləri ilə alınmış sıranın uzunluğunu $L = 2^{21}$ qəbul edək. PRT-də prekursor nümunənin uzunluğu $k=2,3$ və 4-dür, MRC-də l sayını elə seçəcəyik ki, nümunələrin ümumi sayı $l^k 10^4$ -ə bərabər olsun. Şək. 11a-c-də $\alpha \leq 0.35$ olduqda $R_Q = 70$ üçün, şək. 11d-f-də isə $R_Q = 500$ üçün ROC əyrilərin qrafikləri göstərilir.



Şək.11 Q və S/N asılılığın qrafiki

S/N qiyməti kimi adətən signalın S amplitudunun küyün standart σ_N meyletməsinə düzgün nisbətini qəbul edirlər. Bizi Q -dən böyük olan hadisələr maraqlandırdığı üçün qəbul etmək olar ki, $S/N=Q/\sigma_N$. Şək.11 dən alınır ki, yenə də PRT-yə görə olan proqnozlar RİA-ya görə olan proqnozlardan yaxşıdır, hətta güclü əngəllər olduqda da.

Dördüncü fəsilə elektrokardiogramlarla verilən qeyri-stasionar zaman sıralarının seqmentləşdirilməsi probleminə baxılır. Bu da ritmoqramın öz statistik xüsusiyyətlərinə görə keyfiyyətə müxtəlif təşkiledicilərini ayıran sərhədləri müəyyən etməyə imkan verir. Zaman sırasının dəyişmə nöqtələrini tapmaq üçün qeyri-sabitliyi olan zaman sıraları modellərində struktur dəyişmə nöqtələrinin qeyri-parametrik qiymətləndirilməsi üsulundan istifadə edilmişdir. Bu üsul kvadratların kumulyativ cəmi iterativ alqoritminin (İCSS alqoritm) ümumiləşməsidir.

Qeyri-sabitlik funksiyasının dəyişmə nöqtələrini (multiple change points) aşkar etmək üçün kvadratların mərkəzləşdirilmiş kumulyativ cəmlərinin iterativ üsulu (iterative cumulative sums of squares –İCSS) təklif olunmuşdur. Üsulun mahiyyəti aşağıdakından ibarətdir.

Sıfır orta qiymətinə və $\sigma_t^2(t = 1, \dots, T)$ dispersiyalarına (variances) malik olan $\{a_t\}$ stasionar zaman sırasına baxaq. Tutaq ki,

$\{a_t\}$ sırasının kumulyativ (toplanmış) cəmi $C_k = \sum_{R=1}^n a_k$ şəklindədir və

$$D_k = \frac{C_k}{C_T} - \frac{k}{T}, \quad k = 1, \dots, T, \quad \text{və} \quad D_0 = D_T = 0 \quad (9)$$

kvadratların mərkəzləşdirilmiş (və normallaşdırılmış) kumulyativ cəmidir.

Sabit $\sigma_t = \sigma$ dispersiyası üçün $\{D_k\}$ ardıcılığı sıfır ətrafında rəqs edir. Əgər σ_t dispersiyasının qəfil dəyişmələri mümkündürsə, onda D_k -nin κ -dan asılılıq qrafiki böyük ehtimalla müəyyən sərhədlər daxilində olacaq. Bu sərhədlər D_k -nin hər-hansı sabit dispersiyaya nəzərən asimptotik paylanması analizinə görə hesablanır

$$k^* = \arg \max_k |D_k| \quad (10)$$

Əgər bu maksimum yuxarıda qeyd edilmiş $|D_k|$ sərhəd şərtlərini a qiymət səviyyəsi ilə aşırırsa, onda κ^* dispersiyanın dəyişmə nöqtəsinin qiyməti kimi qəbul etmək olar.

Dinamik sistemin reallaşdığı sərhədi daha dəqiq aşkar etmək üçün ilkin siqnalla yanaşı lokal fraktal ölçünün fraktallıq indeksinin qiymətlərinə görə qurulmuş törəmə qiymətləndirmə siqnalından istifadə edilir. Fraktal A çoxluğunun əsas kəmiyyət xarakteristikası D fraktal ölçüsüdür. Bu ölçü Hausdorf tərəfindən aşağıdakı düsturla daxil edilmişdir:

$$D = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N(\delta)}{\ln \left(\frac{1}{\delta}\right)} \quad (11)$$

Burada $N(\delta)$ – A çoxluğunu örtən δ radiuslu kürələrin minimal sayıdır. (11)-in təyin edilməsinin əsası δ üçün fraktal çoxluqlar üçün aşağıdakı ifadə ilə təyin edilən asimptotikadır:

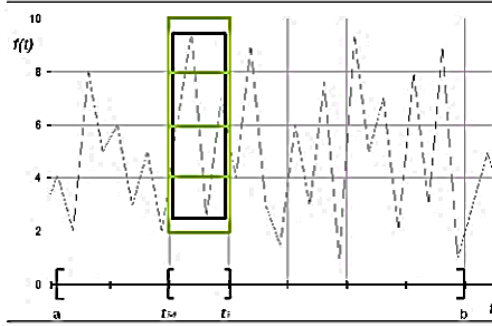
$$\delta \rightarrow 0 \quad \text{olduqda} \quad N(\delta) \sim (1/\delta)^D \quad (12)$$

Zaman sırasının fraktal ölçüsü bilavasitə D_c dama ölçüsü (cell dimension) vasitəsilə hesablanırsa, hansı ki, həm də Minkovski ölçüsü və ya “box dimension” adlanır

$[a, b]$ parçasını $t_1, \dots, t_{m-1}$ nöqtələri ilə müntəzəm bölək:

$$\omega_m = [a = t_0 < t_1 < \dots < t_{m-1} < t_m = b], \quad \delta = \frac{b-a}{m} \quad (13)$$

və $y = f(t)$ funksiyasının qrafikinin oturacağı δ və hündürlüyü $A_i(\delta)$ olan düzbucaqlılarla örtülməsini qururuq (şəkl.12)



Şək.12. Fraktal funksiyanın qrafikinin $[t_{i-1}, t_i]$ parçasında damalı (boz düzbucaqlı) və minimal (qara düzbucaqlı) örtülmələrinin fraqmenti.

$$\mu = D_\mu - 1 \quad (14)$$

μ göstəricisi fraktallıq indeksi, D_μ ölçüsü isə minimal örtülmə ölçüsü adlanır. μ qiyməti zaman sırasının stabilliyi ilə əlaqədardır: İlkin sıranın özünü aparması nə qədər stabildirsə (yəni, rəqslər bir səviyyə yaxınlığında baş verirsə), μ -nün qiyməti də bir o qədər böyükdür, bu zaman əks fikir də doğrudur.

Əgər $f(t)$ – qauss təsadüfi prosesinin realizasiyasıdırsa, onda H Herst göstəricisi aşağıdakı ifadə vasitəsilə D_μ ölçüsü ilə və deməli, həm də μ indeksi ilə əlaqədardır:

$$H = 2 - D_\mu = 1 - \mu \quad (15)$$

Deməli, bu halda $H = H_\mu = 1 - \mu$. Lakin, real fizioloji zaman sıraları, ümumi halda qauss sıraları deyil və ona görə də H_μ və H çox fərqlənə bilər

t intervalından əvvəl yerləşən minimal τ_μ intervalında təyin olunan μ qiymətlərinə malik $\mu(t)$ funksiyasını daxil etmək doğru olardı. Belə intervalda μ -nün qiyməti hələ məqbul dəqiqliklə hesablanı bilər. Praktikada zaman sırası həmişə sonlu uzunluğa malik olduğu üçün τ_μ intervalı sonlu uzunluğa malikdir. Ürək döyünmə ritmoqramlarını hesabladıqda bizim tərəfimizdən $\tau_\mu = 24$ saat, $\delta = t_i - t_{i1} = 1$ saat, $b-a=30 \times 24=720$ saat, $m=30$ qəbul edilmişdir.

$F(t)$ zaman sırasının (a,b) qiymətləri intervalını bir-birinə nəzərən

1 nöqtə (yəni, δ qiyməti qədər) sürüşən τ_μ uzunluqlu kəsişən intervallara bölək.

τ_μ uzunluqlu j -cu sürüşən intervalı $\tau_\mu^{(j)}$ ($j = 1, \dots, m; m = 30$) ilə işarə edək; $\tau_\mu^{(j)} = [t_0, t_{\tau_\mu}]$, $\tau_\mu^{(m)} = [t_{m-\tau_\mu}, t_m]$ və $\tau_k^{(j)}$ intervalının hər başlanğıc nöqtəsinə qarşı (b_j, μ_j) ədədlər cütünü qoyaq. Beləliklə, bütün $t = t_0, t_1, \dots, t_{m-\mu}$ nöqtələrində yğun $b(t)$ və $\mu(t)$ qiymətlərini alırıq. Bu qiymətlərdən alınmış massivlərə görə aşağıdakı xarakteristikaları hesablayırıq: μ və b kəmiyyətlərinin orta qiymətləri $\langle \mu(t) \rangle$ və $\langle b(t) \rangle$, maksimal və minimal qiymətlər $\mu_{max}, \mu_{min}, b_{max}, b_{min}$; həmçinin $\mu(t)$ və $b(t)$ qiymətlərinin səpələnməsini (dəyişkənliyini) xarakterizə edir.

Yuxarıda göstərilən hesablamaları bir neçə dəfə təkrar edərək alınmış bütün realizasiyalara görə $\langle \mu(t) \rangle, \langle b(t) \rangle, \langle \delta\mu \rangle$ və $\langle \delta b \rangle$ orta qiymətlərini hesablayırıq, hansılar ki, tədqiq olunan zaman sırası üçün local μ və b xarakteristikalarının özünü necə aparması barədə təsəvvür yaradır. Fraktal zaman sıralarının müxtəlif növləri üçün aparılmış eksperimental tədqiqatlar b kəmiyyətinin daha az dəyişkənliyi ilə μ və b kəmiyyətlərinin dəyişmə qabiliyyətinin az olduğunu göstərir. B qiyməti zaman sırası artımlarının paylanma xarakteristikaları ilə və deməli, zaman sırasının qeyri-sabitliyi ilə sıx əlaqədar olduğu üçün qeyri-sabitlik funksiyasının sıçrayışının aşkar edilməsinə əsaslanan seqmentləşdirmə hesablama prosedurasını tətbiq etmək üçün qeyri-stasionar sıranın “kvazistasionar” hissələrə bölünməsi üçün ilkin $f(t)$ sırası ilə yanaşı $b(t)$ qiymətlər sırasından istifadə etmək və tədqiq edilən sıranın dəyişmə nöqtələrinin qiyməti kimi uyğun olaraq ilkin $f(t)$ sırası və $b(t)$ qiymətləri sırasına görə alınmış dəyişmə nöqtələrinin orta qiymətini qəbul etmək məqsəduyğundur.

$B(t)$ funksiyasının bu xassəsini nəzərə alaraq zaman sırasının kvazistasionar hissələrinin sərhədlərinin aşkar edilməsi üçün aşağıdakı üsulu təklif etmək olar. İlkin $f(t)$ signalına görə sürüşən pəncərə üsulu ilə zaman sırasının lokal fraktal ölçüsünü xarakterizə edən $b(t)$ göstəricisinin qiymətləndirilməsinin törəmə signalı qurulur. Törəmədə və ilkin signalda alqoritmə görə fərqlilik nöqtələri tapılır.

Bu nöqtələrin yerləri tutuşdurulur və orta qiymət götürülür, hansı ki, kvazistasionarlığın qonşu hissələrinin sərhədi olacaqdır.

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. Ürək-damar sisteminin vəziyyətinin diferensial diaqnostikası üçün hər-hansı Q-həddini aşmaqdan ibarət olan təsadüfi prosesin sıçrayışlarını proqnozlaşdırmaq üçün ürək döyüntülərinin təkrarlanan intervalları analiz edilir. Ürək döyüntülərinin dinamikasının statistik parametrlərini müəyyən etmək məqsədilə ürək döyüntüsünün intervalları multifraktal yanaşma əsasında modelləşdirilmişdir. Multifraktal çoxluqların generasiya edilməsinin digər alqoritmi multifraktal təsadüfi dolaşma üsulunu tətbiq etməklə alınır.

Nəticədə ürək-damar sisteminin funksional diaqnostikası üçün aşağıdakı informativ parametrlər müəyyən edilmişdir: ümumiləşdirilmiş Herst göstəricisi, Q-həddindən böyük olan təkrar intervalların avtokorelyasiya funksiyası, təkrar intervalların klasterlərinin ölçülərinin paylanma sıxlığı, təkrar intervalların paylanmasının ehtimalı.

2. Ürək döyüntüsünün böyük Q təkrar intervallarının proqnozlaşdırılması uzunmüddətli yaddaşdan və təkrar intervallar statistikasının (RİA) tətbiq edilməsinə əsaslanır, az həcm tələb edir və daha faydalıdır. Daha dəqiq proqnoz almaq üçün müxtəlif fiksasiya olunmuş Q_p qiyməti üçün iki göstərici müəyyən edilmişdir: həssaslıq (Sens) və spesifik (Spec).

3. Qısa müddətli və uzun müddətli informasiyadan istifadə edərək fraktal xassəli dinamik sıraların sıçrayışlarının proqnozlaşdırılması üsullarının müqayisəli analizi aparılmışdır. Uzun müddətli yaddaşdan istifadə edən alternativ RİA yanaşma Q-intervallarının proqnozlaşdırılmasında bütün hallarda daha yaxşı nəticə verir.

4. Ürək döyüntüsünün təkrar intervallarında additiv küy olduqda uzun müddətli asılılığın xətti və qeyri-xətti mürəkkəbələri haqqında informasiyadan istifadə etdikdə fraktal xassəli dinamik sıraların sıçrayışlarının proqnozlaşdırılması üsullarının effektivliyi analiz olunur və maneyənin müxtəlif səviyyələrində bu üsulların davamlılığı

qiymətləndirilir.

5. Fizioloji siqnalların statistik xassələrinin qiymətləndirilməsi kiçik bir zaman intervallarında aparıla bilər. Ardıcəsilməz təhlil olunan fizioloji prosesin diskretləşdirmə tezliyinin artması nəticəsində diskretləşmiş nöqtələrin sayını artırmaqla qiymətləndirmə intervalını müəyyən bir həddə qədər azaltmaq olur. O zamana qədər ki, qonşu nöqtələr arasındakı korrelyasiya sıxlığı çox böyük olmasın. Məhz bu səbəbdən real fiziki proseslərin nəzəri nöqtədən stasionarlığı məhdudlaşır və praktiki olaraq kvazistasionarlıq anlayışı tətbiq olunur.

6. Fraktal xassəli qeyri-stasionar siqnalların seqmentləşdirmə hesablama proseduru təklif edilmişdir. Törəmədə və ilkin siqnalda meyletmə nöqtələri tapılır, onların yükləri müqayisə edilir və qeyri-stasionar zaman sırasının iki qonşu kvazistasionar hissəsinin sərhəddinin qiyməti kimi qəbul edilən orta qiymət götürülür.

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1 Rəhimov R.M., İbrahimova İ.C. Elektroфизиологи сигналов анализиндэ компютер методларинин тэтиқи “Elmi məcmuələr” Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı 2016, cild 18 № 1, s.104-107

2. Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д., Хасмамедова Г.Т. Разработка цифровых кодировочных таблиц для автоматизированных заключений по электрокардиограмме. Материалы научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии». Харьков, Украина 2016, с.73

3. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Диагностика сердечных заболеваний на основе статистик повторных интервалов между экстремальными событиями сердечного ритма. Труды XII Международной научной конференции “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» ФРЭМЭ-2016. Владимир, Кн.1, с.43-46.

4. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Эффективность использования долговременных корреляций в

дифференциальной диагностике состояний сердечно-сосудистой системы //Биотехносфера, С-Пб,2016, №5(47), с.27-33.

5. Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д. Информативные диагностические признаки повторных интервалов сердцебиения.“İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri” Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı 25-26 noyabr,s.533-539.

6. Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д. Принятие диагностических решений с учетом периодичности следования кардиоимпульсов «Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии»./Материалы Международной научно-практической конференции, Украина,Харьков, 20-21 апреля 2017, с.65.

7.Abdullaev N.T. Dyshin O.A., Ibrahimova I.J. Prediction of the Cardiovascular System on the Basis of an Assessment of Repeated Extreme Values Heartbeat Intervals and Times to Achieve Them in the Light of Short-Tearm and Long-Term Relationships.//Journal of Biomedical Engineering and Medical Devices, USA, Europe, UK 2017, vol.2, № 2, 1000126 (5p).

8. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Процедура сегментации динамических рядов нестационарных физиологических сигналов с фрактальными свойствами. /Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии» Украина, Харьков, 2018, с.39.

9. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Сравнительный анализ методов прогнозирования выбросов в динамике сердцебиения при наличии аддитивной случайной помехи. /Труды XIII международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии», ФРЭМЭ-2018, Владимир-Суздаль.2018, Кн.1,с.169-173.

10. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Прогнозирование выбросов динамических рядов с фрактальными свойствами интервалов сердцебиения. Труды XIII международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»,ФРЭМЭ

2018,Владимир-Суздаль.2018.Кн.1,с.173-177

11. Абдуллаев Н.Т.,Ахмедова Х,Р., Ибрагимова И.Д. Кодирование как способ стандартизации ЭКГ для автоматизации выдачи диагностических заключений//TheCAUCASUS, UnitedKingdom, London. 2018,v.32,issue 5,p.101-105.

12.Ибрагимова И.Д. Мультифрактальный анализ variability сердечного ритма, представленного временным рядом./AzTU –nun “Elmi əsərləri”, 2019, № 2, s.261-264.

13.Ибрагимова И.Д. Систематизация помех и анализ возможностей их уменьшения при получении и цифровой обработке электрокардиографической информации //AzTU Elmi Əsərləri, 2019, №3,с. 184-187.

14. Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д., Ахмедова Х,Р Анализ методов прогнозирования выбросов динамических рядов интервалов сердцебиения с фрактальными свойствами./Труды VII Международной научно-практической конференции «Обработка сигналов и негауссовские процессы. Украина, Черкассы, 23-24 мая 2019, с.5-8.

15. Abdullaev N.T. Dyshin O.A., Ibrahimova I.J. Prediction of the State of the Cardiovascular System based on the Allocation of the Boundaries of the implementation of the Dynamic System //American Journal of Biomedical Science and Research. USA, 2019, vol. 3, issue 2, p.111-117.

16. Abdullaev N.T. Dyshin O.A., Ibrahimova I.J Analysis of Forecasting Methods Makes it Possible to Use Dynamic Series with Short and Long-Term Correlation Dependencies of Heartbeat Intervals.//Therapeutic Advances in Cardiology (Research Article), USA, 2019, vol.2, issue 2, p,260-270.

17. Абдуллаев Н.Т., Ибрагимова И.Д., АхмедоваХ,Р., Хасмамедова Г.Т., Кодирование как способ стандартизации ЭКГ для автоматизации выдачи диагностического заключения. // Труды конференции «Modern information, measurement and perspectives (MIMCS) Baku, Azerbaijan, 2019, 01-02 July, с.116.

18. Abdullaev N.T. Dyshin O.A., Ibrahimova I.J.Analysis of the Noise Immunity of Emission Prediction in the Dynamics of the

Heartbeat Using Information about Short – Term and Long Term Dependencies//OpenAccessLibraryJournal, 2019, vol.6, № 11, p.1-12.

19.Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д. Сегментирование нестационарных физиологических сигналов с фрактальными свойствами //Информационные технологии, М. 2019, Т.25,№5, 300-312.

20. Abdullaev N.T. Dyshin O.A., Ibrahimova I.J. Estimation of the Randomness of Heart Rhythm Using Fractal characteristics //Open Access Library Journal, 2020, vol.7, № 7, p-1-5

21.Abdullaev N.T.,Ahmadova Kh.R., Ibrahimova I.J. Analysis of Electrocardiological Predictors for Differential Diagnosis cardiovascular Diseases.// International Journal of Biotechnology and Bioengineering, USA, 2020, vol.6, issue7, p.1-5.

22. Abdullaev N.T., Ibrahimova I.J., Ahmadova Kh.R.,. Diagnosis of Heart Diseases Based on the Analysis of Heart Rhythm Intervals. /Monograph. Hyderabad, India, Vide Leaf, 2020, 96 p.

23.İbrahimova İ.C., Qafarov Q.A., Qasimov R.M. Portativ Elektroterapevtik vasitələrdə elektrod qida sisteminin təkmilləşməsi. Qərbi Kaspi Universiteti. “Heydər Əliyev və Azərbaycan elmi” mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfrans. Bakı-2022.

24.İbrahimova İ.C., Qafarov Q.A. Ürək-damar sisteminin diferensial diaqnostikası. Peşə təhsili və insan kapitalı. Cild 6, №2, 2023.

Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti

[12, 13]- müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

[14,15,18,20,22,23,24,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,16,17,19,21]– tədqiqat, təhlil və nəticələrin emalı üzrə aparılan işlərin əsas həmmüəllifi olmuşdur.

Dissertasiyanın müdafiəsi 07.06.2024-ci il tarixində saat 15.00-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Hüseyn Cavid prospekti, 25

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 06.05.2024-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 03.05.2024-cü il
Kağızın formatı: A5
Həcm: 42420
Tiraj: 100