

## AXBOROTLARNI KODLASH JARAYONIDA INFORMATSIYANING MIQDORINI BAHOLASH

G'.A.Jumaev

 orcid: 0009-0008-3069-4062

e-mail: giyosjonjumaev@utas.uz

H.E.Mamarajabov

 orcid: 0009-0004-7032-6740

e-mail : husankarimov09@gmail.com

F.F. Shukrullayev

e-mail: farhodshukrullayev728@gmail.com

Toshkent Amaliy fanlar universiteti, Axborot texnologiyalari fakulteti katta o'qituvchisi

Toshkent Amaliy fanlar universiteti, Axborot texnologiyalari fakulteti o'qituvchisi

Toshkent Amaliy fanlar universiteti, Axborot texnologiyalari fakulteti talabasi

e-mail: giyosjonjumaev@utas.uz

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14898164>

**Annotatsiya:** Ushbu maqola axborotni modulyatsiya qilish doirasida ma'lumotlarning miqdoriy bahosini o'rganadi. U turli xil modulyatsiya usullari uzatiladigan ma'lumotlarning yaxlitligi va ishonchliligiga qanday ta'sir qilishini tahlil qilishga qaratilgan. Biz turli xil modulyatsiya strategiyalarining samaradorligini va ularning signal ravshanligi va ma'lumotlarning yo'qolishiga ta'sirini baholash uchun statistik usullardan foydalanamiz. Tadqiqot ma'lumotlarning sodiqligini o'lchash uchun asosiy ko'rsatkichlarni, shu jumladan bit xato stavkalari va signal-shovqin nisbatlarini ta'kidlaydi. Axborot miqdori va modulyatsiya jarayonlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni har tomonlama o'rganib chiqib, ushbu tadqiqot aloqa tizimlarini optimallashtirishga yordam beradi, ma'lumotlarni uzatish sohasida ham nazariy tushunishni, ham amaliy qo'llanmalarni yaxshilaydi.

**Kalit so'zlar:** Pulse code modulation (PCM), signal-to-noise ratio (SNR), bit error rate (BER), amplitude modulation (AM), frequency modulation (FM), quadrature amplitude modulation (QAM), multiple-input multiple-output (MIMO).

### Kirish

Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarining tobora rivojlanib borayotgan davrda "axborot modulyatsiyasi" tushunchasi ma'lumotlarning qanday aniqlanishi, qayta ishlanishi va uzatilishini tushunish uchun asos bo'lib xizmat qildi. Tarixan telekommunikatsiya bilan bog'liq bo'lgan modulyatsiya jarayoni endi ma'lumotlar tahlili, sun'iy intellekt, kiberxavfsizlik va undan tashqarida turli sohalarida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Ushbu kontekstdagi "axborotni miqdoriy baholash" axborotni muntazam ravishda baholash va o'lchashni anglatadi, chunki u modulyatsiyadan o'tadi va shu bilan turli xil ilovalarda aniqlik, samaradorlik va moslashuvchanlikni yaxshilaydi.

Axborot modulyatsiyasining sayohati 19-asrda, Jeyms Klerk Maksvell tomonidan elektromagnetizm bo'yicha asosli ish bilan kuzatilishi mumkin. Maksvell tenglamalari uzatish uchun asos yaratdi elektromagnit to'lqinlar, modulyatsiya texnikasining keyingi rivojlanishi uchun muhim bo'lgan kontseptsiya. 1904 yilda, jon Ambrose Fleming vakuum trubkasi diodini ixtiro qildi, o'zgaruvchan tok signallarini to'g'rilashga imkon berdi, bu elektr signallarini manipulyatsiya qilish va modulyatsiyalashda muhim bosqich edi. 20-asr ushbu sohada tez rivojlanishlarga guvoh bo'ldi. Asosiy tarixiy voqealarga quyidagilar kiradi Edvin X. Armstrong 1930-yillarda chastota modulyatsiyasi (FM) ixtiro, bu shovqinni kamaytirish orqali radioeshittirishlarning sifati va ishonchliligini sezilarli darajada yaxshiladi. Xuddi shunday, 20-asr o'rtalarida Klod Shennon va uning zamondoshlari tomonidan puls kodini modulyatsiya qilish (PCM) rivojlanishi raqamli aloqada inqilob qildi. Shannonning "aloqaning matematik nazariyasi" bo'yicha seminal ishi modulyatsiya jarayonlarida ma'lumotni baholash uchun miqdoriy asosni ta'minlovchi axborot entropiyasi tushunchasini kiritdi. Ushbu tarixiy bosqichlar modulyatsiya texnikasini rivojlantirish va axborotni miqdoriy tushunish o'rtasidagi ichki bog'liqlikni ta'kidlaydi.

Modulyatsiya paytida ma'lumotlarning miqdoriy bahosini o'rganish uchun avvalo "axborot."Axborot nazariyasi sohasida ma'lumot ko'pincha noaniqlikning kamayishi sifatida aniqlanadi. Shannon entropiyasi stoxastik ma'lumotlar manbai tomonidan ishlab chiqarilgan ma'lumotlarning o'rtacha miqdorini o'lchaydi. Modulyatsiya jarayoni—amplituda modulyatsiya (AM), chastota modulyatsiyasi (FM) yoki kvadratur amplituda modulyatsiya (QAM) kabi yanada murakkab raqamli usullar-tabiatan samarali uzatish va qabul qilish uchun tashuvchi signaliga ma'lumotlarni kodlashni o'z ichiga oladi. Shuning uchun miqdoriy baholash quyidagi ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi:

- **Signal-shovqin nisbati (SNR)** - Shovqin o'rtasida modulyatsiyalangan signal sifatini o'lchash.
- **Bit xato darajasi (BER)** - Axborot uzatish aniqligini baholash.
- **Tarmoqli kenglikdan foydalanish** - Chastota spektridan foydalanish samaradorligini baholash.
- **Ma'lumotlarni siqish nisbati** - Ma'lumotlarni uzatish uchun optimallashtirishni aniqlash.

Ushbu ko'rsatkichlar tadqiqotchilar va muhandislarga doimiy innovatsiyalarga yo'l ochib, modulyatsiya texnikasining ishlashi va ishonchliligini muntazam ravishda baholashga imkon beradi. Modulyatsiya texnikasi evolyutsiyasi insoniyatning axborot uzatishda yuqori samaradorlik va ishonchlilikka erishishga intilishini aks ettiradi. Kabi Analog usullar amplituda va chastota modulyatsiyasi 20-asrning boshlarida hukmronlik qildi va audio va vizual ma'lumotlarni uzatishning sodda, ammo samarali vositalarini taklif qildi. Biroq, asrning ikkinchi yarmida raqamli texnologiyalarning paydo bo'lishi kabi usullarni joriy etdi fazali siljish kaliti (PSK) va kvadratura amplitudasi modulyatsiyasi (QAM), bu yuqori ma'lumotlar tezligini va yaxshi shovqin qarshiligini taklif qildi. 21-asrda ortogonal chastotani taqsimlash multiplekslash (OFDM) va ko'p kirish ko'p chiqish (MIMO) kabi texnikalar, ayniqsa 4G va 5G kabi simsiz aloqa standartlarida keng tarqalgan bo'lib, ushbu usullar ishlashni optimallashtirish uchun murakkab miqdoriy baholarga tayanadi. Masalan, OFDM signallarni ortogonal tarkibiy qismlarga ajratish uchun Furye konvertatsiyasidan foydalanadi va bu spektrdan samarali foydalanishga imkon beradi. Xuddi shunday, MIMO ma'lumotlar o'tkazuvchanligini oshirish uchun fazoviy xilma-xillikdan foydalanadi, bu kanal sharoitlari va signal parametrlarining aniq miqdorini talab qiladi. Axborotni modulyatsiya qilish tamoyillari va uning miqdoriy bahosi telekommunikatsiyalardan tashqariga chiqadi, masalan:

- ✓ **Kiberxavfsizlik.** Modulyatsiyalangan signallarni anomalialarni aniqlash va xavfsiz ma'lumotlar uzatilishini ta'minlash uchun tahlil qilish mumkin.
- ✓ **Sun'iy intellekt.** Modulyatsiya texnikasi mashinani o'rganish modellari uchun ma'lumotlarni samarali kodlash va dekodlash imkonini beradi.
- ✓ **Sog'liqni saqlash.** Simsiz modulyatsiya usullari teletibbiyot dasturlarida bemor ma'lumotlarini Real vaqtda kuzatish va uzatishni osonlashtiradi.
- ✓ **Kosmik tadqiqotlar.** Modulyatsiyaning ilg'or usullari uzoqdagi kosmik kemalardan yuqori aniqlikdagi tasvirlar va ma'lumotlarni uzatish uchun juda muhimdir.

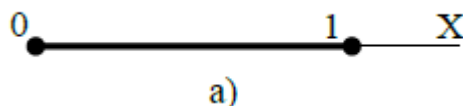
Axborot modulyatsiyasi sohasi ko'plab qo'llanilishiga qaramay, tobora ko'payib borayotgan spektrlarga aralashuvni boshqarish, uzatish tizimlarida energiya samaradorligini ta'minlash va modulyatsiya sxemalarining tobora murakkabligini hal qilish kabi muammolarga duch kelmoqda. Biroq, bu qiyinchiliklar innovatsiyalar uchun imkoniyatlarni ham taqdim etadi. Kvant modulyatsiyasi va mashinani o'rganishga asoslangan optimallashtirish kabi rivojlanayotgan texnologiyalar kelajakda ma'lumotlarning miqdori va qayta ishlanishini o'zgartirishga va'da beradi. Modulyatsiya paytida ma'lumotni miqdoriy baholash matematik printsiplarga chuqur asoslanadi. Furye tahlili, stoxastik jarayonlar va optimallashtirish algoritmlari kabi usullar modulyatsiya tizimlarini loyihalash va baholashga asoslanadi. Ushbu nazariy asoslar integral mikrosxemalardan bulutga asoslangan signallarni qayta ishlash platformalarigacha bo'lgan apparat va dasturiy ta'minotdagi amaliy dasturlar bilan to'ldiriladi.

Nazariya va amaliyot o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik axborot modulyatsiyasidagi yutuqlar akademik nutq bilan chegaralanib qolmasligini, balki jamiyat uchun sezilarli foyda keltirishini ta'minlaydi. Bu global ulanishni kuchaytiradimi, aqlli shaharlarni yoqadimi yoki muhim infratuzilmalarni qo'llab-quvvatlaydimi, modulyatsiyalangan ma'lumotlarning miqdoriy tushunchasi taraqqiyot uchun harakatlantiruvchi kuch bo'lib qolmoqda va nafaqat texnik harakat, balki tarix, nazariya va innovatsiyalarni ko'prik qiladigan multidisipliner muammodir. Uning tarixiy ildizlarini izlash, nazariy asoslarini tushunish va zamonaviy qo'llanmalarini o'rganish orqali biz ushbu hayotiy sohada har tomonlama istiqbolga ega bo'lamiz. Miqdoriy ko'rsatkichlar va modulyatsiya texnikasini doimiy ravishda takomillashtirish texnologiya va inson tushunchasida yangi chegaralarni ochishni va'da qiladi va bu domenning tobora o'zaro bog'liq dunyoda ahamiyatini kuchaytiradi.

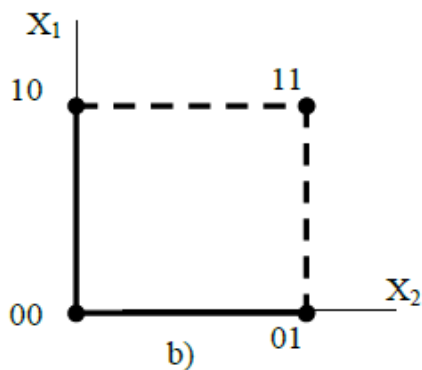
### Asosiy qisim

Axborotni modulyatsiya qilish jarayonida axborotni miqdoriy baholash tamoyillari, metodologiyalari va oqibatlarini o'rganish va tushuntirishdir. Ushbu tadqiqot ma'lumotni turli xil dastur sohalarida qanday o'lchash, optimallashtirish va samarali uzatish mumkinligini chuqurroq tushunishga hissa qo'shishga qaratilgan. Nazariy asoslarni, tarixiy o'zgarishlarni va zamonaviy yutuqlarni birlashtirib, ushbu tadqiqot axborot fanlari va texnologiyalari sohasidagi fundamental tadqiqotlar va amaliy dasturlar o'rtasidagi farqni bartaraf etishga qaratilgan.

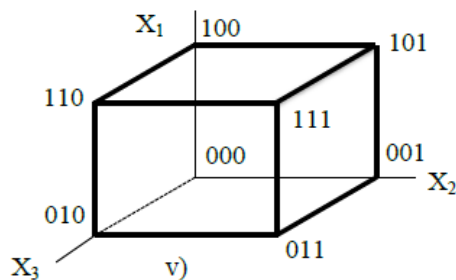
**Informatsiyaning struktura o'lchovi.** Informatsiyaning struktura o'lchovidan foydalanilganda faqat xabarning diskret tuzilishini, undagi mavjud informatsion elementlar va ular orasidagi bog'lanishlar hisobga olinadi. Strukturaviy yondashishda informatsiyaning geometrik, kombinatorik va additiv o'lchovlari farqlanadi. **Geometrik o'lchov** - informatsion xabarning geometrik modelining parametrini (uzunligini, yuzasini, hajmini) diskret birliklarda o'lchashni faraz qiladi. Masalan, informatsiyaning geometrik modeli sifatida birlik uzunlikdagi chiziqni kvadratni ko'rsatish mumkin.



1-rasm. a - "0" yoki "1" qiymatni oluvchi bir xonali so'z



2-rasm. b - ikki xonali so'z



3-rasm. v - uch xonali so'z

Yuqoridagi barcha rasmlarda ifodalangan model turi "Informatsiyaning geometric" modeli hisoblanadi. Ushbu strukturalarda informatsiyaning mumkin bo'lgan maksimal qiymati modelning informatsion hajmini belgilaydi. Informatsion hajm barcha koordinatalar bo'yicha diskret qiymatlarning yig'indisi sifatida aniqlanadi. **Kombinatorik o'lchovda** - informatsiya miqdori elementlar (simvollar) kombinatsiyalari soni sifatida aniqlanadi. Informatsiyaning mumkin bo'lgan miqdori elementlarning mumkin bo'lgan birlashtirishlar, o'rin almashtirishlar va joylashtirishlar soniga

mos keladi. Faqat "0" va "1" lardan tarkib topgan so'zlardagi simvollarni kombinatsiyalash so'z qiymatini o'zgartiradi. **Additiv o'lchoviga (Xartli o'lchoviga)** - muvofiq informatsiya miqdori ikkilik birliklarda – bitlarda o'lchanadi. Bunda sonning teranligi (glubina) va uzunligi tushunchalari kiritiladi. Sonning teranligi  $q$  - informatsiyani ifodalash uchun qabul qilingan elementlar (simvollar) soni. Sonning uzunligi  $n$  - berilgan kattalikdagi sonni ifodalash uchun zaruriy va yetarli pozitsiyalar (o'rinlar) soni. Sonning berilgan teranligi va uzunligida ifodalanish mumkin bo'lgan sonlar soni  $N=q^n$  ga teng.

$N$  kattalik informatsiya hajmini baholashda qulay hisoblanmaydi. Chunki, masalan,  $N=1$  bo'lganida xabar nulli informatsiyani eltadi. Oldindan xarakteri ma'lum bo'lgan xabarni olish esa hech nima bermaydi. Shu sababli, informatsiya miqdorini (bitlarni) hisoblashga imkon beruvchi logarifmik o'lchov kiritilgan (Xartli tomonidan).

$$I(q) = \log_2 N = n \cdot \log_2 q$$

Demak, informatsiyaning 1 biti sodir bo'luvchi yoki sodir bo'lmaydigan bitta elementar hodisaga mos keladi. Informatsiya miqdorining bunday o'lchovi qulay hisoblanadi, chunki u o'lchovni son orqali ifodalashga imkon beradi. Bunda informatsiya miqdori "1" yoki "0" ikkilik simvollarning soniga ekvivalent hisoblanadi. Ta'kidlash lozimki, ba'zida sonning teranligi tushunchasi sanoq sistemasining asosi tushunchasi bilan almashtiriladi.

**Informatsiyaning statistik o'lchovi.** Informatsiyaning statistik nazariyasi K.Shennon tomonidan batafsil o'rganilgan. Yuz berish ehtimolligi birga yaqin bo'lgan tez-tez uchraydigan hodisa xususida xabar paydo bo'lsa, bunday xabarning qabul qiluvchi uchun informativligi kam bo'ladi. Xuddi shunday, yuz berish ehtimolligi nolga yaqin bo'lgan xabarning ham informativligi kam bo'ladi. Hodisalarga qandaydir tajribaning natijasi sifatida qarash mumkinki, bunday tajribaning barcha natijalari ansamblni, ya'ni hodisalarning to'liq guruhini tashkil etadi. K.Shennon tajriba jarayonida paydo bo'luvchi hodisaning noaniqligi tushunchasini kiritdi va uni entropiya deb atadi. Ansambl entropiyasi uning noaniqligining va demak informativligining miqdoriy o'lchovi bo'lib, tajribaning har bir mumkin bo'lgan natijalari ehtimolligi to'plamining o'rtacha funksiyasi sifatida ifodalanadi. Shartli entropiya informatsiya nazariyasida kodlanuvchi alfavit simvollar orasidagi o'zaro bog'liqlikni aniqlashda, aloqa kanallari bo'yicha informatsiya uzatishdagi yo'qotishlarni aniqlashda va birlashma entropiyani hisoblashda ishlatiladi. Entropiyalarni jamlash qoidasiga muvofiq ikkita mazmun jihatidan turli (mustaqil) kitoblardagi informatsiya miqdori – alohida kitoblardagi informatsiya miqdorlarining yig'indisiga teng. Agar bir kitob ikkinchi kitobning qismini o'z ichiga olsa, ushbu ikki kitobdagi informatsiya miqdori alohida kitoblardagi informatsiya miqdorlarining yig'indisiga teng bo'lmaydi, balki undan kam bo'ladi. Bu holda informatsiya miqdorini o'lchashda shartli entropiya tushunchasidan foydalaniladi. Shartli entropiyani hisoblashda shartli ehtimolliklar u yoki bu ko'rinishda ishlatiladi. Tatbiq nuqtai nazaridan informatsiya miqdorini baholash, asosan, tejamli kodlarni qurish, aloqa kanallari xususiyatlarini va ularning o'tkazish qobiliyatini baholash, kodlarning ortiqchaligini va ularning xalallarga bardoshligini aniqlash uchun zarur hisoblanadi.

Masalan, aloqa kanallarini tahlillashda holatlari to'plami ma'lum elementlar yordamida uzatilishi mumkin bo'lgan informatsiyaning maksimal miqdorini aniqlashni bilish zarur. Xabar elementiga to'g'ri keluvchi informatsiyaning maksimal miqdorini faqat holatlarning teng ehtimolligi va mustaqilligida olish mumkin. Informatsiya nazariyasida ortiqchalik ortiqcha informatsiya miqdorini ko'rsatadi. Bu informatsiya miqdori elementlar holati to'plamining strukturasi orqali aniqlanadi va odatda, statistik ma'lumotlardan oldindan ma'lum bo'ladi. Xabarlar manbaining entropiyasi sifat alomatlarining berilgan soniga ega bo'lgan alfavit uchun maksimal entropiyaga teng bo'lmasligi ushbu manbaa xabarlarining ko'p sonli informatsiyani eltishi mumkinligini anglatadi. **Informatsion ortiqchalika** - alfavit strukturasiidagi ortiqcha informatsiya miqdorini aniqlash uchun ortiqchalik tushunchasi kiritilgan. Informatsion ortiqchalik o'lchamsiz kattalik bo'lib, alfavit simvoliga to'g'ri keladigan nisbiy ortiqchalikni ifodalaydi. Ortiqchalik har doim ham nomaqbul hisoblanmaydi.

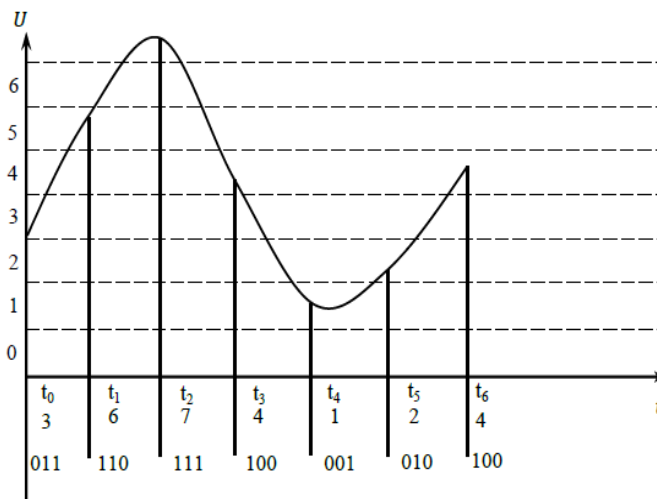
Kodlarning xalallarga bardoshligini oshirish uchun ortiqchalik zarur va u sun'iy ravishda qo'shimcha simvollar ko'rinishida kiritiladi.

**Informatsiyaning semantik o'lchovi.** Informatsiyaning ma'noli mazmunini, ya'ni uning semantik bosqichidagi miqdorini o'lchashda tezaurusli o'lchov keng tarqalgan. Bu o'lchov informatsiyaning semantik xususiyatlarini informatsiya olinishidagi foydalanuvchining qobiliyati bilan bog'laydi. Buning uchun foydalanuvchining tezaurusi tushunchasi ishlatiladi. Tezaurus – foydalanuvchi yoki sistema ixtiyoridagi ma'lumotlar majmui. Foydalanuvchi qabul qiladigan va kelgusida o'zining tezaurusiga kiritadigan informatsiya miqdori  $I_c$  informatsiyaning ma'noli mazmuni  $S$  va foydalanuvchi tezaurusi  $S_p$  orasidagi o'zaro nisbatda o'zgaradi. Bu bog'liqlik tabiatini egri chiziq yordamida ko'rsatish mumkin. Foydalanuvchi semantik informatsiyaning maksimal miqdoriga informatsiyaning ma'noli mazmunini o'zining tezaurusi bilan muvofiqlashtirgan xolda ( $S_p = S_{p\ opt}$ ) ega bo'ladi. Unda qabul qilingan informatsiya foydalanuvchiga tushunarli bo'ladi va unda oldin noma'lum bo'lgan (uning tezaurusida bo'lmagan) ma'lumotlarni beradi. Shunday qilib, foydalanuvchi qabul qiladigan ma'lumotlardagi semantik informatsiyaning miqdori, yangi bilimlar miqdori nisbiy kattalikdir. Bir xil ma'lumotlar bilimdon foydalanuvchi uchun ma'noli mazmunga ega bo'lsa, xabarsiz foydalanuvchi uchun ma'noga ega bo'lmaydi (semantik shovqin).

**Informatsiyani o'zgartirish.** Har qanday sistemaga informatsiya signal ko'rinishida beriladi. Fizik jarayonlarning turli parametrlari datchiklar yordamida elektrik signallarga aylantiriladi. Odatda ushbu signallar uzluksiz o'zgaruvchi tok yoki kuchlanish bo'lishi mumkin. Beriluvchi informatsiyani uzluksiz (analog) yoki diskret (raqamli) signallar ko'rinishida saqlash, uzatish va ishlash mumkin bo'lsada, hozirgi informatsion texnologiyaning rivojlanishi bosqichida diskret (raqamli) signallar afzal hisoblanadi. Shu sababli, analog signallar raqamli (diskret) shaklga keltiriladi.

Analog shakldagi signallarni raqamli shaklga keltirishda quyidagi uchta jarayonni ko'rsatish mumkin: diskretlash, kvantlash, kodlash. Ushbu jarayonlar mohiyatini ko'rib chiqamiz. Keyingi bayonlarda aniqlikni ta'minlash maqsadida o'zgartirish qiymati bo'yicha uzluksiz o'zgaruvchi kuchlanish shaklida ifodalangan signallar ustida amalga oshiriladi deb hisoblaymiz.

**Diskretlash.** Diskretlash jarayoniga muvofiq vaqt bo'yicha uzluksiz signaldan uning alohida qiymatlari ma'lum vaqt intervali  $t$  oralab tanlab olinadi. Interval  $t$  vaqt intervali, sanaladigan, onlar vaqtning takt onlari deb yuritiladi. Ravshanki, sanaladigan onlar qanchalik ko'p bo'lsa (diskretlash chastotasi yuqori bo'lsa) signal raqam ko'rinishida shunchalik aniq ifodalanaadi. Sanaladigan onlar kam bo'lsa (diskretlash chastotasi past bo'lsa) signal hususidagi axborot yo'qolishi mumkin. Bu holat mashhur Naykvist – Kotelnikov mezonidan bevosita kelib chiqadi. Ushbu mezonga muvofiq diskretlash chastotasi bo'lmaganda signal chastotasidan ikki marta katta bo'lishi lozim. Aks xolda signal xususidagi axborot yo'qoladi va signalni berilgan aniqlikda analog shakliga tiklab bo'lmaydi.



4-rasm. Diskretlash, kvantlash va kodlash jarayoni

**Kodlashda ilg'or statistik usullar.** Bayes modellari oldingi taqsimotlar va kuzatilgan ma'lumotlar asosida kodlash strategiyasini dinamik ravishda sozlaydi. Ushbu yondashuv nafaqat kodlash jarayonini moslashuvchan qilishga, balki kodlash sifatini oshirishga ham imkon beradi. Bayes modeli: ushbu tenglama orqali ma'lumotning ehtimolliklarini qayta baholaydi va kodlash jarayonida foydali qarorlar qabul qilishga yordam beradi. Mashinani o'rganish texnologiyalari, jumladan asab

tarmoqlari, kodlash strategiyalarini takomillashtirishda keng qo'llanilmoqda. Bu jarayon quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: Kodlash samaradorligini bashorat qilish - mashinani o'rganish algoritmlari yordamida kodlashdagi kamchiliklarni aniqlash. Yo'qotish funksiyalarini minimallashtirish: Raqamli modellar aniqlikni oshirish uchun yo'qotish funksiyalari bo'yicha optimallashtiriladi. Aniqlik ko'rsatkichlarini oshirish: Statistik ta'lim usullari optimal kodlash strategiyalarini topishga yordam beradi. Ushbu statistik sharhlar kodlash jarayonlarini baholashda miqdoriy tahlilning asosiy rolini namoyish etadi. Entropiya kabi asosiy ko'rsatkichlardan tortib, mashinani o'rganishning ilg'or modellariga qadar statistik usullar axborotni taqdim etish va uzatishni optimallashtirish uchun bebaho vositalarni taklif etadi. Kelajakda bu yondashuvlar kvant nazariyasi, katta ma'lumotlar tahlili va moslashuvchan kodlash usullari orqali yanada rivojlanishi kutilmoqda.

### **Xulosa**

Axborotni kodlash jarayonida axborotni miqdoriy baholashni o'rganish axborotni qayta ishlash tizimlarini optimallashtirishda matematik qat'iylik va tuzilgan metodologiyalarning muhim rolini ta'kidlaydi. Turli xil kodlash strategiyalarini o'rganish orqali samarali kodlash nafaqat ortiqcha miqdorni kamaytiradi, balki uzatilayotgan ma'lumotlarning ishonchliligi va xavfsizligini oshiradi. Entropiyaga asoslangan chora-tadbirlarni qo'llash orqali biz ma'lumotlar yaxlitligini saqlab, optimal siqilishga erishishimiz mumkin, bu printsip telekommunikatsiyalardan ma'lumotlarni saqlash tizimlariga qadar turli sohalarida dasturlarni topadi. Bundan tashqari, kodlash jarayonlariga birlashtirilgan xatolarni aniqlash va tuzatish mexanizmlari ma'lumotni uzatish xatolaridan himoya qilishda tuzilgan ortiqcha ishlarning ajralmasligini namoyish etadi. Ushbu tahlilda o'rnatilgan miqdoriy asos, shuningdek, hisoblash murakkabligi va kodlash samaradorligi o'rtasidagi muvozanatni ta'kidlaydi. Ilg'or algoritmlar siqishni va xatolarga chidamlilikda sezilarli yutuqlarni va'da qilsa-da, ularning hisoblash talablari, ayniqsa, resurslar cheklangan muhitda ehtiyotkorlik bilan ko'rib chiqishni talab qiladi. Ushbu kelishuv muayyan foydalanish holatlari va texnologik cheklovlarga mos keladigan moslashtirilgan echimlar zarurligini ta'kidlaydi. Bundan tashqari, axborot nazariyasining mashinani o'rganish va sun'iy intellekt kabi zamonaviy texnologik yutuqlar bilan integratsiyasi kelajakdagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo'llarni taqdim etadi. Ushbu fanlararo yondashuvlar an'anaviy kodlash paradigmatlarini qayta aniqlash imkoniyatiga ega bo'lib, yanada moslashuvchan va samarali tizimlarga imkon beradi. Kelajakdagi tadqiqotlar axborot nazariyasi tamoyillari dolzarb bo'lib qolishini va rivojlanayotgan texnologik landshaftlarga moslashishini ta'minlab, ushbu metodologiyalarni takomillashtirishni davom ettirishi kerak.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Axborot nazariyasi va kodlash (o'quv qollanma) Ganiev Salim Karimovich, G'ulomov Sherzod Rajabovich, prof. S. K. Ganiev tahriri ostida (2017)
2. Shonazarov, B. S., & Xoliyorov, I. R. (2019). Axborot xavfsizligi va kriptografiya asoslari. Toshkent: "O'zbekiston".
3. Saydaxmedov, M. (2015). Axborot nazariyasi va kodlash usullari. Axborot texnologiyalari jurnalining maxsus soni, 2(1), 15–28.
4. Qodirov, A. T., & Azizov, N. X. (2018). Axborot va kodlashning matematik asoslari. Oliy ta'lim uchun o'quv qo'llanma. Toshkent: "Fan va texnologiya".
5. Karimov, J. K., & To'raqulov, S. A. (2020). Ma'lumotlarning miqdoriy bahosi: nazariy va amaliy yondashuv. O'zbekiston axborot texnologiyalari ilmiy jurnali, 8(3), 45–53.
6. Akramov, Z. M. (2016). Kriptografik algoritmlar va ma'lumotlarni shifrlash usullari. O'zbekiston ilmiy texnologiyalar jurnalining maxsus soni, 4(1), 10–22.
7. Abdurahmonov, I. K. (2019). Kodlash jarayonida ma'lumotni optimallashtirish texnologiyalari. O'zbekiston ilmiy jurnalining axborot texnologiyalari bo'limi, 6(2), 70–83.
8. Berger, T., & Gibson, J. D. (1998). Lossy Source Coding. IEEE Transactions on Information Theory, 44(6), 2693–2723.

9. Bose, R. C. (1963). On the Theory of Error-Correcting Codes. Proceedings of the IEEE, 51(5), 658–667.
10. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, 27(3), 379–423.