

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**

Əlyazma hüququnda

**ABDULLAYEV NAMIQ TAHİR OĞLU**

**İNFORMATİV DİQANOSTİK ƏLAMƏTLƏRİN TƏYİNİ ÜÇÜN  
ELEKTROFİZİOLOJİ SİQNALLARIN EMALININ METOD VƏ  
VASİTƏLƏRİ**

3337.01 - İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri

texnika elmləri üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq  
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**Bakı – 2018**

İş Azərbaycan Texniki Universitetində “Biotibbi texnika” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi:

Texnika elmləri doktoru, professor

**N.H.Fərzanə**

Rəsmi opponətlər:

AMEA-nın müxbir üzvü, t.e.d., professor

**İsmayılov İ.M.**

Texnika elmləri doktoru, professor

**Hümbətov R.T.**

Texnika elmləri doktoru, professor

**İbrahimov B.Q.**

**Aparıcı müəssisə:** AMEA-nın “İdarəetmə saistəmləri” Elmi Tədqiqat İnstitutu

Müdafie 23 may, 2018-ci il, saat 11:00-da, D.02.031 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir

Ünvan: Bakı şəhəri, H.Cavid pr.25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar

Avtoreferat 21 aprel 2018 -ci ildə göndərilmişdir.

**Dissertasiya Şurasının  
Elmi katibi, dosent**

**Cəfərov Z.Ə.**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı.** Orqanizmin funksional sistemlərinin fəaliyyətində baş verən müxtəlif pozuntuları vaxtında aşkar etməyə imkan yaradan çox saylı müxtəlif metod və vasitələr mövcuddur ki, onların köməyi ilə tibbi praktikada insan orqanizminin vəziyyətinə tibbi nəzarət və diaqnostika məsələləri həll olunur. Belə pozuntuları vaxtında aşkar etmək, yəni xəstəliyin diaqnostikasını aparmaq və müalicəvi təsirlərin səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün müxtəlif texniki vasitələr və tibbi informasiyanın emal metodları tətbiq edilir ki, bunun da nəticəsində tədqiq olunan orqanın funksional göstəricilərini dürüst qiymətləndirmək mümkün olur.

Bioloji sistemin vəziyyəti fizioloji proseslərin və çox saylı müxtəlif çeşidli tibbi-bioloji göstəricilərin yığını ilə təsvir olunur. Bu göstəricilərin bir qismini mürəkkəb və uzunmüddətli tədqiqat prosedurları nəticəsində almaq mümkündür. Buna baxmayaraq diaqnostik nəticələri əldə etmək üçün fizioloji proseslərin analizini aparmaq və bunun nəticəsində ən azı əsas tibbi-bioloji göstəricilərin qiymətlərini almaq vacibdir. Lakin bu göstəricilərdə də müxtəlif bioobyektlər (pasiyentlər) arasında dəyişiklik müşahidə olunur. Bundan əlavə müxtəlif həkim-ekspertlər tərəfindən aparılan analizin subyektivliyi alınan dəyişkənliyi çox zaman etibarlı və dürüst qiymətləndirməyə imkan vermir və müşahidə olunan hadisələri düzgün anlamağı çətinləşdirir və ya mümkün olmayan məsələyə çevirir.

Bu faktorlar nəinki mükəmməl aparatların yaranmasını, həm də əhəmiyyətli dərəcədə müxtəlif orqanlardan alınan siqnalların obyektiv analiz metodlarının işlənməsini tələb edir. Bu da müasir elektron avadanlıqların və kompüterlərin tətbiqi ilə həyata keçirilən yeni emal alqoritmlərin işlənməsi ilə əlaqəlidir.

Biotibbi siqnalların kompüterli təhlili ekspert tərəfindən verilən diaqnozun obyektiv interpretasiyasını daha da gücləndirir.

Beləliklə, təcrübəli ekspert tərəfindən verilən diaqnozun doğruluğunu və dəqiqliyini artırmağa imkan yaranır. Diaqnostik nəticənin səmərəliliyini artırmaq yollarından biri də kompüterləşdirilmiş tibbi cihazların proqram təminatına qərar qəbul etmə sisteminin daxil olunmasıdır. Bir sıra tibbi-bioloji informasiyanın alınması üçün ölçmə və emal proseslərinin avtomatlaşdırılması insan faktoru ilə əlaqəli həkim-ekspert tərəfindən verilən qərarın subyektiv hissəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir.

Beləliklə, elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emal nəticələrinin doğruluğunu artırmaq, obyektiv tələbatın elmi əsaslandırılması və bu

tələbatın reallaşdırılması üçün müasir aparat-proqram təminatının tətbiqi, bu siqnalların ölçmə sisteminin, emalının və analizinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, o cümlədən yeni metod və vasitələrin işlənməsi aktual bir mövzudur.

Yuxarıda deyilənlərə rəğmən, dissertasiya **işinin məqsədi** qəbul olunan diaqnostik nəticələrin dəqiqliyini artırmaq üçün təhlil olunan orqanların funksional vəziyyətini xarakterizə edən yeni informativ göstəriciləri müəyyən etmək üçün ölçmə-hesablama strukturlarının və elektrofizioloji siqnalların ölçməsinin, emalının və analizinin səmərəli alqoritmlərinin işlənməsi və təhlilindən ibarətdir.

Göstərilən məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı **əsas məsələlər həll olunmuşdur**:

- elektrofizioloji siqnallarının və onların əsas parametrlərinin və xüsusiyyətlərinin mövcud ölçmə metod və vasitələrinin sistemləşdirilməsi və analizi;
- təhlil olunan orqanın funksional vəziyyətinin diaqnostikası üçün yeni informativ əlamətlərin aşkar edilməsi məqsədilə elektrofizioloji siqnalların alqoritm və proqramlarının işlənməsi və tədqiqi;
- diaqnostik nəticələrin qəbul olunmasının avtomatlaşdırılması üçün neyroşəbəkə arxitekturası vasitəsilə aparat-proqram kompleksi və klassifikatorlarının işlənməsi və verifikasiyası;
- qeyri-səlis məntiq aparatın tətbiqi nəticəsində diaqnostik sistemin işlənməsi və tətbiqi.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində alınan elmi nəticələr ölçmə nəzəriyyəsi, xətlər nəzəriyyəsi, spektral analiz, qeyri-xətti dinamika və qeyri-səlis məntiqi aparat nəzəriyyəsinə əsaslanmışdır.

Müdafiəyə **elmi yeniliklər** kimi aşağıdakı nəticələr çıxarılır:

- elektrokardiografik, elektroensefaloqrafik və elektro-mioqrafik siqnalların veyvlet-paket ayırma və multifraktal analizi nəticəsində təhlil olunan ürək-damar sisteminin, beyinin və əzələlərin funksional vəziyyətlərini xarakterizə edən yeni informativ əlamətlər təklif olunub və təhlil edilib;
- qərarların qəbul edilməsinin doğruluğunu artırmaq məqsədilə elektrofizioloji siqnalların klassifikatorlarını və ürək-damar sisteminin funksional vəziyyəti haqqında tibbi nəticəni tərtib edən avtomatlaşdırılmış diaqnostik sistem üçün işçi alqoritmlər işlənilib;
- xəta və artefaktların aradan qaldırılması nəticəsində yüksək metroloji xarakteristikalara malik olan elektrofizioloji siqnalların ölçülməsi və emalı vasitələri təklif olunub və təhlil edilib.

Dissertasiya işində aparılan tədqiqatların **praktiki əhəmiyyəti** ondan ibarətdir ki, elektrofizioloji siqnalların ölçməsi və emalı üçün təklif olunmuş vasitələrin strukturları, yeni informativ diaqnostik əlamətlərini aşkar edən alqoritmlər və ölçmə nəticələri xətalının korreksiyası elektrofizioloji tədqiqatlarda diaqnostik qərarların dəqiqliyini və doğruluğunu artırmağa imkan yaradır.

Nəzəri və praktiki tədqiqatların nəticələri Azərbaycan Texniki Universitetində və Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasında bakalavr, magistr və dissertantların “Biotexnika mühəndisliyi” istiqaməti üzrə hazırlığında, tədris və metodiki vəsaitlərin tərtib edilməsində istifadə edilmişdir.

Bundan əlavə ADNA-da aparılan “Elektrofizioloji siqnalların intellektual ölçmə və hesablama metod və vasitələrinin işlənməsi” mövzusunda büdcə xarakterli elmi-tədqiqat işinin əsasını təşkil etmişdir (Dövlət req. №0106 AZ00175).

### **Dissertasiya nəticələrinin aprobasiyası.**

Dissertasiya işinin əsas nəzəri və praktiki nəticələri aşağıdakı elmi konfranslarında və simpoziumlarda məruzə və müzakirə edilmişdir:

Akademik İ.P.Pavlovun anadan olmasının 150 illiyinə həsr olunmuş “İnsan fiziologiyası və patologiyasının aktual məsələləri” adlı elmi-praktiki konfransı (Bakı, 1999); Simpozium and exhibition “Electrical, Electronics and Computer Engineering - NEU-CEE 2001 (TPNC, Lefkosa, 2001); “İnformatika, kibernetika və informasiya texnologiya-larının müasir problemləri” adlı Respublika Elmi konfransı (Bakı, 2003); “Elmdə və təhsildə informasiya-kommunikasiya texno-logiyalarının tətbiqi” adlı Beynəlxalq elmi konfrans (Bakı, 2004); “Mikroelektron çeviriciləri və onların əsasında layihə-ləndirilən cihazlar” adlı V elmi-texniki konfrans (Bakı-Sumqayıt, 2005); 3-rd İnternational Simpozium “Electrical, Electronic and Computer Engineering - İSEECE-2006 (Nort Cyprus, Nicosia, 2006); “Azərbaycanda televiziyanın 50-illiyinə və radionun 80-illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi-texniki” konfrans (Bakı, 2007); “Elmdə və təhsildə informasiya-kommunikasiya texno-logiyalarının tətbiqi” adlı II Beynəlxalq elmi-texniki konfrans (Bakı, 2007); “İnformasiya texnologiyaları və kompüter mühəndis-liyi” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Ukrayna, Vinnitsa, 2010); Ninth İnternational Conference “Application of Fuzzy Systems and soft Computing Proceedings, İCAFS-2010” (Czech Republic, Prague, 2010); ADNA-nın 90-illiyinə həsr olunmuş “Neft-qaz, neftin emalı və neft kimyası” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Bakı, 2010); “Avtomatlaşdırılmış

idarəetmə sistemləri və müasir informasiya texnologiyaları” adlı Beynəlxalq elmi konfrans (Gürcüstan, Tiflis, 2011); “Siqnalların emalı və qeyri-hauss prosesləri” adlı III Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Ukrayna, Çerkassi, 2011); “İnformasiya texnologiyaları və informasiyanın müha-fizəsi” adlı III elmi-praktiki konfrans (Ukrayna, Xarkov, 2012); “İnformasiya texnologiyaları və kompüter mühəndis-liyi” adlı III Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Ukrayna, Vinnitsa, 2012); “Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri” adlı Respublika elmi-texniki konfrans (Bakı, 2012); Ümummillî lider H.Əliyevin 90-illiyinə həsr olunmuş “Heydər Əliyev və Azərbaycan təhsili” adlı Respublika elmi-praktiki konfrans (Bakı, 2013); “Tibbi-ekoloji informasiya texnologiyaları” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (Rusiya, Kursk, 2013).

**Nəşrlər.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri 3 monoqrafiya, 36 elmi məqalə və 21 Beynəlxalq və Respublika konfranslarının məcmualarında çap olunmuşdur.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya giriş, altı fəsil, nəticə, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından (330 mənbə) ibarətdir.

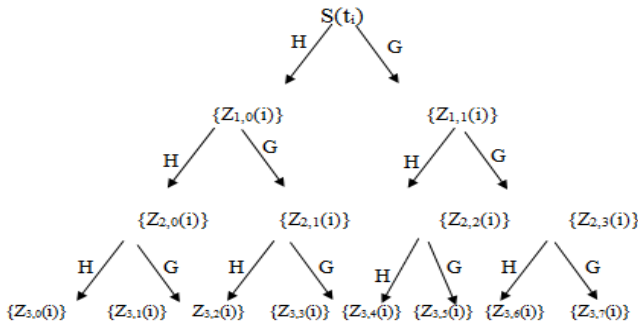
Dissertasiyanın əsas mətni 103 şəkil və 41 cədvəl daxil olmaqla 362 səhifədə ifadə edilmişdir.

Dissertasiya işinin **girişində** işin ümumi xarakteristikası verilmiş, mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, dissertasiya tədqiqatının həllinə istiqamətləndiyi məqsəd və vəzifələr müəyyənləşdirilmiş, işin elmi yeniliyi və nəticələrin praktiki əhəmiyyəti göstərilmiş, həmçinin müdafiəyə çıxarılan əsas elmi müddəalar və ən çox əhəmiyyətə malik olan elmi nəticələr göstərilmişdir.

Dissertasiyanın **birinci fəslində** problemin vəziyyətini analiz etmək və tədqiqat məsələsini qoymaq üçün elektrofizioloji siqnalların əsas informativ parametrlərinin xüsusiyyətlərinin emalı və ölçülməsinin vasitə və üsullarının həm kritik xülasəsi, həm də sistemləşdirilməsi aparılmışdır. Daha sonra fəsilə tibbi-bioloji tədqiqatlarda istifadə olunan elektrofizioloji metod və texniki vasitələrinin təsnifatı və müqayisəli analizi verilmiş, onların üstünlükləri və çatışmayan cəhətləri göstərilmişdir. Elektrofizioloji tədqiqatlarda siqnalların alınması və emalı üçün sistemin tipik strukturları verilmişdir. Sistemə daxil olan qovşaq və blokların xüsusiyyətləri qeyd olunmuşdur. Elektrofizioloji siqnalların xüsusiyyətləri göstərilmiş, onların təsnifatı təqdim edilmiş, təsnifata əsaslanaraq tibbi praktikada daha çox istifadə olunan parametrlər qeyd edilmişdir. Elektrofizioloji siqnalların məzmununa və informativliyinə uyğun diferensiallaşdırılması bazasında onların analizinin aparılmasının üç əsas qrupu göstərilmişdir: struktur-

spektral-analitik, struktur-hesablayıcı və struktur metodları. Elektroфизиoloji siqnalların ilkin emal və analizinin üsul və vasitələri təhlil edilmişdir. Bu fəsilə həmçinin elektroфизиoloji siqnalların ölçülməsi zamanı alınan xəta və artefaktların analizi, sistemləşdirilməsi və təsnifatı aparılmış, onların ölçmə nəticələrinə təsirinin azaldılması metodlarına baxılmışdır. Həmçinin aparılan analiz nəticəsində dissertasiya tədqiqatlarının yuxarıda göstərilən məqsəd və məsələləri formalaşdırılmışdır.

Dissertasiyanın **ikinci fəsilində** elektrokardiografik (EKQ) siqnalların spektral analizində veyvlet-çevrilmə aparatının imkanları təhlil edilir. Tibbi siqnalların əksəriyyəti kimi EKQ siqnalları da mürəkkəb tezlik-zaman xarakteristikalarına malikdirlər. Furiye çevirməsi əsasında stasionar siqnalların spektral analizini apardıqda onların zaman müddətində tezlik komponentlərini lokallaşdırmaq mümkün deyil. Təhlil vaxtı veyvlet-çevrilməsinin köməyiylə siqnalların dişciklərini və komplekslərini zaman və tezlik nöqtəyi-nəzərdən yüksək lokal həlletmə ilə seçilməsini təmin etmək olur. Təhlil edilən EKQ siqnalın yüksək tezlikli tərkib hissəsinin əlavə emalı veyvlet-paket üsulu ilə aparılır. Veyvlet-paket emalı zamanı dekompozisiyanın optimal strukturunu almaq üçün iki meyar təklif edilib: siqnalın dekompozisiya zamanı entropiyanın minimum qiyməti və əlavə olaraq siqnalın yüksək həlletmə qabiliyyətinin təmini. Veyvlet-paket emalı zamanı siqnalın hissələrə ayrılmasının optimal strukturunu həlletmə qabiliyyətinin əlavə meyarını nəzərə alaraq siqnalın ayrılma səviyyəsində entropiyanın minimum meyarına görə seçilir (şəkil).



**Şəkil 1.** Veyvlet-paket alqoritmi əsasında siqnal ardıcılığının dekompozisiya sxemi

Veyvlet-paket adlanan tam dekompozisiya prosesi analogi olaraq  $K(K \leq \log_2 N)$  mərhələnin keçirilməsini nəzərdə tutur. Analitik baxılmış prosedurları növbəti ifadələrlə vermək olar:

$$Z_{m,2n}(i) = \sum_{t=0}^{N-1} Z_{m-1,n}(i) \cdot h_{m,n}(i-t),$$

$$Z_{m,2n+1}(i) = \sum_{t=0}^{N-1} Z_{m-1,n}(i) \cdot g_{m,n}(i-t), \quad (1)$$

burada  $1 \leq m \leq K$ ,  $0 \leq n \leq 2^{m-1} - 1$ .  $Z_{0,0}$  kimi ayrılmanın birinci səviyyəsində  $s(t_i)$  siqnalının qiyməti istifadə olunur.  $\{h(i)\}$  və  $\{g(i)\}$  ardıcılıqlarının elementlərinin qiymətləri  $\varphi(t)$  miqyaslayan funksiyanın növünün seçilməsindən və  $\psi(t)$  analıq veyvlet formalarından asılıdırlar. Dobeşi formasında yığcam daşıyıcılarla  $\varphi(t)$  və  $\psi(t)$  funksiylarının seçimi zamanı

$$\varphi(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_{m \in Z} h_m \cdot \varphi(2t - m), \quad \psi(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_{m \in Z} \varphi(2t - m), \quad (2)$$

burada  $g_m = (-1)^{1-m} h_{1-m}$ ,  $Z$  – tam ədədlərin çoxluğudur,  $\{h(i)\}$  və  $\{g(i)\}$  ardıcılıqları isə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$h_{m,n}(i) = 2^{-m/2} \cdot \varphi(2^{-m} \cdot i - n), \quad g_{m,n}(i) = 2^{-m/2} \psi(2^{-m} \cdot i - n). \quad (3)$$

Veyvlet–paket alqoritmlərin qurulması zamanı MATHCAD və ya MATLAB kompüter riyaziyyat mühitində Wavelet Toolbox sistemlərindən istifadə edilib. Bu halda yeni informativ əlamətlər kimi veyvlet-paket əmsallarının normalaşdırılmış orta gücləri və onların orta kvadratik meyletmələrindən istifadə edilmişdir.

$$\bar{P}_{m,n} = \frac{\sum_{i=nN/2^m}^{((n+1)N/2^m)-1} (Z_{m,n}(i))^2}{N/2^m} \quad (n = 0, 1, \dots, 2^{m-1} - 1) \quad (4)$$

Təhlil olunan siqnalın reallaşmasının orta gücün dəyişmələrinə qarşı əlamətlərinin həssaslığının aradan qaldırması üçün (4) düsturuna əsasən alınmış  $\bar{P}_{m,n}$ -in qiymətləri  $s(t_i)$  giriş reallaşdırmasının  $\bar{P}_{0,0}$  orta gücünə nisbətən normallaşdırılır. Bu parametrlərin veyvlet-ayrılmanın həlletmə qabiliyyətinin səviyyəsindən asılılıqları diaqnostik əhəmiyyətə malikdir.. Alınmış  $\bar{P}_{m,n}$  əlamətlərinə görə onların orta kvadratik meyletmələrini hesablamaq olar:



$$\sigma(m) = \left[ \frac{1}{2^{m-1}} \sum_{n=0}^{2^{m-1}-1} (\bar{P}_{m,n} - \bar{P}_m)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$\bar{P}_m = \frac{1}{2^{m-1}} \sum_{n=0}^{2^{m-1}-1} P_{m,n} \quad (6)$$

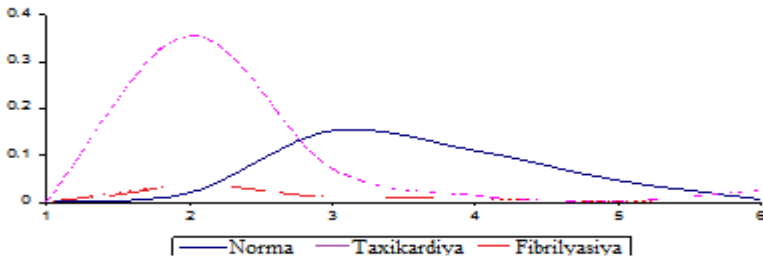
burada

Uyğunluqda ortoqonal ayrılmalar şəklində təqdim edilən siqnallar üçün entropiyanın xüsusiyyətlərinə əsasən S siqnalının entropiyası üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

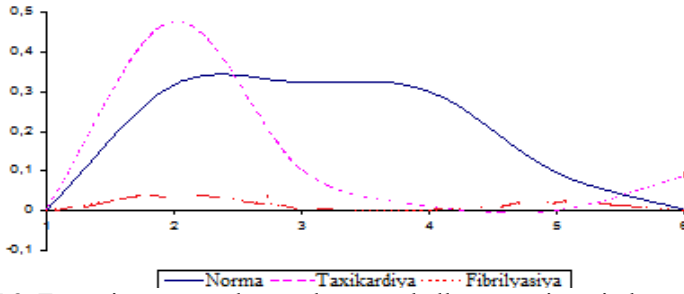
$$E(S) = \sum_i E(s_i), \quad (7)$$

Bu əməliyyat nəticəsində yeni informativ əlamətlər kimi veyvlet-paket əmsallarının normallaşdırılmış orta gücü və onların orta kvadratik meylectmə qiymətləri təklif edilir. Bu parametrlərin veyvlet-ayırma zamanı həlletmə səviyyəsindən asılılığı diaqnostik əhəmiyyət kəsb edir. Normal və patoloji (mədəcik taxikardiya, mədəciklərin fibrilyasiyası, səyriyən aritmiya) EKQ siqnalları üçün veyvlet-paket əmsallarının standart meylectmələrinin və onların entropiyalarının veyvlet-ayırmanın həlletmə səviyyəsindən hesablanmış asılılıqları təqdim edilib (şək. 2 və 3).

Diaqnostik nəticələrin verilməsi prosesini avtomatlaşdırmaq məqsədilə kardiosimptomların təsnifatı, EKQ diaqnozun interpretasiyası üçün yaradılmış sistemin alqoritmik və proqram təminatı işlənmişdir.



Şəkil 2. Veyvlet-paket əmsallarının standart meylectmələrinin veyvlet-ayırılmasının həlletmə səviyyəsindən asılılığı



**Şəkil 3.** Entropiyanın veyvlet-ayrılmasının həlletmə səviyyəsindən asılılığı

EKQ nəticələrinin interpretasiyası üçün tibbi praktikada qəbul olunmuş analiz ardıcılığına riayət edilmişdir: ritm, keçiricilik, ürəyin elektrik oxu, P-dişicikləri, QRS-kompleksi, ST-seqmenti, T-dişicikləri. Nisbətən asan alqoritmləşdirilən və kompüterdə proqramlaşdırılan xüsusi kodlaşdırılmış cədvəllərin avtomatlaşdırılmış formada sindromal nəticələrin alınması təklif edilmişdir ki, bu da EKQ-nın təsvir edilmə yanaşmasına imkan yaradır. Təklif olunan EKQ interpretasiya metodunun doğruluğu verifikasiya olunmuş və elektrokardioqramların praktiki qiymətlərlə təsdiqlənmişdir.

Qəbul olunmuş analiz ardıcılığı ilə EKQ nəticələrinin təsnifatını almaq üçün çoxlaylı perseptron strukturu əsasında qurulmuş neyroşəbəkə texnologiyasının tətbiqi təklif edilmişdir.

Aralıq qatlarda neyronların sayının yaxınlaşdırılmış hesablaması üçün siqmoidal ötürücü funksiyalarla çoxqatlı perseptronlar üçün  $L_S$  sinaptik çəkilərin sayının qiymətləndirilməsi düsturundan istifadə etmək olar.

$$\frac{mN}{1 + \log_2 N} \leq L_S \leq m(N / m + 1)(n + m + 1) + m, \quad (8)$$

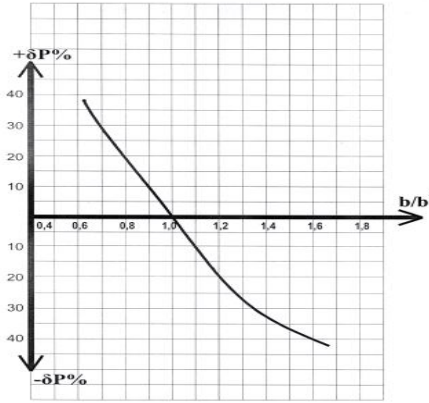
burada  $n$  – giriş siqnalının ölçüsü;  $m$  – çıxış siqnalının ölçüsü;  $N$  – təlim seçmə elementlərinin sayıdır.

Aralıq qatda neyronların sayı aşağıdakı düstur üzrə hesablanır:

$$L = \frac{L_s}{n + m} \quad (9)$$

Perseptronunun proqram reallaşdırması süni neyron şəbəkəsinin ilkin təliminin nəzərə alınması ilə keçirilmişdir, onun parametrləri, təlim müddəti və şəbəkənin maksimal səhvi qiymətləndirilmişdir. Şəbəkənin təlim müddəti 320 san tərtibində idi, şəbəkənin maksimal səhvi 0,05-dən çox deyildir.

Tibbi təcrübədə ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin qiymətləndirilməsinin vasitəli metodunun keçirilməsi zamanı arterial təzyiqinin ölçülməsində qeyri-invaziv auskultativ və ossillometrik üsullardan geniş istifadə olunur. Pasiyentin əlinin əhatəsinin müxtəlif uzunluqları üçün (L) istifadə edilən manjetin eninin ( $b^*$ ) məsləhət görülən endən (b) meyletməsi zamanı ölçmə xətası qiymətləndirilmiş və ölçmə nəticələrinin proqram korreksiyasının proseduru təklif edilmişdir. Beləliklə, qeyd etmək lazımdır ki, bu uyğunsuzluq 40%-ə qədər ölçmə xətasına gətirib çıxara bilər (şəkil 4).



**Şəkil 4.** Ölçmə nəticəsinin düzəlişinin  $b/b^*$  münasibətindən asılılığı

**Üçüncü fəsil**də ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətini qiymətləndirmək üçün kardiointervalometrik üsula baxılır. Orqanizmin tənzimləmə sistemi tərəfindən baş verə bilən dəyişikliklər, o cümlədən vegetativ balansın dəyişməsi nəticəsində, ürək ritminin variabelliyyətinin analiz metodunun tətbiqi üçün əsas göstəricilərdəndir. Hal-hazırda bu metod vegetativ tənzimləmənin qiymətləndirilməsi üçün ən əlverişli, qeyri-invaziv, nisbətən sadə və ucuz başa gələn üsuldur. Kardiointervalogramlar dinamik proses olduğundan onların təhlili üçün statistik metodlar çox zaman səmərəli deyildir. Belə halda kardiogramların xaoslu xarakterini nəzərə alaraq yeni informativ əlamətlərin və göstəricilərin aşkar olunması zəruridir.

Kardiointervalların dinamik sırası qeyri-stasionar xarakterlidir və praktiki olaraq hər hansı bir kardiointervalogramda fraktal komponentlər mövcuddur. Bunlar da ürək ritminin müxtəlif tənzimləmə konturlarında baş verən mürəkkəb qarşılıqlı təsir proseslərinin təzahürüdür.

Kardiointervaloqrama müxtəlif tərkibli fraktal obyekt, yəni multifraktal kimi baxılması təklif edilir və multifraktal qiymətləndirilməsi üçün ümumiləşdirilmiş Renyi fraktal ölçüsündən istifadə olunur.

$$D_q = \frac{\tau(q)}{q-1}. \quad (10)$$

$$\tau(q) = (q-1)D_q \quad (11)$$

(11) düsturundakı kəmiyyətlərini miqyasa oxşarlığı xarakterizə edən skeylinq göstəricilər adlanırlar. Sadə fraktallar (monofraktallar) üçün  $D_q = const$  olur. Multifraktal obyektlərin ümumi halında  $q$ -nün artması ilə  $D_q$  qiyməti monoton olaraq azalırlar. Bu azalmaya təhlil edilən obyektin müxtəlif tərkibli fraktal olmasını təsdiq edən diaqnostik meyar kimi baxmaq olar. Nəticə kimi  $\tau(q)$  asılılığı həmcins fraktal obyektlər üçün düz xətt, müxtəlif tərkibliyə üçün isə qeyri-xətti funksiyadır. Renyi ölçüsü ilə spektrin multifraktal funksiyası, həmçinin skeylinq göstəricisi və Xerstin ümumiləşdirilmiş göstəricisi arasında asılılıq müəyyən edilmişdir. Göstərilən asılılıqların hesablanması üçün alqoritm hazırlanmış və ürək aritmiyalarının diaqnozu üçün yeni informativ əlamət kimi ümumiləşdirilmiş fraktal ölçüsündən istifadə olunması məqsədi ilə hesablama yolu ilə təcrübələr aparılmışdır. Normal ürək-damar sistemli (ÜDS) və həyatları risk altında olan ürək aritmiyalı, mədəcik taxikardiyası və mədəciklərin fibrillyasiyası olan pasientlərin RR-intervaloqramlar üçün  $q$ -nün müxtəlif qiymətlərində  $D_q$  ümumiləşdirilmiş fraktal ölçü hesablamaları keçirilmişdir. Bundan əlavə, digər yayılmış aritmiyalar üçün – ürək qulaqcıqlarının fibrillyasiyaları üçün nəticələrin müqayisəsi aparılmışdır. İsdə [www.PhysioNet.org](http://www.PhysioNet.org) saytıdan EKQ-nin tibbi qiymətlərindən istifadə olunmuşdur. MATHCAD riyazi paketinin köməyi ilə bu məlumatlara əsasən ÜDS-in normal vəziyyətinin və göstərilmiş ürək aritmiyalı halın yazılması üçün RR-intervallarının qiymətləri hesablanmışdır. Hesablamaların nəticələri şəkil 5-də təsvir edilmişdir.

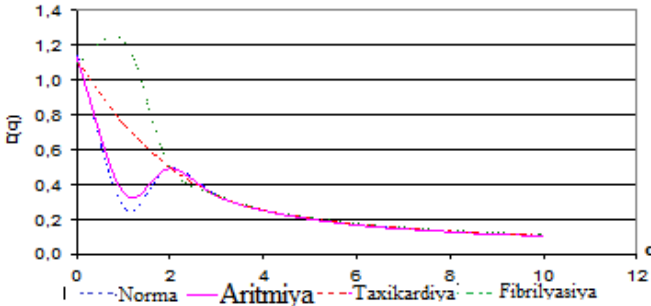
Uyğun olaraq norma, aritmiya, takixardiya və fibrillyasiya siniflərinə aid olan ÜDS-li pasientlərin RR-intervaloqramı əsasında qurulan  $D_q$  kəmiyyətini  $D_q^{(1)}, D_q^{(2)}, D_q^{(3)}, D_q^{(4)}$  kimi işarə edək. Şəkil 5-dən görünür ki,  $0 < q < 2$  zaman aşağıdakı ifadəni yazmaq olar

$$D_q^{(1)} < D_q^{(2)} < D_q^{(3)} < D_q^{(4)}, \quad (12)$$

q-nün digər qiymətlərində (müsbət və mənfi) bərabərlik yerinə yetirilir:

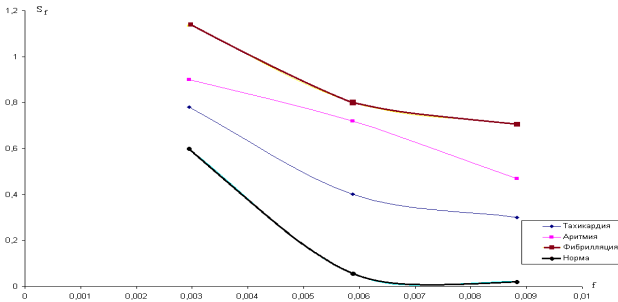
$$D_q^{(1)} = D_q^{(2)} = D_q^{(3)} = D_q^{(4)} \quad (13)$$

Hesablamalar göstərilən halların hər biri üçün 10 nümunə üzrə keçirilmişdi və alınmış məlumatlar  $D_q$  fraktal ölçüsünün şəkil 5-də təqdim edilmiş dəyişikliyə analoji xarakterli olduğunu təsdiq etdi. Beləliklə, güman etmək olar ki,  $D_q$  ölçüsü informativ əlamətdir və insanın göstərilən növ ÜDS patologiyalarının diaqnozu üçün kliniki təcrübədə istifadə oluna bilər.



**Şək. 5.** RR-intervaloqram üçün ümumiləşdirilmiş fraktal ölçünün q parametridən asılılığı

Həmçinin kardiointervaloqramın spektral gücünün asimptotik dəyişməsi əsasında ürək-damar sisteminin vəziyyətinin qiymətləndirilməsinə yanaşma təklif edilmişdir. Bu da həmçinin ürək fəaliyyətinin müxtəlif aritmiyalarını ayırmağa imkan verir (şəkil. 6).



**Şək. 6.** Siqnalın spektral gücünün tezlikdən asılılığı

Bundan başqa, ürək ritminin tədqiqat məsələlərində son zamanlar determinə olunmuş xaosun riyazi aparat metodlarından biri olan xaotiklik dərəcəsinin və ya kardiointervalın dinamik sırasının çətinliyinin

qiymətləndirilməsi məqsədi ilə istifadə edilən korrelyasiya ölçüsünün analizi geniş yayılmışdır.

A attraktorunun  $\nu$  korrelyasiya ölçüsünün təyini korrelyasiya inteqralının miqyaslı dəyişməzliyinin xüsusiyyətlərinə əsaslanmışdır

$$\nu = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(\lim_{N \rightarrow \infty} C(\varepsilon, N))}{\ln \varepsilon} \quad (14)$$

Faktiki olaraq  $C(\varepsilon, N)$  – aralarındakı məsafə  $\varepsilon$ -dan az olan nöqtələr cütünün sayının tam cütlərin sayına nisbətidir. Saylı sınaqlarda  $N$  sonludur və buna görə də  $\ln C(\varepsilon, N)/\ln \varepsilon$  münasibətinə  $\varepsilon$ -nın çox kiçik qiymətlərində baxılır.

Əgər attraktorun ölçüsü sonludursa  $m$ -in artması zamanı  $\nu$  qiyməti doyma vəziyyəti alır və bu kəmiyyətin dəyişməsi dayanır.  $\ln \varepsilon$  funksiyası kimi  $\ln C(\varepsilon)$  əyrisinin düzxətli sahəsinin əyilmə bucağı  $m$ -in müəyyən kritik qiymətində sabit olur. Məhz  $m$ -in bu kritik qiyməti praktik məsələlərdə yerləşdirmə fəzasının ölçüsü kimi qəbul edilir. Səyriyici aritmiya, mədəcik taxikardiyası və mədəciklərin fibrillyasiyası kimi patologiya və normal ÜDS-li pasiyentlərin RR-intervaloqramlarının dinamik sıralarının korrelyasiya ölçüsünün (14) düsturu üzrə aparılan hesablamaları (cədvəl)  $\nu$ -ün  $m$ -dən asılılığı kimi təsvir edilmişdir (şəkil7).

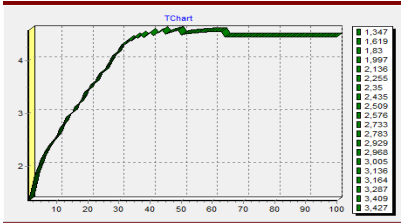
## Cədvəl

Korrelyasiya ölçüsünün qiymətləri

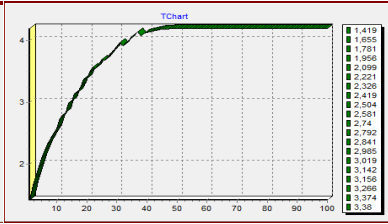
	<i>m</i>	<i>ν</i>
Norma	64	4,447
Aritmiya	44	4,168
Taxikardiya	65	3,384
Fibrillyasiyası	18	3,146

Həmçinin ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətinin diaqnozunun qoyulması üçün kliniki təcrübədə yeni informativ əlamət kimi bu parametrdən istifadə təklif edilmişdir.

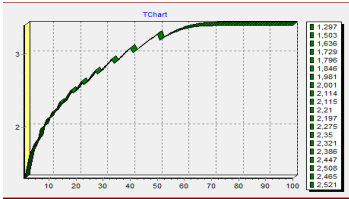
Norma



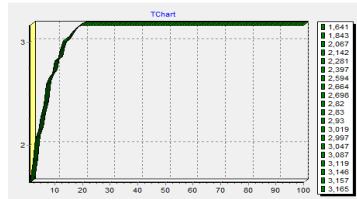
Aritmiya



Taxikardiya



Fibrillyasiya



Şəkil 7. Korrelyasiya ölçüsünün hesablanması

**Dördüncü fəsil**də elektroensefaloqrafik (EEQ) siqnalların emalı və təhlili üçün veyvlet-çevrilmə və neyron şəbəkələrin riyazi aparatının tətbiqi imkanları tədqiq olunur.

Göstərilir ki, veyvlet-ayırma zamanı müxtəlif hədd qiymətlərinin seçilməsi küy siqnallarının spektral xarakteristikasına adaptasiya olunmasına və qeyri-stasionar EEQ-siqnalların dəyişmə xassələrini detektə edilməsinə imkan yaradır.

Ortoqonal veyvlet-paket ayrılması əsasında alınmış kiçik qiymətli veyvlet-əmsallarının diskriminasiya prosedurundan istifadə edərək EEQ-siqnallarının müxtəlif növ artefaktlardan təmizlənməsi üçün veyvlet-filtrasiya əməliyyatından istifadə olunması təklif edilir. Göstərilmişdir ki, veyvlet-ayırma sahələrində müxtəlif astana qiymətlərinin tətbiqi küyün spektral xarakteristikalarına uyğunlaşmağa və qeyri-stasionar EEQ-siqnalların xüsusiyyətlərinin dəyişikliyinə qeyd edilməsinə imkan verir. Qauss ağı və ya rənglənmiş küy üçün veyvlet-əmsallarının normal bölgüsü üçün diskriminasiyanın astana ölçüsünün qiyməti verilmişdir:

$$\theta = \sigma \sqrt{2 \ln n} \quad (15)$$

burada  $\sigma$ - küyün orta kvadratik meyletməsi,  $n$  – siqnal hesablatlarının miqdarıdır. Siqnal maneəsinin bölünmə normallığı haqqında fərziyyəyə

əsaslanan (15) düsturu aşağıdakı şəraitlərlə bağlı olaraq təcrübədə tətbiq edilməsi məhduddur:

- 1) siqnalın filtrasiya məsələsində küyün spektri çox zaman ağ küyün spektrindən fərqlənir, buna görə (15)-də  $\sigma$  küyünün standart meyletməsi müxtəlif səviyyəli həllətmə sahələri üçün müxtəlif qiymətlər alacaqdır;
- 2) bir qayda olaraq, siqnalın filtrasiyası zamanı maneə qeyri-stasionardır və (15)-də veyvlet-ayrılmanın hər  $j$  səviyyəsi üçün  $\sigma$  zamana görə dəyişir;
- 3) Küyün qauss xarakteri haqqında təklif veyvlet-ayrılma əmsalları üçün yerinə yetirilmir, çünki bu veyvlet-çevrilməsi üçün xarakterik olan siqnal kompressiyası xüsusiyyətinə zidd olur.

Neyron şəbəkənin təşkilinin xüsusiyyətləri öz əksini veyvlet-əmsalların qiymətlərində tapır. Onlar da öz növbəsində beyin biopotensiallarının əsas ritmlərinin tezliyindən, onların ölçülərindən, amplitudlarından və beyin sahəsinin zonal fərqlərindən asılıdır. Qeyd olunur ki, hər hansı bir tezlik altzolağında veyvlet-əmsallarının qiymətləri EEG-nin prof. Jirmunskayanın təsnifatına əsasən onların hansı qrupa aid olmasını uyğunlaşdırır və bundan əlavə patologiyanın yaranması anını və inkişaf dinamikasını müəyyən etməyə imkan verir.

**Beşinci fəsilə** əzələ liflərinin və hərəkət vahidlərinin spontan aktivliyi və patoloji prosesinin şiddət dərəcəsini və köhnəliyini müəyyən etmək məqsədilə elektromioqrafik (EMQ) siqnalların analizi üçün veyvlet-paket emalının tətbiqi və təhlili imkanları araşdırılmışdır. Bir sıra yuxarı ətraf əzələlərdə müşahidə olunan geniş yayılmış xəstəliklər üçün (karpal tunel sindromu, kubital tunel sindromu, demielinləşmiş polinevro-patiya) stimulyasiyalı elektromioqrafiya istifadə edilmişdir.

Keçirilmiş tədqiqatların nəticələrinə əsasən tədqiq edilən əzələ-sinir sisteminin xaotiklik dərəcəsini xarakterizə edən fluktuasiya indeksinin informativ əlaməti kimi istifadə edilməsi təklif edilmişdir.

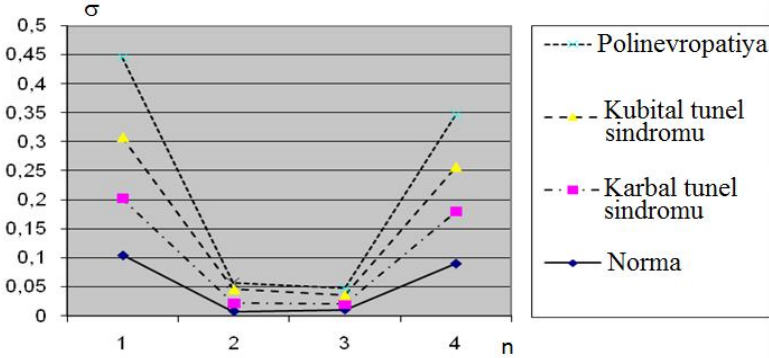
$$\sigma(n) = \frac{1}{j \ln 2} \cdot S_j^{(n)} \quad (16)$$

Beləliklə,  $\sigma(n)$ -in artımı  $S_j^{(n)}$  entropiyasının artımına səbəb olur.

Göstərilmişdir ki, baxılan xəstəliklərin üçün fluktuasiya indeksinin ən böyük qiyməti daha ağır xəstəliklər üçün əldə edilir. Veyvlet-paket çevrilmə metodu ilə fluktuasiya indekslərinin hesablanması zamanı analıq veyvlet kimi Dobeş veyvletləri (db1) təhlil edilmişdir. Şəkil 8-dən görünür ki,  $m$  ayrılma səviyyəsi üçün  $n$  altzolağın istənilən fraqmentində aşağıdakı bərabərsizliklər yerinə yetirilir:



$$\sigma_1^{(n)} < \sigma_2^{(n)} < \sigma_3^{(n)} < \sigma_4^{(n)} \quad (17)$$



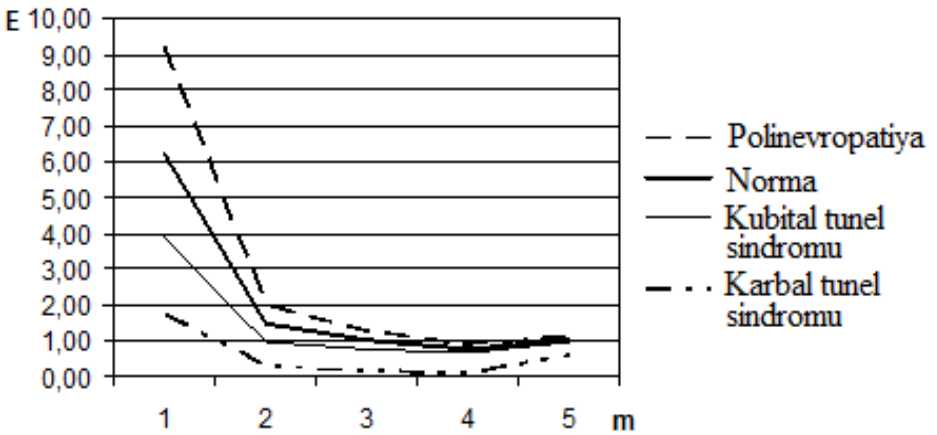
**Şək. 8.**  $m=5$ -də  $\sigma(n)$  fluktuasiya indeksinin fraqmentlərinin  $n$  tezlik altzolağının nömrəsindən asılılığı

Bu halda veyvlet-paket ayrılmasının  $m$  həlletmə qabiliyyətinin artımı baxılan xəstəliklər üçün fluktuasiya indeksinin qiymətlərinin separasiya dərəcəsini artırır.

Beləliklə, (16) düsturu üzrə hesablanan  $\sigma(n)$  fluktasiya indeksi tədqiq edilən əzələ-sinir sisteminin xaosluq dərəcəsini xarakterizə edən informativ əlamətdir. Bu göstəricinin qiymətinə əsasən hətta əzələ-sinir sistemi xəstəliklərinin müxtəlif növlərini təsnif etmək olar. Belə ki,  $\sigma(n)$  funksiyasının qrafikləri təbii yolla bölünür və sıralanırlar. Bəzi xəstəliklər üçün  $\sigma(n)$ -nin ən böyük qiyməti daha ağır xəstəliklər üçün əldə edilir. Bundan əlavə, diaqnostik əhəmiyyətə malik olan yeni informativ göstəricilər kimi paket veyvlet-əmsallarının entropiyasının qiymətlərindən istifadə edilməsi təklif edilmişdir (şək.9). Ortoqonal ayrılmalar şəklində təqdim edilən siqnallar üçün entropiyanın təsvir edilmiş xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq  $S$  siqnalının entropiyası üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

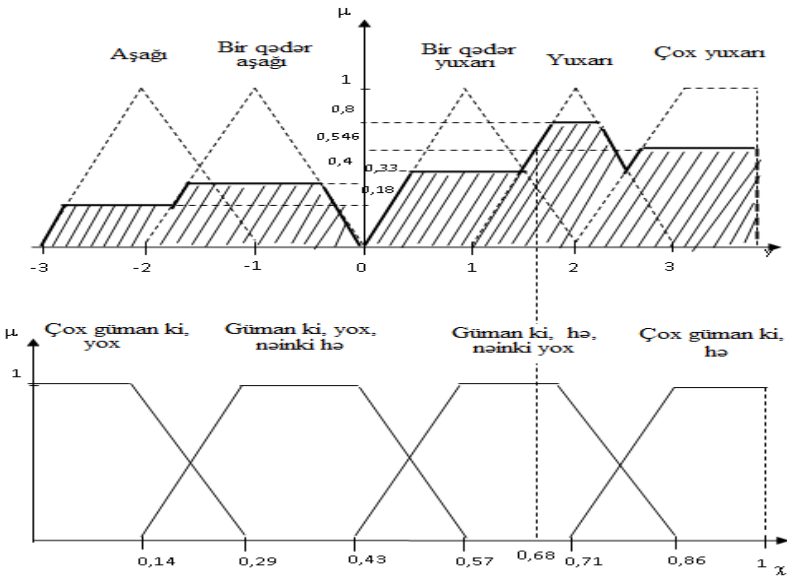
$$E(S) = \sum_i E(s_i), \quad (18)$$

burada  $s_i$  - ortonormal bazisdə  $S$  siqnalının ayrılma əmsalları. Əzələ-sinir xəstəliklərinin təsnifatı üçün süni neyron şəbəkələrinin köməyi ilə hesablama sınağının reallaşdırmasının alqoritmi təklif edilmişdir. Giriş siqnallarının əhəmiyyətlik parametrləri müəyyən edilmiş və diaqnostik analiz üçün neyron şəbəkələrinin tətbiqinin effektivliyi göstərilmişdir.



Şək. 9. Norma və əzələ xəstəlikləri üçün entropiya qiymətləri

Şəbəkə girişləri kimi hesablama sınağında  $m=5$  üçün hesablanmış  $\sigma(n)$  fluktuasiya indeksləri seçilmişdir. Təlimin müddəti və dərəcəsi, həmçinin təlimin maksimal səhvi qiymətləndirilmişdir. Şəbəkənin maksimal səhvi 0,05 tərbində, təlimin dərəcəsi isə 0,001 tərtibində olmuşdur. Əzələ-sinir sisteminin müayinəsinin effektivliyinin artırılması istiqamətlərindən biri elektromioqrafiyada kompüter sisteminin instrumental vasitələrindən istifadə etməklə qeyri-səlis məntiq texnologiyasının tətbiqi ilə qərar qəbul etmə imkanı əlavə olunur. Qeyri-səlis məntiqdən istifadə etməklə qərar qəbul etmə sisteminin intellektual elektromioqrafik strukturu hazırlanmışdır. Nümunə kimi göstərilmişdir ki, verilmiş simptomokompleksdə "Demielinizə olunmuş polinevropatiya" xəstəliyi (DPNP) ehtimal ki, var, nəinki yoxdur. Burada əminlik əmsalı  $\chi=0,68$ -dir (şəkil 10). Həkim-ekspert tərəfindən pasiyent müayinəsinin yekunu ilə nəticənin informasiya etibarlılığının qiymətləndirilməsinin yoxlaması keçirilmişdir.



**Şək. 10.**  $\chi$ -nin və diaqnostik tövsiyələrin təyin edilməsi.

**Altıncı fəsil**də elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emal sistemlərin, onların strukturların və funksional qovşaqların layihələndirmə prinsiplərinə baxılmışdır. Bu siqnalların toplama və emal sistemlərin layihələndirilməsi zamanı modul prinsipinə riayət olunmalıdır; əsas bloklar və qovşaqlara qoyulan tələblər müəyyən edilmişdir. Kardiointervalları ölçən cihazın strukturu və iş alqoritmi təklif edilmişdir. Təklif olunan qurğuda kardio-intervalların ölçmə xətalrı qiymətləndirilmişdir, alınan xətalrın korreksiya imkanları və ölçmə prosesinə ayrılan zaman müddətinin azaldılması təklif olunmuşdur. Mikrokontroller bazasında arterial təzyiqi və nəbzi ölçmək üçün sistemin funksional strukturu və alqoritmi işlənmişdir. Belə yanaşma imkan verir ki, mikrokontroller mikrosxemində multipleksor və analoq-rəqəm çeviricisi funksiyalarının inteqrallaşdırılması hesabına sistemin xeyli dərəcədə sadələşdirilmə imkanı yaranır.

Elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emal üçün virtual sistemin layihələndirmə prinsiplərinə baxılıb və tibbi-bioloji tədqiqatlarda onların istifadə olunması perspektivləri göstərilib.

**Dissertasiyanın sonunda** aparılan elmi işin geniş xarakteristikası təqdim olunmuş, əsas alınan nəticələr xülasə edilmişdir.

## **İŞİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ**

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi prosesində aşağıdakı əsas elmi nəticələr alınmışdır:

1. Ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətini, beyin biopotensialların analizini və əzələ liflərin və hərəkət vahidlərinin spontan aktivliyini qiymətləndirmək üçün müvafiq olaraq elektro-kardioqrafik (EKQ), elektroensefaloqrafik (EEQ) və elektromio-qrafik (EMQ) siqnalların veyvlet-paket ayırma üsulu ilə spektral analizi təklif olunmuşdur ki, bunun da nəticəsində diaqnostika üçün yeni informativ əlamətlər aşkar olunmuşdur. Veyvlet-paket emalı zamanı qeyd olunan siqnalların dekompozisiyasının optimal strukturu siqnalların ayırma səviyyələrinin entropiyasının minimumu və həlletmə qabiliyyətinin maksimum kriteriyası əsasında seçilir.

Elektrokardioqrafik siqnallar üçün yeni informativ əlamətlər kimi veyvlet-paket əmsalların normalaşdırılmış orta gücü və onların ortakvadratik meyletmə qiymətləri, elektromioqrafik siqnallar üçün isə fluktuasiya indeksi təklif edilmişdir.

2. EKQ diaqnozların interpretasiyası üçün diaqnostik sistemin alqoritmik və proqram təminatı işlənmişdir. EKQ-nin interpretasiya zamanı alınan nəticələrin doğruluğu verifikasiya olunan elektrokardiogramların işləmə qabiliyyətilə təsdiqlənmişdir.

3. Elektrokardioqrafiyada və elektromioqrafiyada diaqnostik nəticələrin təsnifatı üçün süni neyron şəbəkələrin strukturu və hesablama eksperimentlərin realizasiya alqoritmləri təklif edilmişdir; neyron şəbəkələrin metroloji parametrləri və təlimat dərəcələri təyin olunmuşdur.

Elektroensefaloqrafik tədqiqatlar üçün əsas artefaktların müəyyən edilməsi və onların təsnifatı alqoritmik işlənmişdir, EEQ siqnalları artefaktlardan təmizləmək məqsədilə veyvlet-filtrasiya üsulu təklif edilmişdir.

4. Ürək-damar sisteminin funksional vəziyyətini kardio-intervalometrik metodu ilə qiymətləndirmək üçün multifraktal ölçüsü, alçaq tezlik diapazonunda kardiointervaloqramın spektral gücü və kardiointervalların dinamik sırası üçün korrelyasiya ölçüsü kimi yeni informativ parametrlər təklif olunmuşdur.

5. Elektromioqrafik tədqiqatlarda qərar qəbulunda dəqiqliyin artırılması üçün qeyri-səlis məntiqi çıxarış qaydalarına əsaslanan intellektual diaqnostik sistem işlənmişdir.

Alınan diaqnostik nəticənin doğruluğu həkim-ekspert tərəfindən pasiyentə qoyduğu diaqnozla verifikasiya edilmişdir.

6. Elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emalı sistemlərin layihələndirmə prinsipləri təhlil edilmişdir. Kardiointervalları və arteriyal təzyiq ilə nəbzın ölçmə cihazlarının struktur sxemləri və iş alqoritmləri işlənmişdir, layihələndirilən cihazların ölçmə xəttalarının korreksiya üsulları təklif edilmişdir.

Elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emalı üçün virtual sistemlərin qurulma prinsipləri təhlil edilmişdir və onların tibbi-bioloji tədqiqatlarda istifadə perspektivləri qeyd edilmişdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı alınan nəticələr aşağıdakı nəşirlərdə əks olunmuşdur:**

1. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Самедова Х.З. Микропроцессорная система для измерения артериального давления и пульса. Депонированные научные работы АзНИИНТИ, Баку, 1999, № 1 (5), с.42
2. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Самедова Х.З. Микропроцессорная система сбора и обработки электрофизиологических сигналов / Материалы научно- практической конференции “Актуальные вопросы физиологии и патологии человека”. Баку, 1999, с. 14-17.
3. Алиева Д.Г., Абдуллаев Н.Т., Мякочин А.С. Алгоритм адаптивного кодирования физиологических параметров /Материалы научно-практической конференции “Актуальные вопросы физиологии и патологии человека”. Баку, 1999, с. 45-50.
4. Abdullaev N.T., Huseynov R.R., Samedova Kh.Z. Automation of Algorithm for Rheographical method of Hemodynamics Investigations./ Symposium and Exhibition – NEU-CEE 2001 “Electrical, electronics, and computer engineering”, TRNC, Lefkosa 2001, p.312-313.
5. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Самедова Х.З. Алгоритмическое обеспечение кардиоинтервалометрических анализаторов // Известия ВТУЗов Азербайджана, 2001, № 2 (12), с. 52-56.
6. Абдуллаев Н.Т., Гасанов И.Ф., Гусейнов Р.Р. Синхронный детектор для реографии.//Реферативный сборник «Депонированные научные работы», Баку, АзНИИНТИ, 2001, №2 (32), с.9
7. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З., Алиев Р.Я. Микропроцессорный измеритель кардиоинтервалов. //Депонированные научные работы. Баку. АзНИИНТИ, , 2002, № 1 (34), с.8.

8. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З., Балабекова М.О. Выбор аппаратных средств для систем съема и преобразования биоэлектрических сигналов // Известия НАН Азербайджана., Информатика и проблемы управления”, 2002, Т. XXII, № 2-3, с. 149-153.
9. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Самедова Х.З. и др. Микропроцессорный формирователь импульсов для электростимуляторов /Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий» Т.3, Баку, 2003, с.138-140
10. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Самедова Х.З., Исмаилова К.Ш. Микропроцессорное устройство управления автовазостимулятором. Beynəlxalq konf. “Elm və təhsildə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi”. Bakı, 2004, s. 67-68
11. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З., Мамедов Г.М. Аналого-цифровые преобразователи для систем обработки биоэлектрических сигналов // Известия высших технических учебных заведений Азербайджана, 2005, №2 (36), с. 52- 58.
12. Алиев Т.А., Абдуллаев Н.Т. Микроминиатюризация цифровых автокомпенсационных устройств / Материалы V Международной научно-технической конференции «Микроэлектронные преобразователи и приороры на ил МЭПП», Баку, 2005, с. 86-89.
13. Абдуллаев И.М., Самедова Х.З., Абдуллаев Н.Т. Электрофизиологические сигналы, методы и аппаратно-программные средства их обработки // Известия ВТУЗов Азербайджана, Баку, 2005, № 6, с. 58-65.
14. Абдуллаев И.М., Самедова Х.З., Абдуллаев Н.Т. Устранение помех, возникающих при измерении биоэлектрических сигналов / Научные труды -фундаментальные науки, . Баку, Азербайджанский Технический Университет, 2005,Т.1У(15), №3, с. 5-8.
15. Abdullayev I.M., Ismayilova K.Sh., Abdullayev N.T., Khasmamedova G.T. Correcting filtering while electrophysiology measurement. ISEECE 2006 3<sup>rd</sup> International Symposium on Electrical, Electronic and Computer Engineering. Near East University, Nicosia, Northern Cyprus, 2006, 328-329 p.

16. Абдуллаев Н.Т., Исмаилова К.Ш., Самедова Х.З., Хасмамедова Г.Т. Способы и средства цифровой обработки биоэлектрических сигналов / Материалы международной научно-технической конференции «Проблемы современной радиотехники, телевидения и связи», Баку, 2007, с. 119-121.
17. Абдуллаев И.М., Хасмамедова Г.Т., Абдуллаев Н.Т. Методы и средства реализации электрокардиографической системы высокого разрешения // Известия ВТУЗов Азербайджана, 2007, №3, с. 56-61.
18. Абдуллаев Н.Т., Измайлова Л.З., Хасмамедова Г.Т. Компьютерная обработка электрокардиографических сигналов/ Elmə və təhsildə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi, II beynəlxalq konfrans, II kitab, Bakı, 2007, s.606-609.
19. Алиев Т.А., Абдуллаев Н.Т. К вопросу коррекции погрешности измерения артериального давления // Медицинская техника, М., 2009, №1, с. 22-23.
20. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Самедова Х.З. Автоматическая классификация электроэнцефалограмм на основе их вейвлет-пакетной обработки //Биомедицинская радиоэлектроника, М.,2009, №6, с. 63-68
21. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Самедова Х.З. Применение нейронных сетей для выявления артефактов электроэнцефалографического сигнала, представленного вейвлет-пакетным отображением. //Медицинская техника, М.,2009, №4, с. 42-46
22. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Самедова Х.З. Вейвлетная очистка электроэнцефалограмм от артефактов с адаптацией к их виду и динамике // Биомедицинская радиоэлектроника, М.,2009, №12, с. 47-57
23. Абдуллаев Н.Т. Самедова Х.З., Федорцов А.З. Система измерения артериального давления и пульса с коррекцией погрешности// Научные труды -фундаментальные науки. Баку, АзТУ, 2009, №3, с.27-29.
24. Abdullayev N.T., Dyshin O.A., Samedova Kh.Z. Use of Neural Networks for Identification of Artifacts in Electroencephalographic Signals Decomposed Using Wavelet Packet Transform, "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2009, vol. 43, №4 p.191-194

25. Aliev T.A., Abdullaev N.T., Problem of Correction of Arterial Pressure Measurement Result. "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2009, vol. 43, №1 p.24-26
26. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Хасмамедова Г.Т. Спектральный анализ электрокардиографических сигналов на основе вейвлет-пакетной обработки // Медицинская техника; М.,2010, №1, с.30-35
27. Абдуллаев Н.Т., Алиев Т.А., Дышин О.А. Алгоритм вычисления статистической оценки обобщенных размерностей множеств//Информационные технологии. М.,2010, № 4, с.46-55
28. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Джабиева А.Д. Анализ неустойчивости временного ряда кардиоинтервалов с точки зрения самоорганизованной критичности/ Материалы международной научно-практической конференции. «Информационные технологии и компьютерная инженерия». Украина, Винница:, 2010, с.464-465.
29. Абдуллаев Н.Т., Аббаскулиев А.С., Исмаилова К.Ш. Подход к обработке электромиографических сигналов с помощью аппарата нечетких множеств/ Материалы международной научно-практической конференции, «Информационные технологии и компьютерная инженерия». Украина, Винница:, 2010, с. 466-467
30. Abdullaev N.T., Dyshin O.A., Khasmamedova G.T. Spectral analysis of electrocardiographic signals based usine Wavelet Paket Transform. "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2010, №1 p.27-31
31. Aliyev T.A., Abdullaev N.T., Abassquliev A.S., Ismayilova K.Sh., Application of linguistic variables for analysis of electroardiography signals ICAFS-2010, Ninth International Conference on Application of Fuzzy systems and soft Computing Proceedings. Prague, Czech Republic, 2010. P.355-357
32. Абдуллаев Н.Т. Самедова Х.З., Федорцов А.З. Измеритель кардиоинтервалов с коррекцией погрешности // Известия НАН Азербайджана. Информатика и проблема управления, 2010, Т.XXX, №3, с.178-185
33. Абдуллаев Н.Т., Алиев Т.А., Хасмамедова Г.Т. Фрактальный анализ кардиоинтервалов для диагностирования состояния сердечно-сосудистой системы/ Материалы Международной научной конференции «Нефть-газ, нефтепереработка и нефтехимия», посвященной 90-летию юбилею АГНА (секция «Автоматика и информатика»), 2010, с.284-285



34. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Хасмамедова Г.Т. Диагностика состояния сердечно-сосудистой системы на основе фрактального анализа Я Я - и нтервалограм м //Биомедицинская радиоэлектроника, М., 2010, №12, с.25-29.
35. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Хасмамедова Г.Т. Система описания и классификация электрокардиограмм человека с применением персонального компьютера// Медицинская техника, М.,2011, №1, с. 30-41
36. Abdullaev N.T., Dyshin O.A., Khasmamedova G.T. A PC-Based System for Description and classification of Human Electrocardiograms. "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2011, vol. 45, №1 p.25-33
37. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Аббаскулиев А.С. Оценка нестабильности й-й-интервалограмм// Медицинская техника, М., 2011, №3, с.34-37
38. Абдуллаев Н.Т., Исмайлова К. Ш. Автоматизированная диагностическая система для электромиографии с использованием нечеткой логики/Материалы Международной научной конференции «Автоматизированные системы управления и современные информационные технологии» Тбилиси, 2011, с.51-52.
39. Абдуллаев Н.Т., Исмайлова К. Ш. Автоматизированная диагностическая система для электромиографии с использованием нечеткой логики. //«Автоматизированные системы управления», Тбилиси, ГТУ,; 2011, №1(10), с. 300-304
40. Абдуллаев Н.Т., Исмайлова К. Ш. Анализ диагностически значимых показателей сигналов стимуляционной электромиографии. III Меж. научно-практич. конф. «Обработка сигналов и негауссовские процессы», Черкассы; 2011, с. 78-80
41. Abdullaev N.T., Dyshin O.A., Abassquliev A.S. Assessment of RR-Intervalogram Instability "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2011, vol. 45, №3 p.104-106
42. Абдуллаев Н.Т., Исмайлова К.Ш. Применение нейронных сетей для распознавания патологических изменений в стимуляционной электромиограмме // Медицинская техника, М., 2011, №6(270), с. 1-7
43. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Исмайлова К.Ш. Анализ спонтанной активности мышечных волокон и двигательных единиц на основе вейвлет-пакетной обработки электромиограмм. //Биомедицинская радиоэлектроника, М., 2011, №12, с. 42-48

44. Абдуллаев Н.Т., Исмаилова К.Ш. Оценка информационной достоверности диагностических заключений в электромиографии с помощью метода нечеткого логического вывода//Информационно-измерительные и управляющие системы, М., 2012, Т10, №4, с.60-67
45. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Исмаилова К.Ш., Самедова Х.З. Диагностика связи между различными областями мозга и мышцами пациентов на основе моделирования динамики взаимосвязанных нелинейных осцилляторов //Биомедицинская радиоэлектроника, М., 2012, №5, с. 67-72
46. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Самедова Х.З. и др. Системы обработки электрофизиологических сигналов для диагностирования состояния организма (монография), Баку, АГНА, 2012, 257 с.
47. Абдуллаев Н.Т., Аббаскулиев А.С. Применение нечеткого алгоритма в медицинской диагностике/Материалы III международной научно-практической конференции «Информационные технологии и защита информации». Украина, Харьков, 2012, с.214.
48. Абдуллаев Н.Т., Рагимова Е.К., Исмаилова К.Ш. Инструментальные средства построения экспертных систем для электромиографии. /Материалы Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и защита информации», Украина, Харьков, 2012, с. 215.
49. Абдуллаев Н.Т., Исмаилова К.Ш. Методы и средства обработки электромиографических сигналов для определения информативных диагностических признаков (монография), Баку, АГНА, 2012, 182с.
50. Исмаилова К.Ш., Абдуллаев Н.Т. Методы и средства обработки электромиографических сигналов. ФРГ, Ламберт, 2012, 144 с.
51. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З. Применение показателей variability сердечного ритма для диагностирования опасных аритмий//Материалы III Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и компьютерная инженерия» Украина, Винница, 2012, с.98-99.
52. Abdullaev N.T., Ismayilova K.Sh., Use of Neural Networks for Recognition of Pathological Changes in Stimulative Electromyograms "Biomedical Engineering" USA, New York, Springer, 2012, vol. 45, №6 p.201-206

53. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З., Хасмамедова Г.Т. Показатели Реньи биоэлектрических сигналов. / *Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri. Respublika elmi-texniki konfransının materialları*. Bakı. 2012, s. 185-186.
54. Абдуллаев Н.Т., Рагимова Е.К. Проектирование компьютерной системы диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. / *Avtomatika və idarəetmənin müasir problemləri. Respublika elmi-texniki konfransının materialları*. Bakı. 2012, s. 262-264.
55. Абдуллаев Н.Т., Рагимова Е.К., Самедова Л.З. оценка числовых показателей variability сердечного ритма для определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы. // *Известия ВТУЗов Азербайджана*, Баку, 2013, №1, с.66-70.
56. Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Рагимова Е.К. Оценка корреляционной размерности динамического ряда К-В-интервалов // *Биомедицинская радиоэлектроника*, М., 2013, №2, с.23-27.
57. Сурова Н.М., Злепко С.М., Прудюс Ф.Г., Абдуллаев Н.Т. Математическая модель прогнозирования развития сахарного диабета на основе нечеткой логики. // *Известия ВТУЗов Азербайджана*, 2013, №2, с.58-63.
58. Абдуллаев Н.Т., Самедова Х.З., Хасмамедова Г.Т. Применение нейросетевой технологии в электрокардиографических системах принятия диагностических решений/ *Материалы Республиканской научной конференции «Г.А. Алиев и образование Азербайджана», посвященной 90-летию общенационального лидера Г. Алиева*, Баку, АзТУ, 2013, с.
59. Абдуллаев Н.Т., Исмаилова К.Ш.. Формирование правил нечетких продукций для автоматизированной диагностической системы обработки ЭМГ-сигналов. // *Нейрокомпьютеры: применение, разработка*, М., 2013, №6, с.55-61.
60. Абдуллаев Н.Т., Исмаилова К.Ш.. Использование нейронно-нечетких систем для настройки весов правил нечетких продукций при принятии решений в электромиографии // *Нейрокомпьютеры: применение, разработка*. М., 2013, №10, с.64- 69

**Müştərək müəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə müəllifin şəxsi rolu:**

Müştərək müəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə iddiaçının şəxsi rolu problemin qoyuluşu, tədqiq olunan məsələlərin həll etmə yollarının araşdırılması, nəticələrin müzakirəsi və alınan nəticələrin düzgün əsaslandırılmasından ibarətdir.

## АБДУЛЛАЕВ НАМИК ТАИР ОГЛЫ

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РЕЗЮМЕ

Для определения новых информативных параметров, характеризующих функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, головного мозга и различных мышц, в диссертации проведен спектральный анализ электрокардиографических (ЭКГ), электроэнцефалографических (ЭЭГ) и электромиографических (ЭМГ) сигналов с помощью вейвлет-пакетного разложения. Предложено использование нормированных средних мощностей и среднеквадратического отклонения вейвлет-пакетных коэффициентов. Для ЭМГ сигналов в качестве нового информативного признака предложено использование флуктуационного индекса. Предложены структуры и вычислительные алгоритмы на базе искусственных нейронных сетей. Для очистки ЭЭГ сигналов от имеющихся в их составе артефактов и определения их групповой принадлежности предложена процедура автоматической классификации этих сигналов с помощью вейвлет-пакетного разложения. При обследовании сердечно-сосудистой системы кардиоинтервалографическим методом предложено использование в качестве новых информативных признаков мультифрактальной размерности, спектральной мощности и коре-ляционной размерности полученных ритмограмм. Предложена структура интеллектуальной электро-миографической системы принятия решений с использованием технологии нечеткой логики с целью минимизации субъективных ошибок врача при постановке диагностического заключения. Для современных диагностических систем обобщены основные принципы их проектирования; разработаны структуры и алгоритмы функционирования микроконтроллерных систем для измерения кардиоинтервалов и артериального давления, предложены способы коррекции погрешностей измеряемых параметров.

**ABDULLAEV NAMIK TAHIR oğlu**

**SUMMARY**

**METHODS AND MEANS OF PROCESSING OF  
ELECTROPHYSIOLOGICAL SIGNALS TO DETERMINE  
INFORMATIVE DIAGNOSTIC FEATURES**

In order to identify informative features new diagnostic parameters for assessing the functional state of the cardiovascular system, cerebral biopotential analysis of spontaneous activity and muscular fibers and motor units provides a spectral analysis based on wavelet packet decomposition, respectively, electrocardiographic (ECG), electroencephalograph (EEG) and electromyography signals (EMG). The optimal structure of the decomposition of these electrophysiological signals in the wavelet packet processing is selected by the criterion of minimum entropy at the level of decomposition of signals with the additional criterion of resolution. As a new informative is proposed to use the normalized average power of the wavelet packet coefficients and their standard deviations for the ECG signal and the fluctuation index of electromyographic signals. Developed algorithms and software systems for the interpretation of diagnostic ECG diagnoses. The reliability of the results of ECG interpretation is confirmed by the examples of operability verification of electrocardiograms. For the classification of diagnostic conclusions in electrocardiography and electromyography proposed structure of artificial neural network algorithms and implementation of computational experiments, evaluated the metrological parameters and the degree of training of the neural network. For EEG studies have developed an algorithm to identify and classify the major artifacts, and to clean EEG signals from these artifacts, we propose a method of wavelet filtering. When cardiointervalometrik method of evaluation of the functional state of the cardiovascular system as a new informative parameters of the proposed multifractal dimension cardiointervalogram spectral power at low frequencies, and the correlation dimension of the time series of RR-intervals. The structure of intellectual electromyographic diagnostic decision-making system using fuzzy logic technology. The verification of the reliability of evaluation information of the finding with the results of the patient's physicians. The principles of designing systems for measuring and processing of electrophysiological signals.