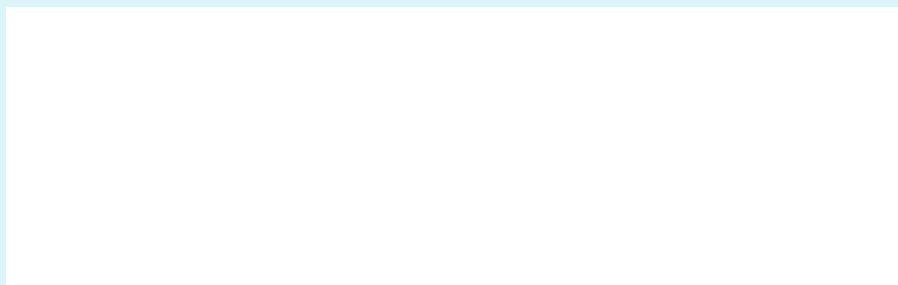


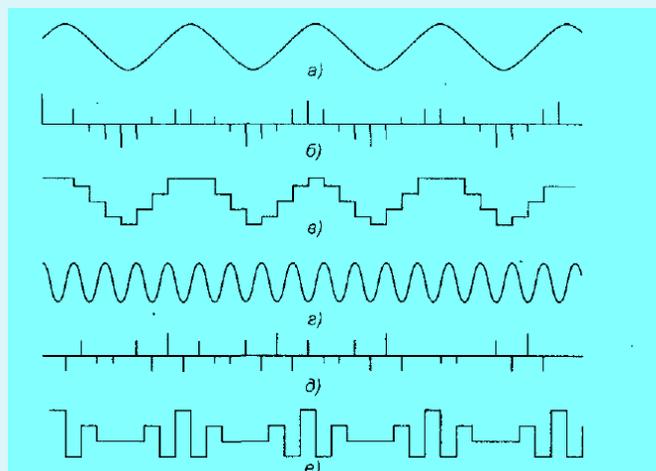
ТОШКЕНТ АХБОРОТ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИ

Сигналлар ва тизимлар фанидан



Тошширди: Абсаламова Г
Кабул килди: Собирова У.

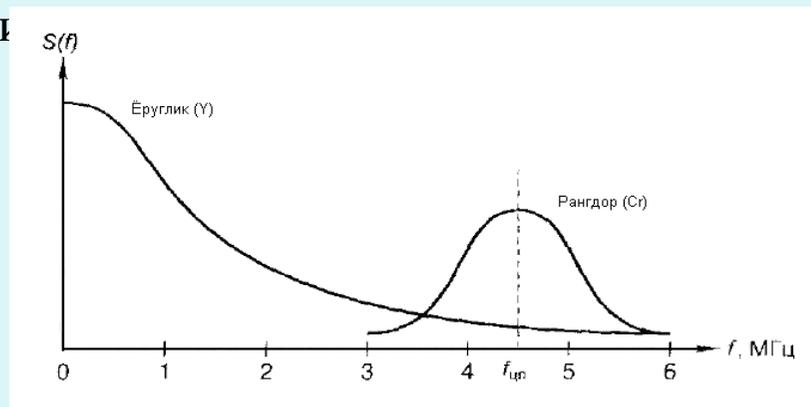
Ҳозирги кунда, жаҳонда ҳусусан Ўзбекистонда аналог радиотехника ва ахборот технологияларидан рақамли (дискрет) технологияларга секин аста ўтоқда. Шу ўринда сигналларни узатиш ва қабул қилиш ҳам аналогдан рақамли кўришига ўтяпти. Рақамли ёки дискрет сигналлар бу аналог сигналларни вақт бўйича ва сатҳ бўйича квантлаб, кодланган сигналлардир. Аналог сигналларни дискретлаш натижасида 1-расмда кўрсатилгани каби дискрет сигнал ҳосил бўлади. Дискрет сигналларни қайта аналог сигналларга айлантириш жараёни интерполяция дейилади. 1,в-расмда оддий зинасимон интерполяцияланган сигнал кўрсатилган.



1-расм. Сигналларни дискретлаш ва интерполяциялаш.

- Дискретлаш частотаси f_R куйидаги шартни бажариши лозим $f_R > 2f$, бу ерда f – дискретланаётган сигналнинг юқори чегаравий частотаси. Бу шарт экспери-мент йўли орқали Найквист томонидан аниқланган бўлиб, В.А. Котельников томонидан таниқли теорема шаклида назарий исботлаган. Шу шарт бажарилиши натижасида сигналнинг кўриниши ўзгаради ҳолос, унинг частотаси қандайлигича сақланиб қолади. Агар дискрет сигналларни интерполяциялаш жараёнида чегаравий частотаси дискретизация частотасининг ярмига тенг бўлган идеал паст частотали фильтр (ПЧФ) орқали ўтказилса, унда ҳосил бўлган сигнал биринчи аналог сигналга нисбатан ҳеч қандай бузилишларга эга бўлмайди.

- 1,г-расмда Котельников теоремасининг бузилиши натижасидаги дискретланган ва интерполяцияланган сигналларнинг кўриниши келтирилган. Бу ерда синусоидал сигнал частотаси дискретизация частотасининг ярмидан катта бўлган. Бунинг натижасида дискретланган ва интерполяцияланган сигналларда паст частотали ёлгон ташкил этувчиси ҳосил бўлади. Бундай бузилишлар ҳозиргача чорасиз, чунки ҳеч қандай фильтр орқали юқотиш мумкин эмас.
- Дискретлашни ва бузилдишларни ҳосил бўлишини спектр кўринишида ҳам таҳлил қилиш мумкин. SECAM ёки PAL тизимлари учун тўлиқ рангли тасвир сигналларнинг спектрининг мисолдаги кўриниши 2-расмда келтирилган.

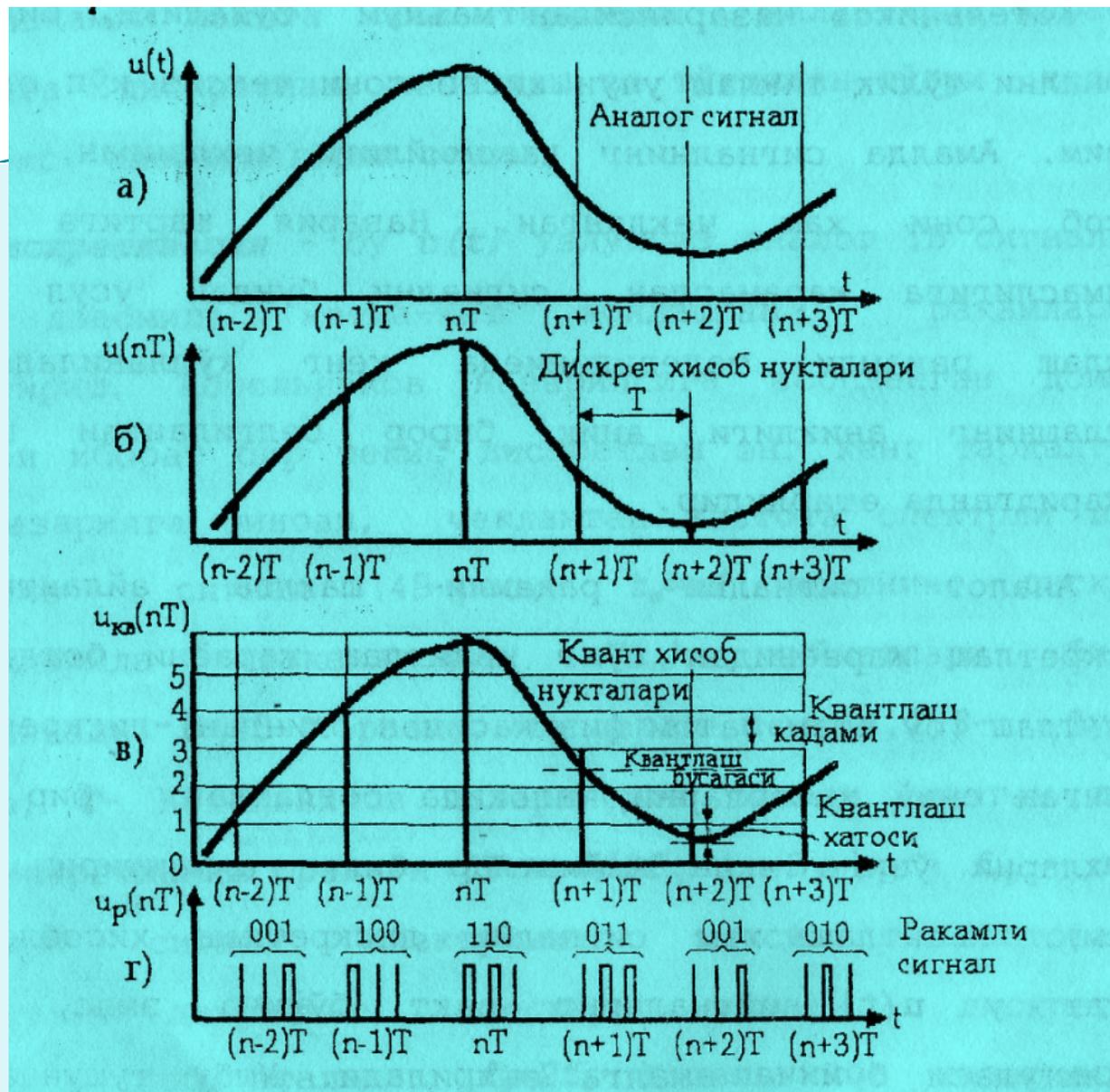


2-расм. Тўлиқ рангли тасвир сигналларнинг спектри.

- Ёруғлик сигналининг спектри 50 Гц дан юқори бўлган частота полосасини ўз
ичига олади (расмда кўринишича 0 Гцдан 5...6 МГцгача частота оралиғи киради).
Бу ерда частотаси паст бўлганлиги учун катта тасвир кўринишларга мос келади.
Ранг сигналининг спектри ранг ташувчи частотанинг атрофида жойлашган бўлиб,
унинг чегараси 1,5 МГцга фарқ қилади. 2-расмда тўлиқ рангли тасвир сигнали
спектрининг бир қисмигина кўрсатилган, аслида унинг ўзи кўпгина пикларга эга
бўлган сигналдир.
- Рақамли ТВ тизимини икки гуруҳга ажратиш мумкин. Биринчи гуруҳ
tizimларида бутунлай рақамли трактлар ва қурилмалар ишлатилади, узатилаётган
тасвирни рақамли сигналга ўзгартириш ва қабул қилиш экранида рақамли
сигнални яна тасвирга айлантириш бевосита ёруғлик- сигнал ва сигнал-ёруғлик
ўзгартиргичларида амалга оширилади. Тасвирни узатиш трактининг барча
бўғинларида ахборот рақамли шаклда берилади. Келажакда мана шундай
ўзгартиргичлар яратилиши мумкин, лекин ҳозирги вақтда бундай қурилмалар
мавжуд эмас, шунинг учун рақамли ТВ нинг иккинчи гуруҳ тизимларини ўрганиш
мақсадга мувофиқдир.

- Бунда датчиклардан олинган аналог ТВ сигнални рақамли шаклга айлантириш ва сўнг керакли ишлов бериш, узатиш ёки консервациялаш бажарилади. ТВ тасвирни тиклаш учун уни яна аналог шаклига айлантирилади. Бу тизимда мавжуд аналог ТВ сигнал датчиклари ва телевизион қабул қилгичларда сигнал-ёруғлик айлантиргичлари ишлатилади.
- Бундай тизимларда рақамли телевидениянинг кириш трактига аналог ТВ сигнал келади, сўнг у кодланади, яъни рақамли шаклга ўзгартирилади. Айлантириш жараёни дискретлаш, квантлаш ва тўғридан-тўғри кодлаш операцияларини ўз ичига олади.
- Қуйидаги расмда аналог сигнални рақамли сигналга айлантириш жараёни кўрсатилган.
- Бунда датчиклардан олинган аналог ТВ сигнални рақамли шаклга айлантириш ва сўнг керакли ишлов бериш, узатиш ёки консервациялаш бажарилади. ТВ тасвирни тиклаш учун уни яна аналог шаклига айлантирилади. Бу тизимда мавжуд аналог ТВ сигнал датчиклари ва телевизион қабул қилгичларда сигнал-ёруғлик айлантиргичлари ишлатилади.

- Бундай тизимларда рақамли телевидениянинг кириш трактига аналог ТВ сигнал келади, сўнг у кодланади, яъни рақамли шаклга ўзгартирилади. Айлантириш жараёни дискретлаш, квантлаш ва тўғридан-тўғри кодлаш операцияларини ўз ичига олади.
- Қуйидаги расмда аналог сигнални рақамли сигналга айлантириш жараёни кўрсатилган.



3-расм. Аналог сигнални рақамли сигналга айлантириш.

- Телевидениеда импульс-кодди модуляция (ИКМ) тадқиқоти XX-асрнинг 30-йилларида бошланган. Кенг тарқатилувчи телевидениеда эса, у яқин йиллардан бери қўлланилмоқда. Тасвирга энг юксак ишлов бериш ва уни узатиш принципининг бунчалик кечикиб қўлланишига асосий сабаб, охириги пайтларда, аналог сигнални рақамли сигналга айлантирувчи, уни узатувчи ва рақамли сигналларни аналог сигналларга айлантирувчи қурилмаларнинг ишлаш тезлигига қўйилган жуда юқори талабдир.
- Телевизион сигнал бевосита ИКМ услуги билан кодланганида, код комбинациялари частотаси ҳисоб частотасига, яъни f_d частота дискретизациясига тенг бўлади. Ҳар бир код комбинацияси аниқ олинган рақамга тааллуқли ва бир неча k иккиламчи символлардан (битлардан) иборат.
- Рақамли ахборотни узатиш тезлиги деб, вақт бирлигида иккилик символларнинг узатилишига айтилади. Тезлик бирлиги қилиб бит/с қабул қилинган. Шундай қилиб, телевизион сигнални рақам шаклида узатиш тезлиги дискретизация частотаси f_d нинг ва дискрет ҳисобда олинган иккилик символлар сонининг кўпайтмасига тенг.

Тасвир сигналларни дискретлаш, квантлаш ва кодлаш

Дискретлаш – аналог сигнални рақамли шаклга айлантириш жараёнининг биринчи босқичидир. Бошланғич $u(t)$ сигнал дискретлангандан сўнг, уни қуйидаги йиғинди кўринишида ифодалаш мумкин:

$$u(nT) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(t) \cdot \delta(t - nt)$$

бу ерда $\delta(t)$ – дельта функция; T – дискретлаш даври.

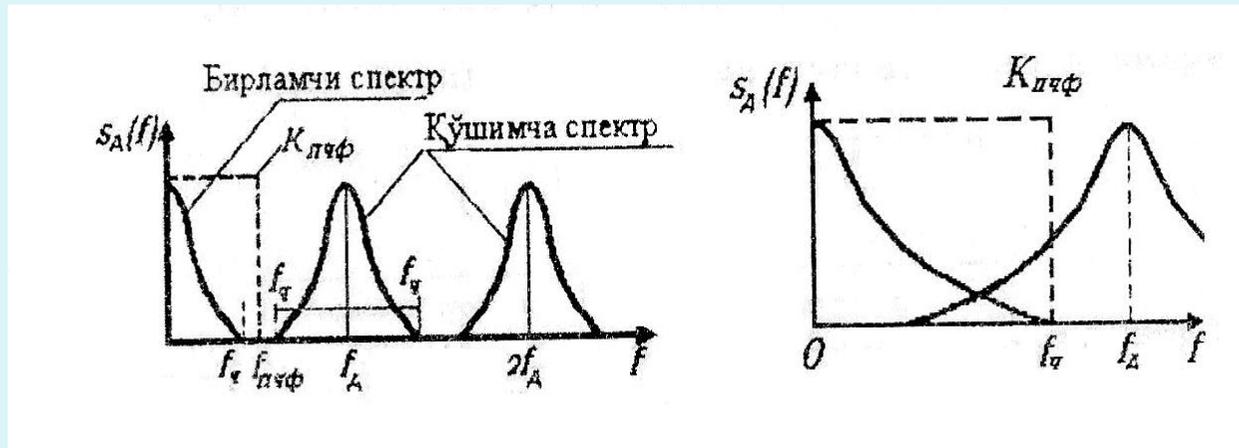
Агар (1.1) учун Фурье ўзгартириши амалга оширилса, у ҳолда:

$$S_d(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S(f - nf_d)$$

бу ерда $S(f)$ ва $S_d(f)$ – бошланғич ва дискретланган функциянинг спектрлари.

(1.2) дан кўринадикки, дискретланган сигнал спектри бошланғич ($n=0$) ва "иккинчи даражали" (ёки қўшимча), лекин бир-бирига нисбатан сурилган f_d , $2f_d$, спектрлар йиғиндисидан иборат (8.3-расм). Бошланғич сигналнинг спектрини, агар расмда кўрсатилгандек $f_d \geq 2f_q$, ва $f_q \leq f_{\text{пчф}} \leq f_d - f_q$ шартлар бажарилса, частота қирқими $f_{\text{пчф}}$ бўлган идеал паст частота фильтри (ПЧФ) ёрдамида ажратиш мумкин.

Агар дискретлаш частотаси $f_d < f_c$ шартга биноан олинган бўлса, дискретлангандан сўнг ёрдамчи спектр асосийсининг қисман устига тушади, натижада бирламчи сигнални тўсиқларсиз ажратиш имконияти бўлмайди (4-расм).



4-расм. Дискретланган сигнал спектрлари: а – дискретлангандан сўнгги спектри; б – $f_d < 2f_c$ ҳолда спектрларининг устма-уст тушиши.

Лекин бугунги кунда ТВ сигнални дискретлашда шундай услуб ишлаб чиқилганки, у бошланғич сигнални тиклашда ортиқча маълумотлардан қутилиш имкониятини беради. Натижада дискретлаш частотасини пасайтириш мумкин бўлади. Дискретлаш, частотасини пасайтириш мутаносиб рақамли оқимни камайтиришга олиб келади. Бу рақамли телевидение тизимининг тез ривожланишига йўл очади.

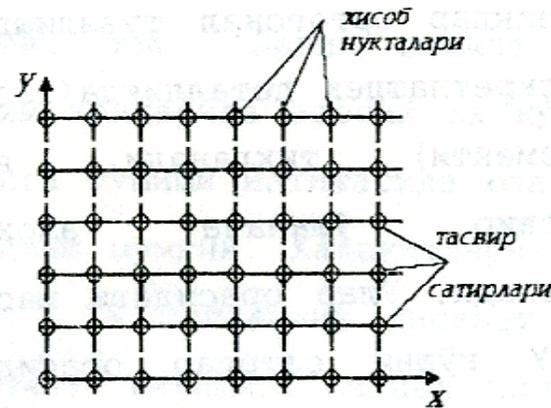
- Бу услубни кўриб чиқишдан аввал шуни таъкидлаш лозимки, телевизион сигнални кодлаш учун асосан дискретлаш доимий частотада амалга оширилади. Дискретлаш частотаси кадр ва сатр частоталари билан боғланган ва боғланмаган бўлиши мумкин. Мустаҳкам алоқа тامينланганда, тасвирнинг бирдан-бир элементи учун сатрдаги ҳисоблар сони доимий бўлади. Натижада тасвирда қайд қилинган ҳисоблар тузилиши (дискретизация тузилиши) юзага келади.
- Бу услубни кўриб чиқишдан аввал шуни таъкидлаш лозимки, телевизион сигнални кодлаш учун асосан дискретлаш доимий частотада амалга оширилади. Дискретлаш частотаси кадр ва сатр частоталари билан боғланган ва боғланмаган бўлиши мумкин. Мустаҳкам алоқа тامينланганда, тасвирнинг бирдан-бир элементи учун сатрдаги ҳисоблар сони доимий бўлади. Натижада тасвирда қайд қилинган ҳисоблар тузилиши (дискретизация тузилиши) юзага келади.
- Кенг тарқалувчи ТВ нинг рақамли кўрилмаларида бундай дискретлаш услуби бугунги кунда кенг тарқалгандир.

- Агар дискретлаш частотаси $f_d = 2f_c$ га тенг қабул қилинса, у ҳолда тасвирдаги ҳисоблар сони унинг шартли элементлар сонига тенг бўлади (тахминан 300 минг). Ҳисоблар сонини камайтириш унга муносиб ТВ тизимининг ажратиш қодбилиятини камайтиради ва натижада тасвирни сифати ёмонлашади. Бунда кўриш аппаратимиз тасвирнинг ҳар турли равшанлигини бетартиб ёйилган ҳисоб тизимида тиклайди ва нуқталар бўйича тасвирни таҳлил қилади деган хулосага келамиз. Ваҳоланки, амалда бундай эмас. Тасвирларда етарли статистик алоқа мавжуд, бизнинг кўриш аппаратимиз эволюцион юксалиш жараёнида унга кўникиб кетган. Айрим ҳолларда, кўз анализатори рецепторлар тўпламидан (рецептор майдонидан) иборатлиги аниқланган бўлиб, улар тасвир катта элементлар гуруҳини кодлайди. Бу жараёнда фақат унинг ёруғлиги аниқланмасдан, балки тасвирнинг энг кўп ахборотли қисмини фондан ажратиб, унинг шаклини (контурларини, кескин ёруғлик ўзгаришини) ажратади. Энг муҳими шундаки, кўзнинг бу хусусияти тасвирни дискретлаш ёки ҳалақитлар натижасида бўлақларга ажралиб кетганлигига қарамасдан, унинг контурини яхлит тиклай олади.

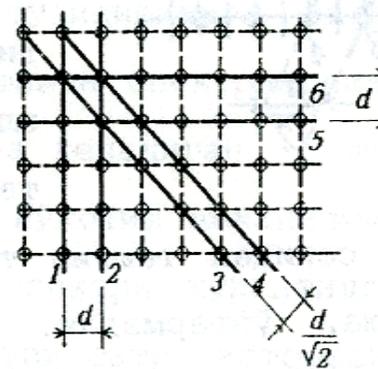
- ТВ тизимда кўз анализаторининг ушбу хусусиятига асосланган ҳолда, тасвир элементларнинг ҳаммасини узатишга ҳожат йўқ деган фикрга имконият беради. Яъни алоҳида шакллар ансамблини узатиш билан кифояланиш мумкин, у ҳолда, узатиш талаб килинган элементлар сони стандартга қараганда камаяди.
- Ушбу нуқтаи-назарга биноан тасвирда ҳисобларни ортогонал тузилишда олишни баҳолаймиз. Бунинг учун – энг оддий ТВ тасвир шаклидан (вертикал, горизонтал ёки оғдирилган чизик) фойдаланамиз (6-расм).
- Вертикал ёки горизонтал жойлашган кўшни чизиклар ораликнинг минимал масофаси (6-расмдаги 1 ва 2 ёки 5 ва 6-чизиклар) дискретлаш қадамига-кўшни ҳисоблар орасидаги масофага тенг деб шарт қўямиз. Расмга биноан, диагонал бўйича мўлжалга олинган, оғдирилган контурнинг (6-расмдаги 3 ва 4 – чизиклар) бирор қисмида, вертикал ва горизонтал чизикларникига қараганда кам элементлар жойлашган. Шунга қарамасдан, кўз нейрон тизимларининг юксаклиги туфайли, улар умумий диагонал чизик кўринишида тикланади. Бу чизиклар алоҳида элементларга ажралиб кетмайди ва сидирға бўлиб тикланади. Эътиборни қуйидагига қаратинг.

Ортогонал тузилишидаги ҳисобда, оғдирилган чизиклар ораси, вертикал ва горизонтал чизикларга қараганда баробар кам (6-расм), демак ортогонал тизимидаги диагонал юналишдаги ҳисоб вертикал ва горизонтал юналишникига қараганда кўпроқ ажратиш қобилиятига эга.

- Шундай қилиб, дискретлашнинг ортогонал тузилиши мукаммалиги аниқланди. Маълумки, кўзнинг ажратиш қобилияти анизотроп, яъни ҳар хил томонга бир хил эмас. Вертикал ва горизонтал ўқлари бўйича максимал бўлиб, диагонал йўналиш бўйича ажратиш қобилиятидан тахминан 1,5 баробар юқори.
- Шунга биноан, вертикал ва горизонтал юналиш бўйича равшанлик нотекислиги устун бўлган тасвирларда кўзнинг статик мослашиши юзага келади.
- Демак тасвирнинг ортогонал дискретлашда дискретлаш қадами Котельников назариясига биноан $f_d = 2f_c$ олинса, диагонал юналиши бўйича тизимнинг ажратиш қобилияти сезиларли ортиқча бўлади. Бу ортиқликни ҳисоблар сонини камайтириш билан йўқотиш (яъни дискретлаш частотасини камайтириш билан) мумкин эмас, чунки у ҳолда энг муҳим вертикал ва горизонтал йўналиши бўйича тасвирнинг аниқлиги йўқотилади.



5-расм. Ортогонал тузилишда дискретлаш.



6-расм. Ортогонал тузилишдаги дискретлашда тизимнинг ажратиш қобилиятини аниқлаш.

Телевизион сигналларни квантлаш. Бирламчи аналог сигнал $u(t)$ дискретлангандан сўнг, $u(nT)$ ҳисоблар ўз динамик диапазони чегарасида хоҳлаган қийматга эга бўлиши мумкин. Квантлаш натижасида $u(nT)$ нинг мумкин бўлган ҳар қандай қиймати рухсат этилган квантлаш сатҳи аталмиш қийматлар қатори билан алмаштирилади (3, в-расм). Мазмунан квантлаш операциясининг аввал бошида сигналнинг ҳақиқий қиймати $u(t)$ билан унинг квантланган тахминий қиймати $u_{кв}(nT)$ ўртасида албатта хато юзага келиши тахмин қилинади.

Бу хато $\Delta = u(nT) - u_{\text{кв}}(nT)$ - квантлаш хатоси деб аталади. Δ сигнал ҳақиқий қиймати икки яқин квантлаш сатҳининг кайси бирига нисбатан (юқорисига ёки пасткисига) яхлитланишига кучли боғлиқ. Квантлаш қурилмаси, сигналнинг ҳақиқий қийматини танланган квантлаш сатҳи билан солиштириш натижасида, ушбу икки сатҳнинг бирини танлайди. Агар сигналнинг ҳақиқий қиймати квантлаш бўсағаси аталмиш сатҳдан кам бўлса, у ҳолда ушбу бўсағадан паст жойлашган энг яқин квантлаш сатҳига яхлитланади (3, в-расмга қаранг). Шундай қилиб, квантлашнинг максимал хатоси квантлаш бўсағалари унинг сатҳларидан ташкил топган квантлаш шкаласи ичида жойлашишига боғлиқ. Масалан, агар квантлаш бўсағалари квантлаш сатҳи билан бириктирилса, у ҳолда квантлаш хатоси ушбу икки сатҳ оралиғига, яъни квантлаш қадамига тенг бўлади. Агар квантлаш бўсағаси квантлаш сатҳларининг ўртасида жойлашса, квантлашнинг ўртача квадрат хатосининг минимал бўлишини исботлаш қийин эмас.

Квантлаш хатоси, квантлаш шовқини деб ҳам аталади, у сигналнинг кодланиш хусусиятига қараб тасвирда турлича намоён бўлади. Агар аналог сигнал хусусий шовқини квантлаш қадамига нисбатан кам бўлса, квантлаш шовқини тасвирда ёлғон контур кўринишида намоён бўлади.

- Квантлашда сатҳлар сони етарли олинмаганида, яъни "дағал" квантланганда, бундай бузилишлар кўзга ташланади. У ҳолда равшанликнинг силлиқ ўзгариши зинапоя ўзгаришига айланади ва тасвирнинг сифати пасаяди. Йирик планли тасвирларда қалбаки контурлар яққол кўзга ташланади. Бу эффектлар ҳаракатли тасвирларда кучаяди.
- Тажрибалар шуни кўрсатадики, квантлашда сатҳлар сони 100...200 дан ошса, қалбаки контурларни кўз илғамайди, яъни квантлаш шовқини сигнал қийматининг 0.5...1 % дан ошмайди. Ҳақиқатдан, 7 ёки 8 даражали кодларга 128 ёки 256 квант сатҳлари тўғри келади, бу эса тажриба йўли билан аниқланган тасвирда қалбаки контур кўриниши йўқоладиган минимал градация сонидан ортиқдир.
- Аналог сигналида хусусий шовқин квантлаш қадамидан юқори бўлганда, квантлашда бузилиш қалбаки контур кўринишида эмас, балки спектр бўйича бир текис тарқалган шовқин сифатида бўлади. Бирламчи сигналдаги флуктуация шовқини яққоллашади, натижада тасвир кучлироқ шовқинлашганга ўхшайди.

- Квантлашда нозичикли шкала ишлатиб, телевизион сигналнинг рақамли оқимини камайтириш мумкин. Маълумки, Вебер-Фехнер қонунига биноан L_1 дан L_2 гача равшанликнинг ўсишини сезиш L_2 ва L_1 нисбати логарифмига мутаносиб. Шу сабабли, квантлаш қадамнинг шкаласида пастдан юқорига ўсиш кўришнинг табиатига мос келади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, квантлашда логарифмик шкалани қўллаш, чизикли квантлашга қараганда, тасвир сифатига таъсир кўрсатмасдан квантлаш сатҳларини икки хисса камайишига имкон беради, яъни ИКМ да код гуруҳини бир даражага камайтиради. Бошқача сўз билан айтганда, логарифм қонунига биноан 2^7 даражасида квантланганда, тасвир сифати 2^8 даражасида квантланганидек сақланади. Бироқ, логарифмга қараганда, текис шкалада ортиқча маълумот кўпроқ. Рақамли оқим камайишини тасвир кўрсатлишининг бошқа хусусиятларини ишга солиб амалга ошириш мумкин.
- Равшанлик сигнали учун квантлаш сатҳининг керакли сонини баҳолашда контраст бўсағаси $\delta=0,02\dots0,05$ тенг деб олинган. Аммо булар фақат катта деталлар учун ўринлидир. Умумий ҳолда контраст бўсағаси кузатилаётган объектнинг ўлчамига боғлиқ.

- Бурчак ўлчами бир неча минут бўлган объектлар учун контраст бўсағаси ўнлаб катталашади ва бирга яқинлашади, агар кичик доғ равшанлиги фон равшанлигига нисбатан катта бўлса, хато сезиларли бўлиб қолади. Демак тасвирнинг катта бўлмаган деталларини равшанлиги кескин ўзгарувчи жойларда равшанлиги ўзгармас ёки секин-аста ўзгарувчи жойларидагига қараганда кам сатҳ сони билан квантлаш мумкин.
- Кўзимизнинг кўриш хусусияти, тасвир элементлари орасида кучли корреляция алоқасидир, булар квантлаш сатҳлари сонини камайтириш учун катта захира ҳисобланади, лекин уларни ИКМ услуби билан амалга оширишнинг иложи йўқ. Шунинг учун сигнални кодлашда самарадорлиги кучли бўлган кодлар қўлланилиши керак.