

UDK 57.033

## ÜRƏK ARİTMİYALARININ ANALİZİ SİSTEMİ

Ş.İ.Səmədova

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: shafaq.samedova@mail.ru

**Açar sözlər:** elektrokardiografik siqnal, ürək ritminin dəyişkənliyi, aritmiyalar, kardiointervalogram, LabVIEW mühiti

**Xülasə.** Məqalədə ürək ritmini və onun dəyişkənliyini xarakterizə edən informativ parametrləri təyin etmək üçün LabVIEW proqram mühitində elektrokardiografik (EKQ) sistemin işlənməsi təsvir edilmişdir. EKQ siqnallarının emalı və analizinin əsasında aritmiyaların ayırd edilməsi və təsnifatlaşdırılması alqoritmlərinə dair mövcud tədqiqat işlərinin müqayisəli təhlili aparılmış, bu alqoritmlərin təhlilinə əsaslanaraq işlənən sistemin iş alqoritmı tərtib edilmiş və onun Labview mühitində proqramlaşdırılması həyata keçirilmişdir. İşlənmiş ürək ritminin dəyişkənliyinin analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının tətbiqi ilə aritmiyalara aid Beynəlxalq verilənlər bazasından götürülmüş EKQ fayllarının təhlili aparılmış və əldə edilmiş nəticələr işlənmiş sistemin adekvatlığını təsdiq etmişdir.

**Giriş.** Ürək-damar sisteminin (ÜDS) xəstəlikləri statistik məlumatlara görə insan həyatı üçün təhlükəlilik dərəcəsinə görə digər xəstəliklərlə müqayisədə daha yüksək yerdə durur və hazırda əsas ölüm səbəblərdən biri olaraq qalır. Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının məlumatlarına əsasən ürəyin işemik xəstəliyindən ölüm halları dünya üzrə 2019-cu ildə 2000-ci ilə nisbətən 2 milyon artaraq 8,9 milyona çatmışdır [1]. Ürək-damar sisteminin xəstəlikləri arasında ritmin müxtəlif pozuntuları - aritmiyalar və xüsusilə mədəcik aritmiyaları həyat üçün daha təhlükəli hesab olunurlar [2]. Yüksək qradasiyalı mədəcik ekstrasistoliyaların mədəcik taxikardiyası, mədəcik fibrilyasiyası kimi həyati təhlükəli aritmiyaların yaranmasına təkan verməsi bir çox arıxdırmalarda sübuta yetirilmişdir. Bütün bunlar mədəcik ekstrasistolalarının qəfləti ölümün əsas markerlərindən olmasını deməyə imkan verir və onların erkən proqnozlaşdırılması üçün mövcud alqoritmlərin müqayisəli təhlili, təkmilləşdirilməsi və elektrokardiografik (EKQ) siqnallarının avtomatik analizi məsələlərini aktual edir. Ürəyin bioelektrik fəallığının, ritmin və keçiricilik qabiliyyətinin pozulmalarının, mədəciklərin və ürək qulaqcıqlarının hipertrofiyalarının, işemik xəstəliyin, miokard infarktının və ürəyin digər çatışmazlıqlarının tədqiqi və diaqnostikasında hal-hazırda elektrokardiografiya (EKQ), EKQ Holter monitorinqi və ultrasəs Dopplerli exokardiografiya metodlarından istifadə olunur.

**İşin məqsədi** ürək ritmini və onun dəyişkənliyini xarakterizə edən informativ parametrlərinin EKQ siqnallarının emalı və analizi əsasında təyini sisteminin işlənməsindən ibarətdir. Bu məqsədə nail olmaq üçün işdə aşağıdakı məsələlərin həllinə baxılmışdır:

- aritmiyaların aşkar edilməsinə aid mövcud alqoritmlərin müqayisəli təhlili,
- işlənən sistemin funksionallığının təmini üçün onun fəaliyyət alqoritmının seçiminin əsaslandırılması;
- proqram mühitinin seçilməsi və sistemin fəaliyyət alqoritmının proqram reallaşdırılmasının həyata keçirilməsi
- proqram təminatını sınaqdan keçirmək üçün aritmiyalara aid verilənlər bazasının müəyyənləşdirilməsi və yoxlanılması.

**Aritmiyaların aşkar edilməsi alqoritmləri.** Məlum olduğu kimi, ürək damar xəstəlikləri zamanı pasiyentə diaqnoz qoyulması EKQ siqnallarının xarakterik zaman intervallarının, izoxətlərin və dişçiklərin amplitudlarının ölçülməsi əsasında alınmış nəticələrin analizinə əsaslanır. Aritmiyaları aşkar etmək və təsnifatlaşdırmaq üçün ilk iki mərhələ EKQ siqnalının ilkin emalı və qərar qəbul etmə (EKQ-nin seqmentasiyası) mərhələlərindən ibarətdir [3]. Ədəbiyyatda bu istiqamətdə aparılmış tədqiqat işlərinin geniş spektri təqdim olunmuşdur [4, 5-9]. QRS komplekslərinin aşkar edilməsi üçün bir çox yanaşmalar təklif olunmuşdur və bunlara misal olaraq veyvlet çevrilmələrini [10, 11], süni neyron şəbəkələri oblastından alqoritmləri [3, 12], genetik alqoritmləri [13], filtr banklarını [14],

həmçinin EKQ elementlərinin qeyri-xətti çevrilmələrinə əsaslanan evristik üsulları [15-17] göstərmək olar. Aritmiyaların təsnifatlaşdırmasına həsr olunmuş işlərin kifayət qədər çox sayda olması və onların nəticələrinin müqayisəsinin obyektivliyinin təmin edilməsi məqsədi ilə Amerika Milli Standartlar İnstitutu (ANSI – American National Standards Institute) və Tibbi Avadanlıqların İnkişafı Assosiasiyası (AAMI – Association for the Advancement of Medical Instrumentation) tərəfindən “Ürək ritminin və ST segmentinin ölçülməsi alqoritmlərinin sınaqması və nəticələrinin təqdim edilməsi” – “ANSI/AAMI EC 57:2012” standartı təklif olunmuşdur [18]. AAMI standartı aritmiyaları təsnifatlaşdırma metodlarının qiymətləndirilməsi və sınaqları protokolu müəyyən edir və həmçinin, bu məqsədlə hansı verilənlər bazasından istifadə olunmasını da tövsiyə edir. AAMI standartının tövsiyə etdiyi aritmiyalara aid verilənlər bazası MIT-BIH-dir [19]. MIT-BIH verilənlər bazasının hər bir kateqoriyası beş alt kateqoriyada qruplaşdırıla bilər: sinus rejimində yaranan döyüntülər (N- sinus mode), supraventrikulyar ektopik döyüntülər (SVEB- supraventricular ectopic beats), mədəcik ektopik döyüntüləri (VEB- ventricular ectopic beats), birləşmə (füzyon) döyüntüləri (F- fusion beats) və təsnif olunmayan döyüntülər (Q- unclassifiable beats). Cədvəl 1-də MIT-BIH aritmiya məlumat bazasında qeyd olunan ürək döyüntüsü növlərinin AAMI-də qəbul edilmiş ürək döyüntüsü sinfləri ilə uyğunluq münasibətləri təsvir edilmişdir.

Amma AAMI-də təsnifat modeli (təlim mərhələsi) qurmaq üçün bazadan hansı EKQ siqnallarını seçib istifadə edilməli olduğunu və həmçinin, qiymətləndirmə metodları üçün də (sınaq mərhələsi) hansı verilənlərdən konkret olaraq istifadə etmək lazım olduğu dəqiq göstərilmişdir. Əgər həm təlim, həm də sınaq üçün eyni pasiyentə aid EKQ siqnallarından istifadə olunarsa, onda aritmiyaların belə qiymətləndirilmə prosesi [20]-də göstəriləndiyi kimi qeyri-obyektiv olar və effektivlik göstəriciləri də qeyri-obyektiv olaraq 100%-ə yaxın qiymət ala bilər. EKQ siqnallarının belə bölünməsi protokolu ədəbiyyatda pasiyentdaxili sxem və ya pasiyentdaxili paradiqma adlanır. Əgər hər iki mərhələdə müxtəlif pasiyentlərin EKQ siqnallarından istifadə edilərsə, belə bölünmə protokolu ədəbiyyatda pasiyentlər arası sxem və ya paradiqma adlanır. Verilənlər bazasının reallıqla uyğunluğunu təmin etmək üçün [20]-də MIT-BIH verilənlər bazasını iki Dataset 1 (DS1) və Dataset 2 (DS2) kimi işarə edilən dəstlərə bölünməsi təklif olunmuşdur. Bu dəstlər MIT-BIH verilənlər bazasından seçilmiş aşağıdakı fayllardan ibarətdir:

DS1: 101, 106, 108, 109, 112, 114, 115, 116, 118, 119, 122, 124, 201, 203, 205, 207, 208, 209, 215, 220, 223 və 230.

DS2: 100, 103, 105, 111, 113, 117, 121, 123, 200, 202, 210, 212, 213, 214, 219, 221, 222, 228, 231, 232, 233 və 234.

Qeyd edək ki, dəstlərin yaradılması üçün yalnız MIT-BIH verilənlər bazasından istifadə edilib, çünki bu baza AAMI standartında istifadə üçün tövsiyə olunub və orda aritmiyaların bütün 5 sinfi (N, SVEB, VEB, F, Q) əhatə olunub. [20] müəlliflərinin qənaətinə görə real qiymətləndirmə üçün DS1 dəsti təlim üçün, DS2 dəsti isə metodun sınağı üçün istifadə edilməlidir, bu isə ürək döyüntülərinin təsnifatını əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəb məsələyə çevirir və nəticədə təqdim olunan təsnifat metodunun məhsuldarlığını azaldır. Ən çox problematik aritmiyalar aşkar olunan və azlıq təşkil edən sinflər (SVEB və VEB) bu tip protokoldan daha çox təsirə məruz qalırlar.

Aritmiyaların təsnifatlaşdırmasında yuxarıda qeyd olunan təlim və test üçün EKQ siqnallarının seçilməsi problemini nəzərə almadan aparılmış və təsnifatlaşdırma 100%-ə yaxın dəqiqliyin alındığını təqdim edən işlərin yenidən AAMI-nin tövsiyə etdiyi protokola və [20]-yə uyğun olaraq təkrar aparılmasının nəticələri [4, 21, 22] işlərində verilmişdir. Cədvəl 2-də təlim və sınaq üçün MIT-BIH verilənlər bazasından təsadüfi seçilmiş verilənlər toplusundan istifadə edilməklə, cədvəl 3-də isə aritmiyaların ayırd edilməsi üçün AAMI-nin tövsiyə etdiyi protokolu və [20]-də təklif olunan seçmə sxemi nəzərə alınmaqla əldə edilən nəticələr təsvir edilmişdir.

Cədvəl 2 və 3-də verilmiş nəticələri müqayisəli təhlil etsək, eyni təsnifat üsulu ilə təsadüfi seçim sxemindən (“təlim və sınaq nümunələrinin tərtib edilməsi üçün ürək döyüntülərinin təsadüfi olaraq seçmə” sxemindən) istifadə edilərək əldə edilmiş nəticələrin AAMI-nin tövsiyə etdiyi protokolu və [20]-də təklif olunan seçmə sxemi nəzərə alınmaqla aparılan eksperimentlərin nəticələrini əhəmiyyətli dərəcədə üstələdiyini görmək olar.

Cədvəl 1

MIT-BIH aritmiya məlumat bazası ürək döyüşü növlərinin AAMI ürək döyüntüsü sinifləri ilə uyğunluq münasibətləri

AAMI-də ürək döyüntüsü siniflərinin təsviri	N	SVEB	VEB	F	Q
	S, V, F və ya Q siniflərdən başqa istənilən ürək döyüntüsü (Any heartbeat not in the S, V, F or Q classes)		Supraventrikulyar ektofik döyüntü (Supraventricular ectopic beat)	Mədəcik ektofik döyüntü (Ventricular ectopic beat)	Fusion döyüntüsü (Fusion beat)
MIT-BIH – də ürək döyüntüsü növləri	normal döyüntü (NOR)	Qulaqcıq ekstrasistoliya (AP-atrial premature beat)	Mədəciklərin erkən yığılması (PVC- premature ventricular contraction)	Mədəcik və normal döyüntülərin birləşməsi (fVN- fusion of ventricular and normal beat)	Templi döyüntü (P-paced beat)
	Gis dəstinin sol ayağının blokadası	Anormal qulaqcıq ekstrasistoliya (aAR-aberrated atrial premature beat)	mədəcik qaçış döyüntüsü (VE- ventricular escape beat)		Templi və normal döyüntünün birləşməsi (fPN- fusion of paced and normal beat)
	Arterial axın döyüntüləri	Düyün (nodal) ekstrasistoliya			Təsnifatlandırılmamış döyüntü (U-unclassified beat)
	Nodal (düyün) döyüntüləri	Supraventrikulyar ekstrasistoliya (SP-supraventricular premature beat)			

Cədvəl 2

Aritmiyalar üçün MIT-BIH verilənlər bazasından təlim və sınaq üçün təsadüfi seçilmiş verilənlər toplusundan istifadə edilməklə əldə edilən nəticələr

Method	Acc	N		SVEB		VEB		F		Q	
		Se	+P	Se	+P	Se	+P	Se	+P	Se	+P
		%		%		%		%		%	
Ye et al. [23]	96.5	98.7	96.3	72.4	94.5	82.6	97.8	65.6	88.6	95.8	99.3
Yu and Chou[24]	95.4	96.9	97.3	73.8	88.4	92.3	94.3	51.0	73.4	94.1	80.8
Yu and Chen [25]	81.1	85.2	81.2	0.0	0.0	70.0	79.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Güler and Übeyli[26]	89.1	93.2	90.3	0.0	0.0	81.6	74.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Song et al. [27]	98.7	99.5	98.9	86.4	94.3	95.8	97.4	73.6	90.2	0.0	0.0

Cədvəl 3

Aritmiyaların ayırd edilməsi üçün AAMI-nin tövsiyə etdiyi protokolu və [20]-də təklif olunan seçmə sxemi nəzərə alınmaqla əldə edilən nəticələr

Method	Acc	N		SVEB		VEB		F		Q	
		Se	+P	Se	+P	Se	+P	Se	+P	Se	+P
		%		%		%		%		%	
Ye et al. [73]	75.2	80.2	78.2	3.2	10.3	50.2	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Yu and Chou[67]	75.2	78.3	79.2	1.8	5.9	83.9	66.4	0.3	0.1	0.0	0.0
Yu and Chen [90]	73.9	81.5	74.2	0.0	0.0	21.0	59.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Güler and Übeyli[55]	66.7	69.2	72.1	0.0	0.0	78.8	43.8	1.8	0.5	0.0	0.0
Song et al. [56]	76.3	78.0	83.9	27.0	48.3	80.8	38.7	0.0	0.0	0.0	0.0

Cədvəl 2 və 3-də təqdim olunan nəticələr EKQ-yə əsasən aritmiyaların təsnifatı metodlarının obyektiv qiymətləndirilməsi üçün eyni pasiyentə aid verilənlər bazasından həm təlim, həm də sınaq prosesində eyni zamanda istifadə etməməsinin vacibliyini göstərir. Əks halda, tətbiq olunan təsnifatlaşdırıcılar pasiyentlərin təlim seçimindəki özəl xüsusiyyətləri öyrənəcəklər və buna görə metodun təlim prosesində istifadə olunmuş verilənlərlə qiymətləndirilməsi qərəzli olacaq, hətta eyni pasiyentin müxtəlif EKQ yazılışları olsa belə.

**Tədqiqatın nəticələri.** Ürək ritminin tədqiqatlarına aid işlərin müqayisəli təhlilinə əsaslanaraq aritmiyaların EKQ-siqnallarına əsasən ayırd edilməsi və təsnifatlaşdırılmasını aşağıdakı alqoritm üzrə aparılmasını məqsədə uyğun hesab edirik [4]:

– *Aritmiyaları aşkarlama və təsnifatlaşdırılmasına aid müxtəlif metod və alqoritmlərinin effektivliyinin təhlili üçün verilənlər bazasının seçimi.* Bu məqsədlə yuxarıda qeyd olunduğu kimi MIT-BIH Arrhythmia Database [19]-bazasından istifadə oluna bilər.

– *İlkin emal.* Bu mərhələdə EKG siqnalın baza xəttini kənarlaşdırmaq üçün iki median süzgecindən istifadə etmək məqsədə uyğundur. Korreksiya olunmuş baza EKQ siqnalında küylərin və şəbəkə gərginliyinin yaratdığı arzuolunmaz yüksək tezlikli maneələri aradan qaldırmaq üçün kəsici tezliyi 35 Hz olan sonlu impuls xarakteristikalı süzgecdən istifadə olunması məqsədəuyğundur. Bütün sonrakı emallarda filtrlənmiş EKQ siqnallarından istifadə edilməlidir.

– *Seqmentasiya (Segmentation):* Seqmentasiya xətlərinə qarşı metodun dayanıqlığının yoxlanılmasını annotasiyada R piklərin lokallaşdığı yerə titrəmə (jitter) əlavə etməklə həyata keçirilməsi məqsədəuyğundur;

– RR intervallarının ardıcılığını real zaman rejimində təyin etmək üçün Veyvlet çevirməsinə əsaslanan metodlardan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur;

– *Əlamətlərin seçilməsi: (Feature extraction).* Bu seçim, təklif olunan hansı əlamətlərin nəticələri yaxşılaşdırmaq üçün daha çox töhvə verdiyini aydınlaşdırmaq üçün yerinə yetirilir. Hansı əlamətlərin hansı xəstəliyə daha uyğun olduğunu qiymətləndirmək üçün sinif yönümlü əlamətlərin seçimindən istifadə etmək məqsədəuyğundur.

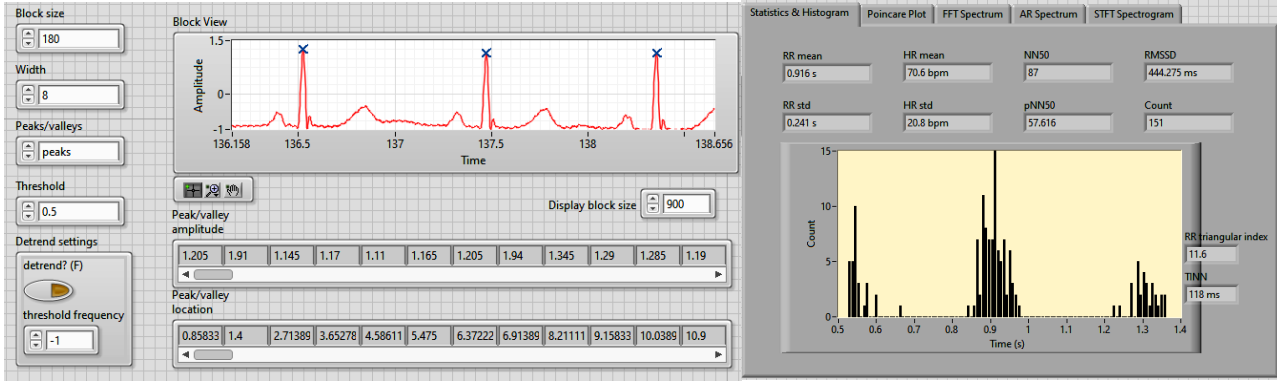
– *Təsnifatlaşdırma (Classification):* Təlim zamanı modelin parametrlərini müəyyən etmək üçün k-pasiyentin çarpaz yoxlamasından (*k-patient cross validation*) istifadə edilməsi məqbul hesab olunur. Seçilmiş klassifikatora verilənlər bazasının disbalansının təsirinin araşdırılması vacibdir (bunun üçün disbalansı kompensasiya etmə metodlarından istifadə etməklə və etməməklə alınan nəticələri təqdim etmək lazımdır).

– *Qiymətləndirmə (Evaluation):* Müxtəlif tədqiqatların obyektiv müqayisəsini yerinə yetirmək üçün alınmış nəticələr AAMI tövsiyələrinə uyğun olaraq təqdim olunmalıdır.

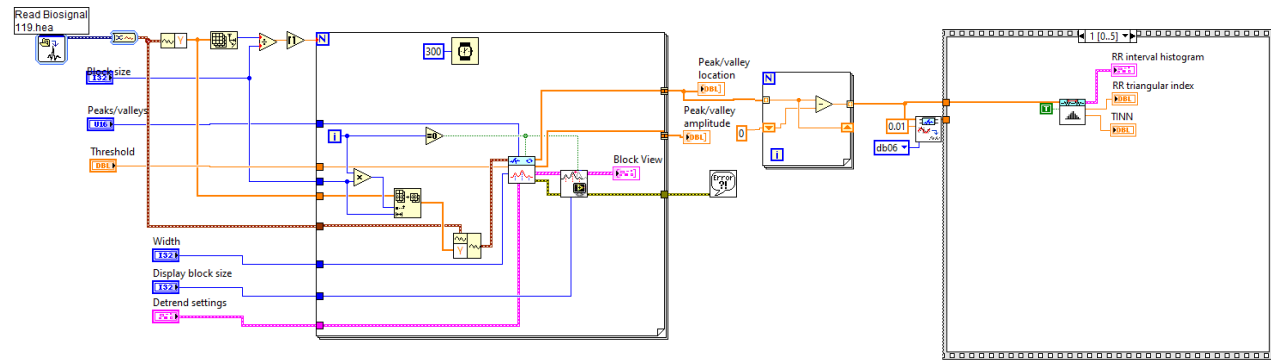
Bu alqoritmə uyğun olaraq, işdə Labview proqram mühitində ürək ritminin dəyişkənliyinin (ÜRD) analizi və informativ parametrlərin təyini proqramı işlənmişdir. EKQ siqnalının informativ parametrlərinin müəyyən edilməsi və xüsusilə ÜRD-in analizinin nəzəri və praktik aspektləri məsələlərinin tədqiqinə maraq hazırda xeyli yüksəkdir. Ürəyin iki ardıcıl qısalmaları arasındakı zaman intervalı ürək ritmin dəyişkənliyi (ingiliscə: *HRV - Heart Rate Variability*) və ya "RR intervalı" adlanır. ÜRD analizi insanın ümumi fizioloji vəziyyətini qiymətləndirməyə, orqanizmin adaptasiya imkanlarını aşkar etməyə, psixoemosional vəziyyətini təhlil etməyə imkan verir.

ÜRD-nin analizi metodu EKQ-nin RR-dışcikliəri arasındakı zaman intervallarının (RR-intervallar) ayırd edilməsi və ölçülməsinə, kardiointervalların dinamik sıralarının qurulmasına və alınmış sıraların müxtəlif riyazi metodlarla analizinə əsaslanır. Dinamik kardiointervallar sırası kardiointervaloqram (KİQ) adlanır. Bu analiz əsasında vegetativ sinir sisteminin və bir sıra humoral və reflektorlu amillərin ürəyin işinə təsiri haqqında informasiyanı almaq olar. ÜRD **sinir sisteminin balansını və stress vəziyyətinin səviyyəsini əks etdirir.**

ÜRD-in analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının blok diaqramı şəkil 1-də təsvir edilmişdir.



a)



b)

Kardiointervaloqramın formalaşdırılması

Şəkil 1. Labview proqram mühitində ÜRD-in analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının ön paneli (a) və blok diaqramı (b).

Proqram aşağıdakı alqoritmə uyğun tərtib edilmişdir:

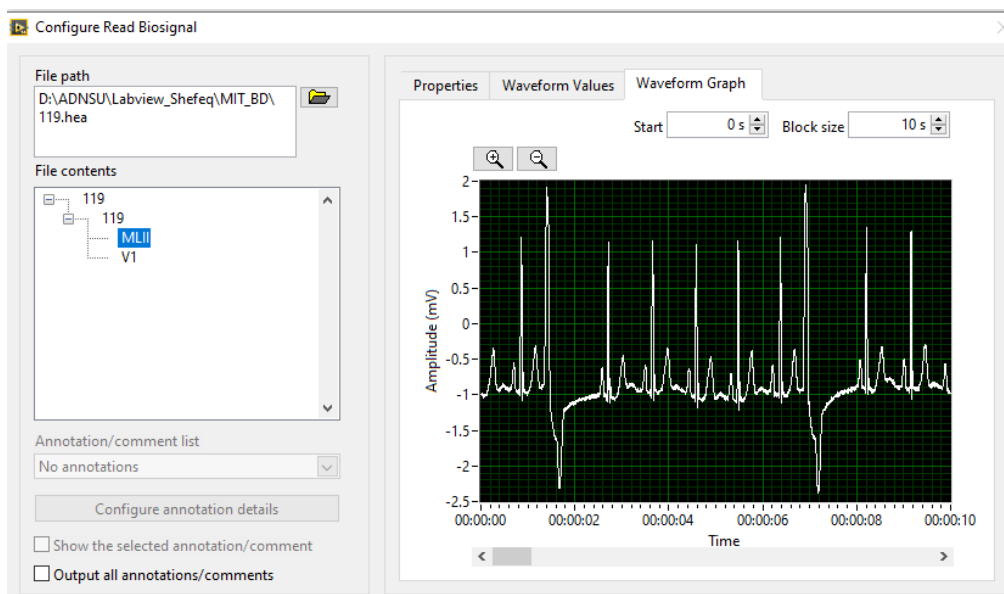
- tədqiq edilən EKG siqnalın (faylın) oxunması;
- EKG-nin RR-dişcikləri arasındakı zaman intervallarının (RR-intervallar) ayırd edilməsi və ölçülməsi;
- kardiointervalların dinamik sıralarının qurulması;
- alınmış sıraların müxtəlif riyazi metodlarla analizi əsasında ÜRD-in parametrlərinin təyini.

Faylın oxunması *Read Biosignal Express VI* funksiyasının köməyiylə yerinə yetirilir. Şək.2-də *Read Biosignal Express VI* virtual cihazın (VC) konfigurasiyası təsvir edilmişdir. Burada faylı seçmək üçün onun yerləşdiyi qovluğa giriş (şəkildə 119.hea faylının seçimi təsvir edilmişdir), fayldan lazımı hissənin kəşib götürmək ( Blok size, faylın 0-10 san anları arasındakı hissə göstərilmişdir), aparıcının seçimi (şəkildə MLII aparıcısı seçilmişdir) və hesabatların qiymətləri ardıcılığı şəklində faylın təqdim edilməsi (Waveform Values) imkanları vardır.

KİQ-in formalaşdırılması alt proqramı şəkil 1 b-də qırıq xətlərlə göstərilmişdir. Bu, RR intervallarının ardıcılığını real zaman rejimində təyin etmək üçün Veyvlet analizi əsasında EKG siqnalın piklərini təyin edən proqramdır (virtual cihazdır). Bu proqramı *WA Online Multiscale Peak Detection VI* virtual cihazı əsasında qurmuşuq.

Ürək ritminin dəyişkənliyinin analizi və onun informativ parametrlərinin təyini alt proqramı Labview-nun *Sequence Structure – Ardıcılıq Strukturu* elementindən istifadə edərək tərtib edilmişdir. Proqramın elementlərini müəyyən ardıcılıqla təşkil etməklə, onun yerinə yetirmə ardıcılığının müəyyən edilməsi, məlumat axınının idarə edilməsi adlanır. LabVIEW məlumatları emal edərək axın nəzarətini həyata keçirmək üçün Ardıcılıq Strukturundan (*Sequence Structure*) istifadə edir. Ardıcılıq strukturu 0-cı kadr, ardınca 1-ci kadr və beləliklə sonuncu kadr icra olunana qədər davam edir. LabVIEW-də ardıcılıq strukturunun iki variantı mövcuddur: açıq – Flat Sequence Structure və

kompakt - Stacked Sequence Structure. ÜRD-ün analizi proqramı üçün biz Stacked Sequence Structure -dan istifadə etmişik və o, 6 kadrda (0...5) ibarətdir.



Şəkil 2. Read Biosignal Express VI virtual cihazın (VC) konfigurasiyası.

İşlənmiş proqramın köməyiylə MİT BİH bazasından götürülmüş *119.hea* faylının – EKQ-nin analizi yerinə yetirmiş, o cümlədən, KİQ-in histiqramı, skatteroqramı, Sürətli Furye çevirməsi, avtoreqrəssiya spektri, Qısamüddətli Furye çevrilməsi və ÜRD-ü xarakterizə edən uyğun informativ parametrlər: RR intervalların orta uzunluğu və orta kvadratik meyletməsi, ürək ritminin orta qiyməti və orta kvadratik meyletməsi, spektral parametrləri və s.-ni təyin edilmişdir. LabvieW mühitində reallaşdırılmış ÜRD-in analizi və informativ parametrlərin təyini proqramının tətbiqi ilə MİT-BİH verilənlər bazalarından götürülmüş EKQ fayllarının emalı və analizi zamanı əldə edilən nəticələr işlənmiş proqramın adekvatlığını təsdiq edir.

## ƏDƏBİYYAT

1. The top 10 causes of death, 9 December 2020. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Бокерия О.Л., Биниашвили М.Б. Внезапная сердечная смерть и ишемическая болезнь сердца. АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2013, т.10,№2, с. 69-79
3. Xiang *et al.* Automatic QRS complex detection using two-level convolutional neural network // *Bio Med Eng OnLine* <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12938-018-0441-4.pdf>
4. Luz E.J.S. et al. ECG-based heartbeat classification for arrhythmia detection: A survey // *Computer methods and programs in biomedicine*. – 2016. – T. 127. – P. 144-164.
5. Sayadi O., Shamsollahi M.B., Multiadaptive bionic wavelet transform: application to ECG denoising and baselinewandering reduction, *EURASIP J. Adv. Signal Process.* 2007(14) (2007) 1–11.
6. Sayadi O., Shamsollahi M.B., ECG denoising and compression using a modified extended Kalman filter structure, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 55 (9) (2008) 2240–2248.
7. Martinez J.P., Almeida R., Olmos S., Rocha A.P., Laguna P., A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 51 (4) (2004) 570–581.
8. Li C., Zheng C., Tai C., Detection of ECG characteristic points using wavelet transforms, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 42 (1) (1995) 21–28.
9. Bahoura M., Hassani M., Hubin M., DSP implementation of wavelet transform for real time ECG wave forms detection and heart rate analysis, *Comput. Method Programs Biomed.* 52 (1) (2007) 35–44.
10. Kadambe S., Murray R. and Boudreaux-Bartels G. F. Wavelet transform-based QRS complex detector // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 1999. – Vol. 46. – P. 838-848.

11. Li C., Zheng C. and Tai C. Detection of ECG characteristic points using wavelet transforms // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1995. – Vol. 42. – P. 21-28.
12. Hu Y.H., Tompkins W.J., Urrusti J.L., and Afonso V.X. Applications of artificial neural networks for ECG signal detection and classification // J. Electrocardiology. – 1993. Vol. 26 (Suppl.). p. 66-73.
13. Poli R., Cagnoni S. and Valli G. Genetic design of optimum linear and nonlinear QRS detectors // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1995. – Vol. 42. – P. 1137-1141.
14. Afonso V.X., Tompkins W.J., Nguyen T.Q., Luo S. ECG beat detection using filter banks // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1999. – Vol. 46. – No. 2. – P. 192-202.
15. Köhler B.-U., Hennig C. and Orglmeister R. QRS detection using zero crossing counts // Applied genomics and proteomics. – 2003. – T. 2. – №. 2. – P. 138-145.
16. Suppappola S. and Sun Y. Nonlinear transforms of ECG signals for digital QRS detection: A quantitative analysis // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1994. – Vol. 41. – P. 397-400.
17. Trahanias P.E. An approach to QRS complex detection using mathematical morphology // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1993. – Vol. 40. – No. 2. – P. 201-205.
18. ANSI/AAMI EC57:2012 (ANSI/AAMI EC 57:2012). Testing And Reporting Performance Results Of Cardiac Rhythm And ST Segment Measurement Algorithms. URL: <https://webstore.ansi.org/Standards/AAMI/ansi-aamiec572012ec57>
19. <https://physionet.org/content/mitdb/1.0.0/>
20. De Chazal P., O'Dwyer M., Reilly R.B., Automatic classification of heartbeats using ECG morphology and heartbeat interval features, IEEE Trans. Biomed. Eng. 51 (7) (2004) 1196–1206.
21. Luz E.J.d.S., Nunes T.M., De Albuquerque V.H.C., Papa J.P., Menotti D., ECG arrhythmia
22. E. Luz, D. Menotti, How the choice of samples for building arrhythmia classifiers impact their performances, in: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2011, pp. 4988–4991.
23. Ye C., Coimbra M.T., Kumar B.V.K.V., Arrhythmia detection and classification using morphological and dynamic features of ECG signals, in: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010, pp. 1918–1921.
24. Yu S.-N., Chou K.-T., Integration of independent component analysis and neural networks for ECG beat classification, Expert Syst. Appl. 34 (4) (2008) 2841–2846.
25. Yu S.N., Chen Y.-H., Electrocardiogram beat classification based on wavelet transformation and probabilistic neural network, Pattern Recogn. Lett. 28 (10) (2007) 1142–1150.
26. Güler I., Übeyli E.D., ECG beat classifier designed by combined neural network model, Pattern Recogn. 38 (2) (2005) 199–208.
27. Song M.H., Lee J., Cho S.P., Lee K.J., Yoo S.K., Support vector machine based arrhythmia classification using reduced features, Int. J. Control Autom. Syst. 3 (4) (2005) 509–654.

## CARDIAC ARRHYTHMIA ANALYSIS SYSTEM

**Sh.I. Samedova**

*Azerbaijani State University of Oil and Industry*

*E-mail: shafaq.samedova@mail.ru*

**Abstract.** The article describes the development of a program for determining informative parameters characterizing the heart rhythm and its variability based on the processing and analysis of electrocardiography (ECG) signals in the Labview environment. A comparative analysis of existing research papers on algorithms for the identification and classification of arrhythmias by ECG signals was carried out, based on the analysis of these algorithms, the system operation algorithm was selected and its programming in the Labview environment was carried out. The analysis of ECG files from the international database on arrhythmias was carried out using the developed program for analyzing heart rate variability and determining informative parameters, the results obtained confirmed the adequacy of the developed program.

**Keywords:** *electrocardiographic signal, heart rate variability, arrhythmias, cardiointervalogram, LabVIEW environment.*

**СИСТЕМА АНАЛИЗА СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ****Ш.И.Самедова***Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности**E-mail: shafaq.samedova@mail.ru*

**Резюме.** В статье описана разработка программы определения информативных параметров, характеризующих ритм сердца и его изменчивость, на основе обработки и анализа сигналов электрокардиографии (ЭКГ) в среде Labview. Проведен сравнительный анализ существующих исследовательских работ по алгоритмам выделения и классификации аритмий по ЭКГ-сигналам, на основе анализа этих алгоритмов выбран алгоритм работы системы и осуществлено ее программирование в среде Labview. Проведен анализ файлов ЭКГ из международной базы данных по аритмиям с применением разработанной программы анализа изменчивости сердечного ритма и определения информативных параметров, полученные результаты подтвердили адекватность разработанной программы.

**Ключевые слова:** электрокардиографический сигнал, изменчивость сердечного ритма, аритмии, кардиоинтервалограмма, среда LabVIEW.