

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ**  
**MAGİSTRATURA MƏRKƏZİ**

*Əlyazması hüququnda*

**ABDULLAYEVA NİGAR FAMIL qızı**

**“RƏQƏMSAL SİQNALLAR VƏ İNSAN FƏALİYYƏTİNİN MÜXTƏLİF**  
**SAHƏLƏRİNDƏ ONLARIN TƏTBİQİ”**

**mövzusunda**

**MAGİSTR DİSSERTASİYASI**

**İxtisasın şifri və adı: 060632 – “İnformasiya texnologiyaları və sistemləri**  
**mühəndisliyi”**

**İxtisaslaşma: “İnformasiya texnologiyaları və telekommunikasiya**  
**sistemləri”**

**Elmi rəhbər:**

**r.f.d., dosent B.M.Qasimov**

**Magistratura proqramının rəhbəri:**

**dosent T.Ə.Əliyeva**

**Kafedra müdiri: akad. Ə.M.Abbasov**

**BAKİ - 2020**

## MÜNDƏRİCAT

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Giriş</b> .....                                                                                                 | 3  |
| <b>I Fəsil. Analoji və rəqəmsal signallar</b> .....                                                                | 5  |
| 1.1 İnformasiya, məlumat və signallar .....                                                                        | 5  |
| 1.2 Signalların növləri .....                                                                                      | 7  |
| 1.3 Signalların rəqəmsal signallara çevrilməsi .....                                                               | 10 |
| 1.4 Signalların əsas statistik xüsusiyyətləri .....                                                                | 18 |
| <b>II Fəsil. Signalların rabitə kanalına ötürülməsi</b> .....                                                      | 24 |
| 2.1 Telekommunikasiya sistemində signallar .....                                                                   | 24 |
| 2.2 Məlumatların qənaətlə kodlaşdırılması metodları .....                                                          | 25 |
| 2.3 Signalın sadə komponentlərə ayrılması. Delta funksiyası və signallarda<br>yığılma əməliyyatları anlayışı ..... | 31 |
| 2.4 Diskret Furye çevrilməsi .....                                                                                 | 35 |
| 2.5 Maneəyə davamlı signallar .....                                                                                | 42 |
| <b>III Fəsil. Signalların tətbiq sahələri</b> .....                                                                | 46 |
| 3.1 Rəqəmsal televiziyanın inkişaf tarixi .....                                                                    | 46 |
| 3.2 Rəqəmsal televiziya sisteminin struktur sxemi .....                                                            | 51 |
| 3.3 TV-signalın diskretləşdirilməsi və kvantlaşdırılması .....                                                     | 56 |
| 3.4 Digər tətbiq sahələri .....                                                                                    | 64 |
| <b>Nəticə və təkliflər</b> .....                                                                                   | 85 |
| <b>Ədəbiyyat</b> .....                                                                                             | 90 |
| <b>Резюме</b> .....                                                                                                | 92 |
| <b>Summary</b> .....                                                                                               | 93 |

## GİRİŞ

**Mövzunun aktuallığı.** Rəqəmsal siqnalın emal nəzəriyyəsi, elmi tədqiqat və mühəndislik təcrübəsini birləşdirən XXI əsrin ən fəal inkişaf edən sahələrindən biridir. Son illərdə radiotexnika, elektronika, rabitə, idarəetmə və idarəetmə sistemlərində rəqəmsal siqnal emalı (RSE) metodları üstünlük təşkil edərək analoq emal metodlarını fəal şəkildə əvəz etmişdir. Buna, insan fəaliyyətinin demək olar ki, bütün sahələrinə nüfuz edən kompüter texnologiyasının sürətlə artan məhsuldarlığı kömək olmuşdur. Bu istiqamətin inkişafı insan fəaliyyətinin bir sıra sahələrində - rabitə, tibb üçün görüntü emalı, radar, səs emalı və s. inqilabi dəyişikliklərə səbəb oldu. Hər bir tətbiq sahəsi öz rəqəmsal siqnal emalı texnikasından - alqoritmlər, riyazi aparatlar, xüsusi texnologiyalardan istifadə edirdi. Əlbəttə ki, ayrı-ayrı sahələrin inkişafındakı uğurlar rəqəmsal siqnal emalının ümumi nəzəriyyəsinin inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərirdi. Bu gün, məsələn, audio və video məlumatların yazılması və ya işlənməsi barədə danışarkən, rəqəmsal formatlardan bəhs edildiyi nəzərdə tutulur. RSE metodlarının öyrənilməsinin əhəmiyyətini yenidən qiymətləndirmək demək olar ki, çox çətindir: rəqəmsal emal və siqnalların nümayişi ilə bağlı məsələlər çoxdan yüksək ixtisaslaşmağı tələb edirdi. Bu sahədə əsas biliklər əksər mühəndislər tərəfindən tələb olunurdu. Elektronika, radiotexnika və telekommunikasiya, kompüter elmləri və kompüter texnologiyaları sahəsindəki mütəxəssislər üçün əsas RSE metodları və onlarla əlaqədar olan riyazi nəzəriyyəni daha dərinlən öyrənmək lazım idi.

Buna görə rəqəmsal siqnalın işlənməsi nəzəriyyəsinin öyrənilməsini iki əsas sahəyə bölmək olar:

- bütün sahələrdə istifadə olunan RSE nəzəriyyəsinin ümumi müddəalarının öyrənilməsi;
- müəyyən bir tətbiq sahəsinə uyğun xüsusi texnologiyaların öyrənilməsi.

Kompüter elmi digər sahələrindən fərqli olaraq, rəqəmsal siqnalın işlənməsi nəzəriyyəsinin unikal məlumat növü - siqnallarla işləyir. Əksər hallarda, siqnallar real dünya parametrlərini ölçən müxtəlif sensorlar - seysmik titrəyişlər, obyektlərin görünən görüntüləri, səs titrəmələri və s. olan məlumatlardır.

Rəqəmsal siqnalların emalı – siqnalları rəqəmsal formaya çevirdikdən sonra, onlarla işləmək üçün istifadə olunan riyazi aparat, alqoritmlər və texnologiyalardan ibarətdir.

Təcrübədə RSE nəzəriyyəsi ilk kompüterlərin yarandığı 1960 - 1970-ci illərdə tətbiq olunmağa başladı. İlk kompüterlər olduqca böyük, bahalı idi, buna görə də ən vacib sahələrdə problemləri həll etmək üçün istifadə olunurdu. Bu tətbiq sahələri:

- radarlar (radarlar) və echolokasiya (sonarlar) - dövlət təhlükəsizliyinin vəzifələrini təmin etmək;
- neft istehsalı və emalı - böyük sərmayə və mənfəət payı olan fəaliyyət sahəsi;
- kosmik tədqiqat - öyrənilən siqnalların bənzərsizliyinə görə (təkrarolunmazlıq və ya çox uzun təkrarlanma dövrü);
- tibbi avadanlıqlar (tomoqrafiya, ultrasəs yeri və s.) - insan həyatı ilə bağlı məsələlər.

1980-1990-cı illərdə kompüter texnologiyalarının inqilabi inkişafı RSE nəzəriyyəsinin əhatə dairəsini xeyli genişləndirdi. İndi rəqəmsal siqnal emalı təkcə dövlət və ya hərbi vəzifələri həll etmək üçün deyil, insan fəaliyyətinin bir çox ticarət sahələrində - mobil telefoniya, CD pleyerlər, elektron səs poçtu və s. istifadə olunur.

### **İşin məqsədi.**

- Analoji və rəqəmsal siqnalları təhlil etmək;
- Siqnalların rəqəmsal siqnallara çevrilməsi qaydasını müəyyənləşdirmək;
- Telekommunikasiya sistemində siqnalların yerini və rolunu təyin etmək;
- Siqnalın sadə komponentlərə ayrılması qaydasını müəyyənləşdirmək;
- Delta funksiya və siqnallarda yığılma əməliyyatları anlayışının təyini;
- Diskret Furje çevrilməsinin tətbiqi;
- Məneəyə davamlı siqnalların yaradılması;
- Siqnalların tətbiq sahələrinin təhlili.

Dissertasiya işi bu məsələlərin araşdırılmasına həsr edilmişdir.

## I FƏSİL. ANALOJİ VƏ RƏQƏMSAL SİQNALLAR

### 1.1 İnformasiya, məlumat və siqnallar

Ətraf mühiti müşahidə edərkən, kitab, qəzet, jurnal oxuyarkən, ayrı-ayrı adamlarla ünsiyyətdə olarkən, televiziya verilişlərinə baxarkən informasiya alırıq. İstənilən 2 obyekt arasında informasiya mövcuddur. Obyektlərdən biri informasiyanın qəbuledicisi, digəri mənbəyidir.

İnformasiya aləmin obyektidir deyə bilərik. İnformasiyanı digər obyektlərdən fərqləndirən xassələr vardır:

əlçatanlıq, mövcudluq, adekvatlıq, dəqiqlik, faydalılıq, aktuallıq, etibarlılıq, tamlıq, aydınlıq, qiymətlilik, obyektivlik.

İnformasiyanın müxtəlif növləri vardır:

mətn, məntiqi, audio, qrafiki, ədədi, video, multimedia.

İnformasiyanın bizə müxtəlif formalarda təqdim olunur :

mətn, qrafiki, ədədi, kombinasiyalı, səs.

**Signal** müəyyən qaydada elektrik impulsları şəklində təsvir olunmuş məlumatdır. **Məlumat** kodlaşdırılmış daşıyıcılardır.

Signal bir neçə fərqli tezliklərin birləşməsindən ibarətdir. Bir signal heç vaxt dəyişməzsə, tezliyi 0-dır və periodu sonsuzdur. Anı dəyişən bir signalda period 0 və tezlik sonsuzdur. Rabitə sistemlərində, signal emalı, elektrik və elektron mühəndislikdə signal fiziki dəyişənlərin xüsusiyyətləri və davranışları haqqında məlumatları göstərən və riyazi bir funksiya şəklində göstərilən ifadədir. Signal ayrıca bir sistemdəki fiziki dünyadakı, zamanın və ya məkanın dəyişməsinə göstərir və bizə riyazi bir funksiya kimi bənzətməklə işləməyimizi təmin edir. Terminal signalına video, audio, şəkil, rabitə, radar, tibbi və musiqi sahələrində müxtəlif ifadələr də daxildir. Elektrik signalının bir amplituda və vaxt dəyişkən fasilələrə malik olduğu üçün onun qrafik təsviri dalğa xarakterikliyi göstərir. Buna görə dalğalar üçün istifadə olunan amplituda və dövr kimi anlayışlar elektrik signalına da aiddir. Bununla birlikdə elektrik siqnalları süni şəkildə modulyasiya yaratmaq üçün istehsal olunur və onların əsas məqsədi fiziki dalğalar kimi enerjini daşımaqdır. Məlumat daşıyan elektrik siqnalını fiziki xüsusiyyətləri təbii olan

dalğalarla qarışdırmamaq lazımdır. Analog siqnallar qısaca davamlı siqnallar adlanır. Yəni, signal zaman və ya məkan kimi davamlı bir dəyişənin bir funksiyasıdır və ümumiyyətlə davamlı bir diapazonda qiymətlər götürür. Mühəndislikdə rast gəlinən bir çox signal analoqdur. Məsələn, səs dalğasının yaratdığı dəyişkən təzyiq gərginlik kimi amplituda tənzimləyə bilən davamlı elektrik signalına çevrilə bilər. Buradakı həssaslıq səs dalğasının molekulyar həllinə çox yaxındır. Rəqəmsal siqnallara qısa müddətdə diskret vaxt siqnalları deyilir. Analox siqnaldan fərqli olaraq, qiymətlər dəsti var və bu müəyyən fasilələrlə davamlı olmayan bir şəkildə yazılmışdır. Beləliklə, analox siqnallar kimi davamlı deyil. Müəyyən fasilələrlə fasiləsiz analox siqnalların seçilməsindən və ya bir sıra nömrələr şəklində rəqəmləşdirilməsindən ibarət ola bilər. Analox siqnallar və rəqəmsal siqnallar arasındakı ən böyük fərq analox siqnalların davamlı bir quruluşda olmasıdır, lakin rəqəmsal siqnalların davamlı olmayan məhdud bir quruluşdadır. Daha yaxşı başa düşmək üçün davamlı siqnalların nümunəsi olaraq axın, təzyiq və temperatur kimi davamlı dəyərlərin funksiyalarını araşdırma bilərik. Ayrıca gündəlik orta temperaturu, rəqəmsal şəkillər kimi diskret funksiyalar verə bilərik.

Təbiətdə, demək olar ki, bütün siqnallar analoqdur, yəni daim müəyyən sərhədlər daxilində dəyişir. İlk elektron qurğular analox idi. Fiziki kəmiyyətləri voltaja və ya cərəyanlara çevirdilər, üzərində bəzi əməliyyatlar etdilər və sonra fiziki kəmiyyətlərə tərs çevrilmələr etdilər. Məsələn, bir insanın səsi (hava titrəmələri) mikrofondan istifadə edərək elektrik vibrasiyasına çevrilir, sonra bu elektrik siqnalları elektron gücləndirici ilə gücləndirilir və akustik sistem istifadə edərək daha yüksək səs vibrasiyasına çevrilir. Zaman keçdikcə bütün analox cihazların parametrləri elementlərin köhnəlməsindən asılı olaraq dəyişir, buna görə də bu cihazların xüsusiyyətləri sabit qalmır. Analoxdan fərqli olaraq, rəqəmsal siqnallar səs-küy, müdaxilədən daha yaxşı qorunur. Rəqəmsal siqnallar daha mürəkkəb və çox mərhələli emal, daha uzun itkisiz saxlama və analoxlardan daha yaxşı ötürülməni təmin edir. Bundan əlavə, rəqəmsal cihazların davranışı həmişə

dəqiq hesablanır və proqnozlaşdırıla bilər. Rəqəmsal qurğular köhnəlməyə nisbətən daha az həssasdır, çünki parametrlərindəki kiçik bir dəyişiklik onların işinə təsir göstərmir. Bundan əlavə, rəqəmsal cihazların dizaynı və diskussiyası daha asandır. Bütün bu üstünlüklərin rəqəmsal elektronikanın sürətli inkişafını təmin etdiyi aydındır.

Analoq signal fasiləsiz (yəni istənilən vaxt) və rəqəmsal - diskret vaxtda (yəni yalnız seçilmiş vaxt nümunələrində) müəyyən edilir. Bu səbəbdən analoq cihazların əldə edə biləcəyi maksimum sürət həmişə rəqəmsal cihazlardan daha yüksəkdir. Analoq qurğular rəqəmsallardan daha sürətli dəyişən siqnallarla işləyə bilər. Bir analoq cihaz tərəfindən məlumatların işlənməsi və ötürülmə sürəti həmişə bir rəqəmsal cihaz tərəfindən emal və ötürmə sürətindən daha yüksək ola bilər. Analogu rəqəmsal siqnallara çevirmək və tərs çevrilmək üçün xüsusi avadanlıqlardan (analoq-rəqəmsal və rəqəmsal-analoq çeviricilərindən) istifadə edilir.

## **1.2 Siqnalların növləri**

Siqnallara nümunələr verə bilərik: səs dalğaları, radio siqnalları, görünən siqnallar, mexaniki titrəmələr, elektromaqnit dalğalar və başqaları. Obyekt vəziyyətini dəyişərkən nəticə olaraq signal yarada bilər. Xəbər signala yüklənərkən bir sıra mərhələlərdən keçir. Əvvəlcə xəbərlər kodlaşdırma üçün uyğun vəziyyətə gətirilir, sonra kodlaşdırılır, ən son modulyasiyası baş verir.

Siqnallar informasiyaların maddi daşıyıcısıdır. Siqnalları 2 yerə bölmək mümkündür:

1. analoq signal
2. diskret signal

Rəqəmsal signal: rəqəmsal signal məlumatları diskret qiymətlər ardıcılığı kimi təmsil edən bir signaldır; istənilən vaxt yalnız məhdud sayda qiymətlərdəndən birini götürə bilər.

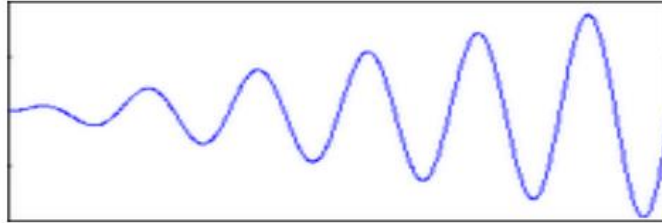
Analoq signal: analoq signal, signalın vaxt dəyişən xüsusiyyəti, başqa bir zaman dəyişən signala bənzər başqa bir zamanın, yəni fərqli bir zamanın təmsil olunduğu hər hansı bir davamlı signaldır.

Analoq signal, təqdim olunan parametrlərdən hər biri zaman funksiyası və mümkün fasiləsiz qiymətlər çoxluğu ilə təsvir edilən məlumatlar signalıdır. Signallar iki sahəyə ayrılır —  $L$  fasiləsiz signallar sahəsi və  $l$  (kiçik  $L$ ) ardıcılıqlar sahəsi. Bəzi şərtlər daxilində  $L$  sahəsi birmənalı olaraq  $l$  (məsələn, Kotelnikov diskretləşdirməsinin birinci iki teoremi) sahəsinə əks olunur. Analoq signalları zamanın fasiləsiz funksiyaları ilə təsvir edilir, buna görə analoq signalı bəzən kontinual signal adlandırırlar. Analoq signallara diskret signallar (kvantlaşdırılmış, rəqəmli) qarşı qoyulurlar. Fasiləsiz sahələrin və uyğun fiziki vahidlərin nümunələri: - düz xətt: elektrik gərginliyi; - çevrə: rotorun vəziyyəti, təkərlər, dişli təkərlər, analoq saatın oxları; - parça: porşenin vəziyyəti, idarə etmə lingi, maye termometri və ya amplituda görə məhdudlaşdırılmış elektrik signalı; - müxtəlif çoxölçülü sahələr: rəng, kvadrat-modullaşdırılmış signal. Analoq signallarının xüsusiyyətləri kvantlaşdırılmış və ya rəqəmli signalların xüsusiyyətləri ilə ziddiyyət təşkil edir. Bir-birindən dəqiq fərqlənməyən signalın diskret səviyyələri, rəqəmli texnologiyalardan fərqli olaraq informasiya kimi onun təsvirini mümkün deyil. Bir hesablama da olan "informasiya miqdarı" ölçü vasitəsinin dinamik diapazonu ilə məhdudlaşdırılacaq. Signala daxil olan istənilən maneə signalın özündən fərqlənmir və buna görə də ilkin amplituda bərpa edilmir. Həqiqətdə filtrasiya mümkündür, məsələn: tezlik metodları - əgər bu signalın (xüsusi halda, tezliklər zolağı) xüsusiyyətləri haqqında hər hansı əlavə məlumat məlumdursa. Analoq signallardan fasiləsiz dəyişən fiziki vahidlərin təsvir edilməsi üçün tez-tez istifadə edirlər. Məsələn, buxardan götürülən analoq elektrik signalı temperaturun dəyişikliyi haqqında informasiya verir, mikrofondan signal — səs dalğasında təzyiqin sürətli dəyişiklikləri haqqında, və s. Signalların əksəriyyəti analoq təbiətinə malikdirlər, yəni müəyyən zamanda fasiləsiz dəyişirlər və istənilən qiymətləri qəbul edə bilirlər. Analoq signalları aşağıdakı funksiya ilə təsvir etmək mümkündür:



$$S(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

Analoq siqnallar telefoniya, radioda, televiziya istifadə olunur. Belə siqnalı emal üçün rəqəmli sistemə daxil etmək mümkün deyil, çünki istənilən zaman intervalında o sonsuz qiymətə malik ola bilər.



Şəkil 1.1. Analoq siqnal

Analoq siqnalının rəqəmləşdirməsi (diskretləşdirməsi) ondan ibarətdir ki, siqnal  $t_i$  (burada  $i$  indeksdir) diskret zaman aralığında götürülmüş qiymətlər ardıcılığı şəklində təqdim edilir. Adətən ardıcıl hesablamalar ( $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ ) arasındakı müddət daimidir. Burada  $\Delta t$  rəqəmləşdirmə (diskretləşdirmə) intervalı,  $x(t)$  siqnalın qiymətləri, yəni  $x_i = x(t_i)$ .

Riyazi təsvirinin müəyyən formalarına uyğun gələn aşağıdakı siqnal növləri fərqləndirilir.

Analoq siqnal davamlı bir dəlilin davamlı bir funksiyasıdır, yəni, hər hansı bir dəlil qiyməti üçün müəyyən edilmişdir. Analoq siqnalların mənbələri, bir qayda olaraq, zamanla, məkanda və ya hər hansı digər müstəqil dəyişənlərdə inkişaf dinamikasında davamlı olan fiziki proseslər və hadisələrdir, qeydə alınan siqnal isə onu yaradan prosesə bənzərdir ("oxşar"). Mümkün siqnal qiymətlərinin məcmusu bir fasiləni - hər hansı bir siqnal nöqtəsinin sonsuzluğa qədər müəyyən edilə biləcəyi davamlı bir məkan meydana gətirir. Təbiətdə analoq olan siqnallara misal olaraq, zaman və məkanda bir elektrik, maqnit, elektromaqnit sahəsinin intensivliyindəki dəyişikliklərdir.

Qiymətlərindəki diskret siqnal da davamlı bir funksiyadır, ancaq argumentin diskret qiymətləri ilə təyin olunur. Qiymətlər toplusuna görə, sonlu (sayıla bilər) və nümunələrin (nümunələrin) diskret ardıcılığı ilə təsvir olunur.

Diskret geofiziki siqnallara misal olaraq, şaquli elektrik səs-lən-mə-sinin nə-ti-cə-ləri (mövcud elektrod-ların boş-lu-ğun-un diskret qiymə-ti), geokimyə-vi sınaq pro-fil-ləri və s.

Rə-qəmsal bir siq-nal qiymə-tlə-rinə görə ölçülür və mü-ba-hi-sədə ayır-dır.

Rə-qəmsal bir siq-nal çox sayda qiymə-tli-dir. Sonsuz sayda rə-qəmsal qiymə-tlə-rin sayına bə-rə-bər olan analoq nü-mu-nə-lə-rin çev-ril-məsi pro-sə-sinə sə-vi-yə miq-darı deyilir və yu-var-la-qlaş-dırma nü-mu-nə-lə-rinin (atılan qiymə-tlər) ölçül-məsi za-manı mey-dana gələn sə-hv-lərə səs-küy və ya kvant sə-hv-ləri deyilir.

Rə-qəmsal mə-lu-mat-ların iş-lən-məsi sis-te-m-lərində və komp-yu-ter-lər-də siq-nal hə-mi-şə mü-ə-y-yən sayda bit də-qi-qli-yi ilə tə-m-sil olu-nur və buna görə də hə-mi-şə rə-qəmsal-dır. Rə-qəmsal siq-nal-ları tə-s-vir edə-rkən bu amil-lər nə-zərə alın-ma-qla, kvant-laş-dırma funk-si-yası ü-mu-mi-y-yə-tlə buraxıl-mır (standart olaraq qəbul olunmuş vahid) və diskret siq-nal-ları tə-s-vir etmək qay-dal-arı siq-nal-ları tə-s-vir etmək üçün istifa-də olu-nur. Rə-qəmsal siq-nal-ların sax-lama, ö-tür-mə və emal sis-te-m-lərindəki dö-v-ran for-ma-sı-na gəl-dik-də, bir qay-da olar-aq, on-lar mü-ə-y-yən bir sayda rə-qəmsal ardıcıl-lı-qla (mə-lu-mat sil-si-lə-si) ikili kod-la kod-lan-mış eyni am-pli-tu-da olan qı-sa unipolar və ya bipolyar impul-s-ların birləş-mə-lə-ri-dir. Prin-sip-cə, ü-mu-mi-y-yə-tlə diskret analoq ad-lan-dırıl-an mü-və-fi-q avadan-lı-ğ tə-rə-fin-dən qey-də alın-an analoq siq-nal-ları da qiymə-tlə-rində ölçülə bil-ər. Lakin bu siq-nal-ları ayrı bir növ-ə ayır-ma-ğın mə-nası yox-dur - bun-lar icazə verilən ölç-mə xə-tası ilə mü-ə-y-yən edil-ən bir kvant-laş-dırma addı-mı ilə analoq qey-ri-də-vam-lı siq-nal-lar-dır.

Geofiziki mə-lu-mat-ları emal edə-rkən iş-lən-mə-li olan siq-nal-ların əksəri-y-yə-ti ölçül-ə-rin me-to-dol-o-ji xüsusi-y-yə-tlə-ri və ya qey-di-y-yatın tex-ni-ki xüsusi-y-yə-tlə-ri sə-bə-bin-dən tə-bi-ə-t-də analoq, ayrı və ölçül-ən-dir. Rə-qəmsal siq-nal-lara çev-ri-lir. Ancaq əvvəl-cə ardıcıl vaxt fa-sil-ə-lərində qey-də alın-an qam-ma şü-a-larının sayının nü-mu-nə-ləri kimi rə-qəmsal olan-lar sin-fin-ə aid olan siq-nal-lar var.

### **1.3 Siq-nal-ların rə-qəmsal siq-nal-lara çev-ri-l-məsi. Rə-qəmsal siq-nal-ların yaradıl-ması.**

Telekommunikasiya sis-te-m-ləri sah-ə-sin-də iş-lə-y-ən mütə-xə-sis-lə-rin siq-nal-ları rabitə xə-tti-nə ö-tür-mək üçün bir sıra te-no-lo-gi-yal-arı bil-ə-li-di-r-lər. Bun-lar-dan biri

onların rəqəmsal məlumatlara çevrilməsi texnologiyasıdır. İnformasiyanın rəqəmsal formada emal edilməsi telekommunikasiya sistemlərin inkişafına səbəb oldu. Bu emalın mahiyyəti odur ki, fiziki siqnallar ədədlər ardıcılığına çevrilir və bundan sonra hesablama qurğusunda riyazi dəyişikliyə məruz qalır. İlkin fiziki siqnallar zaman baxımından **kəsilməz** funksiyadır.

**Analoji siqnallar- istənilən vaxt ərzində müəyyən olunan siqnallardır.**

**Diskret sıra- ədədi ardıcılığa deyilir ki, bu siqnalların rəqəmsal emalını göstərir.**

Diskret sıra hesablamalardan təşkil olunmuşdur. *Hesablama-signalın ayrıca vaxt anındakı qiymətidir.* Belə ki, hesablamalar arasındakı zaman müddəti adətən bərabər götürülür.

***Hesablamalar arasındakı zaman intervalı diskretləşmə dövrü (T) yaxud diskret addım adlandırılır. Diskretləşmə dövrünün tərsi olan kəmiyyət, diskretləşmə tezliyi adlandırılır:***

$$\gamma = 1/T$$

Analoji siqnalların hesablamalar ardıcılığına çevrilməsi hadisəsi *diskretləşmə* adlanır. Belə çevirmənin nəticəsi - *diskret siqnallardır.*

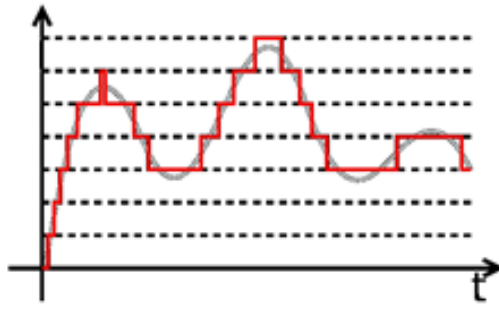
Diskretləşmə tezliyini  $f_D$  seçən zaman Kotelnikov teoreminin şərtlərinin  $f_D \geq 2 f_B$  yerinə yetirilməsi gərəklidir, burada  $f_B$  signalı rəqəmsal formaya çevirən spektrin tezliyinin yuxarı həddidir. Diskretləşmə nəticəsində diskret siqnallar alınır. Əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, interpolyasiya əməliyyatının köməyi ilə ilkin siqnalları bərpa etməyə imkan verir.

***Hesablanmış siqnalların ədədə çevrilməsi prosesi səviyyələrə görə kvantlaşma adlanır.***

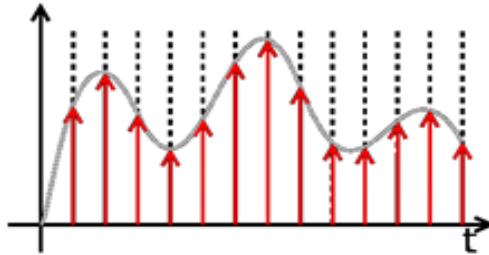
***Əgər signal vaxta görə diskretləşib, lakin səviyyələrə görə kvantlaşmayıbsa, onda o diskret adlanır.***

***Əgər signal, həm vaxta görə diskretləşib, həm də səviyyələrə görə kvantlaşıbsa, onda o rəqəmsal adlanır.***

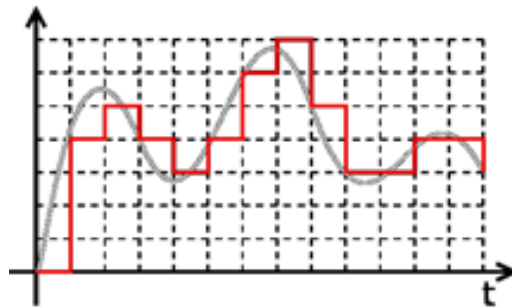
Şəkillərdə 3 növ siqnallar təsvir edilmişdir.



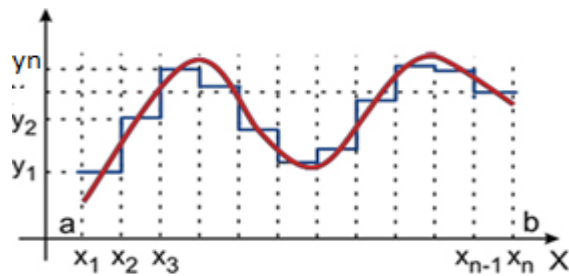
Şəkil 1.2. Kvantlaşdırılmış signal



Şəkil 1.3. Diskret, kvantlaşdırılmamış signal



Şəkil 1.4. Rəqəmsal signal



Şəkil 1.5. Diskretləşmə mərhələləri

Şəkillərdən, rəqəmsal siqnalların yaradılması izah olunur. Rəqəmsal signal  $x_k(nT)$  diskret funksiyası ilə təsvir edilir, yəni funksiya bir sıra  $y_1, y_2, \dots, y_M$  diskret qiymətlər alır ki, bu da kvantlaşdırma səviyyələri adlanır.  $x_k(nT)$  ardıcılığına  $x(nT)$  ardıcılığının çevrilməsinin nəticəsi kimi baxmaq mümkündür:

$$x_k(nT) = \Phi_M[x(nT)]$$

$\Phi_M(x)$  kvantlaşdırma funksiyasıdır. Kvantlaşdırma səviyyəsinin sayı  $M = 2^N$ .  $N$  signalı göstərən ikilik rəqəmlərin (bit) sayıdır. Kvantlaşdırma səviyyəsi nə qədər çox olarsa, rəqəmsal signal o qədər dəqiq diskret signalı göstərir. Kvantlaşdırılmış və kvantlaşdırılmamış signalın fərqi  $e(nT) = x_k(nT) - x(nT)$  **kvantlaşdırma səs-küyü** deyilir. Əgər sonuncu ifadəni  $x_k(nT) = x(nT) + e(nT)$  kimi yazsaq, görürük ki, heç bir rəqəmsal sistemdə təmiz diskret signal emal olunmur və onun kəmiyyətinin səs-küylə əlaqəli olduğu aydın olur.

Əgər  $\Delta$  qonşu kvantlaşdırma səviyyələri (kvantlaşdırma addımı) arasındakı məsafə olarsa, onda kvantlaşdırma səs-küyü  $\Delta / 2 \leq e(t) \leq \Delta / 2$  intervalında olar. Əksər hallarda hesab etmək olar ki,  $e(nT)$  göstərilən intervalda ehtimalı bərabər paylanan, təsadüfi prosesdir. Belə təsadüfi prosesin orta qiyməti 0-a, dispersiyası  $\Delta^2/12$  bərabərdir.

Rəqəmsal signal diskret qiymətlər ardıcılığı kimi göstərilə bilən signaldır. Hal-hazırda kodlaşdırmanın sadələyinə görə 2-lik rəqəmsal signal daha geniş yayılmışdır. Analox kanalları vasitəsilə rəqəmsal signalın ötürülməsi üçün müxtəlif modulyasiya növləri istifadə edilir.

Müasir rabitə sistemlərində rəqəmsal signalın hökmranlığını onun retranslyatora tam regenerasiya olması qabiliyyəti yaradır. Retranslyatora signalla birgə küy daxil olan zaman, o rəqəmsal formada dəyişdirilir və retranslyator təhrifləri tamamilə təmizləyərək signalı yenidən formalaşdırır. Analox signalı ,küylərlə birlikdə gücləndirmək mümkün olur.

Əgər rəqəmsal signal böyük təhriflərlə gəlsə, onu bərpa etmək mümkün deyil (sərt qaya effekti), analox signalından isə informasiyanın bir hissəsini çətinliklə də olsa çıxartmaq mümkün olur. Əgər mobil rabitənin analox formatını (AMPS, NMT) rəqəmsal rabitə (GSM, CDMA) ilə müqayisə etsək görürük ki, rəqəmsal xətdə təhriflər olduqda bəzən hətta bütöv sözlər belə itir, analoxda isə təhriflərlə də olsa söhbət aparmaq olur. Bu vəziyyətdən çıxış, rabitə xəttinin qırılmasında regeneratorlar qoyaraq daha tez-tez rəqəmsal signalı bərpa etmək və yaxud rabitə xəttinin uzunluğunu azaltmaq (məsələn, mobil telefonla baza stansiyası arasındakı məsafəni azaltmaq, yerlərdə baza stansiyalarını daha sıx

yerləşməklə əldə edilir). Rəqəmsal sistemlərdə yoxlama və rəqəmsal informasiyanın bərpası alqoritmlərinin istifadəsi informasiyanın ötürülməsinin etibarlılığını mühüm dərəcədə artırır. Analoq signalını rəqəmlər ardıcılığı ilə təsvir etmək üçün, o əvvəlcə diskret signala çevirilir sonar isə kvantlaşdırılır. Kvantlaşdırma kvant adlandırılan eyni ölçü üzrə rəqəmləşdirmə (diskretləşdirmə) hadisəsidir. Nəticədə signal hər bir zaman aralığında tam ədədlə ifadə olunan təqribi qiymətlərlə təsvir edilir. Belə ədədlər ardıcılığı rəqəmsal signal olacaq.

### **Kvantlaşdırılmış signallar**

Kvantlaşdırma vaxtı signalın qiymətlər oblastı müəyyən hissələrə bölünür. Bu hissələr arasında məsafə  $\Delta$  kvantlaşdırma addımı adlandırılır. Bu hissələrin sayı  $N$ -ə (0-dan  $N-1$ -ə qədər) bərabərdir. Hər hissəyə müəyyən 1 ədəd mənimsədilir. Signalın hesablamaları kvantlaşdırmanın səviyyələri ilə müqayisə edilir və signal kimi kvantlaşdırmanın bir səviyyəsinə uyğun gələn seçilir. Kvantlaşdırmanın hər səviyyəsi  $n$ -lə (2-lik say sistemində) kodlaşdırılır.  $n \geq \log_2(N)$  olmalıdır.

Rəqəmsal dəyişiklik üçün analoqdan aşağıdakı üsullar istifadə edilə bilər:

a. Pulse kodunun istifadə:

Bir analoq signalını rəqəmsal məlumatlara dəyişdirmək üçün ən çox yayılmış üsula pulse kod modulyasiyası (PCM) deyilir. Bir PCM kodlayıcıda aşağıdakı üç proses var:

1.Nümunə

2.Kvantlaşdırma

3.Kodlaşdırma

Aşağı keçid filtri:

Aşağı keçid filtri, giriş analoq signalında mövcud olan yüksək tezlikli komponentləri, nümunə götürənə daxil edilən signalın istənməyən tezlik komponentlərindən azad olmasını təmin edir. Bu məlumat signalının ləğv edilməməsi üçün edilir.

1.Nümunə - PCM-də ilk addım nümunə götürməkdir. Nümunə seçmə, fasiləsiz signalın diskret bir signala çevrilməsi, diskret başlanğıclarda davamlı bir zaman signalının amplitudunun ölçülməsi prosesidir. Üç nümunə üsulu var:

İdeal Nümunə: Analoq signalın dərhal nümunə götürmə pulsları kimi də tanınan ideal nümunələrdə nümunə götürülür. Bu ideal bir nümunə üsuludur və asanlıqla həyata keçirilə bilməz.

Təbii Nümunə: Təbii nümunə, pulsun T-ə bərabər olan eninə olan praktik bir nümunə üsuludur. Nəticə analoq signalın formasını saxlayan nümunələrin ardıcılığıdır.

Düz üst nümunə: Təbii seçmə ilə müqayisədə düz üst nümunə asanlıqla əldə edilə bilər. Bu seçmə texnikasında nümunələrin üstü bir dövrə istifadə edərək sabit qalır. Bu istifadə edilən ən çox seçmə üsuludur.

Nyquist teoremi:

Nyquist teoreminə görə, seçmə sürəti signal daxilində ən yüksək tezlikdən ən azı 2 qat olmalıdır. Minimum seçmə dərəcəsi olaraq da bilinir və verilir:

$$F_s = 2 * f_h$$

2.Kvantlaşdırma mərhələləri aşağıdakılardır:

1.Güman edirik ki, signal  $V_{max}$  və  $V_{min}$  arasında amplitudlara malikdir

2.Hər hündürlük  $d$  olduğu yerlərdə  $L$  zonalarına ayırırıq.

$$d = (V_{max} - V_{min}) / L$$

3.Qrafikdəki hər nümunənin başındakı qiymət həqiqi amplituda göstərir.

4.Normallaşdırılmış puls amplituda modulyasiyasının (PAM) qiyməti amplituda  $d$  formula ilə hesablanır.

5.Bundan sonra, prosesin hər bir zonanın ortasından seçdiyi miqdarını hesablayırıq.

6.Kvantlı səhv, kvantlaşdırılmış qiymət və normallaşdırılmış PAM qiyməti arasındakı fərqlə verilir.

7.Qrafanın solundakı kvantlaşdırma səviyyələrinə əsaslanaraq hər nümunə üçün

3.Kvantlaşdırma kodu.

Kodlaşdırma

Analoq siqnalın rəqəmsallaşdırılması kodlayıcı tərəfindən aparılır. Hər nümunə ölçüləndən və nümunə bitlərinin sayı qərar verildikdən sonra, hər nümunə  $n$  bit koduna dəyişdirilə bilər. Şifrələmədə istifadə olunan bant genişliyini minimuma endirir.

b. DELTA modulu:

PCM çox mürəkkəb bir texnik olduğundan PCM-nin mürəkkəbliyini azaltmaq üçün digər üsullar hazırlanmışdır. Ən sadə delta modulyasiyadır. Delta modulyasiya dəyişikliyi əvvəlki qiymətdən tapır.

Modulyator - modulyator, analoq siqnaldan bit axını yaratmaq üçün göndərən saytda istifadə olunur. Proses delta adlı kiçik bir müsbət dəyişiklik qeyd edir. Delta müsbət olarsa, proses başqa 1-i qeyd edir, 0-ı qeyd edir. Modulyator diskretə bənzəyən ikinci bir siqnal qurur. Bundan sonra giriş siqnalı bu tədricən hazırlanan diskret siqnalları ilə müqayisə olunur.

Çıxış üçün aşağıdakı qaydalar var:

1. Giriş analoq siqnalı diskret siqnalının son qiymətindən yüksəkdirsə, deltanı 1-ə artırın, rəqəmsal məlumatlarındakı bit isə 1-dir.
2. Giriş analoq siqnalı diskret siqnalının son qiymətindən aşağı olarsa, deltanı 1-ə endirin, rəqəmsal məlumatda bit 0-dır.

c. Təhlükəsizlik delta təmirli:

Bir delta modulyatorunun performansını modulyatorun addım ölçüsünü zamanla dəyişən bir forma alaraq əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırıla bilər. Məlumatın modulyasiya siqnalının dik bir yamacında olduğu və məlumatın kiçik bir yamacın olduğu yerlərdə daha kiçik bir addım ölçüsü tələb olunduğu təqdirdə daha böyük bir addım ölçüsü tələb olunur. Ölçü giriş siqnalının səviyyəsinə uyğunlaşdırılır. Bu üsul adaptiv delta modulyasiyası (ADM) kimi tanınır.

Kodlaşma

Kompüterlər rəqəmsal qurğu olduğundan, əksər alt sistemlərdə informasiyanın ötürülməsi rəqəmsal siqnalların ötürülməsi kimidir. Rəqəmsal siqnalların kodlaşdırılmasının bir çox metodları mövcuddur. Ancaq onları iki kateqoriyaya ayırmaq mümkündür: Rəqəmsal siqnallar gərginliyin dəyişməsi ilə tanınır. Yəni



siqnal gərginliyinin bir qiyməti məntiqi 1-i, digər qiyməti isə məntiqi 0-ı ifadə edir. Başqa sözlə, siqnal gərginliyin iki müxtəlif qiyməti ilə ifadə olunur. Həm də deyə bilərik ki, siqnal, gərginliyin bir qiymətindən digərinə keçidi ilə ifadə olunur. Bu zaman iki cür kodlaşmadan istifadə oluna bilər:

- Səviyyəyə görə kodlaşma;
- Fronta görə kodlaşma.

Analoq siqnalların ötürülməsi üçün üç cür kodlaşmadan (modulyasiyadan) istifadə olunur:

- Tezlik;
- Amplitud;
- Faza.

$f(t)$  t Elektromaqnit dalğalarını xarakterizə edən aşağıdakı parametrlər mövcuddur.

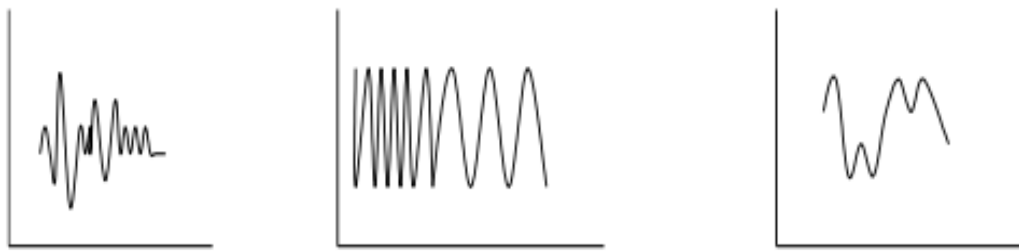
- Siqnalın amplitudu;
- Siqnalın tezliyi;
- Siqnalın fazası.

Siqnalın amplitudası - dedikdə, siqnalın gərginliyinin qiyməti nəzərdə tutulur. Bu halda amplitud voltla (V) ölçülür.

Siqnalın tezliyi - vahid zamanda siqnalın period sayına deyilir. Hers (Hz), Kiloherc (KHz), Megaherc (MHz) və Qiqaherslə (GHz) ölçülür.

Siqnalın fazası - nisbi anlayışdır. Bu zaman ən azı iki siqnalın müqayisəsindən ibarət olur. Dərəcə ilə ölçülür.

Analoq siqnalının hər üç xüsusiyyətindən istifadə edərək siqnalı kodlaşdırmaq olar. Amplitud kodlaşdırılmasında siqnalın amplitudası iki qiymət arasında dəyişir. Bunlardan biri 0, digəri isə 1 kimi qəbul olunur. Tezlik kodlaşdırılmasında tezliyin iki qiymətindən istifadə olunur. Onlardan biri məntiqi 0-ı, digəri isə 1-i ifadə edir. Faza kodlaşdırılmasında fazanın dəyişməsi informasiyanın dəyişməsi anlamına gəlir. Şəkillərdə Amplitud, Tezlik və Faza kodlaşdırması göstərilir.



Şəkil 1.6. Amplitud, tezlik, faza kodlaşdırılması qrafikləri

#### 1.4 Siqnalların əsas statistik xüsusiyyətləri

1. Rəqəmsal siqnalın emal nəzəriyyəsi, elmi tədqiqat və mühəndislik təcrübəsini birləşdirən XXI əsrin ən fəal inkişaf edən sahələrindən biridir. Bu istiqamətin inkişafı insan fəaliyyətinin bir sıra sahələrində - rabitə, tibb üçün görüntü emalı, radar, səs emalı və s. inqilabi dəyişikliklərə səbəb oldu. Hər bir tətbiq sahəsi öz rəqəmsal siqnal emalı texnikasından istifadə edir - alqoritmlər, riyazi aparatlar, xüsusi texnologiyalar.

2. Bir elm olaraq RSE nəzəriyyəsinə münasibət dəyişir. Əgər 1980-ci illərdə bu yalnız elm adamları tərəfindən öyrənilən bir sahə olsada, indi insan fəaliyyətinin əksər sahələri üçün elmi və mühəndis kadrların hazırlanması üçün zəruri olan bir sahəyə çevrilmişdir.

Rəqəmsal siqnalın işlənməsi nəzəriyyəsi digər fənlər ilə çox sıx bağlıdır (bəzən aralarında dəqiq bir xətt çəkmək çətindir). Məsələn, belə fənlərə aşağıdakılar daxildir:

- məlumat ötürülməsi nəzəriyyəsi;
- ədədi analiz;
- ehtimal nəzəriyyəsi və statistik analiz;
- Ölçmə nəzəriyyəsi;
- analoq elektronika;
- rəqəmsal elektronika;

3. **Siqnallar** bir parametrin digərindən asılılığını göstərir. Analıq elektronikada ən geniş yayılan siqnallar zamanla gərginliyi təsvir edir.

Parametrləri davamlı bir qiymət diapazonuna malik olan siqnallar kəsilməz siqnallar adlanır. Kəsilməz siqnallara keçmək üçün analoq-rəqəmsal çeviricilərdən (ARÇ) istifadə edilir. *Diskret* və ya *rəqəmsal siqnallar* kvantlanmış parametrləri saxlayan siqnallara deyilir.

4. *Orta qiymət* ( $\mu$ ) - bütün hesablanan siqnallara görə alınan hesabı orta göstəricidir. Riyazi formulu aşağıdakı formadadır:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i$$

$\mu$  - siqnalın orta qiymətdir;

$x_i$  - siqnalın növbəti hesablanmış qiymətidir;

$N$  - hesablanmış siqnalların sayıdır.

*Daimi yaradılan* siqnalları elektronikada *orta qiymət* xarakterizə edir. *Dəyişən siqnal* isə eyni zamanda siqnalın orta qiymətdən sapması ilə xarakterizə edilir. *Dəyişən siqnalları* təsvir etməkdən ötrü *orta kvadratik meyl* (sapma) kimi işarə edilən  $\mu$  yunan hərfindən istifadə edilir.

$(x_i - \mu)$  ifadəsində  $i$  hesablanan orta qiymətdən sapması kimi təsvir olunur. Əgər hər bir hesablama üçün əldə edilən sapmaları cəmləsək sonra nəticəni hesablamaların sayına bölsək, *orta sapmanın* qiymətini almış oluruq. Burada yalnız hər bir sapmanın mütləq qiymətini götürmək lazım gəlir. Orta sapma – siqnalların hesablanmış amplituda qiymətlərinin orta qiymətdən orta sapmasını göstərən bir rəqəmdir. Bir çox praktik məsələlərdə, siqnalın orta qiymətdən sapmasının böyüklüyü deyil, bu sapmaların gücünə (enerji) xüsusi maraq verilir. Misal üçün, elektrik siqnalına təsadüfi səs-küyün təsiri zamanı alınan tamamlayıcı siqnal, bu siqnalların amplitudlarını əlavə etməklə deyil, güclərini əlavə etməklə əldə olunur.

*Orta kvadratik meyl (sapma)* orta sapmadan fərqli olaraq, siqnalın orta qiymətdən sapma gücü haqqında məlumat daşıyır. *Orta kvadratik meyl (OKM)* hesablanması üçün riyazi düstur aşağıdakı kimidir:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \mu)^2$$

$\mu$  - siqnalın orta qiymətdir;

$x_i$  - siqnalın növbəti hesablanmış qiymətidir;

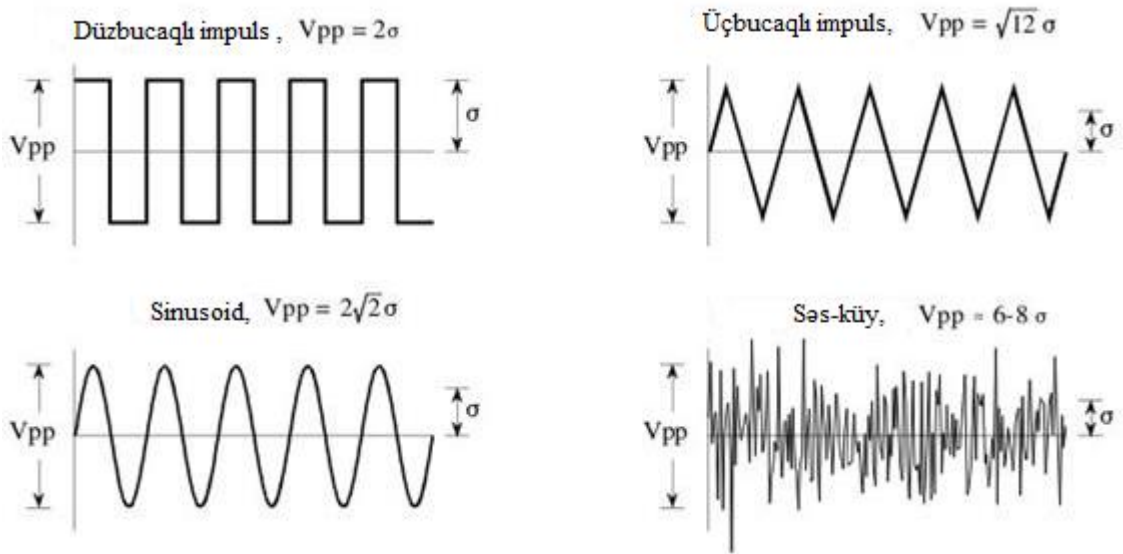
$N$  - hesablanmış siqnalların sayıdır;

$\sigma^2$  – orta kvadratik meyildir.

Başqa bir formada bu formula aşağıdakı kimi yazılır:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_0 - \mu)^2 + (x_1 - \mu)^2 + \dots + (x_{N-1} - \mu)^2}{N-1}}$$

Statistikada  $\sigma^2$  qiymətinə dispersiya deyilir. Siqnalın orta qiymətdən kənara çıxması nə qədər olduğunu göstərir.



Şəkil 1.7. Bəzi standart siqnallar üçün amplitud və orta meyl arasındakı əlaqə  
Orta və orta kvadratik meyl hesablamak üçün bu üsul əksər hallarda tətbiq olunur, lakin iki məhdudiyyətə malikdir. *Birincisi*, orta və orta kvadratik meylin qiymətləri arasında fərq kifayət qədər böyük yaxud kiçik ədədlər alın bilər. Bunu yuvarlaqlaşdırma səhvlərə səbəb olar. *İkincisi*, siqnalın yeni hesablanmasına başladığında Orta və orta kvadratik meylin qiymətlərini yenidən hesablamaq lazımdır. Bu problemi həll etmək üçün *dəyişkən statistika* adlanan başqa bir hesablama metodu istifadə olunur.

Bu metod üçün siqnalın bütün hesablamalarını yenidən hesablamağa ehtiyac yoxdur. Bu zaman orta kvadratik meylin hesablanması formuluna aşağıdakı kimi baxmaq lazımdır:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \left[ \sum_{i=0}^{N-1} x_i^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=0}^{N-1} x_i \right)^2 \right]$$

N – hesablanmış siqnalların cari sayıdır.

Bu statistik xarakteristikanı hesablamaq üçün yalnız üç parametri saxlamaq - (1) siqnaldakı hesablamaların sayı, (2) bu siqnalın cari hesablamalarının qiymətlərini cəmləmək və (3) siqnalın cari hesablamalarının qiymətlərinin kvadratlarını cəmləmək kifayətdir. Hər yeni siqnalların hesablanması ilə bu parametrlər yenilənir.

Orta qiymət və orta kvadratik meylin anlayışları elektronikada daha bir fiziki mənaya malikdir. Orta qiymət ölçülmüş qiyməti, orta kvadratik meyl səs-küy və ya digər müdaxiləni təsvir edir. Bu vəziyyətdə standart sapma yalnız ortalama qiymətilə müqayisədə maraqlıdır. Bu halda daha iki termin daxil olunur: 1) *siqnal-səs-küy nisbəti (signal-to-noise ratio, SNR)* - standart sapma ilə bölünən orta qiymətdir; 2) *deviasiya əmsalı (coefficient of variation, CV)* - orta qiymətə bölünən standart sapma. Ən yaxşı siqnal böyük bir SNR və kiçik bir CV olandır.

5. Rəqəmsal məlumatların emalı üçün istifadə olunan statistik xüsusiyyətlər işlənmiş siqnalları xarakterizə etmək üçün istifadə olunur. Bu siqnalları yaradan prosesləri təsvir etmək üçün RSE ehtimal olunan xüsusiyyətlərdən istifadə olunur.

Fikir verin, sabit bir ehtimal xüsusiyyətləri olan bir proses siqnal yaratmaq üçün istifadə olunur. Bu siqnallarla işləndikdə onun statistik xüsusiyyətləri ölçmədən ölçməyə qədər dəyişə bilər. Məlumatların işlənməsi zamanı meydana gələn bu təsadüfi səhvlərə "statistik deviasiya", "statistik dalğalanma" və ya "statistik səs-küy" deyilir. Buna görə, nə vaxt söhbət orta qiymətdən gedir, bunun nə olduğunu

anlamaq üçün qəbul edilən signalı və ya onu yaradan prosesi dəqiq başa düşmək lazımdır.

N hesabatdan ibarət təsadüfi siqnallar üçün alınan signalın orta qiyməti və bu signalı yaradan prosesin orta qiyməti təyin edilərkən əldə edilən statistik səhvlə əlaqəli bir düstur mövcuddur.

$$\text{Typical error} = \frac{\sigma}{N^{1/2}}$$

*Typical error* – signalı yaradan prosesin orta qiyməti təyin edilərkən əldə edilən statistik səhvdir;

N – hesablanmış siqnalların sayıdır.

Bu düstur göstərir ki, N-nin kiçik qiymətləri üçün səhv böyükdür və artan N ilə səhv azalır. Bu qanunauyğunluq ehtimal nəzəriyyəsində səhvlərin N sonsuzluğa yaxınlaşdıqca sıfıra doğru getdiyini bildirən böyük ədədlər qanunu adlanır.

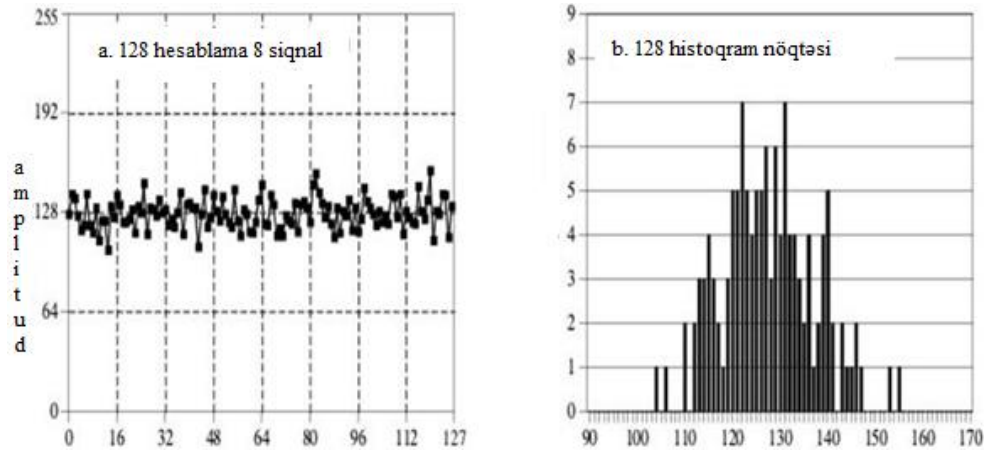
Alınan signalın standart sapmasını hesablayarkən, orta qiymət standart sapmanı azaldan statistik səs-küyə malikdir. Bu təhrifi kompensasiya etmək üçün standart sapma hesablandıqda, N sayının əvəzinə N-1 sayı signalın orta səviyyəsinə alınır. Başqa sözlə, standart sapma hesablamaq üçün düsturda ortalama N-1 üzərində olarsa, əmələ gələn proses üçün standart sapma əldə edirik; ortalama N-dən yuxarı olarsa, təhlil olunan signal üçün standart sapma əldə edirik.

**6.** Çox sayda hesablamalardan ibarət siqnalların statik işlənməsi üçün histoqramlardan geniş istifadə olunur. Histoqram, hər hesablanmış signalın mümkün qiymətləri üçün x oxu boyunca çəkildiyi bir qrafikdir (məsələn, 8 bitlik rəqəmlər üçün bu qiymətlər 0 ilə 255 arasındadır) və y oxu bu qiymətləri olan hesablanmış siqnalların sayını göstərir. Bütün histoqram qiymətlərinin cəmi hesablanmış siqnalların sayına uyğun olmalıdır:

$$N = \sum H_i$$

N – signalın hesablanmış sayı;

$H_i$  - histoqramda göstərilən qiymətdir.



Şəkil 1.8 Histoqramma misal

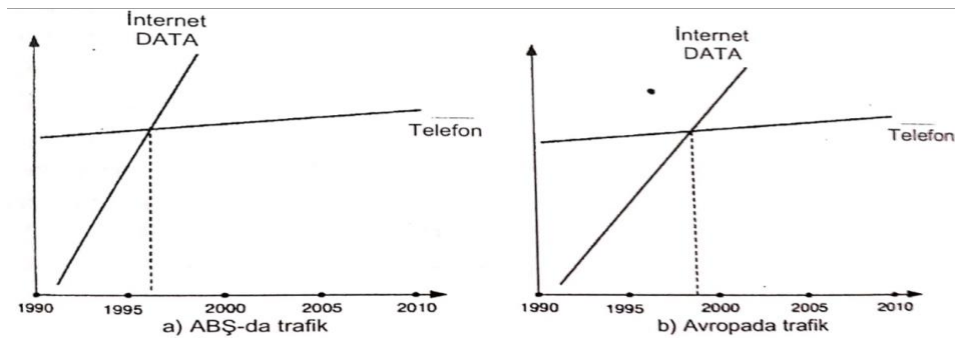
## II FƏSİL. SİQNALLARIN RABİTƏ KANALINA ÖTÜRÜLMƏSİ

### 2.1 Telekommunikasiya sistemində siqnallar

Elektrik rabitəsi yaranan gündən əsas məqsəd elektromaqnit siqnallarını ötürücü sistemlə 1 məntəqədən digər məntəqəyə ötürmək olmuşdur. Ötürücü sistem dedikdə, o nərdə tutulur ki, dayaqlardan asılmış məftilli xətlər, cərəyankeçirici damarlara malik müxtəlif markalı və tipli kabellər, lazer optik siqnal keçirici optik şəffaf liflərindən hazırlanmış optik kabellər və nəhayət açıq mühitdə efirlə təşkil edilən radiokanallar ola bilər.

Elektromaqnit siqnalları ilə müxtəlif növlü informasiya sellərinin verilməsi mümkündür. Bunlar əsas etibarilə danışiq(nitqin), diskret DATA verilənlərin ötürülməsi və videotəsvirlərdir. Hal-hazırda onların kombinə edilmiş forması yaranmışdır və bu multimedia informasiya adlanır.

Adları sadalanan bu 3 mənbə və ötürücü sistemlər telekommunikasiya xidmətlərini təşkil edən operator üçün əsas tərkib hissə olaraq müasir telekommunikasiyanın səviyyəsini xarakterizə edir. Adları sadalanan informasiya növləri on illərlə birgə fəaliyyət göstərir, ancaq hər bir sahə digərinə nəzərən müəyyən nisbətdə inkişaf etmişdir.



Şəkil 2.1.

Hələ 1996-cı ildə ABŞ-da məlum olmuşdur ki, DATA verilənlərin ötürülməsi növündə yaranan trafikin həcmi danışiq informasiya selinin yaratdığı trafiki üstələyir, onun artım tempi durmadan yüksəlir. Analoji hadisə 1999-cu ildə Avropa ölkələrində baş vermişdir. Bununla da, telekommunikasiya sektorunda yeni inkişaf erası başlanmışdır. Buna integrasiya edilmiş qərarlar



erası və elektrik rabitəsi növlərinin konvergensiyası deyilir, həmçinin IP protokolu dünya tərəfindən tanınmış və “defakto” olaraq multimedia informasiya sellərinin verilməsi üçün standart funksiyası yerinə yetirir. Əgər bura internet şəbəkə fenomenini də əlavə etmiş olsaq, aydın olar ki, telekommunikasiya sahəsində baş vermiş inqilabi dəyişikliklər informasiya şəbəkələrinin qurulmasına ciddi surətdə yeni yanaşma prinsipləri tələb edir. Artıq danışığ informasiyası telefon şəbəkələri ilə diskret məlumat verilişi şəbəkələri öz yerlərini dəyişib, yəni birincilik 1-cidən 2-ciyə keçib.

Ənənəvi diskret məlumat şəbəkələri kanal kommutasiya prinsipinə əsaslanır. Bu telefon rabitə şəbəkəsinə xas olan bir prinsipdir, lakin IP şəbəkəsində paket kommutasiya prinsipinin tətbiqində hər şey yerini dəyişir, yəni klassik telefon rabitəsi istər-istəməz diskret məlumat verilişi şəbəkəsinin tərkibinə uyğunlaşmalıdır.

Son illər telekommunikasiya texnologiyalarında transmissiya sistemləri geniş tətbiq edilir. Bu sinkron rəqəm ierarxiyalı konteyner sistemlərinin –SDH və spektral multipleksorlama texnologiyasının tətbiqidir. Baxılan bütün hallarda operatorlar üçün ən vacib şərt trafikın idarə edilməsidir. Bu məqsədlə RTP, RTSP, Differensial servis və s. protokolları hazırlanaraq tətbiq edilmişdir. TCP/IP protokolları ilə səs və danışığ informasiyalarının verilişində əsas şərtlərdən biri bu məqsəd üçün standartların və texnologiyaların hazırlanmasıdır. Müxtəlif istehsalçıların hazırladıqları avadanlıqlar bir-biri ilə asanlıqla uzlaşmalı və bununla da telefon aparatına daxil olan analoq formalı siqnalların marşrutlayıcıların portundan keçməklə fərdi kompüterə daxil edilməsinə əksinə, fərdi kompüterdən klassik şəbəkə abunəçisinə ötürülməsi üçün şərait yaratmalıdır.

## **2.2 Məlumatların qənaətlə kodlaşdırılması metodları**

İnformasiyanın miqdarı gün keçdikcə dayanmadan artır. Bu demək olar ki, bütün fəaliyyət sahələrində mövcud vəziyyətdir. Əldə olunan informasiyaları yığcam hala gətirmək lazımdır. Məhz müasir texnologiyaların əldə edilməsinin vacibliyi burada özünü göstərir. Daşıyıcılarda informasiya mümkün olduğu qədər

yığcam yəni, qənaətlə saxlanılmalıdır. İnformasiyanın daşıyıcısı insanın beyni, hesablama maşınlarının yaddaşı və ya vərəqlər də ola bilər. İnformasiyanın daşıyıcısına adətən real obyektlər barəsində saxlayıcı deyirik. Məsələ odur ki, informasiyalar müstəqil şəkildə daşıyıcıdan kənarda var olan deyil. Daşıyıcının məzmunu əslində elə informasiyadır. İnformasiyanın alınması, daşıyıcını “oxumaq” mənasına gəlir. Əgər söhbət informasiyaların yığcam təqdim olunması metodları barəsində gedirsə, bu vaxt hər şeydən əvvəl, daşıyıcının vəziyyətini dəyişdirmək fikirdə tutulur. Qənaətlə kodlaşdırma informasiyanın yığcam şəkildə göstərilməsi deməkdir. Qənaətlə kodlaşdırma alqoritmi 1837-də S.Morze tərəfindən təklif olunub. Ancaq bu texnologiyanın inkişaf vaxtı kimi informasiya nəzəriyyəsinin meydana gəldiyi 20-ci əsr qırxıncı illər hesab edilir. 1837-ci ildə S.Morze informasiyanın uzaq məsafədən göndərilməsi üçün ilk vasitəni, yəni teleqrafı yaratmışdır. Teleqraf məlumatları elektrik siqnalların ardıcılığıdır ki, siqnallar bir teleqraftan məftil ilə digər teleqrafa daşınır. S.Morze kod yaratmışdır ki, burada informasiya üç simvol vasitəsilə verilir:

uzun siqnallar tirelərlə

qısa siqnallar nöqtələr vasitəsilə

pauzalar isə hərfləri ayırmaq üçün siqnalın olmamasıdır.

Kodlaşma dəqiq şəkildə müəyyən edilən qayda ilə, simvol toplusundan istifadəsi ilə aparılır.

Diskret məlumatların itkisiz qənaətlə kodlaşdırılması metodları

Diskret məlumatlardan ibarət ardıcılığın itkisiz qənaətlə kodlaşdırılmasını şərti şəkildə 3 qrupa ayırmaq mümkündür:

statistik metodlara

lüğət üsullarına

kontekstual üsullara.

İlk 2 qrup olduqca çoxdur, demək olar ki, hər biri diskret informasiyanın qənaətlə kodlaşdırılmasında olan yanaşmaları göstərir. 3-cü tip üsul olduqca geniş yayılıb, ancaq informasiyanın modeli növünü təsnifləşdirmək heç də asan deyil. İndiki

zamanda kontekst qrupa əsas metodlar olaraq ikisi əlavə olunmuşdur, bunlardan biri lüğət modelidir, digərinin nə statistik modelinə, nə də lüğətə aidiyyəti yoxdur.

### **Lüğət üsulları**

Lüğət üsullarında lüğət modeli işlədilir. Lüğət üsulu istifadəsində lüğətə əvvəl emal edilən məlumat daxil edir və bunun əsasında kodlaşdırma tətbiq olunur. Üsullar bəzi xüsusiyyətlərə görə fərqlənilir: üst-üstə uyğunluq təşkil edən elementlərə görə axtarış, lüğətin təşkil olunması, tapılan elementlər istinadlarına görə. İnformasiyanın qənaətlə kodlaşdırılmasından ötrü istifadə edilən lüğət üsullarının ən əsas inkişaf istiqamətlərini əks etdirən alqoritmlərdən biri LZ77-dir.

Proqramların bir çoxunda informasiyanı sıxmaqdan ötrü LZ77-dən və onun müxtəlif variantlarından faydalanılır. LZ-nin bu qədər çox istifadə edilmə səbəbləri sırasında onun çox asan, həmçinin güclü sıxılma effektinə sahibliyi. LZ77 məlumatların baxılmaq üçün nəzərdə tutulan hissəsini lüğət şəklində işlədir. Sıxa bilmək üçün informasiyanın sonra gələn hissəsini lüğətdə saxlanılan göstəriciylə əvəzləyir. LZ77-də 2 eyni olmayan pəncərələrdən istifadə edilir və sonra məlumatlar pəncərələr arasında sürüşdürülür. 1-ci böyük pəncərədə məlumatın baxılan qismi əlavə edilir. 2-ci kiçik hissə isə buferdir, baxılmayan hissələri özündə tutur. Pəncərə ölçüsü adətən bir neçə Kb, bufer ölçüsü maksimum yüz bayta bərabərdir. Alqoritm burada buferin onunla uyğun gələn fraqmentini müəyyənləşdirir.

LZ77 kodunu dekodlaşdırmaq da mümkündür və bu onun əldə edilməsindən də asandır, bu zaman lüğətdə axtarışın aparılmasına ehtiyac olmur.

“LZ77 çatışmayan tərəfləri də vardır:

- 1) lüğətin ölçüsü çoxaldıqca, alqoritmin işinin sürəti aşağı düşür;
- 2) tək simvollar kodlaşdırılma üçün səmərəli deyil.”[1, səh 135]

Tək simvol kodlaşdırılmasını effektiv etmək mümkündür, bunun üçün lüğətə gərəksiz istinadları aradan götürmək lazımdır.

Həm lüğət, həm də bufer həcmi həddindən artıq yüksəldilsə, nəticədə kodlaşmanın effektivliyi aşağı düşər. Bununla yanaşı, kodlaşdırıcının iş zamanı ciddi olaraq yüksələr.

## Qrafik informasiya göstərilməsi

İnsanlar daha çox görüntü vasitəsilə hadisələr haqqında informasiyalara sahib olurlar. Virtual yolla əldə edilən informasiyanın ölçüsü, ümumi informasiyanın ölçüsünün demək olar ki, səksən faizini təşkil edir. Bioloji formada insanın tarixi inkişafı görmə əhəmiyyəti ilə şərtləndirilir. Beyindəki görmə mərkəzi, informasiyaları yüksək sürətlə emal etmək xüsusiyyətinə sahibdir. Kompüterin yaranması və onun informasiyaları yüksək sürətlə emal edə bilməsi mütəxəssislərin kompüter vasitəsilə şəkil saxlanılmasına və emal edilməsinə hazırlanmasına istiqamət vermişdir. Qrafiklərin və səslərin kompüter vasitəsilə saxlamaq, emal etməkdən ötrü əhəmiyyətli ölçüdə hesablama resurslarının olması tələb edilir. Həmçinin, təbii yaranan informasiyanı qurğu xüsusi formada saxlayır. Problem odur ki, kompüterdə yalnız məhdud sayda informasiya saxlanılır və işlədilir. Təbii informasiyanı diskret şəkllə salmaq lazım gəlir ki, bu zaman onun kvantlaşdırılması və diskretləşdirilməsi gərəkdir. “Kəsilməz təbii siqnalın məkan və yaxud zamandan asılılığının aradan götürülməsinə **diskretləşmə** deyilir. Məkanca diskretləşmə zamanı şəkillər kiçik hissələrə ayrılır və bunun daxilində şəkillər dəyişməz xarakterizə edilir.” [1, səh 138] Zamanca diskretləşmə zamanı kiçik intervallar şəklində ayırır, intervallar daxilində təbii siqnallar, dəyişməz xarakterizə edilir. Misal olaraq, zaman daxilində diskretləşmə üçün kino və televizoru göstərə bilərik.

Bəs şəklin diskretləşməsi niyə lazımdır? Məkan kəsilməz olaraq xarakterizə edilir, yəni, məkanın hər bir hissəsində sonsuz miqdarda nöqtələr mövcuddur. Əgər gözlətimiz şəklin dəqiqliklə yaddaşda saxlanılmasıdırsa, bu zaman şəklin bütün nöqtələrini yaddaşda saxlamaq lazım gələcəkdir. Kompüterin yaddaşı məhdud olduğu üçün o bu formada olan şəkli saxlaya bilmir. Diskretləşmə bizə bu zaman lazım olacaqdır. Məkan sonlu sayda elementlər şəklində bölünəcək və bunlar kompüterdə saxlanılacaq. Diskretləşmə vaxtı məkanda bəzi elementlər itəcək. Qrafiklər informasiya baxımından müstəvidə işıq siqnallar toplusundan ibarət olur. Işıq siqnalı bir-birindən rənglər çaları, yerləri və parlaqlıqlarına görə fərqlənir. Rənglər və parlaqlıqlar, nöqtəni xarakterizə edirlər və onların ölçülməsi

mümkündür, yəni ədədlərlə göstərmək olar. Rənglər və parlaqlıqlar kəsilməzdir, yəni onların həqiqi ədədlə ifadəsi mümkündür. Ancaq belə vəziyyətdə onların dəqiqliklə kompüter vasitəsilə göstərilməsi qeyri-mümkündür. Bu səbəbdən bütün kəsilməz xarakterizə edilən ölçülər kvantlaşır. Həm diskretləşmədə, həm də kvantlaşmada informasiya özünün bir hissəsini itirir. Ona görə, komputerdəki təsvirlər orijinaldakı təsvirdən fərqli olur. Rastr göstərilənin seli formasında, vektorun xarakterizəsini təsvirin quruluşu formasında təyin etmək mümkündür.

Qrafik informasiyaların çatdırılması üçün rastr və vektordan istifadə edilir. Təsvirin standart həndəsi fiqurun vasitəsilə yaradılması vektor göstərilmə formasında təsvir edilir. Elementar fiqur standart həndəsi fiqurlardan ibarətdirlər. Elə təsvirlər vardır ki, vektorlaşmaya görə çox əlverişlidirlər. Bu onların quruluşundan irəli gəlir. Məsələn olaraq, planları, qrafikləri, xəritələri, diaqramları, sxemləri, bayraqları və başqaları göstərmək bilərik. Vektorlaşma vaxtı şəkil təhlil olunur və sadə hissələr şəklində ayrılır. Parametrlər saxlanılır: ölçü, mövqe, rəng. Bəzi tip şəkillər də var ki, onların quruluşu yaxşı deyil. Məsələn olaraq, bədii şəkillər, fotosəkillər, əlyazısı olan mətnlər və başqalarını bura aid edə bilərik. Bu formada olan təsvirlər vektorlaşma üçün o qədər də yararlı deyil. Onlardan ötrü rastrdan istifadə edilir: təsvir kiçik elementlər şəklində ayrılır, elementin ölçüsü, vəziyyəti əvvəldən göstərilir və nəticədə bütünlükdə şəkil ölçülərindən asılılığı olmayacaq. Bütün bunlar rastrı vektordan fərqləndirən xüsusiyyətlərdir. Rastrda təsvirlər elementə ayrılır, bu elementlər piksellərdir. Piksellər çox kiçikdir, hətta onları nöqtə ilə eyniləşdirmək mümkündür. Şəkillərin piksellər şəklində ayrılması, onların rəqəmlə göstərilməsidir. Şəkildəki piksellərdən ibarət çoxluğa rast deyilir. Rastr müəyyən edilən vaxt piksellərin koordinatı, ölçüsü, forması göstərilir. Pikseldə dəyişkən atribut rəngdir. Həm texnika, həm də kompüter qrafikası sahəsində daha geniş yayılan forma düzbucaqlı rastrdan istifadədir, bu zaman piksellər düzbucaqlı matris yaradırlar.

### **Xemminq alqoritmı**

Xemminq alqoritmı vasitəsilə hər hansı bir informasiyanı kodlaşdırmaq mümkündür. Onun vasitəsilə ötürmə vaxtı məlumatda bir səhvlik (məsələn,

maneəyə görə) yaranarsa, səhv aşkar olunur, mümkündürsə informasiya bərpa olunur. O qədər də mürəkkəb olmayan səhviyi bərpa edə bilən Xemminq alqoritminə nəzər salaq. Olduqca yüksək miqdarda səhvi aşkara çıxara bilən alqoritmanın daha da təkmilləşmiş modifikasiyası da mövcuddur. Xemminq kodları 2 hissədən ibarət olur. Birincisi ilkin məlumatı kodlaşdıracaq, ona müəyyən hissələrdə nəzarətedici bit daxil edəcək yəni, xüsusi formada hesablanacaq. İkincisi daxil olan informasiyaları qəbul edir, nəzarətedici bit təkrardan hesablanır. Əgər informasiyada səhv yoxdursa, bu o deməkdir ki, yeni yaranan nəzarətedici bit qəbul olunanla üst-üstə gəlir. Əks təqdirdə, informasiyada səhvlər aşkar olunur, səhvlər mümkündürsə düzəliş olunur.

### Nəzarətedici bitin hesablanma qaydası

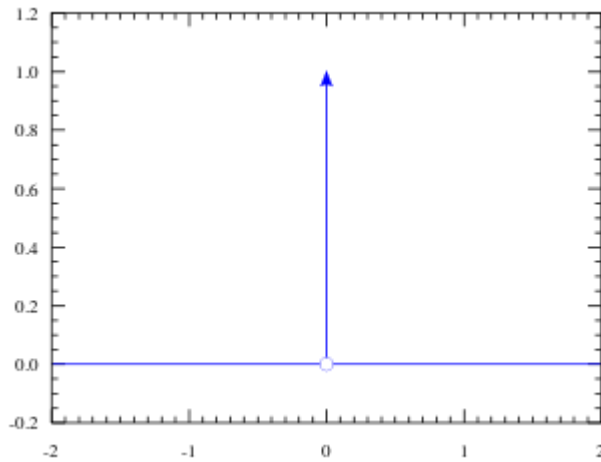
Hər bir nəzarətedici bitin qiymətinin informasiya bitinin qiymətindən asılılığı vardır, lakin ancaq o informasiya bitlərinin ki, onları nəzarətdə saxlayır. Nəzarətedici bitin digər bitlərdən hansına cavabdeh olduğunu anlamaqdan ötrü olduqca sadə qanunauyğunluğu anlamaq lazım gəlir: N-ci nəzarətedici bit, N mövqesindən yola çıxaraq bütün sonrakı N bitini nəzarətdə saxlayır. Bu danışılanlar aşağıdakı şəkildə təsvir edilmişdir.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  |    |
| X |   | X |   | X |   | X |   | X |    | X  |    | X  |    | X  |    | X  |    | X  |    | X  | 1  |
|   | X | X |   |   | X | X |   |   | X  | X  |    |    | X  | X  |    |    | X  | X  |    |    | 2  |
|   |   |   | X | X | X | X |   |   |    |    | X  | X  | X  | X  |    |    |    |    | X  | X  | 4  |
|   |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    | 8  |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | 16 |

Nəzarətedici bitlərin nəzarət etdiyi bitlər “X” ilə göstərilmişdir. On ikinci bitə dördüncü və səkkizinci bitlər vasitəsilə nəzarət edilir. N-ci bitin bitlərdən hansının nəzarətində olduğunu bilmək üçün N 2-nin dərəcələrinə uyğun ayırmaq lazım gəlir. Nəzarətedici bitlərin qiymətinin hesablanması: nəzarətedici bitini götürürük və nəzarət etdiyi bitlərdə olan birlərin miqdarına nəzər yetiririk, nəticə olaraq tam ədəd alınır. Cüt ədəd alınarsa, nəzarətedici bitə 0, əksi alınarsa, 1 veririk. Əlbəttə, bunun əks formada da edilməsi mümkündür. Yəni, əgər cüt ədəddirsə 1, əks vəziyyətdə 0.

### 2.3 Sıgnalın sadə komponentlərə ayrılması. Delta funksiyası və sıgnallarda yığılma əməliyyatları anlayışı

**Delta funksiyası** (və ya  **$\delta$  funksiyası**, **Dirac  $\delta$  funksiyası**, **Dirac deltası**, **vahid impuls funksiyası**) nöqtə effektini, habelə fiziki miqdarın (kütlə, yük, istilik mənbəyinin intensivliyi, qüvvə və s.) fəza sıxlığını qeyd etməyə imkan verən ümumiləşdirilmiş bir funksiyadır, bir nöqtədə konsentrasiya və ya tətbiq olunur.



Şəkil 2.2. Bir ölçülü delta funksiyasının sxematik diaqramı

Məsələn, *bir* ölçülü Evklid məkanında yerləşən vahid nöqtə kütləsinin  $m$  sıxlığı  $\mathbb{R}^1$  istifadə edərək qeyd edildi  $\delta$  şəklində funksiyalar  $m\delta(x - a)$ . Delta funksiyası səthlərdə və ya xətlərdə şarjın, kütlənin və s. paylanmasını təsvir etmək üçün də tətbiq olunur.

Yazının ümumi formasına baxmayaraq  $\delta(x)$  „ $x \in \mathbb{R}$   $\delta$ -fəaliyyət həqiqi dəyişənin funksiyası deyil, ümumiləşdirilmiş bir funksiya kimi müəyyən edilir: fərqlənən funksiyalar məkanında davamlı xətti funksionaldır. Ümumiləşdirilmiş bir funksiya olacaq və Heaviside funksiyası olaraq təyin olunan integral olan funksiyası üçün törəməni təqdim edə bilərik. Zəif bir şəkildə çevrilən adi klassik funksiyaların ardıcılığını göstərmək asandır  $\delta$ -funksiyaları.

Bir ölçülü və çoxölçülü deltanın funksiyalarını bir-birindən ayırmaq olar, lakin ikincisini çoxölçülü funksiyanın təyin olunduğu məkanın ölçüsünə bərabər olan bir ölçülü funksiyaların məhsulu kimi göstərmək olar. İngilis fiziki P. Dirac tərəfindən təqdim edilmişdir.

## Sadə tərif

Bir real dəyişənin Delta funksiyası (Dirac funksiyası) bir funksiya olaraq təyin edilə bilər  $\delta(x)$  aşağıdakı şərtləri ödəyir:

$$\delta(x) = \begin{cases} +\infty, & x = 0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x) dx = 1.$$

Delta funksiyanın  $x=0$  nöqtəsində qiyməti  $+\infty$  olur,  $x \neq 0$  nöqtələrində isə sıfıra bərabərdir. Bu mənada bir delta funksiyası anlayışı nöqtə kütləsi və ya nöqtə yükünün fiziki anlayışlarına bənzəyir. İntegralı anlamaq üçün müəyyən bir rəqəmi vahid sahəsi olan bir təyyarədə, məsələn, üçbucaqda təsəvvür etmək faydalıdır. Bu üçbucağın əsasını azaltsaq və ərazinin dəyişməməsi üçün hündürlüyü artırısaq, həddindən artıq vəziyyətdə kiçik bir baza və çox böyük bir hündürlüyə malik üçbucaq alırıq. Fərziyyəyə görə, onun sahəsi integral ilə göstərilən vəhdətə bərabərdir. Üçbucaq əvəzinə ümumiliyi itirmədən istənilən formanı istifadə edə bilərsiniz. Oxşar şərtlər müəyyən edilmiş delta funksiyaları üçün də tutulur  $\mathbb{R}^n$ .

Bu bərabərliklər delta funksiyanın tərifini olaraq qəbul edilmir, lakin bir çox fizika dərslərində bu şəkildə müəyyən edilmişdir və bu delta funksiyanı dəqiq müəyyənləşdirmək üçün kifayətdir. Qeyd edək ki, aşağıdakı bərabərlik bir delta funksiyanın bu tərifindən irəli gəlir

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x - y) f(x) dx = f(y)$$

(filtrləmə mülkiyyəti) hər hansı bir funksiya üçün  $f$ . Həqiqətən, malın xeyrinə  $\delta(x-y)=0$  at  $x \neq y$  funksiya varsa bu integralın qiyməti dəyişmir  $f(x)$  funksiya ilə əvəz edin  $\tilde{f}(x)$  bərabərdir  $f(x)$  nöqtədə  $x=y$ , və digər nöqtələrdə ixtiyari qiymətlər var. Məsələn götürün  $\tilde{f}(x) = f(y) = \text{const}$  sonra dözürlük  $f(y)$  integralın işarəsi üçün və delta funksiyanın tərifində ikinci şərti istifadə edərək istənilən bərabərliyi əldə edirik.

Delta funksiyanın törəmələri də demək olar ki, hər yerdə 0-a bərabərdir və çevrilir  $\pm\infty$  at  $x=0$ .



## Klassik tərif

Bir delta funksiyası bəzi funksional məkanda ( *əsas funksiyaların boşluğu* ) xətti fasiləsiz bir funksiya olaraq təyin olunur. Məqsədindən və istədiyi xüsusiyyətlərdən asılı olaraq, bu, kompakt dəstəyi olan funksiyalar sahəsi, sonsuzluqda sürətlə azalan funksiyalar sahəsi, çoxfunksiyalı hamar funksiyalar, analitik funksiyalar və s. Yaxşı xüsusiyyətlərə malik delta funksiyalarının törəmələrinin müəyyənləşdirilməsi üçün ola bilər. , bütün hallarda təməl funksiyalar sonsuz dərəcədə fərqlənir, əsas funksiyaların sahəsi də tam bir metrik boşluq olmalıdır. Belə ümumiləşdirilmiş funksiyalar *paylanmalara* da deyilir.

Ən sadə variantı nəzərdən keçirəcəyik. Əsas funksiyaların məkanı olaraq, məkanı nəzərdən keçiririk  $\mathcal{E}$  bir seqmentdə bütün sonsuz fərqlənən funksiyalar. Ardıcılıq  $\varphi_n \in \mathcal{E}$  çevrilir  $\varphi \in \mathcal{E}$  əgər hər hansı bir kompakt varsa  $K \in \mathbb{R}$  funksiyaları  $\varphi_n$  birləşmək  $\varphi$  bütün törəmələri ilə bərabər:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varphi_n = \varphi \Leftrightarrow \sup \sup \left| \varphi_n^{(j)}(x) - \varphi^{(j)}(x) \right| \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$$

Bu yerli konveks ölçülə bilən boşluqdur. Delta funksiyası funksional olaraq təyin olunur  $\delta \in \mathcal{E}'$  belə ki  $\forall \varphi \in \mathcal{E} : \langle \delta; \varphi \rangle = \varphi(0)$

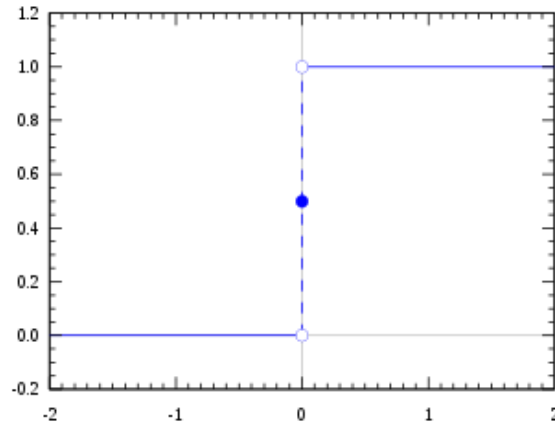
Davamlılıq o deməkdir ki, əgər  $\varphi_n \rightarrow \varphi$  sonra  $\langle \delta; \varphi_n \rangle \rightarrow \langle \delta; \varphi \rangle$ . Burada  $\langle \delta; \varphi \rangle$  -funksiyanın üzərindəki qiyməti  $\varphi$ .

## Xüsusiyyətləri

- Delta funksiyası bərabərdir.
- Delta funksiyasının sıfır olan hər hansı bir interval üzərində, yəni formanın bir intervalında  $(-a_1, a_2)$  harada  $a_1$  və  $a_2$  - ixtiyari həqiqi müsbət ədədlər, 1-ə bərabərdir.

- $x \delta'(x) = -\delta(x).$

- $\delta(f(x)) = \sum_k \frac{\delta(x-x_k)}{|f'(x_k)|}$  harada  $x_k$  - sadə funksiya sıfırları  $f(x)$ .



Şəkil 2.3. Heaviside funksiyası

- Antiderivativ bir ölçülü delta funksiyası Heaviside funksiyasıdır :

$$\theta(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$$

- Delta funksiyasının süzgəc xüsusiyyəti:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta(x - x_0) dx = f(x_0).$$

### İnteqral görünüş

Bir çox tətbiqetmədə, delta funksiyasının ayrılmaz nümayəndəliyi rahatdır:

$$\delta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega t} d\omega$$

Sübut: inteqralı nəzərdən keçirək

$$I(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega t} d\omega$$

hüddud kimi təfsir edilə bilər

$$I(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} I_N(t)$$

harada

$$I_N(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-N}^N e^{i\omega t} d\omega = \frac{1}{\pi} N \frac{\sin tN}{tN}$$

Məlumdur ki

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin t}{t} dt = \pi$$

Hər hansı birinə görə  $N$  ədalətli bərabərlik:

$$\int_{-\infty}^{\infty} I_N(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin tN}{tN} d(tN) = 1.$$

Göstərilə bilər ki,  $(N)$  sonsuz böyükdə, funksiya üçün delta funksiyasının bütün xüsusiyyətləri doğrudur və müəyyən mənada meyl edir  $\delta(t)$ .

### Törəmə Delta funksiyaları

Delta funksiyasının törəməsinin tərfi ilə  $\delta(x)$  :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta'(x-a) dx = -f'(a)$$

(Delta funksiyası olan integrandalar halında integrasiyanın hissələrə bölüşdürülməsi).

Eynilə delta funksiyasının  $n$ -ci törəməsi üçün:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta^{[n]}(x-a) dx = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial f}{\partial x} \delta^{[n-1]}(x-a) dx$$

Və hissələrə  $n$  dəfə belə integrasiya edərək, nəhayət əldə edirik:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta^{[n]}(x-a) dx = (-1)^n \frac{\partial^n f(x)}{\partial x^n} \Big|_{x=a}$$

Delta funksiyasının törəməsi üçün şəxsiyyət özündə saxlayır:

$$f(x) \delta'(x) = f(0) \delta'(x) - f'(0) \delta(x),$$

məhsulu fərqləndirməklə əldə edilə bilər  $f(x) \delta(x)$ .

### 2.4 Diskret Furje çevrilməsi

Müasir rabitə texnologiyasını spektral analiz olmadan təsəvvür etmək mümkün deyil. Siqnalların tezlik sahəsindəki nümayəndəliyi həm xüsusiyyətlərinin təhlili, həm də radio rabitə sistemlərinin ötürücülərinin blokları və qovşaqlarının

təhlili üçün lazımdır. Siqnalları tezlik sahəsinə çevirmək üçün birbaşa Furiye çeviricisi istifadə olunur. Birbaşa Furiye çevrilməsinin ümumiləşdirilmiş düsturu aşağıdakı kimi yazılır:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i2\pi ft} x(t) dt$$

Tezlik təhlili üçün bu düsturdan göründüyü kimi, zaman dairəsində təqdim olunan siqnal ilə müəyyən bir tezlik ilə kompleks eksponent arasındakı əlaqə hesablanır. Bundan əlavə, Euler düsturuna görə kompleks eksponent həqiqi və xəyali hissələrə parçalanır.

$$e^{-i2\pi ft} = \cos(2\pi \cdot f \cdot t) - i \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

Tezlik aləmində təqdim olunan siqnal, tərs Furiye çevrilməsindən istifadə edərək yenidən müvəqqəti bir nümayəndəliyə çevrilə bilər. Tərs Furiye çevrilməsinin ümumiləşdirilmiş düsturu aşağıdakı kimi yazılır:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i2\pi ft} S(f) df$$

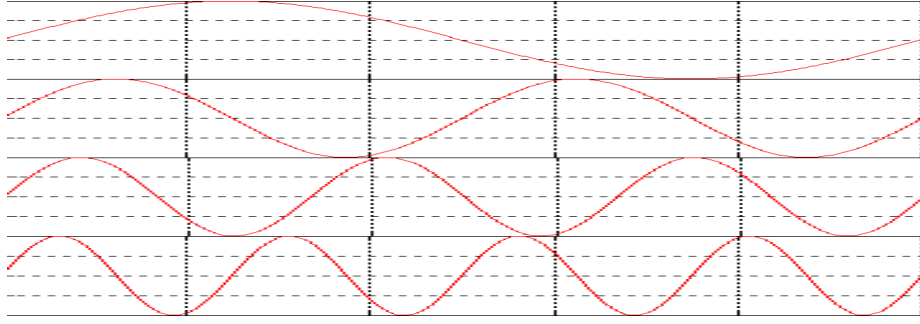
Doğrudan Furiye çevirmə düsturu minus sonsuzluğundan sonsuzluğa qədər vaxt inteqrasiyasından istifadə edir. Təbii ki, bu riyazi bir abstraktdır. Həqiqi şəraitdə, 0 olaraq təyin edə biləcəyimiz bir anda zaman nöqtəsinə qədər təyin edə biləcəyimiz bir anda T-yə inteqrasiya edə bilərik.

$$S(f) = \int_0^T e^{-i2\pi ft} x(t) dt$$

Nəticədə, Furiye transformasiyasının xüsusiyyətləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Fasiləsiz bir funksiyanın əvəzinə siqnal spektri diskret qiymətlər seriyasına çevrilir. İndi minimum tezlik və eyni zamanda siqnal spektrinin tezlik qiymətlərinin addımı olur:

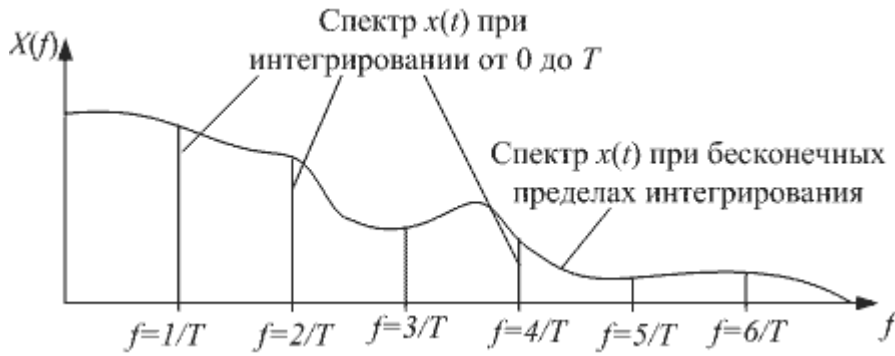
$$f_{min} = \Delta f = \frac{1}{T}, \Omega = \frac{2\pi}{T}$$

Yalnız  $k/T$  tezlikləri olan sin və cos funksiyaları qarşılıqlı ortoqonal olacaq və bu Furiye çevrilməsinin əvəzedilməz şərtidir. İlk Furiye seriyası genişləndirmə funksiyalarının məcmusu şəkildə göstərilmişdir. Bu vəziyyətdə funksiyaların müddəti analiz T müddəti ilə üst-üstə düşür.



Şəkil 2.4. Furiye seriyasının genişləndirilməsi funksiyaları

İndi siqnalın spektri şəkildə də göstərildi ki kimi görünəcəkdir.



Şəkil 2.5. Məhdud zaman kəsiyində təhlil zamanı  $x(t)$  funksiyasının spektri

Bu vəziyyətdə birbaşa Furiye çevrilməsini hesablamaq üçün düstur aşağıdakı formaya çevrilir:

$$X(k) = \int_0^T e^{-it\frac{2\pi k}{T}} x(t) dt$$

Məhdud zaman ərzində spektri müəyyənləşdirmək üçün tərs Furiye çevrilməsinin düsturu bu kimi görünəcəkdir:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{it\frac{2\pi k}{T}} X(k)$$

Bənzər bir şəkildə, bir siqnalın rəqəmsal nümunələri üçün birbaşa Furiye çevirmə düsturunu təyin etmək olar. Fasiləsiz bir siqnalın əvəzinə rəqəmsal nümunələrin istifadə olunduğunu nəzərə alsaq ifadədə integral cəmlə əvəz olunur.

Bu vəziyyətdə, təhlil olunan signalın müddəti rəqəmsal nümunələrin sayı ilə müəyyən edilir. Signalın rəqəmsal nümunələri üçün Furiye transformasiyasına diskret Furiyer çevrilməsi deyilir və aşağıdakı kimi yazılır:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-ikn\frac{2\pi}{T}} x(n) = \sum_{n=0}^{N-1} \left[ \cos\left(\frac{2\pi}{T} kn\right) - i \sin\left(\frac{2\pi}{T} kn\right) \right] x(n)$$

İndi diskret Furiye çevrilməsinin (DFT) xassələrinin məhdud zaman intervalında birbaşa Furiyer transformasiyası ilə müqayisədə necə dəyişdiyini nəzərdən keçirəcəyik. Bir analoq signalın nümunə götürülməsinə baxdıqda, giriş signalının spektrinin tezliklə məhdudlaşmalı olduğunu gördük. Bu tələb signal spektrinin diskret komponentlərinin sayını məhdudlaşdırır. Başlanğıcda görünə bilər ki, signal spektrini  $K = N / 2$  tezlik komponentlərinin sayına uyğun gələn  $f_d / 2$  tezliyi ilə məhdudlaşdırıla bilər. Ancaq bu belə deyil. Müsbət tezliklər və mənfi tezliklər üçün həqiqi signal nümunələri üçün signal spektrinin 0-a nisbətən simmetrik olmasına baxmayaraq, bəzi spektral alqoritmlər üçün, məsələn, Sürətli Fourier Transform (FFT) alqoritmi üçün mənfi tezliklər tələb oluna bilər. Giriş signalının mürəkkəb nümunələrində diskret Furiyer çevrilməsini həyata keçirərkən fərq daha da böyükdür. Nəticədə rəqəmsal bir signalın spektrini tam təsvir etmək üçün  $N$  tezlik nümunələri ( $k = 0, \dots, N / 2$ ) tələb olunur.

Dövri təkrarlanan signalı bir Furiyer  $S(k\Delta\omega)$  seriyasında genişləndirərkən,  $\Delta\omega = 2\pi/P_{min} = 2\pi/(NT)$  rad / s harmoniklərindən ,  $k$ -ixtiyari bir tam ədəddən ibarət diskret bir spektr əldə edirik. Sonra Furiye  $S(k\Delta\omega)$  seriyasının genişləndirmə əmsalları bərabərdir:

$$S(k\Delta\omega) = \frac{1}{NT} \int_0^{NT} S_D(t) \exp(-jk\Delta\omega t) dt.$$

$$S(k\Delta\omega) = \frac{1}{NT} \int_0^{NT} \sum_{n=0}^{N-1} s(t)\delta(t - nT) \exp(-jk\Delta\omega t) dt$$

toplama və integrasiya əməliyyatlarını dəyişdirin və delta funksiyasının süzgəc xüsusiyyətini tətbiq edin:

$$\begin{aligned} S(k\Delta\omega) &= \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} \int_0^{NT} s(t) \delta(t - nT) \exp(-jk\Delta\omega t) dt \\ &= \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} s(nT) \exp(-jk\Delta\omega nT) \end{aligned}$$

Nəzərə alaq ki  $\Delta\omega T = 2\pi/N$ , nəhayət yazıb bilərik:

$$S(k\Delta\omega) = \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} s(nT) \exp(-j \frac{2\pi}{N} nk)$$

Qeyd edirik ki, ifadədəki mürəkkəb eksponensialların indeksləri  $T$  seçmə aralığından asılı deyil, yalnız indekslərdən və zamanın seriya nömrəsini  $n$  və  $k$  spektr sayımlarını göstərir. Bu, yalnız  $n$  və  $k$  indekslərdən istifadə edərək istənilən nümunə dərəcəsi üçün universal bir hesablama proqramını həyata keçirməyə imkan verən çox faydalı bir mülkdür.

İfadədə hər hansı bir  $k$  tam ədəd üçün etibarlıdır, lakin orijinal signalın  $S_D(t)$  diskret olduğunu xatırlayın, buna görə spektr dövrü  $S(k\Delta\omega)$  olur və hər nümunəni  $N$  təkrarlayır. Məsələn  $k$  yerinə  $k + N$  əvəzlənməsini yoxlamaq çox asandır, məsələn:

$$\begin{aligned} S((k + N)\Delta\omega) &= \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} s(nT) \exp(-j \frac{2\pi}{N} n(k + N)) \\ &= \frac{1}{NT} \sum_{n=0}^{N-1} s(nT) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right) \exp(-j2\pi n) = S(k\Delta\omega). \end{aligned}$$

Beləliklə, bütün indekslər üçün  $k$  spektral oxunuşları hesablamağa ehtiyac yoxdur, yalnız  $N$  spektral oxunuşları  $S(k\Delta\omega)$ ,  $k = 0 \dots N - 1$  hesablamaq kifayətdir.

İfadədə, orijinal diskret signalın nümunələrini,  $N$  spektrin təkrarlanması  $s(nT)$  bir dövründəki  $N$  spektral nümunələri xəritəyə gətirən diskret bir çevrilmədir.

Diqqət yetirin ifadə, spektral sıxlıq deyil, dəqiq spektrdir, çünki bir Furier seriyasında genişlənmə nəticəsində  $S(k\Delta\omega)$  əldə etdik.

Bu, vahidlərin orijinal siqnalın  $S(k\Delta\omega)$  vahidləri ilə eyni olduğunu göstərir.

Yalnız giriş siqnalının və spektral nümunələrin göstəriciləri ilə işləyirik ( $T = 1$  tənzimləyərək), diskret Furiye çevirməsi üçün ifadəni əldə edirik:

$$S(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \exp(-j \frac{2\pi}{N} nk), k = 0 \dots N - 1.$$

DFT-lərin bəzi xüsusiyyətləri:

**DFT xətti.** Siqnalların cəminin DFT bu siqnalların DFT cəminə bərabərdir. Əgər  $s(n) = x(n) + y(n)$  sonra:

$$\begin{aligned} S(k) &= DFT[s(n)] = DFT[x(n) + y(n)] \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} (x(n) + y(n)) W_N^{nk} = X(k) + Y(k) \quad k = 0 \dots N - 1, \end{aligned}$$

harada  $X(k)$  və  $Y(k)$  DFT siqnalları  $x(n)$  və  $y(n)$  müvafiq olaraq.

Siqnalı sabit birinə vurarkən  $a$  Siqnalın DFT də sabit olaraq vurulur:

$$S(k) = DFT[ax(n)] = aX(k)$$

**Sıfır DFT.** Sıfır DFT hesabatı siqnal nümunələrinin cəmidir.

$$S(0) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n).$$

**DFT tsiklik toplama siqnalları.** Siqnal qoyaq  $s(n)$  siqnalların tsiklik yığılması nəticəsində var  $a(n)$  və  $b(n)$  :



$$s(n) = \sum_{m=0}^{N-1} a(m)b(n-m).$$

Signalın DFT-ni hesablayırıq  $s(n)$  :

$$S(k) = DFT[s(n)] = \sum_{n=0}^{N-1} \left( \sum_{m=0}^{N-1} a(m)b(n-m) \right) W_N^{nk}.$$

Yığım əməliyyatları dəyişdirin:

$$\begin{aligned} S(k) &= \sum_{m=0}^{N-1} a(m) \sum_{n=0}^{N-1} b(n-m) W_N^{nk} \\ &= \sum_{m=0}^{N-1} a(m) B(k) W_N^{mk} = B(k) \sum_{m=0}^{N-1} a(m) W_N^{mk} = B(k) A(k). \end{aligned}$$

İfadəni alarkən, dövrlik zaman dəyişmə xassəsindən istifadə edilmişdir.

Beləliklə, iki signalın tsiklik yığılmasının DFT bu signalların DFT məhsuluna bərabərdir.

Bu xüsusiyyət signalların yığılmasını hesablamaq üçün sürətli Fourier çevirmə alqoritmlərindən istifadə etməyə imkan verir.

**İki signalın DFT məhsulu.** Signal  $s(n)$  signalların məhsuluna bərabərdir  $a(n)$  və  $b(n)$ , yəni  $s(n) = a(n)b(n)$  və  $A(k)$  və  $B(k)$  – DFT signalı  $a(n)$  və  $b(n)$  müvafiq olaraq.

Sonra DFT signalı  $s(n)$  bərabərdir:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) W_N^{nk} = \sum_{n=0}^{N-1} a(n)b(n) W_N^{nk}.$$

əvəzləmə aparaq,  $a(n)$  spektrdən ODL şəklində  $A(k)$ :

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} a(n)b(n)W_N^{nk} = \sum_{n=0}^{N-1} \left( \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} A(m)W_N^{-mn} \right) b(n)W_N^{nk}.$$

son ifadə ilə toplama əməliyyatları dəyişdiririk və əldə edirik:

$$S(k) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} A(m) \sum_{n=0}^{N-1} b(n)W_N^{(k-m)n} = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} A(m)B(k-m).$$

Beləliklə, siqnalların məhsulunun DFT-si bu siqnalların DFT-nin tsiklik konvolvasiyasıdır.

## 2.5 Maneəyə davamlı siqnallar

Ötürmə sistemlərinin xarakterizə olunduğu göstəricilər vardır. Bunlara sistemin maneəyə davamlılığı, etibarlılığı, səmərəliliyini aid edə bilərik. Rabitə kanalında hər hansı bir maneə varsa və informasiya belə bir vəziyyətdə qəbul oluna bilirsə, bu sistemin maneəyə davamlılıq qabiliyyəti deməkdir.

Siqnal kateqoriyalarından biri də səs-küy və maneədən ibarətdir. Dəqiq ifadə etsək, bu siqnallar yararlı informasiyalar daşımır. Səs-küyün və maneənin xarakterləri müəyyəndirsə, onlarla mübarizə də etmək olur.

Sistemə təsiri olan və siqnalın doğru qəbul edilməsinə əngəl yaradan kənar həyəcanlanmalar maneə adlanır. Maneə faydalı olan siqnalın təhrifinə yol açan kənar təsirlər kimi qiymətləndirilir. Sistemin özünün yaratdığı səhv isə səs-küy adlanır. Səs-küy yalnız səslərlə bağlı deyil, rəng səs-küyü anlayışında vardır. Maneələrin müxtəlif növləri var: təsadüfi, sənaye xarakterli, qanunauyğun, atmosfer, daxili və xarici maneələr. Atmosfer maneəsinə antenada olan qırovu, qar tufanlarını, ildırımını, tozu, şimal şəfəqini və başqalarını misal göstərə bilərik. Sənaye maneələri fəqli formalarda olan dəzgah mühərrikləri çalışması ilə bağlıdır. Belə ki, şəhərin elektriklə bağlı şəbəkələri sənaye maneələri törədir. Müntəzəm maneələrə qanunauyğun maneələr aiddir və onlarla başa çıxmaq elədə çətinlik yaratmır. Müntəzəm maneələrin aradan qaldırılması üçün siqnalın toplanması, aşkaredici və səhvdüzəldici kodun tətbiq olunması və siqnalların dayanaqlılığının yüksəldilməsi kimi metodlar istifadə olunur. Təsadüfi maneələr

ilə mübarizələr olduqca çətin hesab olunur. Təsadüfi maneələrin additiv və multiplikativ olaraq iki növü var. Additiv maneə siqnallarla yığılan maneədir. Additiv maneələr siqnallar olsada-olmasada mövcuddurlar. Təsir aşağıdakı kəmiyyət vasitəsilə xarakterizə olunur:

$$U_o(t) = U_s(t) + U_{\xi}(t)$$

$U_s(t)$ - siqnal gərginliyini;  $U_{\xi}(t)$  - maneə gərginliyini bildirir.

Multiplikativ ancaq siqnalın ötürülməsi zamanı meydana gələn maneədir. O siqnalları ya olduqca güclü edir və ya əksinə yüksək sürətdə zəif edir. Təsir aşağıdakı kimi xarakterizə olunur:

$$U_m(t) = \omega * U_s(t)$$

$\omega$  - rabitə kanalı parametrlərinin dəyişməsinə nəzərdə tutan əmsal adlanır. Bunlar xarici maneədir. Daxili maneə isə siqnalların ötürülməsi və qəbul edilməsi üçün mövcud olan qurğular vasitəsilə yaradılan maneələrdir. Bərabər gücdəki və eyni maneə şəraitindəki N sistemi tərəfindən alınan siqnal daşınan siqnala M sistemindəki siqnaldan daha yaxındadırsa, bu zaman N sisteminin M-ə nəzərən maneələrə daha çox davamlı olduğunu deyə bilərik. Maneəyə davamlılıq dinamik və statik olaraq iki yerə ayrılır. Statik maneələrə davamlılığın mənası odur ki, informasiyanın daşınmadığı zamanda maneənin meydana gətirdiyi yanlış siqnalı daşımağı rədd etmək imkanı yaradır. Dinamik maneələrə davamlılıq faydalı olan siqnalı uğultudan ayırd etmək qabiliyyəti formasında özünü göstərir. Sistemdəki maneəyə davamlılıq:

$$H = -(1 - p_{so}) \log(1 - p_{so}) - p_{so} \log p_{so}$$

düsturu ilə təyin olunur.  $p_{so}$  - yanlış alınmanın orta ehtimalı adlanır. Bolluğun yüksəlməsi statik maneələrə davamlılığı artırsada, ancaq daşınma sürətini aşağı salır, nəticədə kodun optimallıqdan kənarlaşması baş verir. Maneəyə davamlılığın səviyyəsini təmin etməkdən ötrü kodun mürəkkəbləşməsi həddini müəyyən etmək üçün səmərəlilik anlayışı işlədilir. “Daha səmərəli sistem odur ki, o eyni bir tezlik zolağındakı, eyni gücdəki xəbərləri daha sürətli daşıyır.” [1, səh 76] Xəbərin bolluğunun azalması, ötürmə sistemi üçün səmərəliliyin

yüksəlməsi deməkdir. Bolluq üçün məqsədəuyğun minimum hədudu o zaman alınır ki, ötürmə sürəti buraxıcılıq qabiliyyəti ilə eyni olsun. Belə ki, bolluğun aşağı düşməsi maneəyə davamlılığı azaldır. Simvollar fərqli ehtimalda, ancaq eyni gücdə olarsa bolluğu aşağı salmadan da səmərəliliyi yuxarı qaldırmaq olur. Ancaq bu vaxt maneəyə davamlılığın yüksəlmədiyi müşahidə olunur. Səmərəliliyi kəmiyyət cəhətdən ölçməkdən ötrü:

rabitə kanalı istifadə əmsalından:

$$\eta = \frac{R}{C}$$

və ötürmə əmsalından:

$$\mu = \frac{R}{H}$$

istifadə olunur. R - ötürmənin sürətini; C - buraxıcılığın qabiliyyətini; H - mənbənin entropiyasını göstərir. Etibarlılığın maneəyə davamlılıqla, həmçinin, səmərəliliklə sıx bağlılığı var. Odur ki, səmərəlilik yüksək olduqca maneəyə davamlılıq aşağı düşür. Maneəyə davamlılığın, səmərəliliyin eyni vaxtı yüksəlməsi sistemi mürəkkəbləşdirir. Nəticədə etibarlılıq aşağı düşür. Ötürmə sistemindəki etibarlılıq, müəyyən zaman dilimində sistemin imtinasız işləyə bilmə qabiliyyətidir. Ötürmənin etibarlılığını, bütünlükdə rabitənin etibarlılığı ilə səhv salmaq olmaz. Ötürmə etibarlılığı, qurğuların yaxşı işləyə bilməsi şərti ödəyirsə, doğru ötürmə ehtimalı adlanır. Meydana gələn yanlışlar ancaq uğultunun sayəsində olacaqdır. Rabitədə etibarlılıq dedikdə maneələri nəzərə almaqla, məlumatın doğru qəbul edilməsi ehtimalı nəzərdə tutulur. Rabitə sisteminin xarakterizəsi rabitə etibarlılığı ilə müəyyənləşdirilir. Kodlaşma üsulunun xarakterizəsi isə ötürmə etibarlılığı ilə müəyyənləşdirilir. Təcrübələr onu göstərir ki, aşağıdakı hallarda etibarlılıq səviyyəsi az olur:

- texniki tələbatların əsaslandırılması olmadıqda hansı ki, real imkanlardan kənardırlar;
- rabitə kanalındakı kodlaşdırma metodlarını doğru seçmədikdə;
- yaxşı layihələşdirilmədikdə;

- elementlər səhv tətbiq edildikdə;
- sxemin və xidmətçi heyətin çox yüklənməsinə səbəb verən mürəkkəb texnikaların istifadəsi zamanı;
- həddindən çox universallaşdırmağa cəhd olunduqda;
- kompleks layihələşdirmə aparılmadığı zaman;
- ucuz, keyfiyyəti aşağı olan materialdan istifadə olunduqda;
- işçilər yaxşı öyrədilmədikdə.

### III FƏSİL. SİQNALLARIN TƏTBİQ SAHƏLƏRİ

#### 3.1 Rəqəmsal televiziyanın inkişaf tarixi

Rəqəmsal televiziya, analoq siqnalları istifadə edən əvvəlki analoq televiziya texnologiyasından fərqli olaraq rəqəmsal kodlaşdırma istifadə edərək televiziya audiovizual siqnallarının ötürülməsidir. İnkişaf etdiyi dövrdə yenilikçi bir irəliləyiş hesab edildi və 1950-ci illərdə rəngli televizordan bəri televiziya texnologiyasında ilk əhəmiyyətli təkamülü təmsil etdi. Müasir rəqəmsal televiziya analoq televizorlardan daha yüksək qətnamə ilə yüksək dəqiqliklə (HDTV) ötürülür. Adətən analoq TV-nin daha dar formatından fərqli olaraq geniş ekrana nisbəti (ümumiyyətlə 16: 9) istifadə edir. Bu az radio spektri məkanından daha qənaətli istifadə edir; vahid bir analoq kanal kimi eyni bant genişliyində yeddi kanal ötürə bilər və analoq televiziyanın edə bilmədiyi bir çox yeni xüsusiyyət təmin edir. Rəqəmsal televiziyanın kökləri ucuz, yüksək keyfiyyətli kompüterlərin olması ilə çox bağlıdır. 1990-cı illərə qədər rəqəmsal televiziyanın real bir fürsətə çevrilməsi baş vermədi. Dijital televizor əvvəlcədən standart bir televizor (SDTV) üçün 200 Mbit / s bit sürəti tələb edən sıxılmayan rəqəmsal videonun praktiki olaraq yüksək bant genişliyi tələblərinə görə praktik olaraq mümkün deyildi. ) siqnal və yüksək dəqiqlikli televiziya (HDTV) üçün 1 Gbit / s-dən çoxdur.

Rəqəmsal TV 1990-cı illərin əvvəllərində böyük bir texnoloji inkişaf, diskret kosin transformasiyası (DCT) video sıxılma səbəbindən mümkün oldu. DCT kodlaşdırma ilk dəfə 1972-ci ildə Nasir Əhməd tərəfindən görüntülərin sıxılması üçün təklif edilmiş və daha sonra 1988-ci ildən bəri H.26x formatları kimi video kodlaşdırma standartları üçün hərəkətli kompensasiya edilmiş DCT video kodlaşdırma alqoritminə uyğunlaşdırılmış itkisiz bir sıxışdırma üsuludur. 1991-ci ildən bu yana MPEG formatları. Motion-kompensasiya edilmiş DCT video kompressiyası rəqəmsal TV siqnalı üçün tələb olunan genişliyi əhəmiyyətli dərəcədə azaltdı. DCT kodlaşdırma rəqəmsal televiziya siqnallarının ötürmə qabiliyyətini SDTV üçün 34 Mpps bit sürətinə və HDTV üçün 70-140

Mbit / s-ə qədər azaldı, 90-cı illərdə rəqəmsal televiziyanı praktik bir gerçək hala gətirdi.

Dünyanın müxtəlif yerlərində fərqli rəqəmsal televiziya yayım standartları qəbul edildi; aşağıda daha çox istifadə olunan standartlar:

Rəqəmsal Video Yayım (DVB) kodlu ortogonal tezlik-bölmə multiplexing (OFDM) modulyasiyasından istifadə edir və iyerarxik ötürülməni dəstəkləyir. Bu standart Avropa, Afrika, Asiya və Avstraliyada ümumilikdə təxminən 60 ölkədə qəbul edilmişdir.

İnkişaf etmiş Televiziya Sistem Komitəsi (ATSC) yerüstü yayım üçün səkkiz səviyyəli vestigial yan bantdan (8VSB) istifadə edir. Bu standart 6 ölkə tərəfindən qəbul edilmişdir: ABŞ, Kanada, Meksika, Cənubi Koreya, Dominikan Respublikası və Honduras.

İnteqrasiya Xidmətlər Rəqəmsal Yayım (ISDB) sabit qəbuledicilərə, həmçinin portativ və ya mobil qəbuledicilərə yaxşı qəbul təmin etmək üçün hazırlanmış bir sistemdir. Bu OFDM və iki ölçülü interleaving istifadə edir. Üç təbəqənin iyerarxik ötürülməsini dəstəkləyir və MPEG-2 video və Advanced Audio kodlaşdırma istifadə edir. Bu standart Yaponiya və Filippində qəbul edilmişdir. ISDB-T International, Cənubi Amerika və Portuqal dilli Afrika ölkələrinin əksəriyyətində qəbul edilmiş H.264 / MPEG-4 AVC istifadə edərək bu standartın uyğunlaşmasıdır.

Rəqəmsal Yerüstü Multimedia Yayımı (DTMB) OFDM blokunun və təlim simvolunun gözetçi intervalı (GI) kimi xidmət etmək üçün yalançı təsadüfi signal çərçivəsi ilə vaxt-domen sinxron (TDS) OFDM texnologiyasını qəbul edir. DTMB standartı Hong Kong və Makao da daxil olmaqla Çin Xalq Respublikasında qəbul edilmişdir.

Rəqəmsal Multimedia Yayımı (DMB) Cənubi Koreyada televiziya, radio və məlumat yayımı kimi multimediyanı mobil telefon kimi mobil cihazlara göndərmək üçün milli IT layihəsinin bir hissəsi olaraq inkişaf etdirilən rəqəmsal bir radio ötürmə texnologiyasıdır. noutbuklar və GPS naviqasiya sistemləri.

Rəqəmsal televiziya, bir televiziya signalının ötürülməsi, emalı və saxlanması rəqəmsal formada həyata keçirilməsi.

Rəqəmsal televiziya metod və vasitələrinin istifadəsi analoq televizorla müqayisədə bir sıra üstünlüklər təmin edir:

televiziya signalının ötürülməsi və qeyd edilməsində səs-küy toxunulmazlığının artması;

TV yayım ötürücülərinin gücünü azaltmaq;

eyni tezlik diapazonunda ötürülən televiziya proqramlarının sayında ciddi artım.

Adi standartla televiziya qəbuledicilərində şəkil və səs keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması televiziya sənayesində yeni bir sahədir: kino, görüntü parçalanması üçün yeni standartlar olan TV-ON sistemlərinin yaradılması (yüksək dəqiqlikli televiziya, HDTV);

televiziya verilişlərinin hazırlanmasında və aparılmasında istifadə olunan studiya avadanlıqlarının funksionallığını genişləndirmək;

müxtəlif ekstra bir televiziya signalında ötürmə, aktual məlumat, bir televiziya qəbuledicisini çoxfunksiyalı bir informasiya sistemə çevirmək;

izləyicinin ötürülən proqrama təsir etmək imkanı əldə etdiyi interaktiv televiziya sistemlərinin yaradılması.

Bu üstünlüklər həm rəqəmsal televiziyanın özü, həm də müxtəlif alqoritmlər, dövrə həlləri və uyğun cihazların yaradılması üçün kiçik ölçülü texnoloji bazaya bağlıdır. Bütün iştirakçılar tərəfindən yerinə yetirilməli olan standartlar - İnsan biliyinin və praktik fəaliyyətinin hər hansı bir sahəsi kimi, rəqəmsal televiziya mərhələlərlə inkişaf etmişdir: hədəflər müəyyənləşdirmə, tədqiqat, inkişaf, təcrübi dizayn və nəhayət, sənaye stalling hər hansı bir sənayenin, o cümlədən inkişafın ən vacib komponentidir o cümlədən televiziya. Rəqəmsal TV proqramının ləqəbləri.

1947-ci ildə qurulmuş Şuinin (ISO-Standartlaşdırma üzrə Beynəlxalq Təşkilatı) qəbulu. Sənayenin mühəndislik sənayesində standartların inkişafı üçün ISO, işçi qruplar yaradır. Buna misal olaraq, Beynəlxalq Standartlarda iştirak edən və ilk növbədə Beynəlxalq Standartlaşdırma Təşkilatı - Rəqəmsal



Televiziya Standartları tərəfindən qəbul edilən MPEG (Motion Picture Expert Group) -ı göstərmək olar. Standartlaşdırmada mühüm rol oynayan başqa bir təşkilat Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqıdır (ITU Beynəlxalq Telekomunikasiya Birliyi). ITU tərəfindən qəbul edilən sənədlər Standartlar adlanır və Lee qərarları ilə beynəlxalq standartlaşdırma orqanlarının milli qərarlarına çevrilə bilər. Rəqəmsal televiziya öz inkişafının bir neçə mərhələsini keçib. Birinci mərhələ, adi parçalanma standartı və analog rabitə kanallarını qoruyarkən televiziya sisteminin ayrı-ayrı hissələrində rəqəmsal və texnologiyanın istifadəsidir. Bu mərhələnin ən vacib uğuru tam rəqəmsal studiya avadanlıqlarının yaradılması idi. Bu vəziyyətdə, ötürücü kameralardan gələn siqnallar rəqəmsal formaya çevrilir və bütün sonrakı işlənmədə rəqəmsal formada saxlanılır. Studiya avadanlığının çıxışında signal analog formaya çevrilir və şərti kanallarla ötürülür. Başqa bir istiqamət, görüntü keyfiyyətini artırmaq üçün rəqəmsal blokların televizor qəbuledicilərinə daxil edilməsidir (parlaqlıq və rəng fərqi siqnallarını ayırmaq üçün rəqəmsal filtrlər, səs-küyün təsirini azaltmaq və s.) və Teletext sistemi vasitəsi ilə ötürülən əlavə məlumatların ekrandakı reproduksiyası). Bütün bu inkişaf parçalanma standartına və bir televiziya signalının bir rabitə kanalı üzərindən ötürülməsi prinsiplərinə təsir göstərmədi. İkinci mərhələ, qəbul edilmiş adi televiziya standartlarından sapma parametrləri olan hibrid analog-rəqəmsal televiziya sistemlərinin yaradılmasıdır. Bu mərhələdə dəyişikliklər iki istiqamətdə inkişaf etdi: parlaqlıq və rəng fərqi siqnallarının eyni vaxtda ötürülməsindən ardıcıl ötürülməsinə keçid; kadrdakı xətlərin və xəttəki görüntü elementlərinin artması. İkinci istiqamətin həyata keçirilməsi yalnız sıxılma alqoritmlərindən bir televiziya signalının qəbul edilə bilən tezlik diapazonu ilə rabitə kanallarına ötürülməsi imkanlarını müzakirə etmək üçün istifadə edildiyi təqdirdə mümkündür. Hibrid televiziya sistemlərinə misal: MUSE, Yaponiyada yüksək e-görmə sistemi və MAS sistemlər ailəsi. Rəqəmsal vasitələrlə ötürücü və qərb bölgələrində, rabitə kanalında isə analog şəkildə dəyişirəm. Sistemlər bir tərəf nisbəti 16:9, bir kadrdakı xətlərin sayı 1125 və 1250, döngələrin tezliyi müvafiq

olaraq 30 və 25. Statistikalardan istifadə edərək, bu sistemlərin siqnallarının kodlama tezliyini müəyyənləşdirməyə ehtiyac yoxdur və s. 20 Mhz-dən çox olduqda, Mhz sıxılır və bu siqnalların 27 Mhz bant genişliyinə malik peyk kanalları ilə ötürülməsinə imkan verir. Eyni zamanda, bu televiziya sistemlərinin siqnallarını kanal bant genişliyi üçün yerüstü şəbəkəyə ötürmək mümkün deyil.

6...8 Mhz. bilik sistemləri.

1987-ci ildə ABŞ-da MUSE və ND-MAS Yaponiya və Avropada meydana çıxdı. Yüksək dəqiqlikli bir televiziya sisteminin ən yaxşı dizaynı üçün müsabiqə elan edildi. Televiziya siqnalının əsas məhdudiyyəti 6 Mhz olmalıdır, çünki ABŞ-da təxminən 1400 şirkət bu bandı istifadə etdiyi üçün kanal bandı ötürülür və yenidən qurulmasını istəmir. Analox sistemlərin layihələri nəzərdən keçirildi. Tamamilə rəqəmsal sistemlərin ilk layihələri 1990-cı ildə ortaya çıxdı. Bütün bu layihələr, kodlaşdırma və görüntü sıxılma üsulları sahəsindəki inkişaflara əsaslanır. 1993-cü ilin əvvəlində analox sistem dizaynları dayandırıldı. 1993-cü ilin may ayında dörd şirkət və tədqiqat təşkilatı Böyük Birliyə birləşdi və sonradan ABŞ-da tam bir rəqəmsal televiziya sisteminin standartı üçün əsas olan vahid bir layihəni təqdim etdi, Massaçusets Texnologiya İnstitutu, Zenith Corporation, General Institutes, Philips və Thomson Amerika filialı və başqalarının yaradıcıları arasında. İşin nəticələri bir neçə standartda öz əksini tapdı: hərəkətsiz şəkilləri sıxışdıran JPEG, video və audio yazmaq üçün MPEG-1 kompakt disklər (1993-cü ilin dekabrında təsdiqlənmişdir), həm adi parçalanma standartı ilə, həm də artan sayda (1994-cü ilin noyabrında təsdiq edilmiş) televiziya yayım sistemləri üçün MPEG-2. 1993-cü ildə Avropada 130-dan çox firmanın və tədqiqatların aparıldığı DVB (Rəqəmsal Video Yayım-Rəqəmsal Asma) layihəsi qəbul edildi. 2000-ci ilin sonundan-2010-cu ilə qədər Avropa televiziylarında analox televiziya yayımını dayandıran rəqəmsal televiziyanın peyk kanallarının sayı. Hal-hazırda rəqəmsal televiziyanın Avropa mövzusu DVB, Amerikan ATSC və Yapon ISDB hazırlanmış, eksperiment edilmiş və istifadəyə verilmişdir. Avropa DVD sistemi Rusiyada rəqəmsal televiziya üçün milli standart olacaqdır. Eyni qərar 2 dekabr 2003-cü ildə eyni

olanların təhlili əsasında qəbul edildi. Rəqəmsal televiziya sistemlərinin istismarı və beynəlxalq standartlaşdırılması, eksperimental tədqiqatların nəticələri və rəqəmsal yerüstü və peyk televiziya yayımının yerli təcrübəsini əsas götürərək, Rusiyanın milli rəqəmsal yayım standartlarını hazırlayanlar Avropa DVB sisteminə üstünlük verdilər. Yeni nəsil televiziya sistemlərinin əsas xüsusiyyətləri bunlardır:

1. Rəqəmsal televiziya signalının tezlik diapazonunun əhəmiyyətli dərəcədə daralması, yəni kodlaşdırma köməyi ilə, yəni görüntü azlığını azaltmaq və 4 və daha çox qram ötürmə qabiliyyəti, uzunluğu 6...8 Mhz olan standart bir televiziya kanalında standart tərif televiziyası və ya 1-2 yüksək tezlikli proqram.
2. Televiziya siqnallarının fərqli görüntü aydınlığı video telefonları və azaldılmış, şərti tərif televiziyası olan digər sistemlərlə kodlaşdırılması və ötürülməsinə vahid bir yanaşma.
3. Rəqəmsal ötürülmədə digər məlumatlarla inteqrasiya.
4. Rəqəmsal şəbəkələr üzərində ötürmə sistemlərini yaratmağa imkan verən ötürülən televiziya girişinin qorunmasını təmin etmək, icazəsiz pullu televiziya verilişlərindən verilişlər və digər məlumatlar.

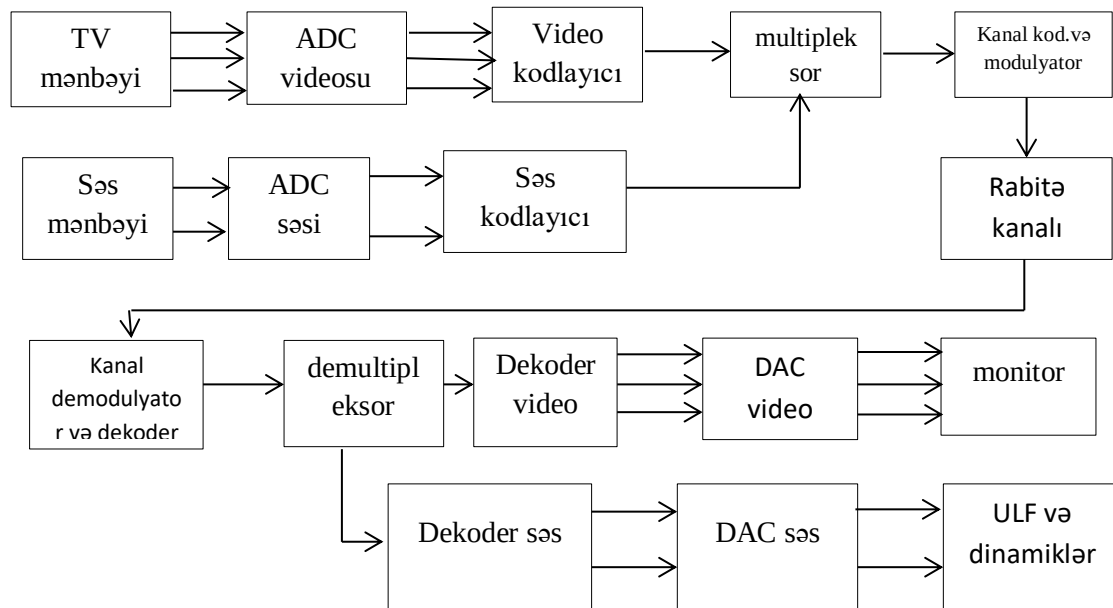
### **3.2 Rəqəmsal televiziya sisteminin struktur sxemi**

Rəqəmsal televiziya sisteminin blok diaqramı

Aşağıdakı şəkildə rəqəmsal televiziya sisteminin blok diaqramını göstərir. Sistem simmetrikdir və ədalətli rəqəmsal rabitə kanallarının iki axınıni təşkil edir. Girişdə dönüşüm zamanı iki müstəqil (statistik) məlumat mənbəyi mövcuddur. Demodulyasiya və dekodlaşdırıldıqdan sonra rabitə kanalının çıxışında multiplikatorun rabitə kanalı vasitəsilə kodlanması, modulyasiyası və ötürülməsi üçün vahid axına birləşdirildiyi zaman bu vahid axın demultiplexer tərəfindən ikiyə bölünür : ədalətli və çevrilmə. Sistemin əsas bloklarını qısaca nəzərdən keçirək:

Kanal televiziya görüntüsü.

Televiziya signal mənbəyi görüntünün görünən spektrini fərqləndirir və rəngə çevirir.



Şəkil 3.1. Rəqəmsal televiziya sisteminin blok diaqramı

RGB sahəsi və əlavə olaraq gamma düzəltmə əməliyyatı nəticədə çevrilir. Komponentlər ADC blokuna daxil olur. Müvafiq dönüşüm sürətini təmin etmək üçün, üç üç bitli ADC-dən ibarətdir. Külək komponentləri haqqında rəqəmsal məlumatlar video kodlaşdırma bölməsindən alınır. Bu məlumatlar YCrCb rəng fərqi məkanında mübadilə üçün istifadə olunur. 8 x 8 blok ilə təmsil olunan parlaqlıq (ışıqlandırma) və rəng fərqi komponentləri haqqında rəqəmsal məlumatların üstü tamamlandı. Aşağıdakı əməliyyatlar mövcuddur: diskret kosinaya çevrilməsi; miqdarı statistik kodlaşdırma; hərəkət kompensasiyası. Kadrlardan ibarət olan rəqəmsal axın multiplekslə qidalanır.

**Səs kanalı.** Səs siqnal mənbəyi analoq siqnalın 44,1...96khz aralığında nümunə götürməsinə təmin edir. Səs siqnalının diskret nümunələri, 16.24 bit / say aralığında olan dönüşüm bitliyi ADC-yə verilir. Səs kodlayıcı, rəqəmsal səs məlumatlarının video kodlaşdırma metoduna uyğun bir alqoritm ilə kodlanmasını həyata keçirir. Rəqəmsal səs məlumatı axını, iki axının, əlaqələndirilmiş səs kanalının və kodlayıcı kanalının əlaqələndirilməsini ehtiva edən multiplekserlə qidalanır. Kanal kodlayıcısının vəzifəsi səs-küydən qorunan və kriptovalyutalar vasitəsi ilə movlardan qorunmaq və müəllif hüquqlarına riayət etməkdir. Rabitə kanalı üç elementlə təmsil olunur: ötürücü, rabitə xətti və qəbuledici. Növlər və ağac məlumatlarının bərpası, işləmə alqoritmləri TV

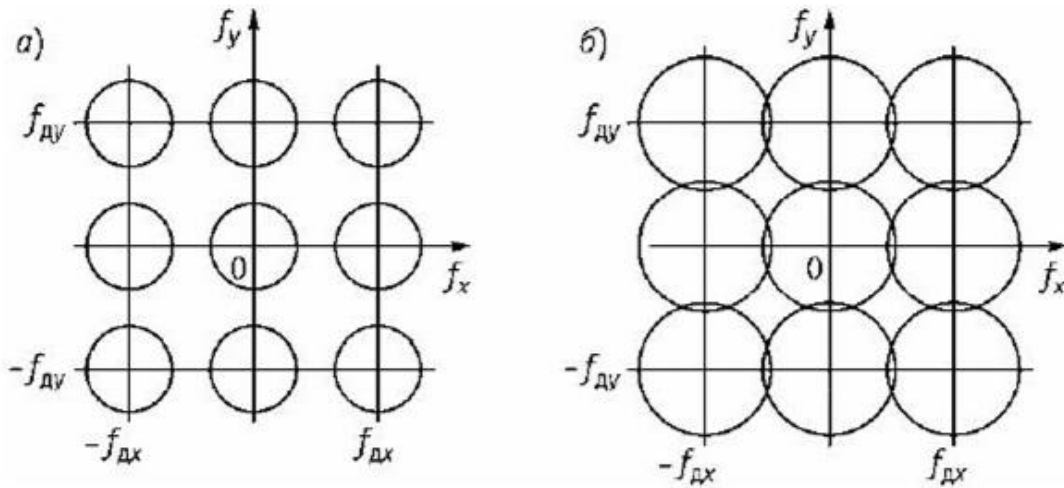
siqnal kanalı yaratmaq üçün yuxarıda təsvir edilənlərə tərs olan bloklar tərəfindən həyata keçirilir.

### **Televiziya siqnalının diskretizasiyası və miqdarı.**

#### **Ümumi tələblər. Standartlar ITU-BT 601**

Ümumi tələblər Nümunə seçmə dərəcəsinin seçilməsinin şərtini (seçmə teoremləri  $f_d \geq 2f_v$ ) qane ediləcəyini nəzərə alaraq, iki ölçülü bir siqnal olan bir televiziya görüntüsünün nümunə xüsusiyyətlərini nəzərdən keçiririk. Şaquli koordinatdakı televizor təsviri xətlərə parçalanması səbəbindən artıq diskretdir. Buna görə, iki ölçülü diskretizasiya əldə etmək üçün televiziya siqnalının vaxtında bir ölçülü diskretizasiyasını həyata keçirmək kifayətdir. Nümunə götürərkən nümunələr öz müstəvisində müəyyən bir quruluş yaradır. Ən çox istifadə olunan düzbucaqlı nümunə quruluşudur. Şəkil diskretləşməsi və sonrakı çoxalma prosesini üç ölçülü qrafiklərlə təsvir etmək olar, burada  $Y$  görüntü müstəvisində məkan koordinatlarına uyğundur, şaquli koordinat  $2$  isə görüntünün hər nöqtəsində parlaqlıq qiymətini göstərir. Ekranda iki ölçülü addım addım interpolyasiyasından istifadə edərək diskretləşdirilmiş bir görüntünü yayarkən, piksel (piksel-şəkil elementi) adlanan elementlər şəklində görüntü ən yaxşı olanı deyil. Hər hansı bir pikselin daxilindəki parlaqlıq təxminən sabitdir və cızma nöqtəsindəki orijinal görüntünün parlaqlığına və ya ümumiyyətlə, pikselin müəyyən bir sahəsinə görə ortalama parlaqlığa bərabərdir. Piksellərin ölçüləri o qədər kiçik olmalıdır ki, izləyici təkrarlanan görüntünü davamlı olaraq qəbul etsin. [21, səh 229] Diskretləşməni spektral baxımdan nəzərdən keçiririk, fasiləsiz bir görüntü üçün məkan tezlikləri və məkan spektrləri anlayışlarını təqdim edirik. Zaman funksiyası olan bir ölçülü dövrü-10 siqnal dövrü ilə bənzətməyə deyirik fəza dövrü  $T_x$ , koordinat boyunca  $b(x, y)$  ölçülü siqnalın qiymətlərinin təkrarlandığı boşluq intervalı. Sonra  $X$  koordinatı boyunca bu siqnalın fəza tezliyi məkan dövrünün qarşılıqlı əlaqəsi  $f=1/T_x$  olacaq. Məkan dövrü və koordinat boyunca fəza tezliyi oxşar şəkildə təqdim olunur. Fəza çevrilməsi iki ölçülü diskretizasiya şəkildə göstərilmişdir. Orijinal görüntünün məkan spektri məkan tezliklərinin müstəvisində məhdud olduğu

qəbul edilir, yəni bəzi qapalı əyri xaricində, bütün Frekans komponentləri sıfıra bərabər sayıla bilər. Bir ölçülü siqnalların diskretləşdirilməsində olduğu kimi, ikiölçülü diskretləşmədə də yan spektrlər görünür, məkan seçmə tezliklərinin qiymətləri ilə  $f_{\partial y}$  və  $f_{\partial x}$  müvafiq olaraq Şəkil a və iş ayırı-seçkilik nəticəsində yan spektrlər əsas ilə üst-üstə düşmədikdə göstərilir. Bu nəticə hər iki koordinatda kifayət qədər böyük məkan seçmə tezliyində əldə edilir. Bu vəziyyətdə, orijinal görüntü spektrindən orijinal görüntü spektrini çıxaran fəza filtrindən istifadə edərək nümunə götürərək orijinal görüntüyü bərpa etmək mümkündür. Yuxarıda göstərilənlər Kotel'nikov teoreminin iki ölçülü siqnallara uzanmasıdır. Şəkil b yan spektrlərin orijinal görüntünün spektri ilə üst-üstə düşdüyü, təhrif edilmədən ayrılmış yerdən alınan məkan koordinatlarına görə kifayət qədər yüksək seçmə nisbətlərinin nəticəsi olduğu göstərilir. Onun məkan spektri.



Şəkil 3.2. Kotelnikov teoreminin ikiqat ölçülü siqnallar üçün bənzər şərtlərinin yerinə yetirilməsi və pozulması hallarında diskretləşdirilmiş şəkillərin məkan spektrləri

Hər iki koordinatda nümunələr oxumağı və yazmağı çox yaxşı bacarırlar. Bununla birlikdə televiziya məkan tezlikləri, hər sətirdəki xətlərin və zəmlərin sayını pozmaq üçün istifadə olunan standartda göstərilən parametrlər ilə əvvəlcədən müəyyən edilir. Məkan parametrlərini bir çox hallarda uyğunlaşdırmaq üçün, nümunə götürmədən əvvəl görüntünün yuxarı sərhəd məkan tezliklərini məhdudlaşdırmaq lazımdır. Bu əməliyyat CCD qarşısında

yerləşən xüsusi optik səpilmə elementlərindən istifadə etməklə və ya sadəcə bir televiziya kamerasındakı obyektivləri bir az defokasiya etməklə həyata keçirilir. Video signalının yuxarı hissəsinin kəsmə tezliyi (analoq televizor) formula ilə müəyyən

$$f = p \frac{kz^2n(1-\beta)}{2(1-\alpha)}$$

edilir; kadr dərəcəsi burada  $k$  - ekrandakı görüntü formatı görüntü genişliyinin  $\alpha$  və  $\beta$ , müvafiq olaraq üfüqi və kadr tarama dövrlərindəki hərəkətsiz sahələrin paylarını göstərən əmsallardır;  $p$ -eksperiment 0.75.0.85-ə bərabər olan əmsaldır. Bu düstur, ən kiçik ötürülən görüntü elementlərinin kvadrat şəklinə uyğun olan üfüqi və şaquli olaraq televiziya sisteminin eyni qətnaməsinin şərtlərinə əsasən alınır. Buna görə, Kotelnikov teoreminin müəyyən etdiyi bir ölçülü meyara uyğun olaraq televizor signalının seçmə sürətini yuxarı kəsmə tezliyinə (normal deyil, fəza səviyyəsinə görə) seçərkən iki ölçülü şərt də qane olacaqdır. Kvantizasiya səviyyəsinin sayı  $N$ -nin kvantlaşdırma şəklindəki səs-küy səhvləri ilə müşayiət olunduğu ən vacib verilmiş hissənin və görüntünün parlaqlığının və ya rənginin adlarından - və bunların birindən kiçik hissələrdən ibarət saytlarda bir kvant  $s$  parlaqlıqda və ya anetada təsadüfi dəyişikliyə səbəb olacaq, düzgün bir dəyişiklik olan bölgələrdə. Eyni şəkildə, kvantlaşdırma, BHdC signalının səviyyəsinin iki qonşu kvantlaşdırma fasiləsinin həddlərini keçdiyi xətlər boyunca saxta döngələrə səbəb ola bilər. Yalan döngələrin nəzərə çarpacaq dərəcəsi eyni açar rəqəmin və Kvant və Rəqəmsal Saatın səviyyəsinin təsadüfi dəyişmələri ilə əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Bəzi hallarda əlavə səs-küy, kvantlaşdırmadan əvvəl görüntüyə daxil edilir. Televiziya signalının vahid kvantlaşdırılması bu şəkildə kvantlanmış qəbul etmə baxımından ən yaxşıdır. Bir insanın vizual sistemi. Arxa plana qarşı obyekt seçimi parlaqlıq həddi aşdıqda baş verir. Artan fon parlaqlığı ilə eşik də yüksəlir. Ancaq qeyri-bərabər kvantlaşdırmanın texniki reaksiyası olduqca mürəkkəbdir. Qeyri-bərabər və qeyri-bərabər addım istifadə etmək əvəzinə əvvəlcədən qeyri-xətti video signal dönüşümünü, qamma korreksiyasını həyata keçirir və iki vəzifə qırıntılarla

yerinə yetirilir: kineskopun xüsusiyyətləri təmin edilir və görüntü təmin edilir. Birincisi, ötürmə qeyri-xətti düzəldilir "İşıqdan işığa" televiziya sisteminin bütün yolunun ötürülmə xarakteristikasının ən kiçik formasıdır. Rəqəmsal televiziya sistemlərində, bir qayda olaraq, 8-ə bərabər olan ACP ikili bitlərinin sayı ilə ötürülən qamma korreksiya siqnallarının vahid kvantlaşdırılması tətbiq olunur. Bu şərtlərdə görüntünün kvant səs-küyü praktik olaraq nəzərə çarpmır.

### **3.3 TV-siqnalların diskretləşdirilməsi və kvantlaşdırılması**

Rəqəmsal televiziya yayımının beynəlxalq standartlaşdırılmasının vacib, həmçinin mürəkkəb vəzifələrindən biri, radiotezlik kanallarının ayrılmasında məhdudiyyətlər nəzərə alınmaqla televiziya proqramı siqnallarının yerüstü ötürmə şəbəkəsi vasitəsilə ötürülməsinin effektiv metodlarını tapmaq idi. Qlobal yanaşma rəqəmsal televiziya yayım sistemlərinin inkişafında öz töhfəsini verdi. Yanaşmanın əsası, telekanalların əsas hissələrinin texnoloji xüsusiyyətlərinin uçot və harmonikləşməsi, tələb olunan əhatə zonaları, beynəlxalq standartlara uyğun elektromaqnit uyğunluğu, şəbəkə planlaşdırma metodları və b.

Qlobal yanaşmanın vacib hissələrindən biri mövcud yerin qorunması və rəqəmsal TV sistemlərinin tətbiqi üçün təklif edilən strategiya idi.

Bu yanaşmaya görə, yerüstü rəqəmsal televiziya yayımının (NTTV) tətbiqi imkanı üçün ilk Tövsiyənin layihəsi hazırlanmışdır, bu mərhələdə emissiya spektrləri analoq TV yayım kanallarına verilmiş standart tezlik diapazonlarında saxlanılır və normallaşdırılır. Məhz bu, tədqiqatı rəqəmsal televiziya siqnalının sıxılmasına yönəltməyə, effektiv modulyasiya və siqnal emal metodlarını dəqiq müəyyənləşdirilmiş tapşırıqda axtarmağa imkan verdi, nəticədə həll edilməsi bizə çoxfunksiyalı bir məlumat xidməti sistemi yaratmağa, rəqəmsal televiziya siqnallarını, yüksək dəqiqlikli televizorun, çox proqramlı televizorun və stereoskopik proqramların ötürülməsinə imkan oldu. Televiziyada, çox miqdarda rəqəmsal məlumat, multimedia və digər məlumatlar mövcud bir kanal ilə bir zolaqdan keçir və tezlik 6, 7, 8 MHz olur. Bu strategiya məhdud bir qiyməti ilə analoqdan rəqəmsal TV sistemlərinə təkamül keçidinə zəmanət verdi. Bu siqnalların rəqəmsal modulyasiyası ilə birgə səs və görüntü siqnallarının rəqəmsal



sıxılması analoq sistemlərlə müqayisədə tezlik spektrinin istifadəsinin səmərəliliyinə müsbət təsir göstərdi. Yalnız 6-7-8 konsepsiyasının praktik icrasında və Tövsiyə layihəsinin işlənməsində göstərilən irəliləyişlərin sonrasında standart radio kanallarından istifadə edərək NTTV sistemlərinin geniş miqyaslı tədqiqatlarının aparılması mümkün oldu.

#### Standart ITU-R BT 601

Standart ITU-R BT 601 tələbləri studiya avadanlığı üçün televiziya siqnallarının şifrəli kodlaşdırılması üçün vahid beynəlxalq standartı müəyyənləşdirir. Standart, normal təyinatlı televiziya siqnallarının rəqəmsal nümayişi üçün müasir rəqəmsal televiziya sistemlərində istifadə olunur. Standart parlaqlığın və iki rəng fərqi siqnalının ayrıca kodlaşdırılmasını təmin edir.

#### Diskretizasiya

Parlaqlıq siqnalının seçmə tezliyinin bir qiyməti, hər iki tarama standartı üçün 13,5 Mhz-yə bərabərdir: 25 hz, 625 sətir, 30 hz, 525 sətir. Rəng fərqi siqnallarının hər biri 6.75 Mhz tezliyinin yarısında nümunə götürülür. Qəbul edilmiş qaydalara uyğun olaraq, televiziya siqnallarının rəqəmsal kodlaşdırılması üçün bu standart 4:2:2 ilə işarələnmişdir. Yuxarıda göstərilənlərə əlavə olaraq, hər iki rəngdə hər iki rəng fərqi siqnalının olması deməkdir. Bir sıra parlaqlıq nümunələrinin ümumi sayı 864, i rəngli bir siqnal nümunələrinin sayı 432. Bir xəttin aktiv hissəsində 720 parlaq siqnal nümunəsi meydana gəlir və hər rəng fərqi siqnalının 60 nümunəsi göstərilən tarama standartlarında kvadrat piksel əldə etmək üçün lazım olan aralıq qiymətlərin nümunələridir. Standart 625 sətir üçün kəsicidə aktiv xətlərin sayı 576-dır. Hər bir kadrda ötürülən elementlərin ümumi sayı 414,720. Televiziya siqnallarını rəqəmsal formaya çevirmək üçün digər formatlar təqdim olunur. 4: 2: 0 formatını istifadə edərkən, hər rəng fərqi siqnalı, işıqlandırma siqnalının seçmə tezliyindən 2 qat daha az bir seçmə tezliyinə malikdir və hər ikinci sətirdə ötürülür. Bu formatdakı rəng fərqi siqnallarının nümunələri parlaqlıq siqnalları nümunələrinin xətləri arasında yerləşir və bu siqnalların hər biri üçün elementlər 360 x 288 matris təşkil edir. 4: 1: 1 formatında hər sətirdə hər iki rəng fərqi siqnalları ötürülür, lakin onların seçmə

tezliyi parlaqlıq signalının seçmə tezliyindən 84 dəfə azdır 375 Mm), hər rəng fərqi signalının elementlərinin sayı 360 x 288. 4: 4: 4 formatı ilə, hər ikisi rəng fərqi signalları hər bir sətirdə ötürülür və parlaqlıq signalı ilə eyni tezlikdə nümunə götürülür.

### **Kvantlaşdırma**

Hər üç signal üçün 256 səviyyələşdirmə səviyyəsi təmin edilir (bitlərin sayı  $n=8$ ). Eyni zamanda, parlaqlığın qara səviyyəsi 16-cı səviyyəyə, nominal ağ səviyyəsi isə 235-ci səviyyəyə uyğun gəlir. Analoq parlaqlıq signalının nominal həddən kənara çıxması halında aşağıdan 16 və yuxarıdan 20 səviyyəli ehtiyat zonaları yaradılır. Sıfır və 255-ci səviyyələr sinxronizasiyanın şifrələrini ötürür. Işıqlandırma signalının analoq şifrə çevrilməsi

$$Y = 219E_y', + 16$$

eks əlaqəsi ilə 0 B-dan 1 B aralığında təsvir olunur (bir signalın dəyişən parlaqlığın və dəyişən bir signal olduğunu göstərir). Y - 16 ilə 235 arasında dəyişən şifrəli bir parıltı signalıdır, rəng fərqi signallarını ölçərkən 16 kvant səviyyəli ehtiyat zonaları yuxarıda və aşağıda təqdim olunur. Rəng fərqi signalları,  $E_{R-Y}'$  və  $E_{B-Y}'$ , ADC-də qəbul edilmir, lakin  $E_{cn} 0.713FY$ -yə uyğun olaraq sıxılmış rəng fərqi signalları:  $E_{g-0.564E}$  y nisbətləri Bundan əlavə,  $E_{CR}$  və  $E_{CB}$  signallarının qiymətləri -0.5 V-dən 0.5 V-ə qədər dəyişir, rəng fərqi signallarının ADC-si rəqəmsal rəng fərqi signalları ilə nəticələnir.  $C_R$  və  $C_B$  markaları aşağıdakı əlaqələrə uyğun olaraq

$$C_R = 224E_{R-Y}' + 128 = 159.712E_{R-Y}' + 128 = 160E_{R-Y}' + 128$$

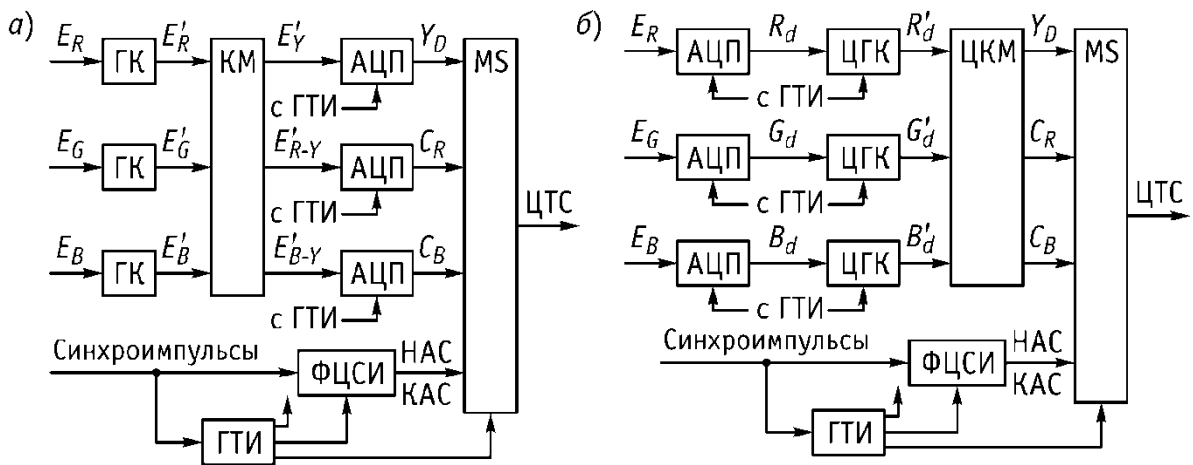
$$C_B = 224E_{B-Y}' + 128 = 126.336 E_{B-Y}' + 128 = 126 E_{B-Y}' + 128$$

Rəng fərqi signalları bipolyar olduğundan, 128-lik kvantasiya səviyyəsi uyğun olmalıdır Bu signalların sıfır qiyməti hal-hazırda, miqdarlı ADC-lər tərəfindən getdikcə daha çox qəbul edilir. Televiziya signalı standart ITU-R BT 601-ə uyğun olaraq sinxronizasiya signallarını ehtiva edir. Hər bir sətirin aktiv hissəsinin başlamazdan əvvəl başlanğıc xətti signalı (ABŞ) vurulan xəttin sonunda və hər bir xəttin aktiv hissəsinin sonundan sonra ötürülür. Vipulsu

söndürən xəttin əvvəlində, aktiv meydana gəlmənin (CAS) sonunun saat signalı ötürülür. Sinxronizasiyanın hər birində 4 bayt var. Birinci bayt, 255 ədədinə uyğundur səkkiz ikili ikidən ibarətdir. Sonrakı baytda sıfırlar var. Sonuncu dördüncü bayt hansı sahənin ötürüldüyü, hansı saat signalının verildiyi və səhvlərdən qorunma haqqında məlumat ehtiva edir. 10 bitlik kvalifikasiyadan istifadə edərkən 255 nömrəsi əvəzinə 1023 nömrəsi istifadə olunur. NAS ilə UAS arasındakı xəttin boşalma nəbzinin uzunluğunun çox hissəsi pulsuz olaraq qalır və bu zaman müxtəlif məlumatlar ötürülə bilər, məsələn, rəqəmsal formaya çevrilən səs signalı.

### **Rəqəmsal TV signalının formalaşdırılması və ötürülməsi. Standart ITU-R BT 601**

Rəqəmsal televiziya signalının çarxları şəkildə göstərilən standart ITU-R BT 601-ə uyğun olaraq rəqəmsal televiziya signalının bir qisiminin struktur diaqramının iki variantını nəzərdən keçirin.



3.3. a) parlaqlıq və rəng fərqi signallarını ADC yerinə yetirən rəqəmsal TV-signal şokunun blok diaqramı

3.3. b) keçmiş DTS-nin struktur diaqramının variantı

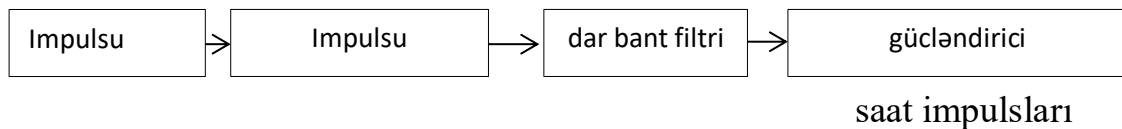
Cihazda, şəkil 3a əsas rəng signalı  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  televiziya signalının mənbəyindən (kameralar) gamma düzəldicilərinə (GC) qidalanır və qeyri-xətti reaksiyasının kodlaşdırma matrisinə (KM) keçdikdən sonra KM-də bu signal məlum nisbətlərə çevrilir parlaqlıq signalı və rəng fərq signalına. Sonra signal ADC-də giriş ölçüsündə və sürüşmədən keçərək rəqəmsal signalara çevrilir.

Televiziya signal mənbəyinin saat impulsları ABŞ və CAS saat signallarını yaradan rəqəmsal bir saat generatoru ilə qidalanır. Bundan əlavə, saat impulsları cihazın digər qovşaqlarında qəbul edilən 27, 13.5 və 6.75 Mhz tezliyi olan impulsar yaradan bir saat impulsu generatorunu sinxronizasiya etmək üçün istifadə olunur. GTI, fazalı kilidlənmiş bir dövrə döngəsini ehtiva edir, bunun köməyi ilə televiziya signallarının mənbəyini üfüqi tarama müddəti üçün lazımlı sayda saat impulsları verilir. Müəyyən bir ardıcılıqla multiplekser U, Cr və Cb rəqəmsal signalları və rəqəmsal saat signallarını çıxışa ötürür. Nəticədə cihazın çıxışında yaradılan rəqəmsal televiziya signalını əldə edirik. Şəkil 3b, bir DTS köşkünün xarici variantının struktur diaqramıdır. Bu sxemə görə birincil rənglərin signalları  $E_R$ ,  $E_G$  və  $E_B$  rəqəmsal signallara çevrilir  $R_d$ ,  $G_d$ ,  $B_d$ . Bu vəziyyətdə hər ADC 10, 12 bit olmalıdır. Ardınca, rəqəmsal signallar xətti çevrilmələrin həyata keçirildiyi rəqəmsal qamma düzəldicilərinə ötürülür. Gamma düzəlişindən keçən rəqəmsal signalların ikili bitlərinin sayı 8-dir. Kriptoqrafiya vasitələri ilə gamma düzəlişinin aparılması tələb olunan funksiyanın daha dəqiq tənzimlənməsini təmin edir, daha dəqiq (və buna görə daha bahalıdır) ADC tələb edir. Saat signalları və saat impulsları yaranması cihazın ilk təcəssümü ilə eyni şəkildə həyata keçirilir.

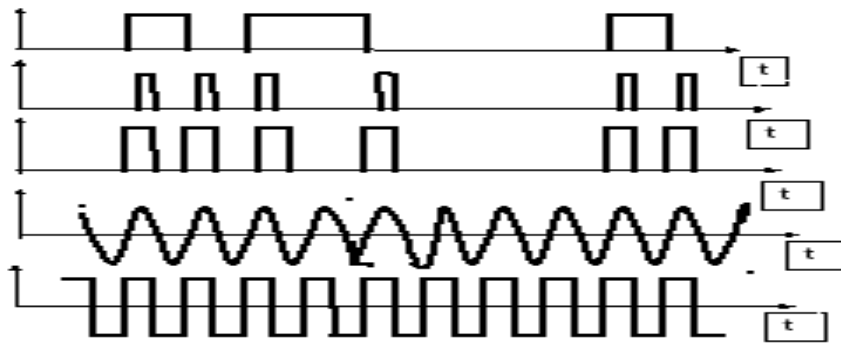
Rəqəmsal televiziya signalının ötürülməsi Standart İTU-R BT 656 iki video kodlayıcı təmin edir. İnterfeys variantı: paralel video və ardıcıl paralel video. Paralel bir video bağlantısı üçün standart paralel bir rəqəmsal kod şəklində bir DTS ötürülməsini təmin edir. Bunun üçün 8 (10) xətt və saat impulsunun ötürülməsi üçün daha bir şey lazımdır. Xətlər bükülmüş cüt tel şəklində hazırlanmışdır. Böyük itkilər və müdaxilələr səbəbindən ötürmə aralığı maksimum 50 metr ilə məhdudlaşır. Parlaqlıq və rəng fərqi signalları nümunələrinin qiymətlərinin ötürülməsi eyni xətlər ilə aşağıdakı qaydada aparılır: Y, Cr, Y, Cb. Bu vəziyyətdə saat impulslarının tezliyi  $f = 13.5 + 6.75 + 6.75 = 27$  Mhz-ə bərabərdir. Televiziya tarama sinxronizasiya signalları 00000000 və 1 1111111 ümumi məlumat axınında ötürülür. Nümunə tezliyinin  $f_d$  və axıdılma nömrəsi kvantlaşdırma bit  $n$  ikili simvol dərəcəsi  $Q$  ( $Q = f_d \times n$ )

adlanır: işıqlandırma signalı üçün  $Q_Y = 13.5 \times 8 = 108$  Mbit / s; rəng fərqi signalına görə,  $Q_C = 6.75 \times 8 = 54$  Mbit / s. Paralel video üçün rəqəmli çevrilmiş tam rəngli televiziya signalının (PCTS) ikili simvollarının ümumi bit sürəti 216 Mb / saniyədir.

Serial video bağlantısı. Elektron bir televiziya signalının uzun məsafəli ötürülməsi ardıcıl formada aparılır. Bu vəziyyətdə, ötürülən signalın özü tərəfindən qəbuledici cihazda saat tezliyi bərpa olunur. Serial kanal vasitəsilə ötürülən rəqəmsal signal qəbul edərkən ən sadə sinxronizasiya üsullarından biri Şəkildəki blok diaqramında göstərilir. Yuxarıdakı şəkildə "Tək" və "sıfır" səviyyələri ardıcılığından ibarət qəbul edilmiş rəqəmsal signal, hər bir gözləyən və signaldakı mənfi gərilim düşməsi üçün qısa impulsar əmələ gətirən impuls parçasına daxil olur.



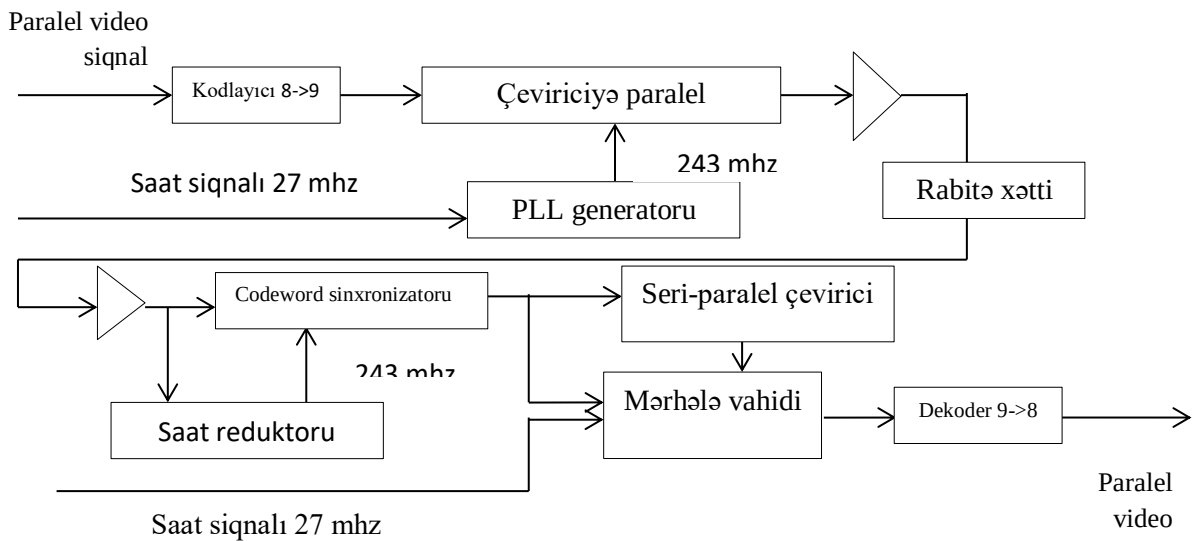
#### 3.4. Sinxron impulsu formalaşdırıcı cihazın diaqramı



Şəkil 3.5. Saat impulslarının meydana gəlməsinin vaxt diaqramları

Puls genişləndiricisi, qısa sürətləri impulslara çevirir, müddəti saat tezliyinin yarısına bərabərdir. Bu impuls saat tezliyinə uyğunlaşdırılmış dar lentli filtrə yerləşdirilir. Filtr çıxışında bir sinusoidal sonra alınan signalın saatını düzəltmək üçün istifadə olunan düzbucaqlıya çevrilən bir saat signalı. Zaman diaqramlarından görmək olar ki, eyni rəqəmin bir neçə bit (0 və ya 1) qəbul edilmiş rəqəmsal signalın sırasına uyğunlaşarsa, qısa impulsun əvvəlində bəzi

pulslar olmur. Bu vəziyyətdə, dar bantlı filtrin çıxışında bir harmonik salınım olması səbəbindən çıxış saati pulsları meydana gəlməyə davam edir. Bu hal ötürülən signala məhdudiyyətlər qoyur, çünki kifayət qədər böyük ardıcılıqla sıfırların və ya bunların ötürülməsi meydana gəlmənin dayandırılmasına səbəb ola bilər. Bundan əlavə, bir rəqəmsal signalın ötürülməsinin başlanğıcında, dar lentli filtrin çıxışındakı salınım amplitudu tədricən artır, buna görə də sinxronizasiya cihazının çıxışında saat impulslarının görünməsində bir gecikmə yaranır. Saat yaratmaq sistemin çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq üçün ötürülən məlumatların əlavə çevrilməsindən istifadə olunur, bunun nəticəsində ardıcıl sıfırların və ya olanların sayı məhdudlaşır. Quruluş diaqramı şəkildə göstərilən serial video interfeysinin inşasına baxaq. Belə bir video bağlantısında hər 8 bitlik kod 9 bit məlumatdan istifadə etməklə ötürülür. Nəticə 243 Mbit / saniyəlik ikili simvol sürətidir. Beləliklə, ötürülmə üçün lazımsız bir kod istifadə olunur. Bu, etibarlı şəkildə sinxronizasiya etməyə və yığılmamağa imkan verir. Ötürmə xətası. Ötürücü hissədə 8 bitlik paralel kod 8 bitlik paralel koddan əmələ gəlir və sonra seriya koduna çevrilir. 243 Mhz saat tezliyi, paralel video birləşməsinin 27 Mhz saat tezliyindən PLL tərəfindən yaradılır. Qəbul edən hissədə alınan signal 243 Mhz saat tezliyini bərpa etmək üçün istifadə olunur.



Şəkil 3.6. Ardıcıl video link

| Format | ışıqlandırma<br>siqnalı | rəng<br>siqnalları | fərqi<br>maksimum<br>köçürmə dərəcəsi |
|--------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| SQCIF  | 128×96                  | 64×48              | 2,9                                   |
| QCIF   | 176×144                 | 88×72              | 8,7                                   |
| CIF    | 352×288                 | 176×144            | 34,8                                  |
| 4CIF   | 704×576                 | 352×288            | 139                                   |
| 16CIF  | 1408×1152               | 704×576            | 557                                   |

Hər bir televiziya xəttindəki sinxron sözlərdəki kod sözlərinin sinxronizasiya bloku paralel kod sözlərinin başlanğıc nöqtələrini müəyyənləşdirir. Paralel kod çeviricisi seriyası 9 bit sözlər yaradır, çıxışı 27 Mhz saat tezliyi ilə mərhələ vahidi tərəfindən sinxronlaşdırılır. Dekoderdə paralel 9 bitlik kod 8 bitə çevrilir.

Rəqəmsal televiziya siqnalları üçün digər standartlar da mövcuddur. Beləliklə, kompüter video rabitə sistemləri üçün rəqəmsal televiziya siqnallarının parametrləri ITU-T H.263-də qurulmuşdur. Cədvəldə, CIF formatında (Common Interchange Format) və onun törəmə formatları QCIF (Dörddə bir Dəyişikliyi Formatı), SQCIF (Alt Dörddə bir Inierchange Format), 4CIF, 16CIF üçün kadrdakı görüntü elementlərinin sayı haqqında məlumatları göstərir.

Cədvəlin son sütunu hər format üçün maksimum bit sürətini verir. Kadr sürəti 30hz. Qeyd etmək lazımdır ki, rəqəmsal video rabitə sistemlərində rabitə kanalı üzərindəki kadr dərəcəsi 30 hz-dən az ola bilər və süjetdən asılı olaraq 5-dən 15 hz-dək ola bilər. Eyni zamanda kalibrin tezliyi monitor ekranı daha yüksək olacaq (ümumiyyətlə 60 hz-dan az deyil), çünki qəbul və deşifrəmə avadanlıqlarında qəbul edilmiş və dekodlanmış kadrlar yadda qalır və şəkilləri dəfələrlə təkrarlanır. Rabitə kanalındakı kadr nisbətinin azalması İKİ XARAKTERLƏRİN ötürmə sürətində mütənasib azalma verəcəkdir. Rabitə kanalının tezlik diapazonundan istifadənin səmərəliliyi 2 (bit / s) hz-dir. Buna görə, 243 Mb / s sürətində ikili simvolların ötürülmə sürəti ilə rəqəmsal televiziya siqnalının serial ötürülməsi üçün 121,5 bant genişliyi olan bir rabitə kanalı, 8 Mhz genişliyə malik yerüstü televiziya yayımı üçün heç bir standart kabel və ya hər iki standartın bir uzunluğu 27Mhz siqnalına sahib bir peyk

kanalı, Asiya televiziyasının sürücüsü ikili simvolların məhdud bant genişliyi rabitə kanalına ötürülmə sürətini azaltmaq vəzifəsi idi və qalır. Bu problem bir televiziya signalında ötürülən məlumatların çoxluğunu azaltmaqla həll edilə bilər. Eniş və azalma da yaddaş həcmnin azalmasını təmin edir.

### **3.4 Digər tətbiq sahələri**

#### **Televiziya proqramları**

Televiziya signalının azalması struktur, statistik və psixofizioloji bölünür. Struktur ixtisar - signalda söndürülən pulsların olması. Statistik artım bir televiziya görüntüsünün korrelyasiya xüsusiyyətləri ilə əvvəlcədən müəyyənləşdirilir. Psixofizioloji artıqlıq insan görmə xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilir. Sadalanan amillərin səbəb olduğu bir artım, bir televiziya signalının işlənməsi, dönüşüm və məlumatların sıxılması alqoritmlərindən istifadə edilməklə aradan qaldırılır. Televiziya görüntüsündə olan məlumatları sıxışdırmağın müxtəlif üsullarının istifadəsi, standart televiziya yayım kanalları vasitəsi ilə normal müəyyən bir rəqəmsal televiziya signalının ötürülməsinə deyil, eyni zamanda bu kanallar vasitəsilə şərti təyini televiziya və signalın bir neçə proqramının ötürülməsinə imkan verir.

Yeni yüksək dəqiqlikli televiziya sistemləri, eləcə də rəqəmsal televiziya signalının standart yayım kanallarına nisbətən daha dar bir tezlik diapazonu ilə rabitə kanalları vasitəsilə ötürülməsi.

Məlumdur ki, ümumiyyətlə sıxılma üsulları və xüsusən şəkillər iki sinfə bölünür: məlumat itkisi olmadan sıxılma üsulları və məlumat itkisi ilə sıxılma üsulları. Sonuncu, əvvəlkindən daha əhəmiyyətli bir nəticə əldə etməyə imkan verir. Tez-tez istədiyiniz emal nəticəsini əldə etmək üçün hər ikisinin birləşməsi istifadə olunur. Beləliklə, rəqəmsal televiziya, televiziya texnologiyasının maraqları baxımından daha qabaqcıl metodların, proqram və aparatların tədqiqi və inkişafı üçün qabaqcıl emal metodlarının tətbiqi sahəsidir ki, şəkillər və səs və geniş bir sahə təmin edir.

#### **MPEG-1 ISO / IEC 11172 standart**



MPEG-1 standartı üzərində iş 1988Edə o dövrdə mövcud olan bir-birinə bağlı olan video və səs arasında başlamışdır. Bu standart əvvəlcə CD-ROM diskləri, DAT kimi sinxron mühitləri qeyd etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur - maksimum məlumat ötürmə sürəti 1,5 Mbit / s olan kasetlər və s. Bundan əlavə, yeni standartda məlumatların təsadüfi əldə edilməsi və hər iki istiqamətdə görüntüləmə imkanı təmin edilməli idi.

Gələcəkdə MPEG-1, əsasən VideoCD diskləri səbəbiylə geniş istifadə edildi. MPEG-1 spesifikasiyasının ilk versiyası 1992-ci ilin yanvarında, 1993-cü ildə nəşr olundu. MPEG-1 standart ISO / IEC / 1172-2 olaraq qəbul edildi. Bir az sonra səs məlumatları üçün müşayiət olunan xüsusiyyətlər-MPEG-1 Audio Layer I, Layer II və Layer III (ISO / IEC 11172-3) hazırlanmış və standartlaşdırılmışdır. Burada son addım MPEG-1 formatında audio və video məlumatların sinxronlaşdırılması və qablaşdırılması üçün protokolun hazırlanması idi. Rəqəmsal axının maksimum sürətinin ciddi şəkildə məhdudlaşması səbəbindən, MPEG-1 üçün tipik video formatı, hər seksiyada 30 kvadrat sürətində hər xəttə 240 ədəd 352 nöqtədən ibarət olan və ya 28 kvadrat və 25 kadr bir xəttə 352 nöqtədən ibarət olan Ümumi Aralıq Format (CIF) idi. Belə bir şəkil təxminən VHS formatlı ev video qeydinin şəkil keyfiyyətinə uyğundur və yayımlanan televizorun standart görüntüsündən dörd qat aşağı bir qətnamə var. Şəkil ölçüsünü standart ölçüyə uyğunlaşdırmaq üçün, MPEG-1 sıxılma alqoritmi, orijinal şaquli və üfüqi televiziya siqnalının "incələnməsini" təmin edir, bunda hər ikinci sətirdə və qalan sətirlərdə hər saniyə çıxılmaz. Dekompressiya zamanı atılan qiymətlər interpolasiya yolu ilə bərpa olunur.

Şəkil sıxma alqoritmi MPEG-1-dəki görüntülərin sıxılması alqoritmi, kadrların ardıcılığını emal etməyə və kiçik zaman intervalları ilə ayrılmış real şəkillərdə olan məlumatların (95% və ya daha çox) çoxluğundan istifadə etməyə yönəldilmişdir. Həqiqətən, qonşu kadrlar arasındakı fon ümumiyyətlə az dəyişir və bütün hərəkət görüntünün nisbətən kiçik hissələrinin hərəkəti ilə əlaqələndirilir. Bu səbəbdən, bir şəkil kadri haqqında tam məlumatın ötürülməsinə ehtiyac yalnız süjet dəyişdikdə ortaya çıxır və qalan müddətdə

özünü görüntü elementlərinin hərəkət istiqamətini və ölçüsünü, yeni obyektlərin görünüşünü və ya köhnələrin yox olmasını xarakterizə edən diferensial məlumatların ayrılması və ötürülməsi ilə məhdudlaşa bilərsiniz. Üstəlik, bu cür fərqləri həm əvvəlki, həm də sonrakı kadrlara nisbətən ayırmaq olar.

Metodun əsas konsepsiyası emal və kodlaşdırma hibrid metodunun istifadəsidir. Bu, fərdi kadrlar əsasən psixofizioloji çatışmazlığı azaltmağa yönəlmiş intrafram kodlaşdırma və interframe kodlaşdırma ilə birləşməsindən ibarətdir ki, bunların köməyi ilə interframe korrelyasiyası səbəbindən ixtisar azalır. İnterframe kodlaşdırmasının istifadəsi, hərəkətli görüntülərin MPEG alqoritmindən istifadə edərək fərdi kadrların ayrıca sıxılması ilə müqayisədə hərəkətli görüntülərin daha böyük dərəcədə sıxılma nisbəti əldə etməsinə imkan verir. Kadr kodlaşdırması, MPEG-də istifadə olunanlara bənzər əməliyyatları ehtiva edir, yəni blok- Diskret kosininin çevrilməsi, dəyişən uzunluqlu kod sözlərinin kvantlaşdırılması. Kadr kodlaşdırması, proqnozlaşdırma kodlaşdırma alqoritmi ilə birlikdə hərəkət qiymətləndirilməsi və hərəkət kompensasiya əməliyyatları daxildir. [21, səh 248]

Bütün kadrlar və kadrların fraqmentləri interframe və intraframe kodlaşdırma və ya yalnız intraframe kodlaşdırma istifadə edərək kodlana bilər. MPEG standartındakı bir şəkil ya bütöv bir kadr, ya da kadr sahələrindən biri ola bilər. Proqressiv tarama ilə, kadr görüntünün ardıcıl tarama yolu ilə formalaşır və cəmlərin ümumi sayını ehtiva edir. Birləşdirildikdə, görüntünün bərabər və tək tarama xətlərindən iki yarım kadr (sahələr) əmələ gəlir. Yarım kadr süpürmə tezliyi kadrın süpürmə tezliyindən iki dəfə yüksəkdir. Bu yarım kadrlardan (sahələrdən) bir kadr yaranır. Materialın təqdimatını asanlaşdırmaq üçün "görüntü" termini yerinə "kadr" termini istifadə edirik. İstisna, kadr və sahə kodlaşdırma rejimləri bölməsi olacaqdır. Kadrların ardıcılığı GOP (Group of Picture) adlı qruplara bölünür. Qrup üç növ kadrından ibarətdir:

Yalnız intraframe kodlaşdırma ilə ötürülən və qrupun qalan kadrlarının kodlaşdırılması üçün istinad edilən, məlumatların açılmasına başlamaq və alınan

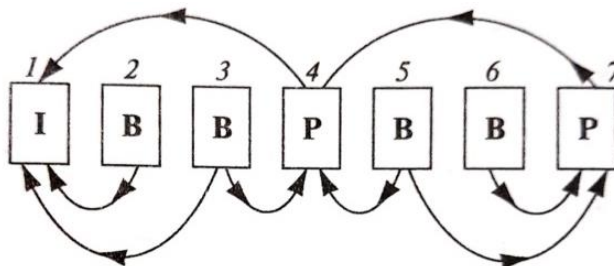
TV signalını istənilən vaxt oynamaq imkanı verən İ-kadr (İntraframe-intraframe);

Önümüzdəki əvvəlki I-kadr və ya P-kadr üçün hərəkət kompensasiyası ilə proqnozlaşdırma ilə kadrlararası kodlaşdırmanı istifadə edən P-kadrlar B kadrları (İki istiqamətli) ikitərəfli, həm öndə, həm də arxada ən yaxın olan I-kadrlar və P-kadrlar üçün hərəkət kompensasiyası ilə proqnozlaşdırılmaqla kadrlararası kodlaşdırma ilə ötürülən və özlərini digər kadrları proqnozlaşdırmaq üçün istifadə edilə bilər. s fraqmentləri B-frame intraframe kodlu ola bilər.

Bir nümunə kadr ardıcılığını nəzərdən keçirək

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| I | B | B | P | B | B | P | B | B | P  | B  | B  | P  | B  | B  | I  | B  | B  | P  | B  |

Burada 1-15 nömrələri olan kadrlar bir qrup kadr təşkil edir. Kadrlar qrupu, digər növ kadrları kodlaşdırarkən proqnozlaşdırmaq üçün istinad signalını meydana gətirən I-kadrdan başlayır. Kadrlar qrupu nə qədər böyükdürsə, daha çox sıxılma əldə edilə bilər. Bir qrup kadr iki nömrə ilə təsvir olunur: N qrupundakı kadrların sayı və bitişik P-kadrlar arasındakı interval, yəni davamlı olaraq izlənən B kadrlarının sayı bir nəfər artdı. Bununla birlikdə, çox sayda B kadrları əhəmiyyətli bir gecikmə deməkdir, çünki B tipli kadrları əhatə edən I- və ya P-kadrlar B-kadrlarının kodlaşdırılması zamanı artıq dekoderdə olmalıdır. Buna qrup daxilində kadrların kodlaşdırılması və ötürülməsi qaydasını dəyişdirməklə nail olmaq olar. Şəkildə kodlaşdırma sxemini təqdim edir. P-kadr 4 I-frame 1 tərəfindən proqnozlaşdırılır. P-kadr 7-dən P-kadr 4 və s. I-frame 16, ondan əvvəlki bütün kadrlardan asılı olmayaraq, intraframe kodlaşdırma ilə ötürülür. B və kadrlar 2 və 3 I-kadr 1, P-kadr 4, B kadrları 5 və 6, P-kadrlar 4 və 7 və s. tərəfindən proqnozlaşdırılır.



Şəkil 3.7. Kadr qrupunun kodlaşdırma sxemi

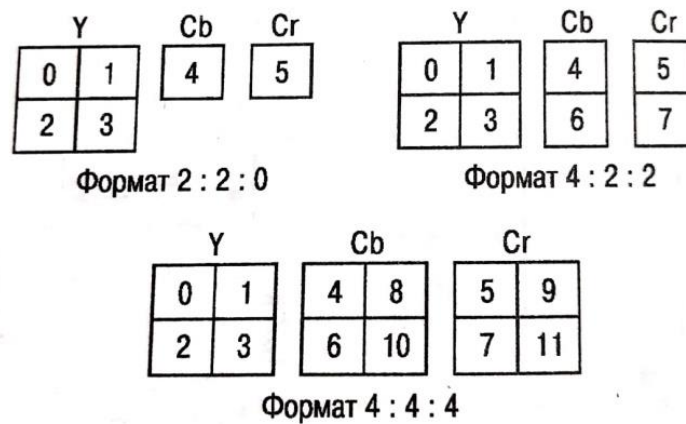
14 və 15 B kadrları I-kadr 16 və P-kadr 13 ilə proqnozlaşdırılır. Kodlaşdırmadan əvvəl kadrlar sırası dəyişir, çünki hər B kadri əvvəlcədən proqnozlaşdırılan hər iki kadrından sonra getməlidir.

1 4 2 3 7 5 6 10 8 9 13 11 12 16 14 15 19 17 18 22  
I P B B P B B P B B I B B P B B P

Bu qaydada, kadrlar kodlanır və ötürülür və kodlaşdırma prosesində orijinal kadr əmri bərpa olunur

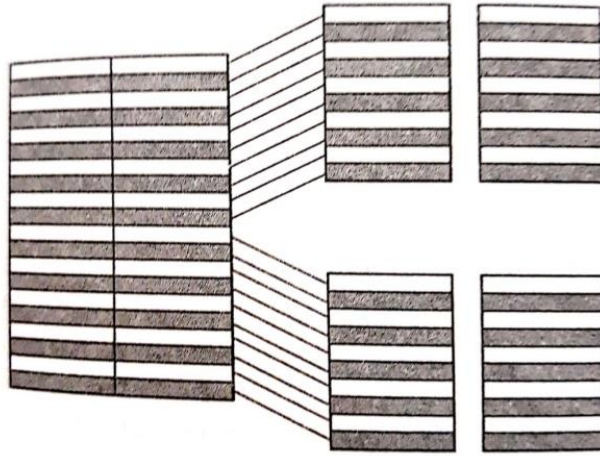
### Kadr quruluşu

Hər bir kadr makrobloklardan ibarət olan dilimlərə (hissə) bölünür. Makroblok 8 x 8 blok elementindən (piksel) ibarətdir. Hər bir makroblokda parlaqlıq nümunələri Y (16 x 16 piksel ölçülü şəkil sahəsindən) və eyni bölgədən götürülmüş Cr və Cb (8 x 8 piksel) xrom nümunələri olan bloklar qrupu var. Cr nümunələri olan blokların sayı alt format formatına bağlıdır: 4: 2: 0 formatında bir blok Cb və Cr, 4: 2: 2 formatda dörd: 4: 4: 4 formatda dörd.



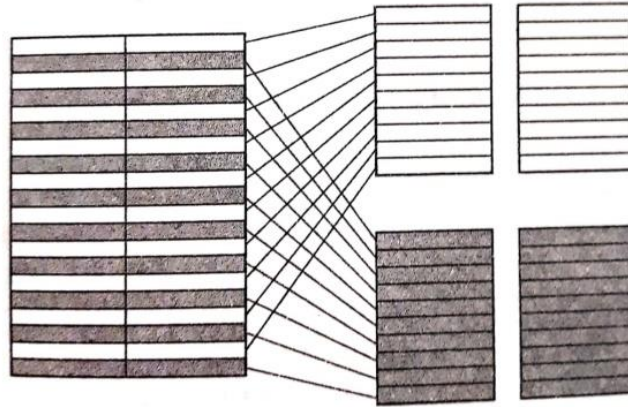
Şəkil 3.8. Macroblok strukturları

Həm kadr, həm də sahə kodlaşdırmasının istifadə oluna biləcəyi "kadr" tipli şəkillərdə, makroblokun daxili təşkilatlanmasının iki variantı mümkündür. Kadr kodlaşdırması halında, hər bir parlaqlıq Y bloku iki sahənin alternativ sətirlərindən yaranır.



Şəkil 3.9. Kadr macroblok strukturları

Sahə kodlaşdırmasında hər Y bloku iki sahədən yalnız birinin xətlərindən yaranır.



Şəkil 3.10. Sahə kodlaşdırma makroblok strukturları

Kromatik bloklar Cr və Cb 4: 2: 2 və 4: 4: 4 formatlarında işləndikdə eyni qaydalara uyğun olaraq formalaşır. Diskret kosin çevrilməsini həyata keçirmək üçün 4: 2: 0 formatını istifadə edərkən, kadr quruluşu daxilində rəng blokları təşkil edilir. İntraframe və interframe kodlaşdırması nəticəsində əldə edilmiş video məlumat axınının bütün struktur elementləri (makroblok və blok istisna olmaqla) xüsusi və unikal başlanğıc kodları ilə tamamlanır. Hər bir element aşağı səviyyəli elementlərin məlumatlarının ardınca bir başlığı ehtiva edir. Video ardıcılığının başlığı (ən yüksək səviyyənin elementi kimi) müxtəlif əlavə məlumatları, məsələn, ölçüləri və aspekt nisbətləri, rəqəmsal məlumat axınının sürəti, kvantlaşdırma matrisi, rəngli görüntü nümunə formatı, ilkin rəng

və ağ koordinatları, parlaqlıq və rəng fərqi siqnalları yaratmaq üçün matris parametrləri verir.

MPEG-1-də görüntünün kodlaşdırılması prosesi yalnız JPEG texnologiyasından istifadə etməklə yalnız intraframe kodlaşdırma istifadə edərək formalaşan ilkin (Intra) bir kadrın yaradılması ilə başlayır (bəzi mənbələrdə orijinal kadr istinad adlanır). Belə kodlaşdırma üçün əməliyyatlar dəsti keçid RGB-YCrCb, 8 X8 pikselin blok meydana gəlməsi, diskret kosin transformasiyası (DCT); kvantlaşdırma matrisinin elementləri ilə təyin olunan ağırlıqlı kvantlaşdırma; əmsal matrisinin ziqzaq tarama nəticəsində əldə edilmiş bir sıra DCT əmsallarının statistik kodlaşdırılması. Proqnozlaşdırılan P-kadrlar sadəcə əvvəlki kadrə nisbətən birbaşa fərqi hesablamaqla formalaşdırıla bilər. Bununla belə, belə bir texnologiya, məsələn, bütün görüntünün hamar bir şəkildə qarışdırılması halında təsirsizdir, çünki fərqlilik məlumatları kadr həcminə demək olar ki, bərabərdir. Hərəkəti qiymətləndirmək və kompensasiya etmək üçün MPEG-1 metodundan istifadə edərək daha yaxşı nəticələr əldə edilir. Onun tətbiqi ölçüsü 16 x 16 piksel olan makrobloklar səviyyəsində həyata keçirilir.

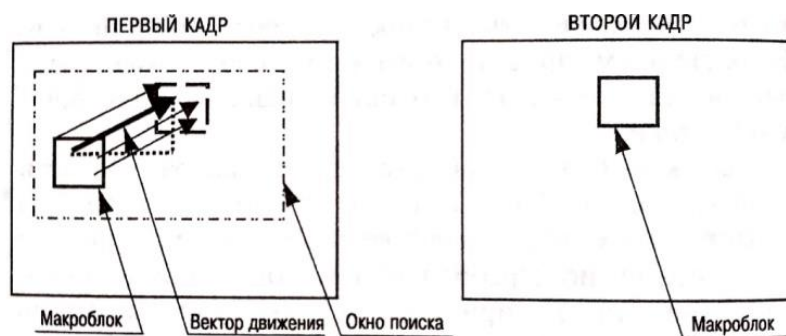
### **Hərəkətin qiymətləndirilməsi və kompensasiyası**

Hərəkətin qiymətləndirmə və kompensasiya metodunu daha ətraflı nəzərdən keçirək. Bu cür qiymətləndirmə, operatorun əlindəki kamera titrəmələri səbəbiylə görünən bulanıqlığı düzəltmək üçün hərəkətli görüntüləri sıxarkən, obyekt görüntülərini eyni kadrın iki qonşu sahələrində birləşdirmək, aralıqlarla tarama zamanı obyektləri aşkar etmək, CCTV sistemlərindəki obyektləri aşkar etmək və s. Bir kadrdakı bir cismin ən sadə forması, cisim yaxınlaşmadığı, uzaqlaşmadığı və dönmədiyi zaman təyyarə-paralel hərəkətdir. Daha mürəkkəb hərəkət növləri bir cismin yaxınlaşması və ya çıxarılmasıdır. Nəticədə kadrdakı ölçüləri, cismin fırlanması, kadrdakı əşyaların qarşılıqlı üst-üstə düşməsidir. MPEG standartı, digər bir kadrə nisbətən müəyyən bir kadrdakı hərəkəti qiymətləndirərək. Bir kadr həm ikincisindən sonra, həm də ondan əvvəli izləyə bilər. Bu metodun ən sadə versiyasında, ilk kadr eyni ölçülü düzbucaqlı bloklara bölünür - makrobloklar. Birinci kadrın hər bir makrobloku üçün, ikinci

kadrdakı eyni ölçülü ən çox oxşar düzbucaqlı bölgə üçün bir axtarış aparılır. Bu vəziyyətdə, hərəkət vektorları (qarışdırma vektorları) tədricən seçilir - bəzi verilmiş hədlərdə qiymət olaraq üfüqi və şaquli olaraq koordinat artır. Hər bir hərəkət vektoru üçün ikinci kadrdakı bir bölgə götürülür, birinci kadrın analiz edilmiş makroblokuna nisbətən bu vektor tərəfindən qarışdırılır və birinci kadrın makroblok elementləri və ikinci kadrın ofset bölgələri arasındakı fərqlərin mütləq qiymətlərinin cəmi  $S(\Delta n, \Delta m)$  hesablanır.

$$S(n, m) = x_1(m, n) - x_2(m, n)$$

Burada  $x_1(m, n)$  ilk kadrın elementidir;  $x_2(m, n)$  ikinci elementdir;  $m, n$  - diskret şaquli və üfüqi koordinatları, məsələn, ilk kadrın makroblokunun yuxarı sol küncündən sayılır. Xülasə makroblokun bütün elementlərində aparılır. Yoxlanılan bütün vektorlardan  $(n, m)$  yuxarıda göstərilən düsturla hesablanmış cəmin ən kiçik qiymətini təmin edən biri seçilir. Bu vektor daha çox bu blok üçün hərəkət vektoru kimi qəbul edilir. Şəkildə, təsvir olunan prosedurları izah edir, ilk kadrda, nazik oxlar, bu makroblok üçün hərəkət vektorunu təyin edən yerdəyişmə vektorlarının məcmusunu göstərir (nöqtəli xətt hərəkət vektorunun koordinatlarının böyüməsini göstərir).



Şəkil 3.11. Hərəkət kompensasiya prinsipi illüstrasiya

Aydınlıq üçün, ilk kadrdakı şəkildəki makroblokun hərəkəti əhəmiyyətli olduğu göstərilir. Əslində, iki kadr arasındakı müddətdə, makroblokun istinad ilə əlaqəli yerdəyişməsi əhəmiyyətsizdir. Rəqəmin ikinci kadrı proqnozlaşdırılan makroblokun vəziyyətini göstərir. Dekoder, alınan qiymətlərə əsaslanan ikinci kadrın makroblokunu bərpa edəcəkdir. İstinad (ilk) kadrın məlumatlarını istifadə

edərək müəyyən bir diapazonda mümkün hesablaşmaların tam bir şəkildə qeyd edilməsi, məbləğin mütləq minimumunun tapılmasını təmin edir, lakin böyük hesablama xərcləri tələb edir. Hər bir azalmış hesablama həcmi ilə blokların uyğunluğunu tapmaq üçün çox sayda müxtəlif alqoritmlər (və ya strategiyalar) mövcuddur. Məsələn, bir axtarış əvvəlcə bütün yerdəyişmələr aralığında böyük bir yerdəyişmə addımı (bir neçə piksel) ilə aparılır və daha sonra minimum tapılan ərazidə, hərəkət vektorunu dəqiq müəyyənləşdirmək üçün 1 və ya hətta 1/2 piksellik bir addım ilə bir axtarış aparılır. Cari kadrın hər bir makrobloku üçün hərəkət vektorlarını təyin etdikdən sonra hərəkət kompensasiyası edilə bilər. Birinci kadrın hər bir makrobloku bu blokun yerinə qarışan ikinci kadrın müvafiq bölgəsi ilə əvəz olunur. Üfüqi və şaquli yerdəyişmələr hərəkət vektoru ilə paylanır. Nəticədə, ikinci kadrın elementlərindən birinci kadrın və ya proqnozlaşdırılan birinci kadrın qiymətləndirilməsi formalaşır. Axtarış bölgəsində müvafiq sahə tapılmadıqda, verilmiş makroblokun hansının fərqi müəyyən edilmiş qiymətdən artıq deyil. Onda bu makroblok, I-kadrların makrobloklarına bənzər şəkildə intrafram rejimində kodlanır. Müvafiq bir bölgə tapılarsa, makroblok kadrlararası rejimdə kodlanır və bunun üçün göstəriləndiyi kimi bir hərəkət vektoru təyin olunur. Hərəkət vektorları dəyişkən uzunluqlu codewords ilə çağırılır və ümumi məlumat axınına daxil edilir. P-kadrların makroblokları C qiymətləndirmənin nəticələrindən asılı olaraq bu P-kadrın proqnozlaşdırılmasının həyata keçirildiyi görüntünün müvafiq bölgəsi ilə müqayisədə bu makroblokdakı dəyişikliklərin mövcudluğu və intensivliyindən asılı olaraq həm intraframe metodu ilə həm də interframe ilə kodlana bilər. Proqnozun həyata keçirildiyi görüntü əvvəlki I və ya P kadrlarının kodlanmış məlumatlarından yaranır.

Əvvəlki otaq B kadrlarının makroblokları üçün müvafiq ərazinin axtarışı həm əvvəlki I-, həm də P-kadrda, həm də sonrakı P-kadrda aparılır. Müvafiq sahə üçün axtarış nəticələrindən asılı olaraq aşağıdakı seçimlər mümkündür:

makroblok intraframe rejimində kodlanır;

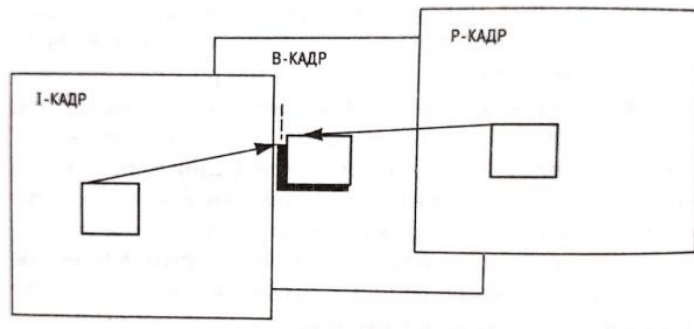


proqnozlaşdırılan makroblok, əvvəlki I- və ya P-kadrın müvafiq bölgəsi şəklində meydana gəlir;

proqnozlaşdırılan makroblok sonrakı P-kadrın müvafiq bölgəsi şəklində yaranır;

Proqnozlaşdırılan makroblok əvvəlki I- və ya P-kadrın müvafiq bölgəsinin elementar yarısının cəmi və sonrakı P-kadrın müvafiq bölgəsinin şəklində formalaşır, yəni bu ərazilərdə interpolasiya nəticəsində son üç halda makroblok aralıq rejimində kodlanır. Makroblok üçün interpolasiya ilə proqnozlaşdırıldığı təqdirdə, əvvəlki və sonrakı kadrlarda müvafiq bölgələrin mövqeyini göstərən iki hərəkət vektorunu ötürmək lazımdır.

Şəkildə, bölgənin kölgəli hissəsi I-kadr ilə, P-kadr ilə proqnozlaşdırıldı. B kadrının proqnozlaşdırılan makroblokunun sol sərhədinin vəziyyətini göstərir. Televiziya görüntülərini aralıqlarla taranma ilə kodlaşdırarkən, proqnozlaşdırmanın iki variantı mümkündür: sahə və kadr. Sahənin proqnozlaşdırılması vəziyyətində, hər bir sahənin makroblokları bu kadrın digər sahəsindən asılı olmayaraq proqnozlaşdırılır və proqnozlaşdırılan makroblokun formalaşdırılması üçün bir və ya iki kodlanmış sahənin məlumatları istifadə olunur. Kadr proqnozunda, əvvəlcədən kodlanmış bir və ya iki kadrın hər iki sahəsindəki məlumatlar, proqnozlaşdırılan makrobloku yaratmaq üçün istifadə olunur. Bundan əlavə, standart, aralıqdakı tarama zamanı əlavə proqnoz rejimlərini təmin edir. Bundan əlavə, standart kodlaşdırma zamanı bəzi makroblokları atlamağa imkan verir. Bu cür makrobloklar üçün məlumat ötürülmür. Bu seçim kodlanmış makroblokun istinad şəklindəki uyğun makroblokdan fərqlənmədiyi təqdirdə istifadə olunur. Təsvir edilən bir televiziya signalının kodlaşdırılması üsulu proqnozlaşdırma kodlaşdırması və hərəkət kompensasiyası adlanır.



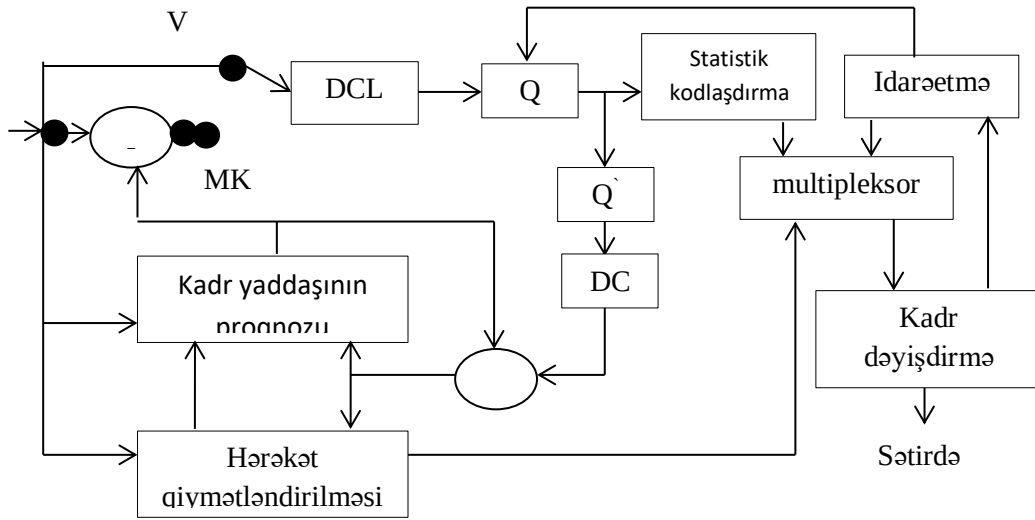
Şəkil 3.12. Element yarım məbləğ şəklində bir makro blok B kadrının yaradılması

Təsvirin sıxılmasında qazanc P-və B-kadrların həqiqi və proqnozlaşdırılan makroblokları arasındakı fərqlərin blokların özündən daha az məlumat əldə etməsi ilə əldə edilir. Üstəlik, B kadrları üçün ötürülən məlumatların miqdarı ən kiçik olacaq, çünki iki istiqamətli proqnozda proqnoz səhvləri minimaldır. I kadr ən az sıxılmışdır. Tipik bir P-kadr ölçüdə f-kadrın təxminən üçdə birini, B isə səkkizincini təşkil edir. Yaranan ardıcılıqlar I -, P- və B-kadrlar daha sonra uzunluq və quruluşda sabit olan kadrlar - GOP qruplarına birləşdirilir. Hər bir belə qrup mütləq I kadrından başlayır və müəyyən bir tezlikli P-kadrları ehtiva edir. Onun quruluşu  $M / N$  olaraq təsvir olunur, burada M - bir qrupdakı kadrların ümumi sayı, N isə P-kadrlar arasındakı intervaldır. Son məlumat axını əsasən GOP-un tərkibi ilə müəyyən edilir və məqsəd və tələb olunan görüntü keyfiyyətindən (video, multimedia və s.) asılı olaraq, GOP-ın fərqli bir tərkibi istifadə olunur. Belə ki, VideoCD IPB qrupu üçün 15/3 tipikdir: İBBPBBPBBPBBBBBB. Burada hər bir B kadri ətrafdakı P-kadrlardan (qrupun əvvəlində və sonunda - I və P), hər P-kadr isə əvvəlki P- və ya I kadrına uyğun olaraq bərpa olunur. Artıq qeyd edildiyi kimi, I kadrlar tamamilə müstəqildir, qrupun P və B kadrlarına dəstək rolunu oynayır və digərlərindən müstəqil olaraq bərpa olunur. Yalnız I kvadrat ardıcılıqla (eyni görüntü keyfiyyəti ilə) müqayisədə belə bir GOP istifadə edərkən sıxılma nisbəti təxminən dördəddir. Hərəkət kompensasiyası hərəkətli görüntülər üçün cızıqların təməlidir. Bununla birlikdə, əksər hallarda makrobloklara bölünmə, təsvirdəki cisimlərin hərəkətini dəqiq təsvir etməyə və kompensasiya etməyə imkan vermir. Buna görə daha

yaxşı metodların hazırlanması üçün səy göstərilməkdədir. Bunlara dəyişkən ölçülü və formalı makrobloklardan istifadə edən metodlar, habelə hər bir şəkil elementi üçün hərəkət vektorunu müəyyənləşdirmək üçün gradient hərəkət qiymətləndirmə üsulları və hərəkətli görüntünün üçölçülü spektrinin təhlilinə əsaslanan metodlar (iki fəza koordinatı və vaxtı) daxildir.

### Video kodlayıcının blok diaqramı.

MPEG video kodlayıcısının blok diaqramı şəkildə göstərilmişdir. Struktur sxemin mərkəzində EGPEG alqoritmində istifadə olunan elementlər asanlıqla ayırd edilir: diskret kosin transformasiyası (DCT), Q kvantlaşdırma, statistik kodlaşdırma metodları ilə ehtiyatın azaldılması. Yəni, kadr yaddaşından istifadə edərək diferensial kodlaşdırma. Konvensiyalı DPCM alqoritmi yalnız təsvirlərdə yaxşı proqnoz verir. Dinamik obyektlərdə proqnoz səhvləri böyük ola bilər.



Şəkil 3.13. MPEG kodlayıcı blok sxemi

Görüntülərdə ən çox görülən hərəkət translationaldır. Bundan əlavə, tədricən hərəkət edən cisimlər insan gözü ilə izlənə bilər. Eyni zamanda, yüksək bir məkan qətnaməsi qorunur və transformatorların coarser kəmiyyətləşməsindən istifadə nəzərə çarpacaq. Buna görə, MPEG, kodlanmış kadrın hər bir fərdi makrobloku (16 x 16 piksel) ilə eyni olan əvvəlki (istinad) kadrın eyni ölçülü bir makrobloku ilə əlaqələndirən hərəkət vektorlarından istifadə edərək proqnozdan

istifadə edir ki, bu makrobloklar arasında maksimum nisbətdə əlaqə əldə olunsun DIKM etdi. Hərəkət vektoru da adlandırılan belə bir ofsetin miqyası hərəkət qiymətləndirmə blokunda müəyyən edilir. Əldə edilənə görə hərəkət kompensasiya proseduru, makroblokları əvvəlki şəkillərdəki makrobloklarla əvəz etməkdən ibarətdir. Makroblokların proqnozları əvvəlki yenidən qurulmuş kadrlardan müvafiq  $16 \times 16$  blokdan formalaşır. Makroblokun əvvəlki görüntüsündə, hədudlarından başqa heç bir məhdudiyyət yoxdur. Enkoder iki kodlaşdırma rejimini tətbiq edir: intraframe kodlaşdırma ("VK" mövqeyində keçid) və proqnozlaşdırma və hərəkət kompensasiyası ilə interframe kodlaşdırma ("MK" mövqeyinə keçid). Kvantlaşdırma səhvlərinin yığılmasını aradan qaldırmaq üçün, "sonrakı" görüntü kodlayıcısında şifrələnmiş "əvvəlki" şəkil (və orijinal deyil) istifadə olunmalıdır. Bunun üçün kodlayıcıda tam bir dekoder var (tərs kvantlaşdırma, tərs diskret kosin çevrilməsi). Beləliklə, şifrəli "əvvəlki" görüntü yaranır, bunun əsasında (və hərəkət çarxlarına əsasən) bir proqnoz daha da artırılır. Proqnozlaşdırılan şəkil alınan orijinaldan (kodlayıcının girişindəki toplama işləmə sxemi) çıxarılır. Bu şəkildə dolu olan diferensial görüntü kodlanır. Kodlaşdırılmış video məlumatları multiplexer vasitəsilə "əvvəlcə, əvvəlcədən" prinsipi ilə işləyən bir tampon yaddaşına (BZU) ötürülür. BZU tipli funksiyalardan biri, real vaxtda deşifrə edərkən ciddi sabit bir bit sürəti ilə kodlandıqdan sonra qeyri-bərabər bir məlumat axınının əlaqələndirilməsi idi. CCD-yə daxil olan məlumat axınının qeyri-bərabər olması, ilk növbədə müxtəlif növ kadrların olması ilə əlaqədardır. CCD-dən məlumatların oxunması sabit bir sürətlə aparılır. CCD-nin doldurulma dərəcəsi zamanla dəyişir, daxil olan məlumatların axını artdıqca və axının azalması ilə azalır. Kadrlar növlərindəki fərqlə əlavə olaraq, ötürülən görüntünün təbiəti CCD-nin doldurulma dərəcəsinə təsir göstərə bilər. Şəkildə çox sayda kiçik detal varsa, məkan-tezlik spektrinin yüksək tezlikli komponentlərinin sayı və səviyyəsi artır, yəni sıfırdan fərqli DCT əmsallarının sayı. Bu, məlumat axınının artmasına səbəb olur. "Hamar" şəkillər ötürülərkən, sıfır olmayan DCT əmsallarının sayı azalır, çünki görüntünün məkan-tezlik spektri əsasən aşağı tezlikli komponentlərə malikdir. Sistemi

optimallaşdırmaq üçün CCD-nin doldurma səviyyəsini təxminən sabit saxlamaq istənilir. CCD dolu olduqda, məlumat itkisi baş verəcək, tamamilə təmizləndikdə sıfır ("boş") blokları ötürmək lazımdır, bu kodlayıcının səmərəliliyini azaldır. İstənməyən halların qarşısını almaq üçün görüntü kodlayıcısında signal miqdarı ilə idarə olunan bir idarəetmə birliyi ilə əlaqə quruldu. DCT əmsalları. Bu vəziyyətdə bir əmsal başına bitlərin sayı azalır və məlumat axınının səviyyəsi nisbətən sabit saxlanılır. "Düzgün" şəkillər ötürüldükdə, kvantlaşdırma daha dəqiq olur. Bu üsul insan görmə xüsusiyyətlərinə uyğundur: incə təsvirlərdə, parlaqlıq səviyyəsinin ötürülməsindəki qeyri-dəqiqliklər daha az nəzərə çarpır, çünki hissələrin konturları ilk növbədə qavranılır. Kvantlaşdırma parametri həm kadrı, həm də növünü nəzərə alaraq kodladıqdan sonra və hər bir dilim kodlandıqdan sonra bir kadr daxilində dəyişdirilə bilər. Kvantlama parametri məlumatları dilim başlıqlarında ümumi məlumat axınına daxil edilir. Məlumat axınının quruluşu və axının formalaşdırılması üsulları MPEG standartlarının hazırlanmasında xüsusi diqqət mərkəzində olmuşdur. Tərtibatçılar müxtəlif multimedia və televiziya şirkətlərinin istehsalçılarının audio və video məlumatların təşkili kimi mövcud standartları nəzərə alaraq məlumat axınının təşkili üçün vahid qaydalara uyğun tələblərini birləşdirmək vəzifəsi ilə üzləşdilər. Problemlərin həlli paketləmə interfeysi ideyasına əsaslanır.

### **MPEG-2 ISO / IEC 13818 Standart**

Standartın 10 komponenti arasında 3 əsasını ayırmaq olar:

13818-1-sistem, 13818-2-video, 13818-3-audio.

Spesifikasiya 13818-2, sıxılmış televiziya görüntülərinin bərpasını təmin edən kodu təmsil etmə və kodlaşdırma prosesini tənzimləyir, televiziya görüntüsünə xas olan məkan və müvəqqəti boşluğu aradan qaldıraraq video məlumat axınına sıxışdırmağı əhatə edir. Kodlaşdırma proseduru standart ilə tənzimlənmir, bu kodlayıcıların yaxşılaşdırılmasına və əks olunan görüntünün keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına imkan verir. 13818-3 dəqiqləşdirmə səs signalının kod təmsilini müəyyənləşdirir. Sistemin spesifikasiyası 13818-1, video və audio məlumatların vahid axına birləşdirilməsi qaydalarını müəyyən edir. MPEG-2

13818-1-13818-3 spesifikasiyası ilə müəyyən edilmiş formada televiziya görüntü və səs siqnallarının təqdim edilməsi standartın ən vacib xüsusiyyətidir və geniş çeşidli saxlama mühitlərində qeyd edilə bilən kompüter məlumat axını kimi video və səs axınlarını idarə etməyə imkan verir.

### **MPEG-2 standartı və MPEG-1 standartı arasındakı fərqlər**

MPEG-1 standartının inkişafı üç əsas istiqamətdə getdi və MPEG-2 standartının ortaya çıxmasına səbəb oldu.

- əsas səylər videonun sıxılması alqoritminin səmərəliliyini artırmağa yönəldilmişdir;
- səs keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması;
- son sənədin ölçüsünün azaldılması.

### **Videonun sıxılması alqoritminin səmərəliliyinin artırılması**

Kadrda sürətli hərəkət edən obyektlər statik olanlara nisbətən daha effektiv işlənir. MPEG-2 standartı kadrda arxa və hərəkət edən obyektlərin ayrıca kodlaşdırılmasını təmin edir. MPEG-1 standartı 8 bitlik ADC-nin istifadəsini təmin edirsə, MPEG-2 standartı bit aralığını 11-ə qədər uzadır. Təbii ki, ADC bit dərinliyinin artması bit axınının artması ilə nəticələnir. Bitstream-də gözlənilən artımı kompensasiya etmək üçün standart, məlumatların sıxılması prosedurunun təşkili və təkmilləşdirilməsi üçün bir sıra alqoritmlərin istifadəsini təmin edir. Bunlar məlumat prioritetlərini müəyyənləşdirmək, miqyaslama (məkan və müvəqqəti), siqnal səs-küy nisbətini ölçmək və məlumatları silmək üçün alqoritmlərdir.

**Scalable rejimi** - video axınının müxtəlif təbəqələrinin prioritet səviyyəsini müəyyən etməyə imkan verən alqoritmlər toplusu. Video axını üç təbəqəyə bölünür - baza, orta və yüksək.

Bu anda ən yüksək prioritet təbəqə daha ətraflı şəkildə kodlanır.

**Məkan miqyası** - bu alqoritmədən istifadə edərkən baza təbəqəsi daha aşağı qətnamə ilə kodlanır. Sonradan kodlaşdırma nəticəsində əldə edilən məlumatlar daha yüksək prioritet təbəqələr üçün hərəkət proqnozu alqoritmlərində istifadə olunur.

Məlumatların bölünməsi 64 kvantlaşdırma matris elementlərinin bloklarını iki axına bölür. Bir məlumat axını, daha yüksək prioritet, aşağı tezlikli (keyfiyyət baxımından ən vacibdir) komponentlərdən, digəri müvafiq olaraq daha az prioritet olan yüksək tezlikli komponentlərdən ibarətdir. Sonradan bu axınlar fərqli şəkildə işlənir. Buna görə MPEG-2-də həm dinamik, həm də statistik sənələr MPEG-1-dən fərqli olaraq daha yüksək bərpa keyfiyyətinə malikdirlər. **Səs nisbəti (SNR)** Sinyalının ölçülməsi - bu alqoritmin təsiri altında prioritet təbəqələr fərqli keyfiyyətlə kodlanır. Aşağı prioritet təbəqələr, müvafiq olaraq, daha az məlumat ehtiva edir və yüksək prioritet təbəqə dekodlaşdırma zamanı yüksək keyfiyyətli görüntünü bərpa etməyə imkan verən əlavə məlumatlar ehtiva edir. **Müvəqqəti ölçülmə qabiliyyəti** - bu alqoritmin hərəkətindən sonra aşağı prioritet təbəqədə əsas məlumat bloklarının sayı azalır, yüksək prioritet təbəqə isə əksinə proqnozlaşdırma üçün daha az prioritet təbəqə məlumatlarından istifadə edərək ara kadrları bərpa etməyə imkan verən əlavə məlumatlar ehtiva edir. Standart, yenidən qurulan görüntünün keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdıran işlənmiş məlumatların xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq, birbaşa bir kadrə tətbiq edilməsi ilə bir sıra kvantlaşdırma matrislərinin istifadəsini təmin edir.

### **Proqnozlaşdırma və hərəkət kompensasiyası.**

Bir kadrda bir obyektin yerdəyişməsini əvvəlcədən dəqiqləşdirmək üçün standart, makroblokların hissələrə ayrılmasını təmin edir. Hərəkət vektorunu hesablayarkən makroblok 16x16 və 16x8 piksel ilə göstərilə bilər. DCT istifadə olunan blokların ölçüsü 8 x8 pikseldir. Kadr qrupunun ölçüsü dəyişən 168 MC, sahə MC və Dual Prime rejimləri mövcuddur. Hər qrupa daha çox B kadrları sıxılma səmərəliliyini artırır. Müxtəlif kodlama rejimlərində qətnamə üçün məhdudiyyət tətbiq edilmişdir. Kadr kodlaşdırma rejimində, görüntünün qətnaməsi şaquli və üfüqi 16 sahə kodlaşdırma-32 ilə şaquli olmalıdır. MPEG-2 standartı 4: 2: 0, 4: 2: 2, 4: 4: 4 formatlarının istifadəsini təmin edir. **Çıxış sənədinin ölçüsünün azaldılması.** MPEG komitə tədqiqatları göstərdi ki, 95% -dən çox video məlumat müxtəlif yollarla təkrarlanır və bu bir dəfədən çox olur. Bu məlumatlar lazımsızdır. Həddindən artıq məlumatlar görüntüyə zərər

vermədən silinir, təkrarlanan bölmələrin yerində tək bir orijinal fraqment əvəz olunur. Sıxılma alqoritmi aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirir: video axını kadrlara ayırdıqdan sonra, təkrarlanan, lazımsız məlumatları müəyyən etmək üçün növbəti kadrın tərkibi təhlil edilir. Orijinal saytların siyahısı və cüt saytların cədvəli tərtib edilir. Orijinal sənədlər saxlanılır, nüsxələr silinir və sıxılmış bir video axınının şifrələnməsi zamanı təkrarlanan bölmələrin cədvəli istifadə olunur. Alqoritmin nəticəsi, aşağı bit axını olan yüksək dəqiqlikli görüntüdür. MPEG-2-dən əvvəl belə ölçü /keyfiyyət nisbəti əlçatmaz hesab edilirdi. Alqoritmin istifadəsi məhdudiyyətləri nəzərdə tutur. Əvvəlcə təkrarlanan fraqmentlər kifayət qədər böyük olmalıdır, əks təqdirdə demək olar ki, hər piksel üçün təkrar bölmələr cədvəlinə daxil edilməlidir, bu da cədvəlin məqsədini ləğv edəcəkdir, çünki ölçüsü kadrın ölçüsünü aşar bilər. İkincisi, ən təsirli olan alqoritmin fərdi kadrlara deyil, video axının əhəmiyyətli hissələrinə tətbiq olunmasıdır, çünki bu halda təkrar bölmələrin baş vermə ehtimalı fərdi kadrlara nisbətən daha yüksəkdir. Bununla birlikdə, bu alqoritm kodlanmış faylın ölçüsündə əhəmiyyətli dərəcədə azalma təmin etmişdir.

### **Məlumat axını elementləri**

Video axını rəqəmsal formada təqdim etmək üçün tərtibatçılar bir çox problemi həll etməli oldular. Ən böyük çətinlik mövcud analoq formatları (PAL, SECAM, NTSC) ilə uyğunluq problemi idi. CCIR-601 standartı video axınları üçün  $720 \times 576 \times 25$  kv /san (PAL ilə uyğun),  $720 \times 480 \times 30$  (NTSC ilə uyğun) əsas xüsusiyyətlərini təyin etdi. 13818-2 dəqiqləşdirmə ilə müəyyən edilmiş video məlumat axını, müəyyən sintaktik və semantik qaydalara uyğun olaraq elementləri qurulmuş və bir-birləri ilə birləşdirilmiş iyerarxik bir quruluşdur. Bu iyerarxik quruluşun 6 növü var: video ardıcılığı; şəkillər qrupu; görüntü; dilim; makroblok; blok.

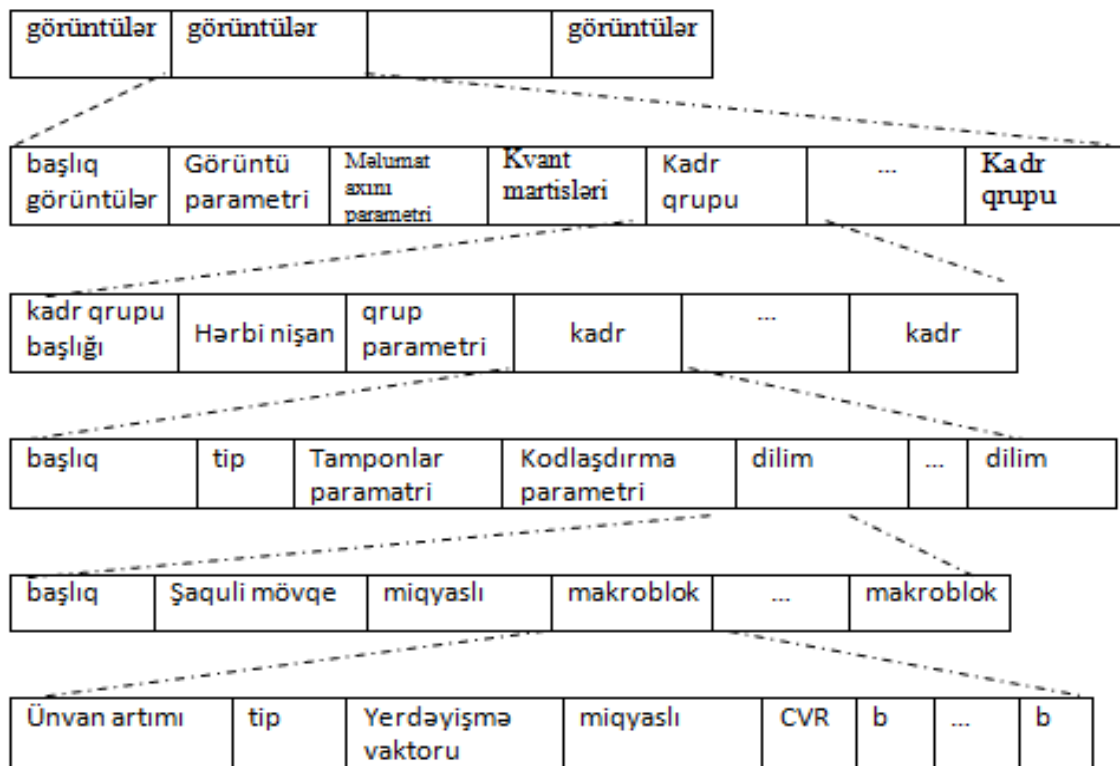
### **Üst səviyyəli video ardıcılığı.**

Televiziya görüntüsünün ardıcıl kadrıdır. MPEG-2 standartı, mütərəqqi və aralı tarama ilə kadrların ardıcılığını formalaşdırmağı əhatə edir. Birləşdirildikdə bir sıra televiziya sahələri yaranır. Eyni zamanda sahələr ayrıca kodlana bilər. Ayrı



bir kodlaşdırma nəticəsində "sahə" tipli bir şəkil meydana gəlir. Televiziya kadrı kimi kodlanan iki sahə də kadr tipli bir görüntü yaradır. Çarpaz taranma ilə formalaşan bir ardıcılıqla, "sahə" növünün şəkilləri ilə yanaşı, "kadr" tipli şəkillər də ola bilər. Proqressiv tarama kadrlarından əmələ gələn ardıcılıqlar yalnız kadr kadrının görüntülərini ehtiva edir.

Video axını



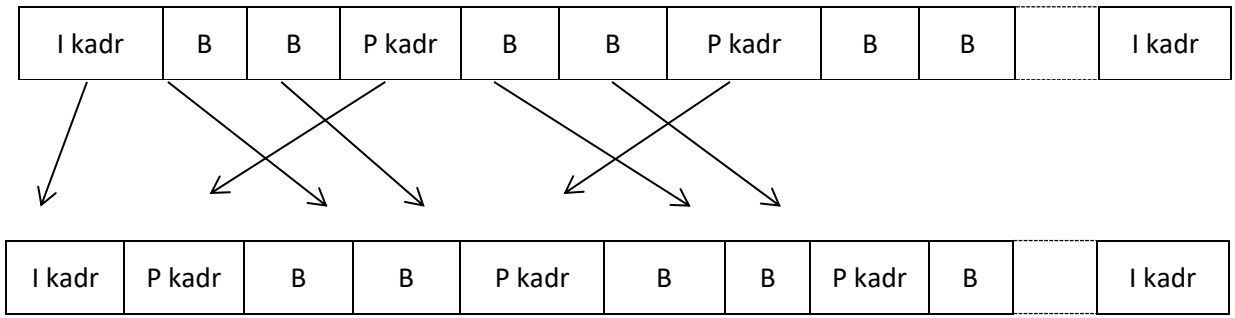
Şəkil 3.14.Video axının quruluşu

MPEG-2 standartında (MPEG-1 standartında olduğu kimi), kadrarası və kadrlararası kodlaşdırma və video məlumat axınının formalaşması üçün üç növ şəkillər istifadə olunur: I, P və B. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, standart bu kadrlardan dəyişən uzunluqlu qruplar yaratmağa imkan verir.

### Elementar axında görüntünün ötürülməsi qaydası.

Sıxılma nəticəsində orijinal şəkilləri təmsil edən məlumatların miqdarı azalır. MPEG-2 standartı kodlaşdırma prosesini özü tənzimləmir, buna görə içindəki şəkillər sıxılmış görüntü məlumatlarının - giriş bloklarının dekodlanması nəticəsində nəzərə alınmır.

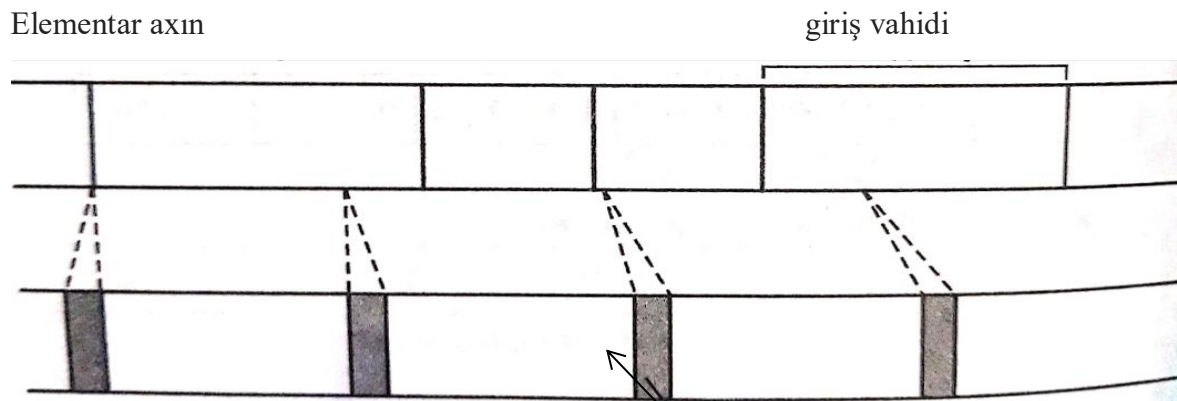
Kodlanmış məlumatlar



### Kanalə göndərilən məlumatlar

Şəkil 3.15. Dekoderin iş şəraiti nəzərə alınmaqla bir qrup kadrın meydana gəlməsi Dekoderdə, kodlayıcın çıxışındakı məlumat axınında çox miqdarda tampon yaddaşı saxlamamaq üçün kodlanmış şəkillər dekodlaşdırma qaydasına uyğundur. Məsələn, I-B-B-B ardıcılığı əvəzinə I-P-B-B seriyası yaranır.

Paket elementar axın MPEG-2 sisteminin spesifikasiyası (ISO / IEC 13818-1) bir və ya daha çox televiziya proqramının elementar axınlarının rəqəmsal rabitə kanalları vasitəsilə qeyd və ya ötürülməsi üçün əlverişli vahid məlumat axınına birləşməsinə təsvir edir. Qeyd etmək lazımdır ki, MPEG-2 standartı qeyd və ya ötürmə zamanı mümkün olan səhvlərdən qorunmanı müəyyən etmir, baxmayaraq ki, belə bir imkan təmin olunur, bu da axın parametrlərinin optimal seçimi sayəsində qorunmanı artırmağa imkan verir. MPEG-2 vahid məlumat axınının iki mümkün formasını tənzimləyir - proqram axını və nəqliyyat axını.



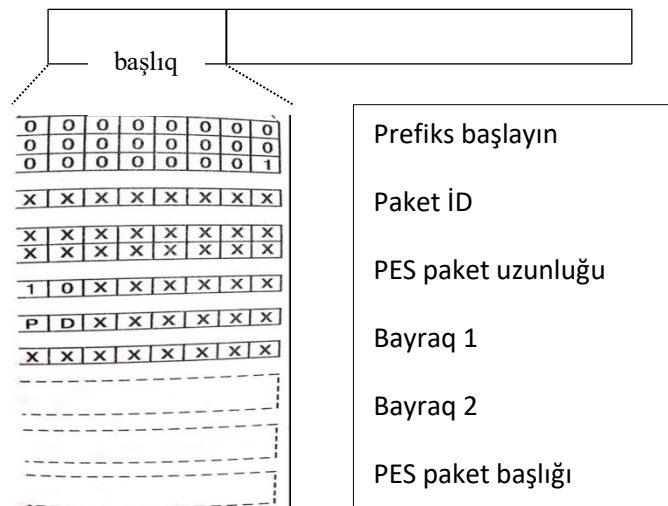
Toplu elementar axın(PES) PES paket PES axının başlığı

Şəkil 3.16. Toplu element axınının formalaşması

Tək bir axını əldə etmək üçün ilk addım, PES paketlərinin ardıcılığı olan bir paket elementar axın PES (Paketli Elemental Stream) meydana gəlməsidir. Hər bir paket

başlıq və istifadəçi məlumatlarından və ya orijinal elementar axınının parçaları olan yüklənmədən ibarətdir. Paketin faydalı məlumatlarının və giriş bloklarının başlanğıcı ilə razılaşdırmaq üçün heç bir tələb yoxdur, buna görə giriş blokunun başlanğıcı PES paketinin istənilən nöqtəsində ola bilər, bir neçə kiçik giriş bloku bir PES paket ala bilər. PES paketləri dəyişkən uzunluqlarda ola bilər, bu sərbəstlik müxtəlif yollarla istifadə edilə bilər. Məsələn, sadəcə bütün paketlər üçün sabit bir uzunluq təyin edə bilərsiniz və ya bir paketin başlanğıcını giriş blokunun başlanğıcı ilə əlaqələndirə bilərsiniz. PES paketinin başlığının başında bir başlanğıc prefiksi və axın identifikatorundan ibarət 32 bitlik başlanğıc kodu var. Axın identifikatoru bir televiziya proqramının bir elementar axınına aid PES paketlərini seçməyə imkan verir. Spesifikasiya, identifikator sahəsindəki 32 element səs axını və 16 video məlumat axını üçün icazə verilən qiymətləri müəyyənləşdirir. Bayraq 1-in 1 və 2 bitləri başlıqda məcburi olmayan əlavə sahələrin mövcudluğunu və ya olmamasını göstərir. Bu sahələr, məsələn, müəllif hüquqları, qarışıqlıq, prioritet kimi əlavə məlumatların ötürülməsi üçün istifadə olunur. PST və D bayraqlarının bitmələri PST (Təqdimat Zamanı Markaları) və DTS (Dekodlaşdırma Zaman Markaları) üçün vaxt işarələri olan sahələrin mövcudluğunu göstərir.

#### PES paket



Şəkil 3.17. PES başlığı

Zaman markaları dekoderdəki məlumat axınlarının sinxronlaşdırılması. Bu bir dekoderdə məlumat axınlarını sinxronizasiya etmək üçün bir mexanizmdir.

MPEG-4 standartını inkişaf etdirməkdə məqsəd MPEG-1 və MPEG-2 standartlarını çevik və səmərəli şəkildə yeniləmək idi. Lakin MPEG-2 elə uğurlu layihə oldu ki, MPEG qrupu səylərini obyektlərə əsaslanan problemlərin kodlaşdırılmasına və funksionallığın əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirilməsinə yönəltdi. MPEG-4 layihəsi başa çatdıqda, ITU-T işçi qrupu yeni H-26L video kodlaşdırma standartını hazırlamağa başlamışdı. MPEG-4 Visual Edition 2 standartı 2001-ci ildə yayımlandı və H-26L test modeli MPEG-4 10 versiyasının əsasını qəbul etdi. 2003-cü ildə ISO bu standartı H.264 MPEG-4 versiyası 10 olaraq təsdiqlədi (qabaqcıl video kodlaşdırma).

## NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Dissertasiya işində rəqəmsal siqnalların son nailiyyətləri geniş təhlil edilərək öyrənilmiş, onun insan fəaliyyətinin bütün sahələrinə nüfuz etməsi əsaslandırılmışdır. Xüsusilə, dissertasiyada rəqəmsal siqnalların radio və televiziya tətbiqinə geniş yer verilmişdir. Radiotexnika, elektronika, rabitə və idarəetmə sahəsində çalışan gənc mühəndislər üçün bu dissertasiyanın böyük köməyi ola bilər.

Bu dissertasiya işində siqnallar nəzəriyyəsinin çoxsaylı nəticələrindən, davamlı siqnalların mahiyyətini aydınlaşdıran ikisini ayırırıq.

Birincisi, siqnallar "vaxt tezliyi" müstəvisində yerləşdikləri ərazinin özünəməxsus bir "elastikliyini" göstərir. Bu fenomen siqnalların vaxt tezliyi qeyri-müəyyənliyi adlanır.

İkinci nəticə budur ki, müəyyən siqnal sinfi bu sinifdən hər hansı bir həyata keçirilmə ilə bu tətbiqin ayrı-ayrı nümunələri toplusu arasında tək-tək yazışmağa imkan verir.

Potensial səs-küy toxunulmazlığının və rabitə kanallarının bant genişliyinin təhlilinin əsas qanunları və metodları təsvir edilmişdir. Məlumatların, siqnalların və müdaxilənin parametrləri və xüsusiyyətləri, onların riyazi modelləri, siqnalların yaradılması və çevrilməsi üsulları, məlumatların ötürülməsi və kodlaşdırılması nəzəriyyəsinin problemləri, rəqəmsal siqnal emalı alqoritmləri, telekommunikasiya kanallarının əsas modelləri, çoxkanallı rabitə və məlumatların yayılması prinsipləri, rabitə sistemlərinin və səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi məsələləri Telekommunikasiya sistemlərində məlumatların kriptografik qorunmasının informasiya-nəzəri əsasları.

Rəqəmsal bir siqnalın analoqdan üstün cəhətləri:

- Yüksək səviyyədə qorunma. Ötürülmənin təhlükəsizliyi "rəqəm" in şifrəli formada ötürülməsinə əsaslanır;
- Siqnal qəbul etmə rahatlığı. Rəqəmsal siqnalın yaşayış yerindən istənilən məsafədə qəbul edilməsi mümkündür;

- Rəqəmsal yayım çox sayda kanal təmin edə bilər. Bu rəqəmsal televiziya tamaşaçılarına film və şoular izləmək üçün çox sayda telekanal təmin edir;
- Transmissiya keyfiyyəti analoq yayımdan daha yüksək olan bir neçə sifərdir.

Rəqəmsal signal emal və ötürmə texnologiyalarının tətbiqi ilə telekommunikasiya sahəsinin sürətli inkişafı televiziya yayımını yeni, daha yüksək səviyyəyə - rəqəmsal televiziya yayımına keçirməyə imkan verdi. Rəqəmsal televiziya yayımının bir çox növləri respublikada yayılmışdır: yayım, kabel, mobil, peyk, IP-televiziya.

Rəqəmsal televiziyanın analoqdan çox üstünlükləri var. Əvvəla, bu yüksək keyfiyyətli bir görüntü və səsdir. Rəqəmsal televiziya, çox kanallı səsli, eləcə də gələcəkdə stereo şəkillərlə (3D) yüksək qətnamə şəkillərin (yüksək dəqiqlikli televiziya və ya HDTV) ötürülməsini təmin edir. Rəqəmsal bir signal daha çox səs-küy toxunulmazlığına malikdir, buna görə müdaxiləyə daha az həssasdır. Müqayisə üçün, analoq televiziya səs-küy və müdaxilə olduğu yerdə rəqəmsal signal, rəqəmsal emal səbəbiylə televiziya studiyasında formalaşdığı keyfiyyətdə alınacaq.

İnsan fəaliyyətinin bir sıra sahələrində rəqəmsal signalın işlənməsi alqoritmləri və metodları öz tətbiqini tapmışdır, məsələn:

1. Kosmik tədqiqatlarda – görüntülərlə işləmə, məlumatların sıxılması, müxtəlif ağıllı sensorlar yaradılması.
2. Tibb - diaqnostika (tomoqrafiya, rentgenoskopiya, ultrasəs və s.), elektrokardiogramların təhlili, məlumatların saxlanması və işlənməsi.
3. Ticarət sahələri - multimedia tətbiqetmələri üçün səs və görüntünün sıxılması, video konfrans üçün xüsusi effektlər yaratmaq və s.
4. Telefoniya - səs və məlumatların sıxılması, əks olunan signalın azalması (echo effekti), signal kommutasiyası, süzülmə.
5. Hərbi texnika - radar, exolokasiya, ağıllı silahların yaradılması, rabitə sistemlərinin kodlaşdırılması.
6. Sənaye - neft və mineral kəşfiyyatı, müxtəlif proseslərin idarə edilməsi və idarə edilməsi, müxtəlif dizayn sistemləri.

7. Tədqiqat sahələri - seysmografiya, təhlil və məlumatların emalı, spektral analiz, müxtəlif proseslərin modelləşdirilməsi.

Müdafiə sənayesində, ilk növbədə radar, emal sonar və termal siqnalların problemlərini həll etmək üçün rəqəmsal emal sistemləri və metodları da hazırlanmışdır. Təyyarələrin aşkarlanması və məhv edilməsi üçün radarlar, nəzarət kompüterləri və raket buraxıcılarından ibarət komplekslərdən istifadə edilmişdir. Dəniz alətləri mühəndisliyi sahəsində, xüsusən də sonar siqnalları təhlil etmək, gəmilərin səs-küy pasportlarını spektral xüsusiyyətlər əsasında müəyyənləşdirmək və pasportun və həqiqi sonar siqnalın korrelyasiya asılılığını hesablamaq üçün rəqəmsal emal sistemləri istifadə edilmişdir.

Rəqəmsal emalın aparatına ən sərt tələblər radar sistemləridir. Rəqəmsal radar siqnalları emal edilərkən rəqəmsal filtrləmə və spektral analiz alqoritmlərindən istifadə olunur (diskret və sürətli Furje çevrilmələrinin hesablanması – DFT və FFT), korrelyasiya təhlili, tərs konsolu alqoritmləri və xüsusi xətti proqnozlaşdırma alqoritmləri istifadə olunur. Radar və sonar, bir cismi aşkar etmək və lokallaşdırmaq üçün echo prinsipindən istifadə edən elektron cihazlardır. Radarda elektromaqnit enerjisinin bir növü olan radio dalğaları istifadə olunur. Sonar, səs dalğalarını su altında və ya insan bədənə vasitəsilə göndərərək əks-səda prinsipindən istifadə edir. Səs dalğaları akustik enerjinin bir növüdür. Radar və sonarda istifadə olunan enerji növlərinin fərqi səbəbindən hər birinin öz tətbiqi var. Radarlar istifadə olunan məqsədlərdən asılı olaraq müxtəlif ölçülərdə olur. Ancaq bunların hamısı dörd əsas hissədən ibarətdir: ötürücü, anten, qəbuledici və ekran. Verici radio dalğaları yayır. Bir radio dalğası bir təyyarə kimi bir obyektə çatdıqda yenidən stansiyaya əks olunur. Antena əks olunan siqnalı aşkarlayır və onu artıran və gücləndirən qəbulediciyə göndərir sonra, siqnal görüntü olaraq ekrana göndərilir. Radar həm hərbi, həm də mülki məqsədlər üçün istifadə olunur. Ən çox istifadə edilən mülki istifadə gəmilər və təyyarələr üçün naviqasiya yardımındır. Gəmilərdə və ya hava limanında quraşdırılmış radarlar,

mümkün toqquşmaların qarşısını almaq üçün digər obyektlər haqqında məlumat toplayırlar. Dənizdə şamandıra, qaya və s. haqqında məlumatlar toplanır. Havada radarlar, görünmə və ya nasazlıq vəziyyətində təyyarələrin enməsinə kömək edir. Həmçinin radarlar meteorologiyada, hava şəraitinin proqnozlaşdırılmasında istifadə olunur. Sinoptiklər, bir qayda olaraq, fırtınalar, qasırğalar və digər hava fəlakətlərini öyrənmək üçün onlardan lidar (optik radar) ilə birlikdə istifadə edirlər.

Sonarın çox istifadəsi var. Sualtı qayıqlar digər gəmilərin yerini tapmaq üçün sonarlardan istifadə edirlər. Texnologiya dərinliyi ölçmək üçün istifadə olunur (echo sounder). Bir echo qurucusu bir səs pulsunun bir gölməçə altına çatması və geri dönməsi üçün lazım olan vaxtı ölçür.

Eyni prinsip quruda neft axtararkən istifadə olunur. Sonar yer üzərindən bir impuls göndərir, bir impuls torpağın müxtəlif təbəqələrindən fərqli tezliklərdə əks olunur və geoloqlar torpaqda hansı növ torpaq və qayanın mövcud olduğunu müəyyən edə bilirlər. Bu, təbii ehtiyatları ehtimal olunan qazma sahələrini müəyyən etməyə kömək edir. Buna seysmik kəşfiyyat deyilir.

Tibbdə xüsusi bir sonar növü istifadə olunur və ultrasəs (ultrasəs) və ya ekoskopiya adlanır. Fərqli tezliklərin səs dalğaları bədənə müxtəlif orqanlarından əks olanda fərqli bir əks-səda yaradır. Səthi ən kiçik xarici hissəciklərdən təmizləmək üçün çox yüksək tezlikli səs dalğaları tibbdə və sənayedə istifadə olunur. Təbabətin rəqəmsallaşdırılması inkişaf etmiş ölkələrdə populyarlıq qazanmağa davam edən bir tendensiyadır. Bu da təsadüfi deyil, çünki yenilikçi texnologiyaların tətbiqi yalnız profilaktik fərdiləşdirilmiş tibbin inkişafına təkan vermir, həm də idarəetmə qərarlarının qəbulunu asanlaşdırır. Rəqəmsal texnologiyaların tibbdə, digər sahələrdə olduğu kimi istifadə edilməsinin əsas üstünlükləri aşağıdakılarla əlaqədardır:

1. müxtəlif məlumatların işlənmə seriallarının yüksək dəqiqliyi, işarələrin tanınması (vizual, səs və s.) və ədədi dəyişikliklərin qiymətləndirilməsi;



2. nəticəni əldə etmək və qərar qəbul etmək sürəti;
3. kütləvi xəstə baxımı üçün vacib olan iqtisadi səmərəlilik.

Müasir tibb sistemlərində bu üstünlüklər birlikdə informasiya mənbələri və məlumatların emalı vasitələri ilə tibbi xidmətlərin keyfiyyət səviyyəsini təşkil edir. Üstəlik, tibb fərdiləşdirilir və ilkin diaqnoz almaq istəyən hər kəs üçün imkanları genişləndirir.

İqtisadiyyatda rəqəmsal siqnalların istifadəsi olduqca önəmli prosesdir. Hal-hazırda inkişafda olan ölkələrdə iqtisadiyyatın rəqəmsallaşdırılması daha sürətli inkişafa səbəb olacaqdır. İqtisadiyyatda elektron texnologiyalardan, elektron infrastruktur və xidmətlərdən, böyük həcmdə məlumatların təhlili və proqnozlaşdırma texnologiyalarından istifadə olunarsa, bu

1. istehsal paylanması, mübadiləsi, istehlakını optimallaşdırmaq,
2. dövlətlərin sosial-iqtisadi inkişaf səviyyəsini yüksəltmək və s.

üçün böyük rol oynayacaq. Gələcəkdə rəqəmsal cihazların elektronika bazarında üstünlük təşkil edəcəyi ehtimal olunur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Qasimov B. M., Musayev İ. K., Bayramov H. M. (2018). “İnformasiyanın işlənməsinin kodlaşdırılması” Bakı, 152 səh.
2. Qasimov V. Ə. (2015). “İnformasiya axtarışı üsulları və sistemləri” Bakı, 288 səh.
3. Musayev İ., Əlizadə M. (2014). “İnformatikanın əsasları” Bakı, 228 səh.
4. Rüstəmov Q. Ə. (2016). “Siqnalların rəqəmli emalı. Mühazirələr kompleksi” Bakı, 294 səh.
5. Rüstəmov Q. Ə. (2016). “Rəqəmli idarəetmə sistemləri. Mühazirələr kompleksi” Bakı, 289 səh.
6. Быков Р. Е., Фрайер Р., Иванов К. В., Манцветов А. А. (2012). “Цифровое преобразование изображений” 228 стр.
7. Брайс Р. (2002). “Руководство по цифровому телевидению” М.: ДМК-Пресс, 282 стр.
8. Быков Р.Е. (2006). “Основы телевидения и видеотехники”, 399 стр.
9. Воробьев Л. В., Давыдов А. В., Щербина Л. П.(2009). “Системы и сети передачи информации” Москва, 336 стр.
10. Воронин А.В., Иванов В.Н., Сомов А.М. (2017), “Цифровое телевизионное вещание”, 240 стр.
11. Волков С.В. (2004). “Сети кабельного телевидения”, 616 стр.
12. Евсютин О.О., Шелупанов А.А., Росошек С.К., Мещеряков Р.В. (2013), “Цифровое сжатие изображений” 124 стр.
13. Кудряшов Б. Д. (2009), “Теория информации” Санкт-Петербург, Питер, 320 стр.
14. Кохно М.Т. (2015), “Основы радиосвязи, вещания и телевидения” 272 стр.
15. Лишин Л. Г., Попов О. Б. (2013), “Запись цифровых аудио- и видеосигналов”, 178 стр.
16. Мамчев Г.В. (2014), “Цифровое телевизионное вещание” , 448 стр.

- 17.Мамчев Г.В. (2007). “Основы радио и телевидения” , 416 стр.
- 18.Мамчев Г.В. (2012). “Теория и практика наземного цифрового телевизионного вещания”, 340 стр.
- 19.Пескин А.Е., Труфанов В.Ф. (2013), “Мировое Телерадиовещание. Стандарты и Системы” 260 стр.
- 20.Сергиенко А. В. (2002). “Цифровая обработка сигналов” М.: Питер, 606 стр.
- 21.Сергеенко В. С., Баринов В. В. (2011). “Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах” Москва, 360 стр.
- 22.Смирнов А.В., Пескин А.Е. (2014) “Цифровое телевидение: от теории к практике” 352 стр.
- 23.Солониная А. И., Клионский Д. М., Меркучева Т. М.,Перов С. Н. (2013). “Цифровая обработка сигналов и Matlab” БХВ-Петербург, 512 стр.
- 24.Сэломон. Д. (2004) “Сжатие данных, изображений и звука” Москва: Техносфера, 368 стр.
- 25.Точчи Р. Дж., Уидмер Н. С. (2004). “Цифровые системы” Москва, 1024 стр.
- 26.Steven W. Smith (2008). “Digital signal processing” Newnes, 720 p.

## РЕЗЮМЕ

Цифровой сигнал меняется со временем. После преобразования сигналов в цифровую форму для их работы используются математические аппараты, алгоритмы и технологии. Теорию цифровой обработки сигналов можно разделить на две основные области: изучение общих положений, используемых во всех областях; изучение специальных технологий в определенном приложении. Основным преимуществом цифровой системы является то, что кодированный сигнал может быть сжат с помощью современных алгоритмов, в том числе группы экспертов движущегося изображения. Цифровые сигналы передаются в паролях. Они декодируются через цифрово-аналоговые устройства. Для этого требуется специальный код. Он может передавать часть цифрового адреса приемника в аналоговый цифровой преобразователь. Цифровой сигнал широко используется в мобильной связи, потому что сигналы украдены, но отсутствие полной части кода не расшифровывает их.

Цифровая обработка - более дешевый способ достижения результата, в отличие от аналогового, который традиционно используется во многих радиотехнических устройствах, обеспечивая устройство более высокой точностью, миниатюрностью и совместимостью, а также температурной стабильностью.

Цифровое телевидение имеет много преимуществ перед аналоговым телевидением. Прежде всего, это высокое качество изображения и звука. Цифровое телевидение обеспечивает многоканальное аудио, а также передачу изображений высокого разрешения (телевидение высокой четкости) со стереоизображениями в будущем.

Использование цифровых сигналов требовалось большинством инженеров. В настоящее время цифровые сигналы доступны во многих областях человеческой деятельности - мобильной телефонии, военном деле, торговле, медицине, космических исследованиях, промышленности и других.

## Summary

The digital signal varies with time. After converting the signals into digital form, mathematical apparatus, algorithms and technologies are used to work with them. The theory of digital signal processing can be divided into two main areas: the study of general provisions used in all areas; study of special technologies in a certain application. The main advantage of the digital system is that the encoded signal can be compressed by modern algorithms, including motion picture expert group. Digital signals are transmitted in passwords. They are decoded via digital-analog devices. This requires a special code. It can transmit the digital address part of the receiver to an analog digital converter. Digital signal is widely used in mobile communications, because the signals are stolen, but the lack of a complete part of the code does not decipher them.

Digital processing is a cheaper way to achieve a result, unlike analog, which is traditionally used in many radio engineering devices, providing the device with higher accuracy, miniature and compatibility, and temperature stability.

Digital television has many advantages over analog television. First of all, this is a high quality image and sound. Digital television provides the transmission of high-resolution images (high-definition television) with multi-channel audio, as well as stereo images in the future.

The use of digital signals was required by most engineers. Currently, digital signals are available in many areas of human activity - mobile telephony, military, trade, medicine, space research, industry and others.