

S. QASIMOV

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent

Gülşən Əbil qızı ASLANOVA

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, magistr

RƏQƏMSAL RABİTƏ ÜÇÜN SİQNALLARIN EMALI

Xülasə

Müasir rabitə texnologiyalarının inkişafı ilə siqnalların emalı prosesi rəqəmsal rabitə sistemlərinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir. Rəqəmsal siqnal emalı (DSP – Digital Signal Processing) texnologiyası analoq siqnalların rəqəmsal formata çevrilməsi, emal olunması və optimallaşdırılması üçün mühüm vasitədir. DSP, siqnalların daha səmərəli ötürülməsinə, siqnal keyfiyyətinin qorunmasına və sistemlərin çevikliyinin artırılmasına imkan yaradır.

Bu məqalə rəqəmsal rabitə üçün siqnalların emalına dair əsas prinsipləri, tətbiq sahələrini və gələcək inkişaf perspektivlərini araşdırır. Rəqəmsal rabitədə siqnalın sıxılması və kodlaşdırılması, səhvlərin aşkarlanması və düzəldilməsi, modulasiya və demodulasiya prosesləri DSP-nin əsas tətbiq sahələri arasında yer alır. Xüsusilə, nitqin sıxılaraq kodlaşdırılması daha az bant genişliyi istifadə etməklə səsə yüksək keyfiyyətlə ötürülməsinə imkan verir.

Bununla yanaşı, siqnal emalının inkişafı ilə bağlı qarşıya çıxan əsas problemlərdən biri siqnal keyfiyyətinin qorunması, məlumat ötürmə sürətinin artırılması və gecikmələrin azaldılmasıdır. Bu problemlərin həllində çox nüvəli DSP çiplərinin istifadəsi, süni intellekt əsaslı siqnal emal metodlarının tətbiqi və yüksək sürətli emal texnologiyalarının inkişafı mühüm rol oynayır. Eyni zamanda, maşın öyrənməsi və süni intellekt texnologiyalarının DSP sistemlərinə tətbiqi daha ağıllı və adaptiv siqnal emalı həllərinin inkişafına gətirib çıxaracaqdır. Bu məqalədə rəqəmsal rabitə üçün siqnal emalının mövcud vəziyyəti, tətbiq sahələri və gələcək inkişaf perspektivləri geniş şəkildə təhlil edilir.

Açar sözlər: Rəqəmsal siqnal emalı (DSP), informasiya və rabitə texnologiyaları, Rəqəmsal rabitə sistemləri, çox nüvəli emal sistemləri.

UOT: 33.0, 338.

JEL: O31, O32.

DOI: <https://doi.org/10.54414/QHIA8260>

Giriş

Rəqəmsal siqnal emalı (DSP) texnologiyası informasiya əsrinin mühüm nailiyyətlərindən biri olaraq, rabitə sahəsində geniş tətbiq olunan və əvəzolunmaz bir texnologiyaya çevrilmişdir. Bu texnologiya, analoq siqnalların rəqəmsal formata çevrilməsi, emal olunması və optimallaşdırılması üçün əsas vasitələrdən biridir. DSP-nin tətbiq sahələri telefon rabitəsi, video və səs siqnalları, proqram təminatlı radio və nitqin sıxılaraq kodlaşdırılması kimi bir çox rabitə sistemlərini əhatə edir.

Son illərdə DSP çiplərinin inkişafına və tətbiqinə böyük diqqət ayrılmışdır. Xüsusilə,

mikroçip arxitekturası, rəqəmsal sistemlər və kompüter aparat təminatı sahələrindəki irəliləyişlər DSP-nin daha sürətli və effektiv şəkildə işləməsinə şərait yaratmışdır. Müasir telekommunikasiya, televiziya səsi və audio məlumat sistemlərində bu texnologiyanın rolu getdikcə artır və informasiya axınının səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Bununla yanaşı, DSP-nin inkişafı ilə bağlı bəzi problemlər hələ də həll edilməlidir. Məsələn, siqnal keyfiyyətinin qorunması, siqnal ötürmə sürətinin artırılması və genişzolaqlı siqnalların daha səmərəli işlənməsi bu sahədə tədqiqatların davam etdirilməsini zəruri edir.

Çox nüvəli DSP çiplərinin istifadəsi, süni intellekt əsaslı siqnal emal metodlarının tətbiqi və yüksək sürətli emal texnologiyalarının inkişafı bu problemlərin həllində mühüm rol oynayır.

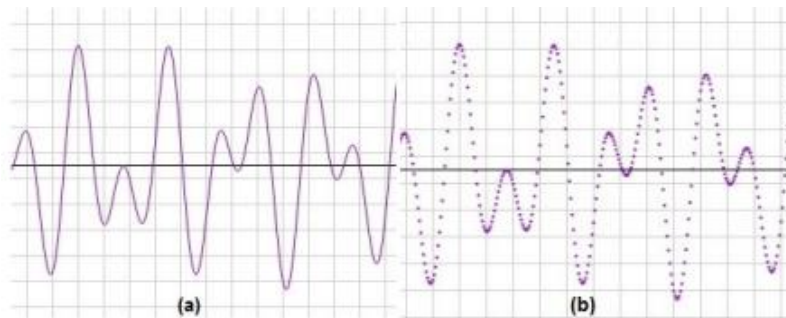
Gələcəkdə DSP texnologiyalarının 5G, 6G və kvant rabitə sistemlərinə integrasiyası gözlənilir. Bundan əlavə, maşın öyrənməsi və süni intellekt texnologiyalarının DSP sistemlərinə tətbiqi daha ağıllı və adaptiv siqnal emalı həllərinin inkişafına gətirib çıxaracaqdır. Bu səbəbdən, rəqəmsal siqnal emalı sahəsində aparılan tədqiqatların dərinləşdirilməsi və yeni metodların işlənilib hazırlanması rabitə sənayesinin sağlam və davamlı inkişafı üçün vacibdir.

Əsas hissə:

Rəqəmsal Siqnal Emalı (DSP) müxtəlif siqnal emal əməliyyatlarını yerinə yetirmək üçün kompüterlər tərəfindən rəqəmsal emal sistemlərinin istifadəsidir. Siqnalların keyfiyyətini və təsirini artırmaq üçün rəqəmsal siqnalın ədədi dəyərlərinin riyazi işlənməsidir. DSP giriş siqnallarını emal etmək və təhlil etmək üçün xətti və ya qeyri-xətti operatorları ehtiva edə bilər. Qeyri-xətti DSP emalı qeyri-xətti

sistemin aşkarlanması ilə sıx bağlıdır və zaman, tezlik və məkan-zaman sahələrində tətbiq oluna bilər. DSP-nin tətbiqləri arasında idarəetmə sistemləri, rəqəmsal təsvirlərin işlənməsi, biotibbi mühəndislik, nitqin tanınması sistemləri, sənaye mühəndisliyi, sağlamlıq sistemləri, radar siqnal emalı və telekommunikasiya sistemləri kimi təqdim edilə bilər. Bu araşdırmada, bu maraqlı tədqiqat sahəsini inkişaf etdirmək üçün qabaqcıl üsullar və DSP-nin müxtəlif tətbiqləri araşdırılır.

Zaman və ya məkanda ölçülə bilən NY dəyişəninə siqnal deyilir. Məsələn, sürət vahid vaxta görə dəyişən kəmiyyətdir və onun dəyərini ölçmək olar. Müəyyən intervallarda sürətin miqdarı ölçülə və siqnal kimi qeyd edilə bilər. Müxtəlif vaxt intervallarında sürətin qeydə alınması nəticəsində yaranan ədədlər toplusu birlikdə siqnal təşkil edir. Sürətlənmə, temperatur, rütubət kimi kəmiyyətlər də vaxt vahidinə görə dəyişir və ölçülə bilər. Buna görə də, bu kəmiyyətləri müxtəlif zaman vahidlərində seçərək siqnal yaratmaq olar. Şəkil 1 (a) diskret formada siqnalı və Şəkil 1 (b) siqnalların fasiləsiz formasını göstərir.[1]



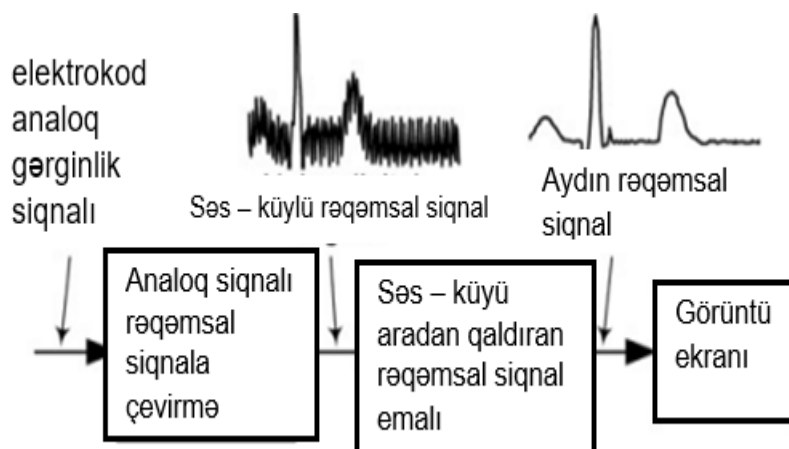
Şəkil 1. Diskret formada siqnal və fasiləsiz formada siqnal

Üfüqi zaman oxu və şaquli ox da siqnal intensivliyinin miqdarını göstərir. Təcavüzkarlar tərəfindən kompüter və ya smartfonlarda məlumatların ələ keçirilməsinin qarşısını almaqla CPU istehsalının təhlükəsizliyini artırmaq üçün qabaqcıl üsul təqdim edilmişdir. Təqdim olunan tədqiqat işlərini təsnif etmək və gələcək tədqiqat tendensiyyalarını təklif etmək üçün şəbəkə təhlükəsi və təhlükəsizlik tədbirlərinin son inkişafının icmalı təqdim olunur. Qabaqcıl təsvir emal sistemləri nəzərdən

keçirilir. Məlumat şəbəkəsində təhlükəsizlik tədbirlərini artırmaq üçün Secure Socket Layer-in Şəbəkədə və Veb Təhlükəsizliyində tətbiqi araşdırılır. Bu şəkildə işlənmiş siqnallar zaman, məkan və ya tezlik kimi sahələrdə davamlı dəyişənlərin nümunələrini təmsil edən ədədlər ardıcılığıdır. Siqnal emalı siqnalları təhlil edən bir elmdir.[2] Bu, yerdən kənarda bir yerdə həyat axtarışı prosesinin vacib hissəsidir. Elektrokardiogram siqnalının ekranını

yaxşılaşdırmaq üçün DSP Şəkil 2-də göstərilmişdir

Şəkil 2. Elektrokardioqram signal ekranını yaxşılaşdırmaq üçün DSP



Amplituda, tezlik və vaxt təhlil edilən siqnalların ən vacib dəyişənləridir. Tezlik sahəsi səs tezliyi diapazonunu aşağı və ya yüksək tezlikli sistem kimi təmin etmək üçün müəyyən edilmişdir. Tezlik sahəsində bir sıra yüksək tezlikli transformasiyalar var. Məsələn, Capstram siqnalın Furye transformasiyasını tezlik sahəsinə çevirir, onun loqarifmini götürür və sonra başqa bir Furye çevrilməsini qəbul edir. Bu hərəkət ilkin spektrin harmonik strukturunu müəyyən edir. Rəqəmsal kameralar üçün təsvirin emalı, hərəkətli təsvirlərin şərhə üçün video emal, simsiz rabitə, bir sıra sensorlardan massiv emalı, sonrakı aşkarlanması üçün radar siqnalının emalı və maliyyə siqnallarının işlənməsi, xüsusən hədəfləri proqnozlaşdırmaq üçün siqnal emal üsullarından istifadə edərək maliyyə məlumatlarının işlənməsi və avtomatlaşdırılmış sürücülükdə tətbiqlərə malikdir.[3] Peyklər, video, radio və simsiz sistemlər arasında rabitənin çox mühüm hissəsi telekommunikasiya sistemlərində və şəbəkələrində siqnal analizinin tətbiqi kimi siqnalın işlənməsi ilə həyata keçirilir. Beləliklə, proses məlumatların səmərəli işlənməsini və ötürülməsini təmin edə bilər. Siz yolda olduğunuzda və naviqasiya etmək üçün İnternet və ya GPS məlumatına ehtiyacınız olduqda, siqnalın işlənməsi mobil telefonlar, WiFi, GPS cihazları, radar, sonar, radio və bulud hesablama infrastrukturunu kimi gündəlik həyatın bir hissəsinə çevrilmiş texnologiyalarla əlaqə

saxlamağa və öyrənməyə kömək etmək üçün pərdə arxasında siqnalları çevirən və təhlil edən texnologiyadır.[4]

Rəqəmsal siqnal emalı texnologiyasının əsas və simvolu rəqəmsal siqnal prosessorudur. Rəqəmsal siqnal emalı, siqnalları rəqəmsal üsullarla emal etmək üçün kompüterlər və ya xüsusi rəqəmsal emal avadanlıqları istifadə edən bir sahədir. Bu sahə məlumat toplama, siqnal çevrilməsi, analiz, sintez, filtrasiya, qiymətləndirmə və tanıma kimi bir çox mərhələləri əhatə edir və məqsəd məlumat çıxarmaqdır. Ənənəvi analoq emal metodları ilə müqayisədə rəqəmsal emal müqayisəsiz üstünlüklərə malikdir. Rəqəmsal siqnal emalı sistemləri həm rəqəmsal, həm də analoq siqnalları emal edə bilər. Əlbəttə, analoq siqnalın rəqəmsal signala çevrilməsi lazımdır ki, o zaman rəqəmsal siqnal emalı sistemində emal oluna bilsin. Tipik rəqəmsal siqnal emalı axını Şəkil 3-də göstərilmişdir.[5]

Yarı siqnal emalı sistemi yalnız siqnallar üzərində bəzi ənənəvi sadə emal işlərini həyata keçirə bilər, halbuki rəqəmsal siqnal emalı siqnal emalını rəqəmsal əməliyyatlar istifadə edərək həyata keçirir və kompüterlər vasitəsilə bir çox mürəkkəb emal işləri yerinə yetirilə bilər. Buna görə də, rəqəmsal siqnal emalı tətbiqləri daha geniş olacaqdır.

A. Analoq Siqnalların Emalı: Analoq siqnalın işlənməsi radiolar, telefonlar, radarlar və erkən televiziya sistemləri kimi rəqəmsallaşdırılmamış

siqnallar üçündür. Buraya xətti və qeyri-xətti elektron sxemlər daxildir. Passiv filtrlər, yekun filtrlər, integral tutucular və gecikmə xətləri kimi xətti sxemlər. Qeyri-xətti sxemlərə gərginliklə idarə olunan osilatorlar və faza kilidli döngələr daxildir.[6]

B. Digital Signal Processing (DSP): Kompüterlər və ya daha çox ixtisaslaşmış rəqəmsal siqnal prosessorları tərəfindən müxtəlif siqnal emal əməliyyatlarını yerinə yetirmək üçün rəqəmsal emal sistemlərinin istifadəsi. DSP xətti və ya qeyri-xətti operatorları əhatə edə bilər. Qeyri-xətti DSP emalı qeyri-xətti sistemin aşkarlanması ilə sıx bağlıdır və zaman, tezlik və məkan-zaman sahələrində tətbiq oluna bilər.[7]

C. Zamanla Davamlı Siqnal Emalı: Davamlı siqnalların zamanla emalı davamlı amplituda dəyişiklikləri ilə dəyişən siqnallar üçündür (bəzi aralıq nöqtələri nəzərə almadan). Siqnalın işlənməsi üsullarına zaman amplitudası, tezlik amplitudası və qarışıq tezlik amplitudası daxildir. Bu texnologiya əsasən sabit vaxt fasiləsiz xətti sistemlərin modelləşdirilməsi, sıfır vəziyyətli sistem reaksiyasının toplanması, sistem funksiyasının tənzimlənməsi və müəyyən siqnalların zamanla davamlı filtrasiyası ilə məşğul olur.

D. Diskret siqnalların vaxtında emalı: Diskret siqnal emalı zamanın yalnız diskret nöqtələrində nümunə götürülən və kəmiyyətə görə deyil, zamana görə kvantlaşdırılan siqnallar üçündür. Davamlı analoq siqnal emalı nümunə və tutma sxemlərinə, multipleksorlara və analoq gecikmə xətlərinə əsaslanan elektron cihazlara əsaslanan texnologiyadır. Bu texnologiya DSP-nin erkən nümunəsidir (növbəti hissədə əhatə olunur) və hələ də qabaqcıl GHz siqnal emalında istifadə olunur. Diskret vaxt siqnalının işlənməsi termini rəqəmsal siqnalın emalının riyazi əsasını təşkil edən anlayış və prinsiplərə də aiddir.[8]

E. Qeyri-xətti siqnalın işlənməsi: Qeyri-xətti siqnalın işlənməsi qeyri-xətti sistemlər tərəfindən yaradılan siqnalların təhlilini və işlənməsini əhatə edir, bunlar zaman və ya tezlik domenində ola bilər. Qeyri-xətti sistemlər xətti metodlarla öyrənilə bilməyən bifurkasiya, xaos nəzəriyyəsi və harmonika kimi mürəkkəb davranışlar yarada bilər.[9]

Siqnal modelləşdirmə metodları: Siqnal adətən zaman və ya məkan sahəsindən Furiye çevrilməsi ilə tezlik sahəsinə ötürülür. Furiye çevrilməsi müvəqqəti və ya məkan məlumatlarını hər bir tezliyin amplituda və faza komponentlərinə çevirir. Bəzi tətbiqlərdə fazanın tezliyə görə necə dəyişdiyi vacib ola bilər. Faza əhəmiyyətsiz olduqda, Furiye çevrilməsi adətən hər bir tezlik komponentinin ikinci ən böyük gücü ilə güc spektrinə çevrilir.[10]

A. Siqnal populyasiyası: Populyasiya mərhələsində siqnalın nümunəsi gərginlik şəklində qeydə alınır. Bu nöqtədə, nümunə götürülmüş gərginlik rəqəmsal (ikili nömrə) çevrilməlidir. Bu məqsədlə analoqdan rəqəmə çeviricilərdən istifadə olunur. Məsələn, 8 bitlik analoqdan rəqəmə çevirici giriş üçün 0 ilə 255 arasında bir rəqəm istehsal edir. Konvertorun girişinin 0 ilə 5 volt arasında olduğunu güman edirik. Bu o deməkdir ki, 0 V giriş üçün binar çeviricinin çıxışı 255, 0,5 V giriş üçün isə ikili çeviricinin çıxışı 255 olacaq. Aydın ki, çevirici bitlərin sayını artırmaq vurmanın dəqiqliyini artıracaq.

B. Siqnal seçmə: Buraya siqnalın alınması və yenidən qurulması, siqnalların fiziki ölçülməsi, rəqəmsal siqnallar kimi saxlanması və ya ötürülməsi üçün analoqdan rəqəmsal siqnalların seçilməsi və konvertasiyası, mümkün sonrakı tətbiqlərdə orijinal və ya təxmini siqnalın yenidən qurulması daxildir. Nümunə götürmə giriş siqnalının dəyərinin müəyyən edilmiş intervallarla oxunması və bir müddət növbəti mərhələyə keçirilməsi deməkdir. Bu tədqiqatda seçmə iki mərhələdə aparılır: diskretləşdirmə və kvantlaşdırma. Diskretləşdirmə siqnalın bərabər vaxt intervallarına bölünməsi və hər bir intervalın ölçülən amplituda ilə təmsil olunması deməkdir. Kvantlaşdırma hər bir ölçmə intervalını sonlu dəyərlər dəsti ilə yaxınlaşdırmaq deməkdir. Həqiqi ədədlərin tam ədədlərə yuvarlaqlaşdırılması buna misaldır. Giriş siqnalı hazır olduqdan və süzüldükdən sonra analoq siqnalın rəqəmləşdirilməsi başlayır.[11]

Siqnal emalı metodologiyası: Siqnalın işlənməsi istifadəçinin cihazdan istifadə etdiyi məqsədləri təkmilləşdirmək və gücləndirmək üçün ətraf mühitdən gələn səsi tutmaq və emal



etməkdə mühüm rol oynayır. Bu prosesdə səs ən az gecikmə ilə analoqdan rəqəmə çevrilir və sonra yenidən analoqa çevrilir və qulağa ötürülür. Siqnal emal edilərkən ilk növbədə vaxt, tezlik və s. nəzərə alınır. Fərqli sahələrdə səs-küyün ləğvi və ya siqnalda və ya məlumatın qablaşdırmasında vacib və zəruri xüsusiyyətlərin çıxarılması kimi əməliyyatların yerinə yetirilməsi üçün idarə olunur. Siqnalların emalı əməliyyatlarında əvvəlcədən emal edildikdən sonra nömrə öz məlumatının təsnifat və diaqnostika üçün təsnifat və aşkarlama alqoritmlərinə daxil edilməsi üçün hazırdır. Nəticədə rabitə sistemlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün səs siqnallarındakı bütün səs-küy aradan qaldırılır.[12]

Analoq (davamlı) siqnalı rəqəmsal olaraq təhlil etmək və emal etmək üçün o, analoqdan rəqəmə çevirici (ADC) vasitəsilə rəqəmsallaşdırılmalıdır. Nümunə götürmə adətən iki mərhələdə aparılır, diskretləşdirmə və kvantlaşdırma. Diskretləşdirmə siqnalın bərabər vaxt intervallarına bölünməsi və hər bir intervalın ölçülən amplituda ilə təmsil olunması deməkdir. Kvantlaşdırma hər bir ölçmə intervalını sonlu dəyərlər dəsti ilə yaxınlaşdırmaq deməkdir. Həqiqi ədədlərin tam ədədlərə yuvarlaqlaşdırılması buna misaldır. Tezlik sahəsində siqnalların təhlilinin ən ümumi məqsədi siqnal xüsusiyyətlərini təhlil etməkdir. Bəzi digər tez-tez istifadə edilən əməliyyatlar buferləşdirmə və axtarış cədvəlləri vasitəsilə aparat tərəfindən dəstəklənir. Bu alqoritmlərə misal olaraq Sürətli Furje Çevrilmə (FFT), FIR filtrləri, IIR filtrləri və adaptiv filtrləri göstərmək olar. Giriş siqnalını hazırlayın: Siqnal istehsal edən sensorun çıxışının gərginlik olduğunu fərz edirik. Məsələn, bir şəxs mikrofonla danışdıqda, mikrofon çıxışı istehsal olunan səsə uyğun bir müddət ərzində gərginliyi dəyişir. Məsələn, EKQ qeyd etmək üçün istifadə edilən sensorun çıxışı çox kiçik gərginlik diapazonlarında (millivolt) dəyişir. Rəqəmsallaşdırma prosesinin sonrakı mərhələlərində, bir ADC istifadə edərkən, praktik olaraq 5 ilə 0 volt arasında olan gərginliyə ehtiyacımız var. Lakin, gördüyümüz kimi, bəzi sensorların (məsələn, EKQ sensorları) çıxışı millivolt diapazonundadır. Beləliklə, sensorların çıxışını gücləndirmək və onları

ADC-lərə daxil etmək üçün hazırlamaq üçün bir yola ehtiyacımız var. Girişin rəqəmsallaşdırılmasının bu addımı giriş siqnalının hazırlanması adlanır və bu addımda biz gərginliyi artırmaq/azaltmaq üçün gücləndiricilərdən istifadə edirik.

A. Nitqin tanınması sistemləri: İnsanlar yer üzündə ağıllı varlıq kimi mövcud olduqları üçün həmişə səsləri tanıyaraq ətraflarını tanımaq istəyiblər. Ancaq bu şey yalnız ətraf mühitin səslərində üzən insanlarla məhdudlaşmayıb; ətraf mühitin insan səslərinə reaksiyası həmişə mühüm olmuşdur. Burada problem audio faylda mövcud olan səs-küyü və ya mikrofonla danışarkən ətraf mühitin yaratdığı səs-küyü aradan qaldırmaqdır. Bunun üçün kompüter sistemində rəqəmsal siqnalı emal etməli və onu aşkar etdikdən sonra səs-küyü aradan qaldırmaq üçün üsuldən istifadə etməliyik. Deyilən sözləri mikrofonla köçürən proqram təminatı dizayn etmək mümkündür. Nitq emalı bunu etmək üçün siqnal emal üsullarından istifadə edən bir elmdir. Bu yolla, nitqin tanınması da daxil olmaqla, siqnalın işlənməsi hər zaman səs vasitəsilə istənilən girişi kompüterlərə ötürə bilmək üçün çox vacib olmuşdur (insanlarda olduğu kimi). Çünki məlumatların kompüterlərə ötürülmə sürəti çox artırıla bilər.

B.Radar və Kosmik Siqnalların Monitorinqi: Hədəfin aşkar edilməsində radarların effektivliyini artırmaq üçün radar siqnallarının izlənməsində siqnal emalı texnologiyasının tətbiqi təqdim olunur. Radar sistemlərində aşkarlama gücünü yaxşılaşdırmaq üçün proqramlaşdırıla bilən məntiq texnikasından istifadə edərək təkmil radar siqnalının işlənməsi tədqiq edilmişdir. Optik rabitə sistemlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün siqnalın işlənməsi üsullarında hazırlanmış Furje analizi metodu təqdim edilmişdir. [13]

C. Sənaye və İstehsalat Mühəndisliyi: Qaz axınının ölçülməsi sistemində ultrasəs siqnalının təhlili ilə qaz kəmərinə qaz ötürülməsinin səmərəliliyi artır. Mühəndislik proseslərində mayelərin özlülüyünü ölçmək üçün ultrasəs metodundan istifadə edərək siqnal emal üsullarının tətbiqi təqdim olunur. Siqnal emal üsullarında serial modelləşdirmə üsullarının tətbiqi CNC emal əməliyyatlarında, GPS və rabitə cihazları üçün kəsmə zonasının

proqnozlaşdırılmasında və maşın öyrənmə tətbiqlərində təqdim olunur. Elektrik stansiyalarında texniki xidmət xərclərini azaltmaq üçün radial kompressor səs-küyündə siqnal emalı sistemlərinin tətbiqi araşdırılır. Səs analizində siqnal emal sistemlərinin tətbiqi ilə qarışdırma və üyütmə maşınının iş vəziyyəti təhlil edilir. **D. Səhiyyə Sistemləri:** Xəstənin tibbi müalicəsində ürək xəstəliyi üçün səs analizi tərəfindən araşdırılmışdır. Ürək səs analizi sistemi tərəfindən səhiyyə sənayelərində səs aşkarlama sistemlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün hazırlanmışdır. İngilis nitq səsinin tanınması sistemi tərəfindən səsin tanınması texnologiyalarının keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün hazırlanmışdır. Tədqiqat işində, xəstələrin ürək səsi və ağciyər səsi hazırlanmış sistemdən istifadə edərək təhlil edilmiş və tibbi cihazlarda siqnal emal üsullarının keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə edilmişdir. Xəstəxanalarda tibbi xidmətin keyfiyyətini artırmaq üçün ürək səsinin müxtəlif səs siqnalları təhlil edilmiş və təsnif edilmişdir[14].

Nəticə

Siqnal emal tətbiqlərinə səs siqnalının emalı, səsin sıxılması, rəqəmsal təsvirin emalı, video sıxılma, nitqin emalı, nitqin tanınması, rəqəmsal telekommunikasiya, rəqəmsal cihazların birləşmələri, radar və sonar siqnallarının emalı, maliyyə siqnallarının emalı, seysmologiya və biofarmasevtiklər daxildir. DSP müxtəlif siqnal emal əməliyyatlarını yerinə yetirmək üçün kompüterlərdən və ya daha çox ixtisaslaşmış rəqəmsal siqnal emal sistemlərindən istifadə edir.

Xüsusi nümunələrə rəqəmsal cib telefonlarında nitqin kodlaşdırılması və ötürülməsi, hi-fi və gücləndirmə proqramlarında otaq səsinin korreksiyası, hava proqnozu, iqtisadi proqnoz, seysmik məlumatların emalı, sənaye prosesinin təhlili və nəzarəti, CAT və MRI skanları kimi tibbi təsvirlər, MP3 sıxılma, kompüter qrafikası, təsvirin işlənməsi, audio müdaxiləsi, ekvalayzer və səs effektləri vahidləri daxildir. Siqnalların emalı zamanı rəqəmsal hesablamanın istifadəsi rabitə və məlumatların sıxılmasında xətlərin aşkarlanması və korreksiyası kimi bir çox sahələrdə analoq emaldan bir çox üstünlüklərə

malikdir. DSP həm axın, həm də statik məlumatlarda istifadə edilə bilər. Yüksək Dəqiqlik, çeviklik, məlumatların saxlanması asanlıığı, vaxt mübadiləsi DSP sistemlərinin üstünlüklərindən bəziləridir. Bununla belə, sistemin mürəkkəbliyi və enerji istehlakı DSP sistemlərinin bəzi çatışmazlıqlarıdır. İnkişaf edilmiş DSP sistemləri telekommunikasiya sistemlərini təkmilləşdirmək üçün məlumatların göndərilməsi və qəbulu gücünü artırma bilər. Bundan əlavə, cəmiyyətdəki insanların təhlükəsizliyini artırmaq üçün xəstəxanada səhiyyə sistemlərinin keyfiyyəti yaxşılaşdırıla bilər.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. J. Xin, and J. E. Esser, "Continuous and Discrete Signals."
2. R. Dastres, and M. Soori, "Impact of Meltdown and Spectre on CPU Manufacture Security Issues." International Journal of Engineering and Future Technology, vol. 18 (2), pp. 62-69, 2020.
3. R. Dastres, and M. Soori, "A Review in Recent Development of Network Threats and Security Measures." International Journal of Computer and Information Engineering, vol. 15 (1), pp. 75-81, 2021.
4. R. Dastres, and M. Soori, "Advanced Image Processing Systems." International Journal of Imaging and Robotics, vol. 21 (1), pp., 2021.
5. R. Dastres, and M. Soori, "Secure Socket Layer in the Network and Web Security." International Journal of Computer and Information Engineering, vol. 14 (10), pp. 330-333, 2020.
6. J. Engel, L. Hantrakul, C. Gu, and A. Roberts, "Ddsp: Differentiable digital signal processing." arXiv preprint arXiv:200104643, vol. pp., 2020.
7. I. Gadolina, N. Lisachenko, Y. Svirskiy, and D. Dubin, "The Choice of Sampling Frequency and Optimal Method of Signals Digital Processing in Problems of a Random Loading Process Treating to Assess Durability." Inorganic Materials, vol. 56 (15), pp. 1551-1558, 2020.
8. P. Podder, M. Hasan, M. Islam, and M. Sayeed, "Design and implementation of



Butterworth, Chebyshev-I and elliptic filter for speech signal analysis.” arXiv preprint arXiv:200203130, vol. pp., 2020

9. K. Lenfors, and A. Nykvist, “Embedded hardware/software co-design methodologies for radar signal processing on multiprocessor system-onchip.” vol. pp., 2019

10. N. Chávez, and C. Guillén, “Radar detection in the moments space of the scattered signal parameters.” Digital Signal Processing, vol. 83pp. 359-366, 2018.

11. J. Le Kernec, F. Fioranelli, C. Ding, H. Zhao, L. Sun, H. Hong, J. Lorandel, and O. Romain, “Radar Signal Processing for Sensing in Assisted Living: The challenges associated with real-time implementation of emerging algorithms.” IEEE Signal Processing Magazine, vol. 36 (4), pp. 29-41, 2019.

12. H. C. Kumawat, and A. B. Raj “Data acquisition and signal processing system for CW radar,” In: 2019 5th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA). IEEE, pp. 1-5, 2019.

13. Y. Wang, N. Liu, H. Guo, and X. Wang, “An engine-fault-diagnosis system based on sound intensity analysis and wavelet packet preprocessing neural network.” Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 94pp. 103765, 2020.

14. M. R. Ganji, A. Ghelmani, A. Golroo, and H. Sheikhzadeh, “A Brief Review on the Application of Sound in Pavement Monitoring and Comparison of Tire/Road Noise Processing Methods for Pavement Macrotexture Assessment.” Archives of Computational Methods in Engineering, vol. pp. 1-24, 2020.

С. ГАСИМОВ

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности. Кандидат физико-математических наук, доцент

Гульшан Абиля кызы АСЛАНОВА

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, магистр

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ

Резюме

С развитием современных технологий связи процесс обработки сигналов стал неотъемлемой частью цифровых систем связи. Технология цифровой обработки сигналов (DSP) является важнейшим инструментом для преобразования, обработки и оптимизации аналоговых сигналов в цифровой формат. DSP обеспечивает более эффективную передачу сигнала, сохранение качества сигнала и повышение гибкости системы. В этой статье рассматриваются основные принципы, области применения и перспективы будущего развития обработки сигналов для цифровой связи. Сжатие и кодирование сигнала, обнаружение и исправление ошибок, а также процессы модуляции и демодуляции являются одними из основных приложений DSP в цифровой связи. В частности, сжатие и кодирование речи обеспечивают высококачественную передачу голоса с минимальным использованием полосы пропускания. Другое важное приложение, программно-определяемое радио (SDR), преодолевает ограничения традиционных систем связи, предлагая гибкие и программируемые решения для обработки сигналов. Кроме того, одной из основных проблем в разработке обработки сигналов является поддержание качества сигнала, увеличение скорости передачи данных и сокращение задержки. Решение этих задач требует использования многоядерных чипов DSP, внедрения методов обработки сигналов на основе ИИ и разработки высокоскоростных технологий обработки. Кроме того, в будущем применение технологий машинного обучения и искусственного интеллекта к системам DSP приведет к разработке более интеллектуальных и адаптивных решений для обработки сигналов. В этой статье

представлен углубленный анализ текущего состояния, областей применения и будущих перспектив развития обработки сигналов для цифровой связи. Ключевые слова: цифровая обработка сигналов (DSP), информационно-коммуникационные технологии, цифровые коммуникационные системы, многоядерные системы обработки.

S. GASIMOV

Azerbaijan State University of Oil and Industry.
PhD.in Mathematical Sciences, Associate Professor

Gulshan Abil ASLANOVA

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Master

SIGNAL PROCESSING FOR DIGITAL COMMUNICATIONS

Abstract

With the advancement of modern communication technologies, the signal processing process has become an integral part of digital communication systems. Digital Signal Processing (DSP) technology is a crucial tool for converting, processing, and optimizing analog signals into digital format. DSP enables more efficient signal transmission, preservation of signal quality, and increased system flexibility.

This paper explores the fundamental principles, application areas, and future development prospects of signal processing for digital communication. Signal compression and encoding, error detection and correction, as well as modulation and demodulation processes are among the primary applications of DSP in digital communication. Particularly, speech compression and encoding allow high-quality voice transmission with minimal bandwidth usage. Another significant application, Software-Defined Radio (SDR), overcomes the limitations of traditional communication systems by offering flexible and programmable signal processing solutions.

Additionally, one of the major challenges in signal processing development is maintaining signal quality, increasing data transmission speed, and reducing latency. Addressing these challenges requires the use of multi-core DSP chips, the implementation of AI-based signal processing methods, and the development of high-speed processing technologies. In the future, Furthermore, the application of machine learning and artificial intelligence technologies to DSP systems will lead to the development of more intelligent and adaptive signal processing solutions. This paper provides an in-depth analysis of the current state, application areas, and future development prospects of signal processing for digital communication.

Keywords: Digital Signal Processing (DSP), information and communication technologies, digital communication systems, multi-core processing systems.