

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ELEKTROFİZİYOLOJİ SİQNALLARIN CƏLD SPEKTRAL ANALİZ ÜSULU VƏ ONUN TİBBİ DİAQNOSTİKADA TƏTBİQİ

İxtisas: 3337.01-İnformasiya-ölçmə və idarəetmə
sistemləri (sahələr üzrə)

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: Günel Səyavuş Qızı Ağayeva

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ-2021

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası		
Daxil olma №	541	
" 29 "	10	2021 il

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

Texnika elmləri doktoru, dosent
Namıq Tahir oğlu Abdullayev
Texnika elmləri namizədi, dosent
Nürəddin Yasin oğlu Məmmədov

Rəsmi opponətlər: Texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov
Texnika elmləri doktoru, professor
Ramin Rza oğlu Rzayev
Texnika elmləri namizədi, dosent
Ramiz Mürsəl oğlu Əhmədov

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.41 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının sədri:

t.e.d., professor


Naqif Əlicavad oğlu Qasımov

Dissertasiya Şurasının elmi katibi:

t.e.n., dosent


Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri:

t.e.d., dosent


Namıq Tahir oğlu Abdullayev

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Son zamanlar texnoloji proseslərə nəzarət onların idarə olunması sistemlərinin, təcürbi və elmi tədqiqat işlərinin metod və texniki vasitələrinin sürətlə inkişafı ilə səciyyələnir.

Qabaqcıl texnologiyadan istifadə edərək istehsalın texniki-iqtisadi göstəricilərinin və buraxılan məhsulların keyfiyyətinin köklü yüksəldilməsi avtomatlaşdırma obyektlərinə qulluq edən əsas hissələrdən biri olan bilavasitə informasiya - ölçü sistemlərinin (İÖS) effektivliyinin artırılmasını tələb edir.

Müasir İÖS ölçü, hesablama və məntiqi funksiyaları yerinə yetirən texniki vasitələrdən ibarətdir. İÖS sistemlərinə tələbatın daim artması, yeni ölçü sistemlərinin yaradılması prosesi bu sistemlərin metodoloji və praktik cəhətlərinin yenidən işlənməsini stimullaşdırır.

Nəzəri cəhətdən İÖS-ün keyfiyyətinin yüksəldilməsində ölçü informasiyasının mübadilə prosesinin (informasiyanın alınması, çevrilməsi, ötürülməsi, işlənməsi və göstərilməsi) optimallaşdırılması əsas amillərdən biridir. İÖS-ün optimallaşdırılması məsələsi aprior informasiyanın az olması nəticəsində xeyli çətinləşir. Dinamik rejimdə işləyən İÖS-də bu məsələ daha da çətinləşir.

Yüksək keyfiyyətli İÖS-ün yaradılmasının praktik və nəzəri aspektləri tədqiqatçıdan bu sistemlərin struktur quruluşu, alqoritm, proqram vasitələrinin seçilməsi və s. məsələlərin həllinə yeni yanaşma tərzini tələb edir.

Kəsilməz siqnalların ani qiymətlər əyrisi daha çox informasiyaya malikdir. Hazırkı texniki vasitələr siqnal əyrisini həm analog və həm də rəqəm formasında yazmağa imkan verir. Lakin siqnalların ani qiymətlər əyrisindən bilavasitə ölçü parametrlərini araşdırıb qəbul etmək çətin olduğuna görə, nəzarət olunan proseslərin idarə və analiz olunması üçün real zaman rejimində bu siqnalların inteqral parametrlərinin təyin olunmasından geniş istifadə edilir. Bu da obyektlərin rejim göstəricilərini və parametrlərini xarakterizə edən ölçülən kəmiyyətlərin müəyyən intervalda müxtəlif mənada orta qiymətlərinin tapılması deməkdir. Mikroprosessor texnikasının geniş inkişafı siqnalların inteqral parametrlərinin (SİP)

rəqəm ölçü vasitələri və metodlarından istifadə edərək təyin olunmasını əlverişli edir. Belə integral parametrlərindən biri də siqnalların spektral parametrləridir.

SİP-in rəqəm ölçü metodları ilə ölçülməsi üsulları arasında siqnalların birbaşa ani qiymətlərinin müəyyən intervalda işlənməsi metodu geniş yayılmışdır. Lakin SİP-in məhdud zaman müddətində ədədi ölçülməsi və analizi siqnalların diskretləşməsinə və kvantlanmasını tələb edir. Bu isə əsasən, ölçülən siqnalın diferensial və spektral xassələrindən asılı olduğuna görə, ölçü qurğularının metroloji xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasında müəyyən çətinliklər yaradır. Elektrik siqnallarının hazırkı və hazırlanmaqda olan texnoloji proseslərdə, komplekslərdə istifadəsinin genişlənməsi, həm də ölçmə məsələlərində siqnalların çevrilməsi, işlənməsi problemi rəqəm ölçü vasitə və sistemlərinin sonrakı inkişafını tələb edir. İÖS-də mürəkkəb ölçülü informasiya daşıyıcılarından biri sayılan kəsilməz elektrofizioloji siqnalların parametrlərinin rəqəmsal emalı üçün alqoritm və proqramların işlənilməsi və hazırlanması məsələləri çox vacibdir. Bu parametrlər içərisində elektrofizioloji siqnalların spektral parametrləri mühüm yer tutur. Kompüter texnikası siqnalların spektral parametrləri təyin olunduqda, onun başqa əksər integral parametrlərini də məlum spektral parametrlərdən asılılıq ifadələri vasitəsilə hesablamağa imkan verir. Bu isə siqnalların çevirmə və rəqəmlə işlənməsi üsullarının universallaşdırılması və virtualaşdırılmasına, strukturların çevikliyinin təmin olunmasına imkan yaradır. Bu mənada spektral analizin müxtəlif sahələrdə geniş tətbiqi, siqnalların spektrinin tapılması prosesini sadələşdirməyə imkan verən yeni spektral analiz alqoritmlərinin qurulması məsələsi aktual olaraq qalmaqdadır.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq, **dissertasiya işinin əsas məqsədi** alçaq və infraqalçaq tezlikli mürəkkəb formalı elektrofizioloji siqnalların spektral analizi üçün yeni effektiv alqoritm və vasitələrin işlənməsi; siqnalın spektri ilə xəstəliklərin, müxtəlif mədə-bağırsaq orqanlarının funksional vəziyyətlərinin diferensial diaqnostikası üçün tətbiqidir.

Tədqiqat obyekti: Dissertasiya işində tədqiqat obyekti kimi insan orqanizminin mədə-bağırsaq traktının orqanları və onların hasil etdiyi bioloji elektrik potensialları götürülmüşdür.

Qoyulan məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində yerinə yetirilmiş **tədqiqatların əsas məsələləri** aşağıdakılardır:

- Elektrofizioloji siqnalların əsas informativ parametrləri və onların təhlil metodları; elektrofizioloji siqnalların riyazi modelinin dəqiqləşdirilməsi;
- Elektrofizioloji siqnalların spektral analizinin səmərəliliyini artırmaq üçün yeni alqoritmın işlənməsi, tədqiqi və tətbiqi;
- Geniş tətbiq olunan spektral analiz metodları ilə təklif olunmuş cəld spektral analizin müqayisəsi və yeni alqoritmın operativ üstünlüyünün qeyd edilməsi;
- Təklif olunan alqoritmın realizasiyası zamanı yaranan metroloji göstəricilərin qiymətləndirilməsi;
- Rəqəm spektral analizatorunun aparat təminatının işlənməsi; funksional blokların sxem realizasiyası və alqoritmik təminatının hazırlanması; rəqəm tezlik vurucusunun xətasının qiymətləndirilməsi və onun korreksiya üsulunun işlənməsi;
- Müəyyən olunmuş spektral parametrlərin elektrofizioloji sahədə diferensial diaqnostika məsələlərində tətbiqi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində alınan nəticələrdə ölçmə nəzəriyyəsi, xətlər nəzəriyyəsi, spektral analiz nəzəriyyəsi, modelləşdirmə üsulları, proqram nəticələrinin işlənməsi və tətbiqindən istifadə olunmuşdur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Tədqiq olunan siqnalın kompleks Furye əmsallarını cəld Furye çevrilməsi vasitəsilə müəyyən etdikdə kompleks vurma əməlini istisna edən yeni cəld spektral analiz alqoritmı təklif olunmuşdur; bunun nəticəsində siqnalın emal sürəti artır, aparat və proqram realizasiyası sadələşir;
2. Bu alqoritmın diskret realizasiyası zamanı yaranan xətanın dəqiq yuxarı sərhədi Bernulli çoxhədlilərindən istifadə edilməklə qiymətləndirilir;
3. Alınmış ümumiləşmiş xətanın ifadəsinin ölçmə siqnalının diferensial, spektral xassələrindən və buraxıla bilən xətanın qiymətindən asılı olaraq, diskretləşdirmə parametrləri müəyyən edilir;

4. Təklif olunan spektral analiz alqoritminin texniki reallaşması həm sadəlik, həm də vaxt sərfi nöqteyi-nəzərinə xeyli əlverişlidir;
5. Alınan Furiye kompleks əmsallarının elektrofiziologiya sahəsində tətbiqi nəticəsində alınan parametrlərin informativ əlamətlər kimi istifadəsi, diferensial diaqnozun dəqiqliyinin artırılması.

Nəticələrin dürüstlük dərəcəsi. Dissertasiyadan alınmış nəticələr hesablama yolu ilə aparılan eksperimentlərlə sübut edilmiş, kliniki və tədris prosesində tətbiqlərlə təsdiq edilmişdir. İşin nəticələri Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi" və Azərbaycan Texniki Universitetinin "Biotibbi texnika" kafedralarının yerinə yetirdikləri dövlət hesablı elmi-tədqiqat işində istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya işində yerinə yetirilən tədqiqatların **praktik əhəmiyyəti** ondan ibarətdir ki, ölçmə siqnallarının praktikada istifadə olunan bütün parametrləri bu siqnalın spektri ilə bilavasitə asılılığının universal üsulu kimi istifadə oluna bilər.

Dissertasiya işində kompleks Furiye əmsallarının elektroqastroenteroqrafiya metodunda xəstəliklərin diferensial diaqnostikası üçün tətbiqi təklif edilmişdir.

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

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan elmi məsələlər və əldə edilmiş əsas nəticələr bilavasitə müəllif tərəfindən müstəqil olaraq alınmışdır. Yeni spektral analizin alqoritmi və onun Mathcad və Matlab proqramı işlənmişdir. Rəqəm spektral analizatorunun struktur sxemi və əsas bloklarından olan vurucu sxemi layihələndirilmişdir. Mədə-bağıraq traktının funksional vəziyyətini müəyyən etmək üçün Furiye əmsalları hesablanmış və qrafik şəklində təqdim olunmuşdur. Patologiyaların araşdırılması üçün süni neyron şəbəkələrinin tətbiqi təklif edilmişdir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri aşağıda göstərilən elmi konfranslarda və elmi seminarlarda məruzə olunmuş, müzakirə edilmişdir:

- VIII beynəlxalq elmi-texniki konfrans: "Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии". Украина, г. Харьков, 28-29 апреля 2016 г.

- Beynəlxalq elmi-texniki konfrans- "İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri" Bakı, 23-25 noyabr, 2016-cı il.

- Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi", "Ümumi və tətbiqi riyaziyyat" kafedraları ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin "Biotibbi texnika" kafedrasının birgə keçirdikləri elmi seminar. Bakı, 2 iyun, 2017-ci il.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Dissertasiya işinin əsas nəticələri Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihazqayırma mühəndisliyi" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

İşin nəticələrinin dərc olunması. Dissertasiya işinin məzmununu əks etdirən tədqiqatlar və onların nəticələrinə dair ölkə və xarici elmi-texniki nəşrlərdə 11 elmi iş çap olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsilədən, nəticədən, 108 addan ibarət ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinə kompüterdə yazılmış 135 səhifəlik mətn, 40 şəkil, 10 cədvəl və ümumilikdə isə dissertasiya işi 150541 işarədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Dissertasiya işinin **girişində** mövzunun aktuallığı əsaslandırılıb, aparılan tədqiqatların məqsədi və problemləri araşdırılıb. Elmi yeniliyə malik nəticələr qeyd olunub və onların praktik əhəmiyyəti göstərilib. Dissertasiya işinin məzmunlu annotasiyası və onun strukturu təqdim edilib.

Təqdim olunan dissertasiya işinin **birinci fəsilində** elektrofizioloji siqnalların əsas xarakteristikaları və xüsusiyyətləri ətraflı təhlil edilmişdir. Elektrofizioloji siqnalların amplitud və tezlik parametrləri araşdırılmış, cədvəl şəklində təqdim olunmuşdur. Elektrofizioloji siqnallar və onların əsas informativ parametrləri təhlil edilmiş, nəticə olaraq, tədqiq olunan orqanın funksional

vəziyyəti haqqında diaqnoz qoyulmasının mümkünlüyü qeyd olunmuşdur. Ölçmə nəticəsində alınan informativ əlamətlər təhlil edilərək, orqanın funksional vəziyyəti haqqında ilkin diaqnoz qoyulmasına əsas yaradır. Bir qrup elektrofizioloji siqnalların (elektroensefaloqrafik, elektroqastroqrafik, elektrookuloqrafik və s.) təhlil metodları spektral analiz üsuluna əsaslanır; elektrofizioloji siqnalların bütün parametrlərinin siqnalın spektri ilə bilavasitə əlaqəli olması, siqnalın kompleks parametrlərinin alınmasının mümkünlüyü universal vasitənin yaranmasına imkan verir. Elektrofizioloji siqnalların riyazi modeli, siqnalın analitik göstərilməsi və onun spektral analizi haqqında məlumat verilmişdir. Riyazi modelin seçilməsi siqnalın spektral və diferensial xüsusiyyətlərindən asılıdır; elektrofizioloji siqnallara daha münasib riyazi model kimi periodiklik funksionaları sinfini nümunə vermək olar.

Analiz göstərir ki, elektrofizioloji siqnal üçün aşağıdakı riyazi model qəbul edilir:

Elektrofizioloji signalın riyazi modeli kimi

$$f(t) \in \tilde{C}^{(m)}[0, T]$$

siqnallar sinfini qəbul edirik. Bu sinfə daxil olan siqnalların özü və m-ci tərtibə qədər törəmələri kəsilməz funksionaldır.

Bu funksiyaları $[0, T]$ parçasından kənara dövrü davam etdirdikdə $(-\infty, \infty)$ intervalında m -ci tərtib törəməsində kəsilməz olan T dövrlü funksiyalar sinfini alırıq.

Bu sinifə daxil olan elektrofizioloji proseslərin Furiye əmsallarının kiçik tərtibli olması harmonikanın nömrəsi və hamarlıq dərəcəsiindən asılılığını təmin etməyə imkan verir. Bunun nəticəsində Furiye sırasının müntəzəm yığılmasına və çevik realizə aparatından istifadə olunmasına imkan yaradır. Elektrofizioloji siqnallar üçün təklif olunmuş yeni spektral analiz alqoritminin xüsusiyyətləri, onun başqa alqoritmlərlə müqayisəli analizi və eyni zamanda, texniki realizasiya məsələlərinə baxılmışdır.

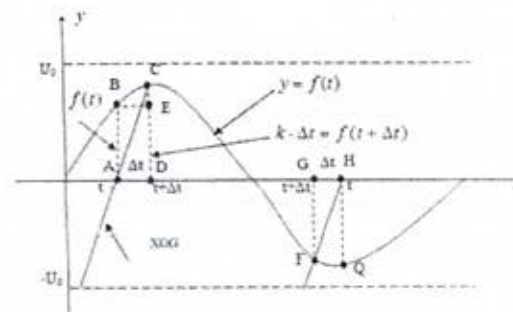
İkinci fəsildə elektrofizioloji siqnalların spektral analizi üçün yeni alqoritm təklif edilmişdir. Cəld spektral analiz alqoritmı cəld Furye çevrilmə alqoritmindən fərqli olaraq, ölçmə prosesi zamanı əldə edilən ani qiymətlərin alınması prosesində onların emalına imkan yaradır.

İxtiyari t nöqtəsində $f(t)$ siqnalının ani qiymətlərinin zaman-impuls çevrilməsi

$$k \cdot \Delta t = f(t + \Delta t) \quad (1)$$

düsturu vaitəsilə yerinə yetirilir (şək.1) .

İxtiyari t nöqtəsində $f(t)$ signalın ani qiymətlərinin zaman-impuls çevrilməsi diaqramı:



Sek.1. Zaman impuls çevrilmesi diagramı

Burada $k \cdot \Delta t = y$, $\Delta t = \frac{y}{k}$, $\alpha = \frac{1}{k}$ əvəzləmələrini etsək, α -

sabit, kiçik ədəd olduqda (1) bərabərliyi

$$y = f(t + \alpha \cdot y) \quad (2)$$

şəklinə çevrilər. (2) çevirməsi y -funksiyasını qeyri - aşkar formada təyin edir. Qeyri - aşkar funksiyanın varlığı haqqında teoremin tətbiqi

$$|\alpha \cdot f'(t)| < 1, \quad (3)$$

sərtinin ödənməsini tələb edir.

İsbat etmək olar ki, (3)- şərti ödənildikdə (2)- asılılığından alınan

$$y = F(t, \alpha) \quad (4)$$

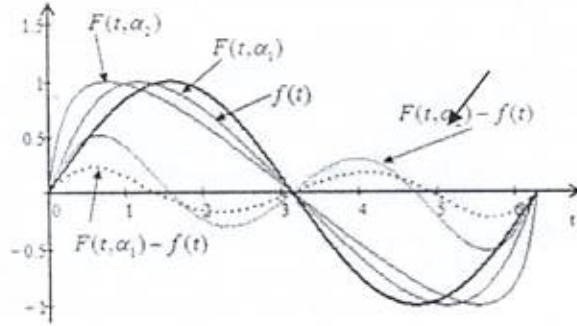
funksiyası da $\tilde{C}^{(n)}(0, T)$ sinfinə daxil olan funksiya olur.

(2) ifadəsi ilə təyin olunan funksiyanı ümumi halda şəkildə aşkar təyin etmək mümkün deyil, lakin bu funksiyanın aşağıdakı kimi parametrik şəkildə tənliyini yazmaq olar. Beləliklə, (2)

münasibətindən istifadə edərək $t + \alpha \cdot y = u$ əvəzləməsinin köməyi ilə yazırıq:

$$\begin{cases} y = f(u) \\ t = u - \alpha \cdot f(u) \end{cases} \quad (5)$$

Bu parametrik tənlikdən istifadə edərək $y = F(t, \alpha)$ funksiyasının qrafikinin qurulması.



Şək. 2. $y = f(t)$ və $y = F(t, \alpha)$ asılılıqlarının birgə qrafikləri və xəta qrafiki

Şəkildən görünür ki, α -ədədi kiçildikcə ($\alpha_1 < \alpha_2$) $y = f(t)$ və $y = F(t, \alpha)$ funksiyalarının fərqi azalır, $\alpha \rightarrow 0$ şərtində $\lim_{\alpha \rightarrow 0} F(t, \alpha) = f(t)$ olur.

Çevrilmiş funksiyanın Furiye əmsallarının çıxarılması:

İşdə isbat olunmuşdur ki, çevrilmiş $y = F(t, \alpha)$ funksiyasının Furiye əmsallarını G_n -ilə işarə edib,

$$\begin{cases} y = f(u) \\ t = u - \alpha \cdot f(u) \end{cases} \quad (6)$$

parametrik tənliyindən bu funksiyanın Furiye əmsallarını hesablasaq, G_n əmsalları üçün axtarılan düsturu

$$G_n = \frac{1}{2\pi j n \alpha} \int_0^T e^{jn\omega(\alpha \cdot f(t) - t)} dt, \quad (n \neq 0) \quad (7)$$

şəklində yazı bilərik.

Beləliklə, nəticəyə gəlirik ki, α - ədədini seçməklə istənilən dəqiqliklə

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot e^{-jn\omega \cdot t} dt \quad n \in (-\infty, \infty)$$

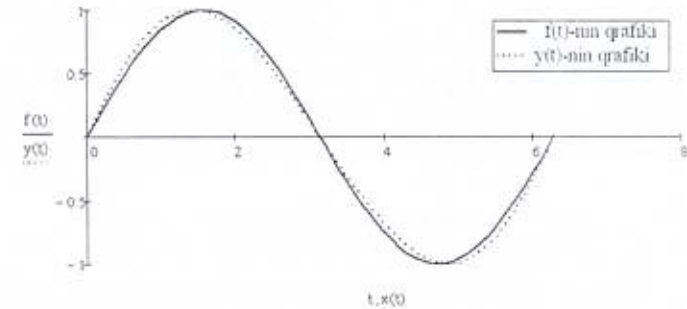
əmsallarının hesablanması

$$G_n = \frac{1}{2\pi j n \alpha} \int_0^T e^{jn\omega(\alpha \cdot f(t) - t)} dt, \quad (n \neq 0)$$

əmsallarının hesablanması ilə əvəz edə bilərik.

Bundan əlavə, siqnalların qiymətlərinin triqonometrik ortoqonal funksiyalar sisteminə vurulması zərurətinin olmamasını qeyd etmək lazımdır. Cəld spektral analizi reallaşdıran alqoritmin xətasının və alqoritmin diskret inteqrallama xətasının qiymətləndirilməsi düstur və qrafiklərlə öz əksini tapmışdır. Mathcad program sistemi mühitindən istifadə edilərək verilmiş qrafikdən $y = f(t)$ və $y = F(t, \alpha)$ funksiyalarının bir-birinə yaxın olması əyani olaraq görünür, eyni zamanda, α - nın qiymətini daha da azaltmaqla bu asılılıqların qrafiklərini bir-birinə istənilən qədər yaxınlaşdırmaq olar.

$t := 0, 0.1 \dots 6.3$ $\alpha := 0.15$ $f(t) := \sin(t)$ $y(t) := f(t)$ $x(t) := t - \alpha \cdot f(t)$



Şək. 3. Verilmiş $y = f(t)$ və $y = F(t, \alpha)$ funksiyalarının qrafikləri

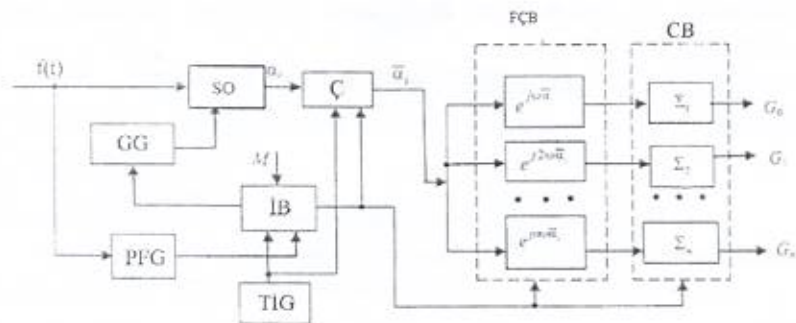
Signalın diferensial və spektral xassələrindən asılı olaraq bu xətanın yuxarı sərhədinin dəqiq qiyməti hesablanmışdır.

N tərtibli triqonometrik polinom üçün $|f(t)| \leq f_{\max}$ olduqda $|f'(t)| \leq N\omega f_{\max}$ Bernşteyn bərabərsizliyi doğru olduğundan, $f(t)$ signalının ani qiymətlərinin ölçülməsinin dəqiq yuxarı sərhədi üçün nisbi xətanı alırıq:

$$\delta_{\%}(\delta) = \frac{\alpha N \omega f_{\max}}{1 - \alpha \cdot N \omega f_{\max}}$$

Bunun nəticəsində, alqoritmin realizasiyası üçün tələb olunan dəqiqliyi təmin etmək olar. Alınan nəticələrin doğruluğu Mathcad və Matlab proqram paketləri mühitində rəqəm modelləşdirilməsi və riyazi üsullarla isbat edilir.

Üçüncü fəsilə rəqəm spektral analizatorunun aparat təminatı haqqında geniş məlumat verilmişdir. Rəqəm spektral analizatorunun struktur sxemi və onun iş prinsipi işlənmiş və ətraflı araşdırılmışdır.



Şek. 4. Spektral analizatorun struktur sxemi

Burada: SO-sıfır orqanı (komparator); Ç-zaman intervalını koda çevirən çeviricidir; GG-xətti-dəyişən gərginlik generatorudur; PFG-T çevirmə periodunu formalaşdırın qurğudur (taymer); İB-idarəetmə blokudur (mikrokontroller); TIG-takt impuls generatorudur; FÇB-funksional çeviricilər blokudur; CB-cəmləyicilər blokudur.

Tezlik rəqəm vurucusu (period bölücüsü) təklif olunmuş alqoritmin diskret tealizasiyası zamanı əsas qurğulardan hesab edilir. Tezlik rəqəm vurucularının funksional sxemi və iş prinsipi göstərilmişdir. Tezlik vurucusunun xətası Mathcad riyazi mühitində hesablanmış və qrafik şəklində təsvir edilmişdir. Xətanın azaldılması məqsədilə sxemdə istifadə olunan qurğuların parametrlərinin ondan asılılığı müəyyən edilmişdir və xətanın azalma üsulları qeyd edilmişdir. Korreksiya tezlik vurucusunun funksional sxemi verilmiş, əməliyyatlar ardıcılıqla izah edilmişdir. Spektral analizator üçün mikrokontrollerli tezlik vurucusunun struktur və prinsiplial elektrik sxemi işlənmişdir. Intel 8051 tipli mikrokontroller əsasında layihələndirilən tezlik vurucusunun iş alqoritmi təklif edilmişdir. Tezlik diapazonunun genişləndirilməsi üsulları qeyd olunmuş, hər bir üsul haqqında ətraflı məlumat verilmişdir.

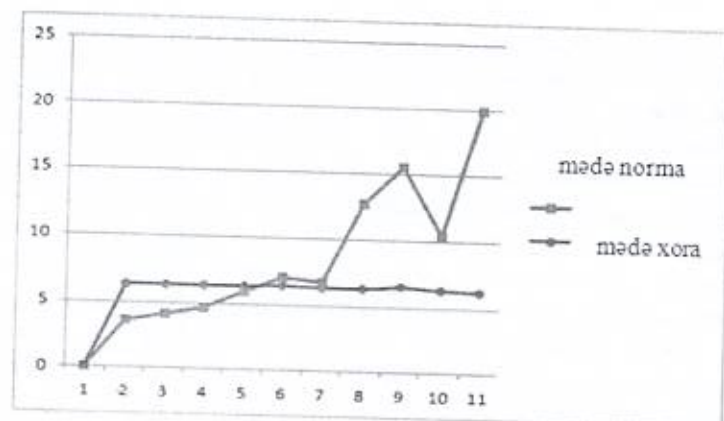
Dördüncü fəsil elektrofizioloji tədqiqatlarda xəstəliklərin diferensial diaqnostikası üçün spektral analiz metodunun elektroqastroenteroqrafiyada tətbiqinə həsr edilmişdir. Mədənin elektrik fəallığı haqqında ətraflı məlumat verilmiş, mədə-bağırsaq traktının elektrik aktivliyini təsvir edən ritmlər cədvəl şəklində verilmişdir. Elektroqastroqrafik tədqiqat metodları araşdırılmış, elektrodların dəriyə yerləşdirilməsi, biopotensialların alınması haqqında məlumat verilmişdir. Elektroqastroqrafik siqnalların spektral analizi, Furiye diskret çevrilməsinin diaqnostik məsələlərdə tətbiqi ətraflı təhlil edilmişdir.

(7) ifadəsi əsasında lazımi hesablamaları yerinə yetirmək üçün Matlab riyazi mühitindən istifadə olunaraq siqnalın kompleks G_i , $i = \overline{1, n}$ Furiye əmsallarının qiymətləri müəyyən edilib. Alınmış ədədi qiymətlərə uyğun asılılıq cədvəl 1-də və asılılığın qrafiki isə şəkil 5-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1

Mədə üçün G komplekslər kəmiyyətlərinin orta qiymətləri

Həmin cədvəlin nömrəsi, u	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Mədə normal	0.00614	3.5653	4.14436	4.59584	5.86207	7.00504	6.75691	12.6898	15.5733	10.3688	19.9622
Mədə xəstə	9.9E-08	6.33458	6.3261	6.31718	6.33878	6.38944	6.33661	6.34567	6.49474	6.31693	6.23701

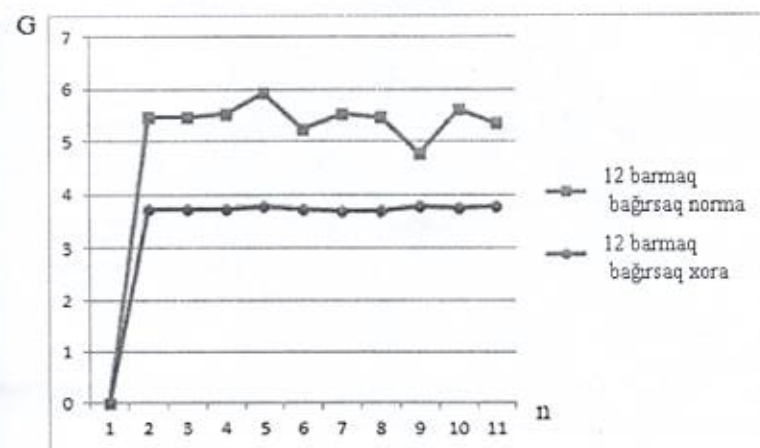


Şək. 5. G kompleks kəmiyyətlərinin orta qiymətlərinin harmonika nömrəsindən (n) asılılığı.

Onikibarmaq bağırsaq üçün də alınan elektroqastroenteroqramlarda onun normal funksional vəziyyəti və xora xəstəliyini əks etdirən Furje kompleks əmsalları arasındakı olan fərq bu parametrləri informativ diaqnostik əlamətlər kimi istifadə etməyə imkan verir (cədvəl 2 və şəkil 6).

Cədvəl 2
12 barmaq bağırsaq üçün G komplekslər kəmiyyətlərinin orta qiymətləri

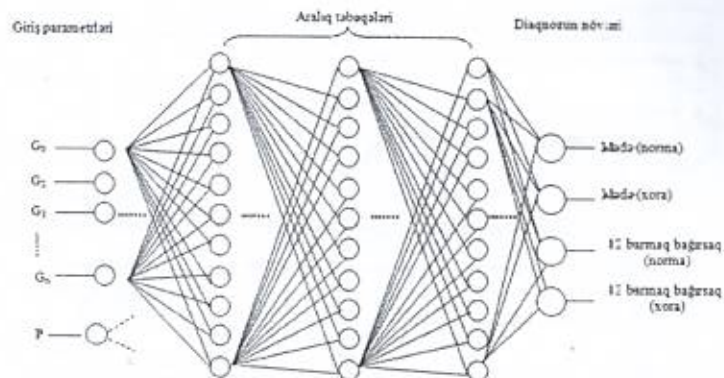
Harmonikanın nömrəsi, n	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
12 barmaq bağırsaq norma	52.03	5.4659	5.4646	5.52696	5.52111	5.24062	5.52972	5.47688	4.78089	5.60848	5.35389
12 barmaq bağırsaq xora	0.00018	3.71355	3.71688	3.71501	3.76997	3.72728	3.70776	3.6942	3.79403	3.74646	3.77711



Şəkil 6. G kompleks kəmiyyətlərinin orta qiymətlərinin harmonika nömrəsindən (n) asılılığı

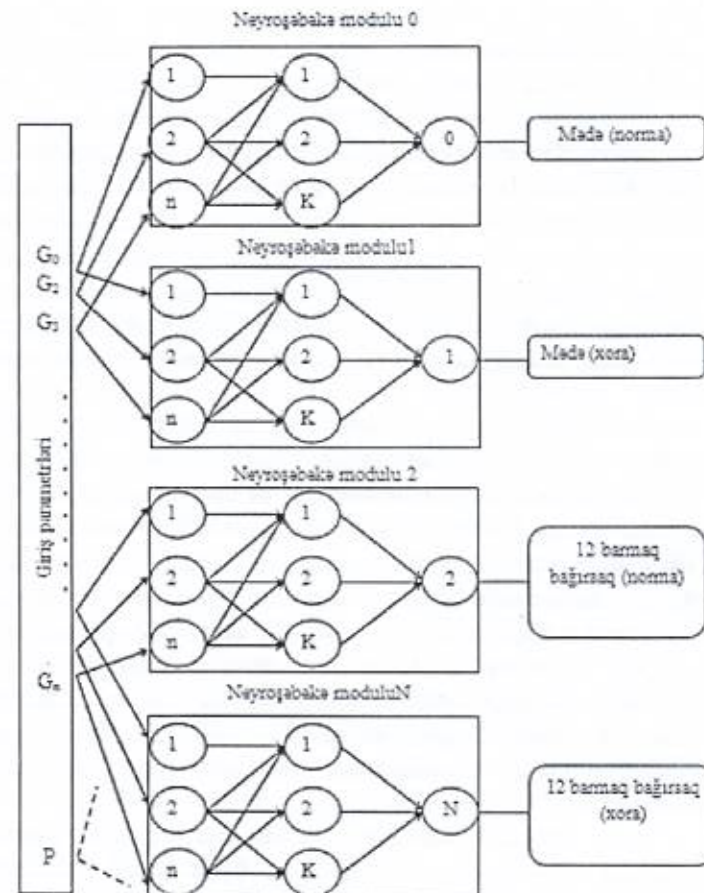
Kompleks əmsalların dəyişmə xarakterini dəqiqləşdirmək məqsədilə eksperiment və hesablamalar nəticəsində istənilən qədər harmonika sayı seçilə bilər. Bütün pasiyentlər üzərində aparılan ölçmələr nəticəsində alınan elektroqastroenteroqramların emalı orta kompleks əmsalların dəyişmə xarakterini təsdiqləyir.

Yeni spektral analiz üsulunun mədə-bağırsaq traktının funksional vəziyyətinin diferensial diaqnostikasında tətbiqi, mədə-bağırsaq traktı orqanlarının funksional vəziyyətini müəyyən etmək və xəstəliklərin təsnifatını aparmaq məqsədilə alınan informativ əlamətlərdən süni neyron şəbəkəsinin giriş parametrləri kimi istifadə edilməsi təklif edilmişdir (şəkil 7).



Şək. 7. Mədə-bağırsaq traktının patologiyalarını araşdırmaq üçün çoxtəbəqəli perseptronun strukturu

Elektrofizioloji tədqiqatlarda orqanların funksional vəziyyətinin təsnifatı üçün modul tipli neyron şəbəkəsinin çoxtəbəqəli perseptron əsasında layihələndirilmiş strukturu təklif olunmuşdur. Mədə-bağırsaq orqanlarının funksional vəziyyətini araşdırmaq məqsədilə təklif olunan modul tipli süni neyron şəbəkəsinin strukturu şəkil 8-də təqdim olunub. Giriş parametrləri kimi Furiye kompleks əmsalları (G_i) istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, diaqnozlaşdırma əməliyyatının xətasını minimuma endirmək məqsədilə əlavə giriş parametri kimi elektroqastroenteroqrafik signalın effektiv (P_i) qiymətindən də istifadə edilə bilər. Modullu strukturun əsas üstünlüyü hər bir modulun bir xəstəliyin diaqnozunu araşdırılmasına yönləndirilməsidir, bu da səhv diaqnoz qoyulması ehtimalını azaldır və bütün sistemin dəqiqliyinin artmasına imkan yaradır. Digər tərəfdən, modullu strukturun tətbiqi modulların sayının artması nəticəsində süni neyron şəbəkəsinin funksional imkanlarını genişləndirir və əlavə patologiyaları araşdırmaq üçün yeni modulların təlimatına ehtiyac qalmır.



Şəkil 8. Mədə-bağırsaq traktının patologiyalarını araşdırmaq üçün neyroşəbəkənin strukturu (n -giriş parametrlərinin sayı; K -aralıq təbəqə neyronlarının sayı; N -təhlil olunan patologiyaların sayı).

Dissertasiya işinin sonunda alınan əsas nəticələr təqdim edilmişdir.

NƏTİCƏ

1. Elektrofizioloji siqnalların diaqnostika məqsədi üçün istifadə olunan təhlil metodları, yəni onların informativ parametrlərdən asılı olaraq müxtəlif analiz üsulları təqdim olunmuş və xüsusiyyətləri qeyd edilmişdir. Bir qrup elektrofizioloji siqnalların (elektroensefaloqrafik, elektroqastroqrafik, elektrookuloqrafik və s.) təhlil metodları spektral analiz üsuluna əsaslanır ki, bu da müasir aparat-proqram təminatının effektiv istifadə olunması üçün imkan yaradır. Bütün elektrofizioloji parametrlərin siqnalın spektri ilə bilavasitə əlaqəli olması, siqnalın kompleks parametrlərinin alınmasının mümkünlüyü universal vasitənin yaranmasına imkan verir.

2. Cəld Furiye çevrilmə alqoritmindən fərqli olaraq, təklif olunmuş alqoritm ölçmə prosesi zamanı alınan ani qiymətlərin alınması prosesində onların emalına imkan yaradır. Təklif olunmuş alqoritm vasitəsilə Furiye əmsallarının hesablanması zamanı yaranan nisbi xətanın və eyni zamanda, alqoritm diskret inteqrallama xətasının da analitik ifadəsi alınmışdır. Ölçmə siqnalının diferensial və spektral xassələrindən asılı olaraq, xətanın dəqiq yuxarı sərhədi müəyyən olunmuşdur. Belə qiymətləndirmədən istifadə edərək, alqoritm realizasiya prosesində lazımi dəqiqliyini təmin etmək olar. Alınan nəticələrin düzgünlüyü Mathcad və Matlab proqram paketləri mühitində rəqəm modelləşdirilməsi və riyazi üsullarla isbat edilmişdir.

3. Təklif olunmuş alqoritm nəticəsində alınan Furiye kompleks əmsallarının hesablanması üçün texniki reallaşma həm sadəlik, həm də vaxt sərfi nöqteyi-nəzərindən xeyli ölərmişdir. Bu onunla əlaqədardır ki, yeni alqoritm texniki realizasiyası zamanı spektral analizatorlar üçün $f(t) \cdot e^{-jn\omega t}$ hasilini formalaşdırmaq zərurətinə ehtiyac qalmır.

4. Təklif olunmuş alqoritm diskret realizasiyası zamanı əsas qurğulardan olan tezlik rəqəm vurucusunun funksional sxemi, onun iş prinsipini əks etdirən zaman diaqramı göstərilmişdir; rəqəm tezlik vurucusunun xətası Mathcad riyazi mühitində proqram vasitəsilə hesablanmışdır. Xətanın azaldılması məqsədilə sxemdə istifadə olunan qurğuların parametrlərdən asılılığı müəyyən edilmişdir və onlar qrafik formasında təqdim edilmişdir. Rəqəmli

tezlik vurucusunun xətasını azaltmaq məqsədilə korreksiya sxemi təqdim olunmuşdur; onun iş prinsipi aydınlaşdırılmış, istifadə olunan element və blokların parametrlərinə qoyulan tələblər qeyd edilmişdir.

5. Spektral analizator üçün mikrokontrollerli tezlik vurucusunun struktur və elektrik prinsiplial sxemi işlənmişdir, onun nisbi maksimal xətasının ifadəsi verilmişdir. Intel 8051 tipli mikrokontroller əsasında layihələndirilən tezlik vurucusunun iş alqoritmı işlənilib təqdim edilmişdir.

6. Mədə-bağırsağ traktının müxtəlif orqanlarının elektrik aktivliyini əks etdirən ritmlər tezlik nöqteyi-nəzərindən fərqlənir və bunun nəticəsində hər orqanın funksional vəziyyətini araşdırmaq mümkün olur. Elektrofizioloji siqnalların spektral analiz metodu ölçmə siqnalının ən geniş istifadə olunan emal üsullarından biridir ki, bunun nəticəsində siqnalların xüsusiyyətlərini öyrənmək və onların informativ-diaqnostik əlamətlərini aşkarlamaq mümkündür.

7. Mədə və onikibarmaq bağırsağın funksional vəziyyətini (norma və xora xəstəliyi) müəyyən etmək üçün yeni informativ parametrlər kimi təklif olunmuş spektral analiz nəticəsində alınan Furiye kompleks əmsallarının istifadəsi məqsədəuyğun sayılır. Belə parametrlərin tətbiqi düzgün diaqnoz qoyulma ehtimalını artırır.

8. Təhlil olunan xəstəliklərin təsnifatını aparmaq məqsədilə süni neyron şəbəkələrindən istifadə edilməsi təklifi irəli sürülür. Kompleks əmsallardan əlavə, neyron şəbəkəsinin giriş parametrləri sırasına elektroqastroenteroqrafik siqnalların orta elektrik gücünün daxil edilməsi düzgün diaqnoz qoyulması ehtimalını artırır.

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsindən alınan nəticələr aşağıdakı nəşrlərdə əks olunmuşdur

1. Abdullayev N.T., Məmmədov N.Y., Ağayeva G.S. Ölçü siqnallarının spektral analizi və onun xətasının qiymətləndirilməsi: // AzTU-nun "Elmi əsərləri", Bakı, 2014, I cild, №1, s. 38-43.

2. Ağayeva G.S. Elektrofizioloji siqnalların spektral analizi. // AzTU-nun "Elmi əsərləri", Bakı, 2015, I cild, №3, s. 151-155.

3. Məmmədov N.Y., Abdullayev N.T., Ağayeva G.S. Spektral analiz alqoritmı və onun diskret inteqrallama xətasının

qiymətləndirilməsi// AMEA-nın Xəbərləri "İnformasiya və idarəetmə problemləri". Bakı, 2015, XXXV cild, №3, s. 141-147.

4. Абдуллаев Н.Т., Агаева Г.С., Азимова Г.М. Аппаратная и программная реализация цифрового умножителя частоты для измерительных сигналов. // АзТУ "Elmi əsərlər", Bakı, 2014, I cild, №3, s. 66-70.

5. Абдуллаев Н.Т., Агаева Г.С., Азимова Г.М. Алгоритм спектрального анализа измерительных электрофизиологических сигналов / Материалы VII Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии» Украина, Харьков, 2016, с. 72

6. Мамедов Н.Я., Абдуллаев Н.Т., Агаева Г.С. Численный алгоритм спектрального анализа измерительных сигналов. // Изв. ВУЗов «Приборостроение», С. Петербург, Россия, 2014, т. 57, № 7, с. 37-41. (Web of Science)

7. Мамедов Н.Я., Абдуллаев Н.Т., Агаева Г.С., Джафарова А. Н. Оценка погрешности метода быстрого спектрального анализа // Изв. ВУЗов «Приборостроение», С. Петербург, Россия, 2015, т. 58, № 6, с. 428-435. (Web of Science)

8. Абдуллаев Н.Т., Мамедов Н.Я., Агаева Г.С. Применение метода спектрального анализа для дифференциальной диагностики заболевания органов желудочно-кишечного тракта//Информационные технологии, Москва, Россия, 2016, №9, с. 699-703. (Web of Science)

9. Abdullayev N.T., Ağayeva G.S., İbrahimova A.E. Elektrofiziologiyada diferensial diaqnostika məqsədilə süni neyron şəbəkələrinin tətbiqi. "İnformasiya və kommunikasiya texnologiyalarının müasir vəziyyəti və inkişafı perspektivləri" Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı, 2016 s.552-556.

10. Ağayeva G.S., Əhmədova X.R. Elektroqastroqrafik signalların spektral analizinin diaqnostik məsələlərdə tətbiqi -1 // AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2018, N 4, s.204-208.

11. Ağayeva G.S. Elektroqastroqrafik signalların spektral analizinin diaqnostikada tətbiqi -2 //AzTU-nun Elmi Əsərləri, 2019, N 2, s.52-57.

Ağaf 20

Dissertasiyanın müdafiəsi 26 noyabr 2021-ci il tarixində saat 11.00 Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən

ED 2.41 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: H.Cavid prospekti 25, Bakı Azərbaycan, AZ 1073, Azərbaycan Texniki Universiteti.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

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

Avtoreferat 22 oktyabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.