

1-маъруза.

Рақамли сигналларга ишлов беришга кириш

План:

1. Кириш. Сигнални рақамли шаклга айлантириш.
2. Рақамли сигналларни қайта ишлаш.
3. Рақамли ишлов беришнинг асосий операциялари.
4. Рақамли сигналларга ишлов беришнинг татбиқлари.

Калит сўзлар: рақамли сигналлар, АРЎ, РАЎ, сигналларга рақамли ишлов бериш (СРИБ), СРИБ алгоритмлари.

1. Кириш. Сигнални рақамли шаклга айлантириш

Сигналларга рақамли ишлов бериш (СРИБ) илм-фан ва технология соҳаларида фаол равишда амалга оширилган енг янги ва енг кучли технологиялардан биридир: алоқа, метеорология, radar ва sonar, тиббий тасвирлаш, рақамли audio ва телевизион ешиттириш, нефт ва газни ўрганиш ва бошқалар. Айтиш мумкинки, инсон фаолиятининг барча соҳаларида рақамли сигналларни қайта ишлаш технологияларининг кенг ва чуқур кириб бориши кузатилмоқда. Бугунги кунда, (СРИБ) технологияси олимлар ва муҳандислар истисносиз барча соҳаларда керак асосий билим бири ҳисобланади.

Рақамли сигналларни қайта ишлаш тамойилларини ўрганиш математикани чуқур ва ҳар томонлама билишни талаб қилмайди. Ихтиёрий сигналларни таркибий қисмларга ажратиш ва уларни тескари қайта тиклаш усулларида фақат элементар алгебрадан бир оз тажриба керак. Нима учун мавзу тушуниш қийин ҳисобланади? Жавоб: Тенгламаларни ёзиш бир нарса, лекин уларнинг маъносини амалий нуқтаи назардан тушунтириш бошқа нарса. Айшан шу курснинг мақсади ҳисобланади.

Макродунёнинг физик миқдорлари, ўлчовларимизнинг асосий объекти ва ахборот сигналларининг манбаи сифатида, одатда, узлуксиз табиатга ега ва узлуксиз (аналог) сигналлар билан кўрсатилади. Рақамли сигналларни қайта ишлаш дискрет миқдорлар билан ва квантлаш билан ҳам уларнинг ўзгариш динамикаси координаталари (вақт, макон ва бошқа ўзгарувчан аргументлар) ва жисмоний миқдорларнинг қийматлари билан ишлайди. Дискрет ўзгаришлар математика қатор назарияси ва вазифалари функцияларни интерполяция ва аппроксимацияси учун уларнинг қўллаш қисми сифатида 18-асрда пайдо бўлган, лекин у биринчи компютерлар пайдо бўлганидан кейин 20-асрда равожланиши янада жадаллашди. Унинг асосий қоидаларида дискрет ўзгартиришларнинг математик аппаратураси аналог сигналлар ва тизимларнинг ўзгаришларига ўхшайди. Бироқ, маълумотлар дискретлиги бу омилни кўриб чиқишни талаб қилади ва уни еътиборсиз қолдириш хатоларга олиб келиши мумкин. Бундан ташқари, дискрет математиканинг бир қатор усуллари аналитик математикада ўхшаши йўқ.

Дискрет математикани ривожлантириш учун рағбат рақамли маълумотларни қайта ишлаш харажатларининг аналогдан камлиги ва пасайишда давом этаётганлиги ҳамда ҳисоблаш операцияларининг унумдорлиги доимо ортиб бораётганлигидир. Бу СРИБ тизимлари жуда мослашувчан бўлиши ҳам муҳим аҳамиятга ега.

Улар янги дастурлар билан тўлдирилиши ва аппаратни ўзгартирмасдан турли операцияларни бажариш учун қайта дастурланиши мумкин. Сўнгги йилларда СРИБ замонавий саноатнинг барча тармоқларига: телекоммуникация, оммавий ахборот воситалари, рақамли телевидение ва бошқаларга таъсир кўрсатмоқда. Фан ва техниканинг барча тармоқларида рақамли сигналларни қайта ишлашнинг илмий ва амалий масалаларига қизиқиш ортиб бормоқда.

Рақамли сигналлар ағалог сигналларни муайян Δt вақт ёки бошқа Δx кўрсаткич оралиғида сигналнинг амплитуда қийматларини дискретлаш ва кетма-кет квантлашдан ҳосил бўлади.

Ягона намуна олиш натижасида аргументли-узлуксиз сигнал мустақил ўзгарувчи томонидан буюртма қилинган сонлар кетма-кетлигига таржима қилинади. Амалда, СРИБ усуллари нотекис маълумотлар намуна олиш учун ишлаб чиқилган, лекин уларнинг дастур жойлари жуда аниқ ва чекланган. Сигналда дастлаб мавжуд бўлган барча маълумотларни сақлаб қолган ҳолда analog сигнални рақамли эквивалентига тўлиқ тиклаш мумкин бўлган шартлар Найквист, Котельников, Шеннон теоремалари билан ифодаланади, уларнинг моҳияти деярли бир хил. Аналог сигнални рақамли эквивалентига тўлиқ маълумотни сақлаб туриш учун аналог сигналдаги максимал частоталар дискрет частотадан камида иккибарабар кичик бўлиши керак, яъни $f_{\max} \leq (1/2)f_d$, бошқача қилиб айтганда, максимал частота даврида камида иккита қиймат бўлиши керак. Агар бу ҳолат бузилса, рақамли signal ҳақиқий частоталарни қўйи частоталар билан ниқоблаш (алмаштириш) таъсирига ега. Бу ҳолда, рақамли signal ўрнига ҳақиқий бир" зоҳирий " частотасини рўйхатга, ва шунинг учун у analog signal ҳақиқий частотасини қайта тиклаш мумкин эмас бўлади. Тикланган сигнал худди намуна ставкасининг ярмидан юқори частоталари спектрнинг пастки қисмига $(1/2)f_d$ частотадан акс етгандек ва спектрнинг бу қисмида мавжуд бўлган частоталарга устма-уст тушади. Бу таъсир спектр ёки aliasing дейилади. Aliasing яхши мисол филмлар жуда кенг тарқалган бир хаёл эмас-ғилдирак кетма-кет рамкалар ўртасида ярим дан ортиқ бурилиш қилади, агар бир ғилдирак унинг ҳаракати қарши тиклаш бошлайди (дискретлаш частотаси аналог).

Сигнални рақамли шаклга ўтказиш analog-рақамли ўзгартиргичлар (АРЎ) орқали амалга оширилади. Улар, одатда, ягона миқёсда рақамлар маълум бир қатор билан иккилик сони тизими фойдаланинг. Рақамлар сонини ошириш ўлчовларнинг аниқлигини оширади ва ўлчанган сигналларнинг динамик қаторини кенгайтиради. АРЎ рақам йўқлиги туфайли йўқолган ахборот қазанлабилар эмас, ва" яхлитлаш " намуналари натижасида хато фақат киритиш бор, мисол учун, шовқин кучи орқали АРЎ охири рақамида бир хато томонидан ҳосил. Бунинг учун сигнал кучининг шовқин кучига нисбати (децибелларда) - сигнал/шовқин нисбати тушунчаси ишлатилади. Енг кенг тарқалган 8-, 10-, 12-, 16-, 20- ва 24-бит АРЎ ишлатилади. Ҳар бир қўшимча рақам 6 десибел томонидан сигнал/шовқин нисбати яхшилади. Бироқ, бит сонини ошириш масал тезлигини камайтиради ва аппарат нархини оширади. Муҳим жиҳати ҳам сигналнинг максимал ва минимал қийматлари билан аниқланадиган динамик диапазонидир.

2. Рақамли сигналларни қайта ишлаш

Рақамли сигналларни қайта ишлаш махсус процессорлар ёки махсус дастурлар ёрдамида маинфрамалар ва компьютерларда амалга оширилади. Чизиқли тизимлар энг содда ҳисобланади. Чизиқли тизимлар-бу суперпозиция (кириш сигналлари йиғиндисига жавоб ҳар бир сигналга алоҳида жавоб йиғиндисига тенг) ва бир хиллик ёки гомогенлик (кириш сигнали амплитудасининг ўзгариши чиқиш сигналининг мутаносиб ўзгаришига сабаб бўлади) бўлган тизимлардир. Реал объектлар учун линейка хоссаларини тахминан ва маълум бир кириш сигналларида бажариш мумкин.

Агар кириш сигнали $x(t-t_0)$ t_0 нинг исталган сменасида $y(t-t_0)$ бир хил қийматли чиқиш сигналини ҳосил қилса, y ҳолда система вақт бўйича инвариант дейилади. Унинг хоссаларини исталган ихтиёрий вақтда ўрганиш мумкин. Чизиқли системани тасвирлаш учун махсус кириш сигнали - битта импульс (пулс функцияси) киритилади. Суперпозиция ва гомогенлик хоссаларидан келиб чиққан ҳолда ҳар қандай кириш сигнали турли вақтларда ҳосил бўладиган ва тегишли коеффициентлар билан кўпайтириладиган бундай импульслар йиғиндиси сифатида ифодаланиши мумкин. Бу ҳолда системанинг чиқиш сигнали бу импульсларга жавобларнинг йиғиндисидир. Битта пулсга жавоб (битта амплитудали пулс) $h(n)$ системанинг импульс характеристикаси дейилади. Шунга кўра системанинг ихтиёрий $s(k)$ кириш сигналга жавобини свертка орқали ифодалаш мумкин

$$g(k) = h(n) \textcircled{3} s(k-n).$$

Агар $n < 0$ учун $h(n) = 0$ бўлса, тизим сабабий дейилади. Бундай тизимда кириш сигналга жавоб фақат унинг киришида сигнал қабул қилингандан сўнг пайдо бўлади. Нонекаузал тизимлари реал вақтда амалга ошириш учун жисмонан мумкин эмас. Агар икки томонлама операторлар билан сигналларнинг конвертациясини амалга оширмоқчи бўлсангиз (дифференциация, Гильберт ўзгартириши ва бошқалар учун.), бу кириш сигналини конволюция операторининг чап томонининг камида узунлиги бўйича кечиктириш (суриш) билан амалга оширилади.

Сигналларнинг табиати. Уларнинг табиатига кўра сигналлар тасодифий ёки детерминистик бўлиши мумкин.

Детерминистик сигналларга исталган вақтда ёки фазонинг исталган нуқта-сида (шунингдек бошқа аргументларга қараб) маълум бўлган ёки унинг аниқ шаклини билмасак ҳам маълум ёки фараз қилинган функциядан аниқланадиган (ҳисобланадиган) сигналлар киради.

Тасодифий сигналлар вақт ёки фазодаги қийматларида олдиндан айтиб бўлмайди. Тасодифий signal ҳар бир алоҳида мос ёзувлар учун, агар фақат у мумкин бўлган қадриятлар маълум бир қатор бир қийматини ўтади еҳтимолини билиш мумкин. Тасодифий қийматларнинг тақсимот қонуни ҳар доим ҳам маълум эмас. Энг кенг тарқалганларидан бири зичлиги симметрик қўнғироқ шаклига ега бўлган normal тақсимотдир. Унинг тавсифи учун тасодифий ўзгарувчилар тақсимотининг дастлабки икки моменти етарли.

Тақсимот қонунларининг энг оддий характеристикалари-тасодифий ўзгарувчилар қийматларининг ўртача қийматига нисбатан дисперсиясини характерловчи тасодифий ўзгарувчиларнинг ўртача қиймати (математик кутилиш) ва зиддият (ўртача квадратик четланишлар кутилиши). Тасодифий сигнал динамикасининг вақт бўйича параметрлари автокорреляцион функциялар (тасодифий сигнал қийматларининг турли интерваллардаги муносабатларини миқдорий баҳолаш) ёки

автоковариация (тасодифий сигналларни марказлаштиришда бир хил) билан тавсифланади. Икки тасодифий жараён ва уларнинг ривожланиш динамикасидаги ўхшашлик даражаси ўртасидаги муносабатнинг ўхшаш ўлчови ўзаро корреляция ёки ўзаро ковариансия (ўзаро корреляция ёки ковариансия) дир. Икки signal бири-бирига тўғри келганда ўзаро корреляциянинг максимал қийматига еришилади. Сигналларнинг бири иккинчисига нисбатан кечиктирилганда корреляцион функциянинг максимумининг ҳолати бу кечикиш қийматини баҳолашга имкон беради.

Сигналларнинг функционал ўзгаришлари. Частоталарни таҳлил қилиш ва сигналларни қайта ишлашнинг асосий усулларида бири Фурье ўзгартириши ҳисобланади. "Фурье ўзгартириши" ва "Фурье қаторлари" тушунчалари фарқланади. Фурье ўзгартириши узлуксиз частота тақсмотини назарда тутаяди, Фурье қаторлари частоталарнинг дискрет тўпламида берилган. Сигналлар вақтни ҳисоблаш тўпламида ёки вақтнинг узлуксиз функцияси сифатида ҳам кўрсатилиши мумкин. Бу ўзгаришларнинг тўртта вариантини беради – Фурье узлуксиз ёки дискрет вақт билан ва Фурье қаторлари узлуксиз вақт билан ёки дискрет вақт билан ўзгаради. Вақт ва частота домен ҳам намуна олиш рақамли сигнал қайта ишлаш нуқтаи назаридан энг амалий, лекин биз у узлуксиз ўзгартириш тахминий еканлигини унутмаслик керак. Узлуксиз Фурье ўзгартириши ҳар қандай ҳодисани аниқ ифодалаш имконини беради. Фурье қаторлари томонидан тақдим етилган сигнал фақат даврий бўлиши мумкин. Ҳар қандай шаклдаги сигналлар фақат тахминан Фурье серияси билан ифодаланиши мумкин, чунки у кўриб чиқилган сигнал интервалини созлашдан ташқарида даврий такрорлашни назарда тутаяди. Даврлар бирлашмасида сигналда бўшлиқлар ва танаффуслар бўлиши мумкин ва маълум техникани (оғирлик ойналари, топшириқ сигналларининг интарвал кенгайтмаси ва бошқаларни) ишлатадиган минималлаштириш учун Гиббс ҳодисасидан келиб чиқадиган ишлов бериш хатолиғига дуч келиш мумкин.).

Вақт ва частота соғасида дискретлашда одатда дискрет Фурье ўзгартириш (ДФЎ) ҳақида гапирилади:

$$S(n) = \sum_k s(k) \exp(-j2\pi kn/N),$$

бу ерда N - сигнал қийматлари сони. Бу спектрларини ҳисоблаш учун ишлатилади, трансфер функциялари ва пулсли жавобларни, филтрлаш давомида сверткани тез ҳисоблаш, корреляцияни ҳисоблаш, Гильберт ўзгаришларни тез ҳисоблаш, ва ҳоказо. Берилган формула ёрдамида ДФЎни ҳисоблаш операциялар сони nk дан кам бўлмаслиги учун ҳар бири асл сегментнинг k элементларига боғлиқ бўлган n коэффициентларни ҳисоблашни талаб қилади. "Тез Фурье ўзгартириши" - ТФЎ деб номланувчи алгоритмларнинг бутун бир оиласи мавжуд бўлиб, у коэффициентларни $n \log(k)$ га ҳисоблаш операциялари сонини камайтиради. "Тез" "содаллаштирилган" ёки "нотўғри" деб талқин қилинмаслиги керак. Аниқ арифметика билан ДФЎ ҳисоблашлар ва ТФЎ алгоритмларининг натижалари бир хил.

Маълум бир дастур Fourier ўзгартиради топиш: косинус, ҳатто ва ғалати сигналлари учун синус, шунингдек Хартли ўзгартириши, асос вазифалари синус ва косинуслар йиғиндиси қаерда, қайси ҳисоблаш фаолиятини яхшилайти ва мураккаб арифметик қутилиш. Косинус ва синус функциялари ўрнига фақат $+1$ ва -1 қийматларни олган ҳолда Уолш функцияларидан ҳам фойдаланилади. Ниҳоят,

яқинда "микроскоп остида", клиринг шовқин ва сиқишни сигналлари, тўлқин ("қиска тўлқинлар"), вақт ва частота домен ҳам маҳаллийлаштирилган ноозик-стационар сигналлари спектрал-вақт таҳлил муаммолари, ноозик-стационар ва маҳаллий хусусиятларини ўрганиш, парчаланиш учун асос сифатида олинмоқда.

Маълумотларни таҳлил қилиш анъанавий усуллари, одатда, чизикли ва стационар сигналлари ва тизимлари учун мўлжалланган, ва фақат охириги ўн йилликлар ичида ночизикли, лекин стационар ва де-бекор тизимлари таҳлил қилиш усуллари, ва чизикли, лекин ноозик-стационар маълумотлар, фаол ривожлантириш бошлади. Шу билан бирга, енг табиий моддий жараёнлар, реал жисмоний тизимлари, ва тегишли жараёнлар ва маълумотлар тизимлари кўпроқ ёки камроқ чизикли ва ноозик-стационар бор, ва баъзи содалаштиришлар маълумотлар таҳлил ишлатилади, айниқса, маълумотлар парчаланиши учун рiогi ташкил етилган асос нисбатан.

Ночизикли ва турғун бўлмаган маълумотларни тўғри ифодалашнинг зарурий шарти-маълумотларнинг ўзи мазмунига функционал боғлиқ бўлган адаптив асосни шакллантира олишдир. Бу ёндашув Гильберт-Хуанг ўзгартириш усули амалга оширилади, айна пайтда етарли даражада қатъий математик асосларига мос ҳолда бўлса-да. Кўп амалий муаммоларни ҳал қилиш усулини қўллашнинг яхши натижалари методнинг қатъий назариясини ишлаб чиқиш зарур бўлмайди, деб умид қилишга имкон беради.

3. Рақамли ишлов беришнинг асосий операциялари

Классик вақт шаклида сигналлар учун умумий турдаги кўплаб СРИБ алгоритмлари мавжуд (телекоммуникация, алоқа, телевизор ва бошқалар.), ва фан ва техниканинг турли соҳаларига ихтисослашган (Геоинформатика, Геология ва Геофизика, тиббиёт, биология, ҳарбий ишлар ва бошқалар.). Бу барча алгоритмлар одатда блок-тури бор, типик рақамли операциялар жуда кичик мажмуи ўзбошимчалик мураккаб бирикмалар асосида қурилган, асосий бўлган convolution бор (convolution), корреляция, филтрлаш, функционал ўзгаришлар, ва модуляция. Ушбу операциялар "сигнал ва тизимлар назарияси"да муҳокама қилинган. Ушбу операциялар бўйича фақат асосий позициялар қуйида келтирилган ("такрорлаш-бу таълимнинг онаси").

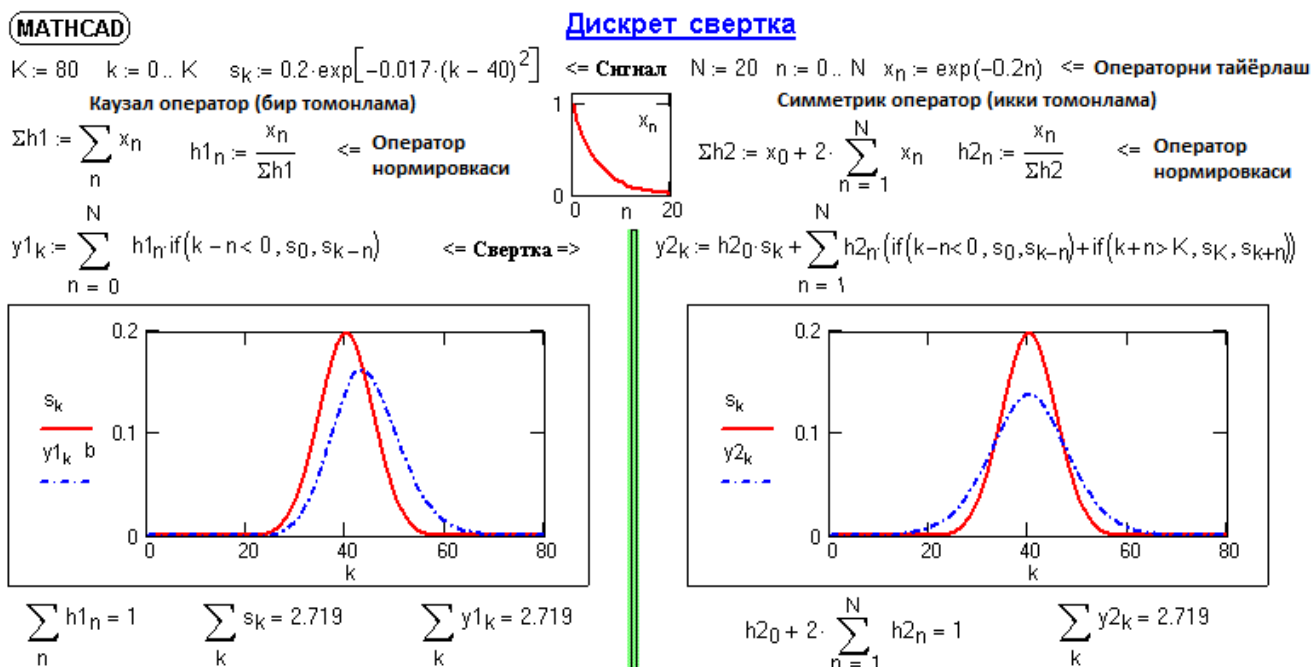
Чизикли свертка, айниқса, реал вақтда СРИБнинг асосий операциясидир. Икки чекли сабабий кетма-кетликлар учун $h(n)$ ва $y(k)$ узунликдаги N ва Клар мос равишда қавариқ ифода билан белгиланади:

$$s(k) = h(n) \textcircled{3} y(k) \equiv h(n) * y(k) = \sum_{n=0}^N h(n) y(k-n), \quad (1.1)$$

бу ерда: $\textcircled{3}$ ёки $*$ - свертка амалининг символли белгиси. Как правило, в системах обработки одна из последовательностей $y(k)$ представляет собой обрабатываемые данные (сигнал на входе системы), вторая $h(n)$ – оператор (импульсный отклик) системы, а функция $s(k)$ – выходной сигнал системы. В компьютерных системах с памятью для входных данных оператор $h(n)$ может быть двусторонним от $-N_1$ до $+N_2$, например – симметричным $h(-n) = h(n)$, с соответствующим изменением пределов суммирования в (1.1), что позволяет получать выходные данные без сдвига относительно входных. При строго корректной свертке с обработкой всех отсчетов входных данных размер выходного массива равен $K+N_1+N_2-1$, и должны задавать

ся начальные условия по отсчетам $y(k)$ для значений $y(0-n)$ до $n=N_2$, и конечные для $y(K+n)$ до $n=N_1$.

Одатда, тизимларда кетма-кетликларнинг бирига ишлов беришда $y(k)$ – ишлов берилган маълумотлар(киритиш тизими), системанинг иккинчи $h(n)$ оператори(импульс жавоби) ва системанинг $s(k)$ - чиқиш сигнали. Киритиш маълумотлари учун хотирага ега бўлган компьютер тизимларида $h(n)$ оператори – N_1 дан $+N_2$ гача икки томонлама бўлиши мумкин, масалан – симметрик $h(-n) = h(n)$, (1.1) даги йиғинди чегараларининг мос ўзгариши билан киритиш маълумотларига нисбатан ўзгармасдан чиқиш маълумотларини олиш имконини беради. Барча кириш маълумотларини санашларни қайта ишлаш билан қатъий тўғри конверсия қилиш учун чиқиш массивининг ўлчами $K+N_1+N_2-1$ бўлиб, $y(k)$ санаш учун бошланғич шартлар $y(0-n)$ қиймат $n=N_2$ гача, охири $y(K+n)$ қиймат $n=N_1$ гача белгиланиши керак. Сверткани бажаришга мисол 1.1-расмда кўрсатилган.



1.1-расм. Дискрет сверткага мисоллар.

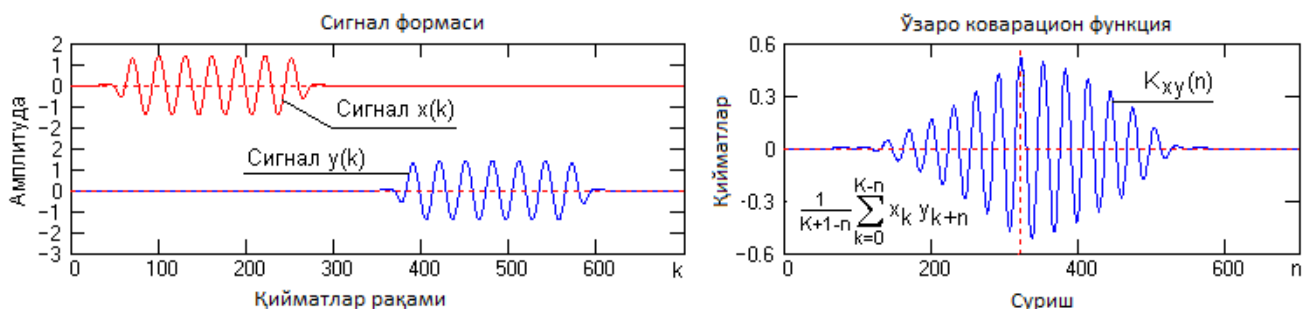
Сверта ўзгартириши системанинг маълум импульсли жавобида ўрнатилган кириш қийматлари учун чиқиш сигнални қатъий аниқлайди. Тескари деконволюция масаласи- $y(k)$ функцияни $s(k)$ ва $h(n)$ функциялар билан аниқлаш, фақат маълум шароитларда ечимга ега. Бунинг сабаби шундаки, конволюция $s(k)$ сигналнинг частота спектрини сезиларли даражада ўзгартириши ва $s(k)$ сигналдаги спектрининг маълум частоталари бутунлай йўқотилса, $y(k)$ функциянинг тикланиши мумкин бўлмай қолади.

Корреляциянинг икки шакли мавжуд: автокорреляция ва ўзаро корреляция.

Ўзаро корреляцион функция (ЎКФ) ва унинг марказли сигналлар учун махсус ҳолати, ўзаро ковариацион функция икки сигналнинг шакли ва хоссаларининг ўхшашлик даражаси кўрсаткичидир. Иккита кетма-кетлик учун $x(k)$ ва $y(k)$ узунликдаги K нол ўртача қийматлар билан ўзаро ковариацион баҳолаш қуйидаги формулалар ёрдамида бажарилади:

$$K_{xy}(n) = (1/(K-n+1)) \sum_{k=0}^{K-n} x(k) y(k+n), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

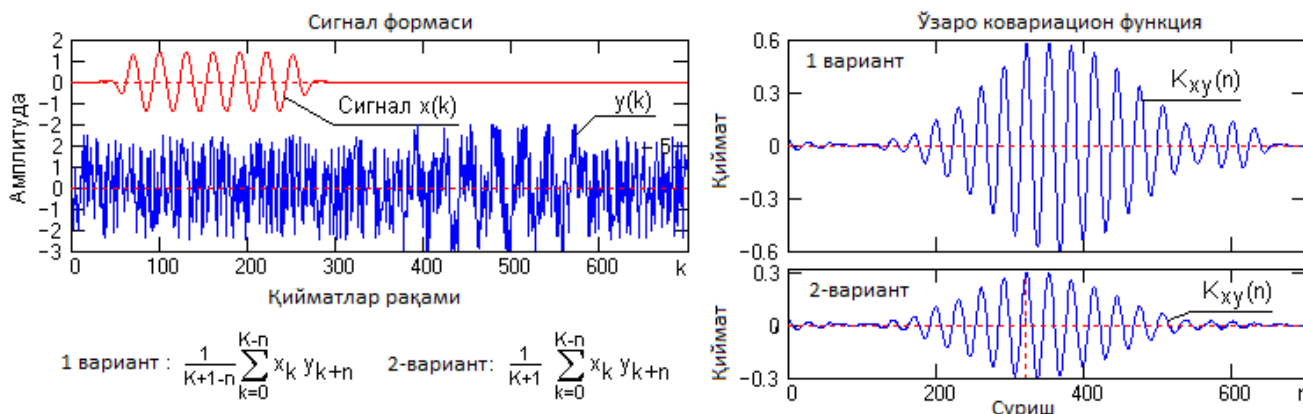
$$K_{xy}(n) = (1/(K-n+1)) \sum_{k=0}^{K-n} x(k-n) y(k), \quad n = 0, -1, -2, \dots \quad (1.2')$$



1.2-расм. Икки детерминистик сигналнинг ўзаро ковариация функцияси.

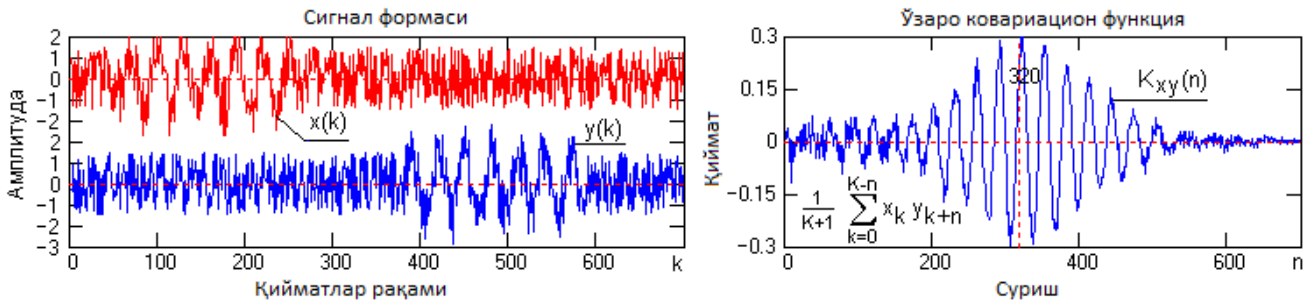
Радиотўлқинлар билан ифодаланган иккита детерминистик signal орасидаги силжишни максимал ЎКФ билан аниқлашга мисол қилиб 1.2-расмда кўрсатилган.

1.3-расмда бир хил шаклдаги иккита сигналнинг ЎКФ га ўхшаш мисол келтирилган бўлиб, улардан бири шовқин сигнали билан устма-уст тушади. Шовқин кучи signal қувватидан ошиб кетади. Расмдаги ЎКФ ҳисоби икки усулда бажарилади. 1-вариант (1.2) формулага тўлиқ мос келади. Лекин сигналларда етарлича кучли шовқинлар мавжуд бўлганда ЎКФ ни ҳисоблаш одатда 2 – variant ёрдамида доимий нормаллаштириш кўпайтмаси билан бажарилади. Бу кесиш n ошириш ва (1.2) йилда йиғиндиси аъзолари миқдорини камайтириш туфайли шовқин сигналлари учун сезиларли баҳолаш хато ЎКФ оширади, чунки, шунингдек туфайли навбатда нолинчи ўсиш қиймати танлаш ортади, айниқса, намуналари кичик рақами билан. Мультипликаторни доимий ушлаб туриш бу таъсирни маълум даражада компенсациялайди.



1.3-расм. Иккита сигналнинг ЎКФ, улардан бири жуда шовқинли.

1.4-расмда шовқинда яширинган иккита бир хил сигналнинг ўзаро ковариация функциясини ҳисоблашга мисол келтирилган. ЎКФ нафақат сигналлар орасидаги силжиш қийматини аниқлашга, балки ўрганилаётган радио импульсларда тебраниш даврини ишонч билан баҳолашга ҳам имкон беради.



1.4-расм. Икки шовқинли радиоимпульсни ўқФ.

Икки сигналнинг $x(k)$ ва $y(k)$ ўхшашлик даражасининг нисбий миқдорий ўлчови ўзаро корреляция коэффициентларининг $\rho_{xy}(n)$ функцияси ҳисобланади. У сигналларнинг марказли қийматлари (улардан бирини марказлаштириш учун етарли бўлган сигналларнинг марказсиз кўндаланг ковариациясини ҳисоблаш учун) ёрдамида ҳисобланади ва $x(k)$ ва $y(k)$ функцияларнинг стандартлар қийматлари (ўртача квадратик вариацияси) маҳсулотига нормаланади):

$$\rho_{xy}(n) = K_{xy}(n) / (\sigma_x \sigma_y). \quad (1.3)$$

$$\sigma_x^2 = K_{xx}(0) = (1/(K+1)) \sum_{k=0}^K (x(k))^2, \quad \sigma_y^2 = K_{yy}(0) = (1/(K+1)) \sum_{k=0}^K (y(k))^2. \quad (1.4)$$

n суришда корреляция коэффициентлари қийматларининг ўзгариш оралиғи -1 (тўлиқ тесқари корреляция) дан 1 (тўлиқ ўхшашлик ёки юз фоизли корреляция) гача ўзгариши мумкин. $\rho_{xy}(n)$ нинг нол қийматлари кузатиладиган n суришда сигналлар бир-бирига боғлиқ эмас. Ўзаро корреляция коэффициенти сигналларнинг физик хоссалари ва уларнинг катталигидан қатъий назар сигналлар орасида маълум бир муносабатлар мавжудлигини аниқлашга имкон беради.

Ҳозирги кунда техник адабиётларда "корреляция" ва "ковариация" бўйича қопламалар мавжудлигига эътибор беринг. Корреляцион функциялар марказсиз ва марказли сигналлар учун ҳам функциялар, шунингдек, ўзаро корреляцион коэффициентлар функцияси дейилади.

Автокорреляция функцияси (АКФ, correlation function, CF) сигнал формасининг миқдорий integral характеристикаси бўлиб, сигнал структураси ва унинг вақт бўйича динамикаси ҳақида маълумот беради. Бу, асосан, битта сигнал учун ўқФ нинг махсус ҳолатидир:

$$B_x(n) = (1/(K-n+1)) \sum_{k=0}^{K-n} x(k) x(k+n), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.5)$$

АКФ $n=0$ ҳолатида максимал қиймат олади (сигнал ўзига ўзи кўпайтирилади), жуфт функция бўлади $B_{xy}(-n)=B_{xy}(n)$, ва одатда АКФ учун манфий координат ҳисобланмайди. $K_x(n)$ марказлашган сигналнинг АКФ автоковариация функциясини (ФАК) ифодалайди. ФАК, ўзининг $K_\xi(0)=\sigma_\xi^2$ @ $v=0$ нормаллашган қийматларида:

$$\rho_\xi(v) = K_\xi(v) / K_\xi(0) \quad (1.6)$$

бу эса автокорреляцион функция фоеффициентлари деб аталади.

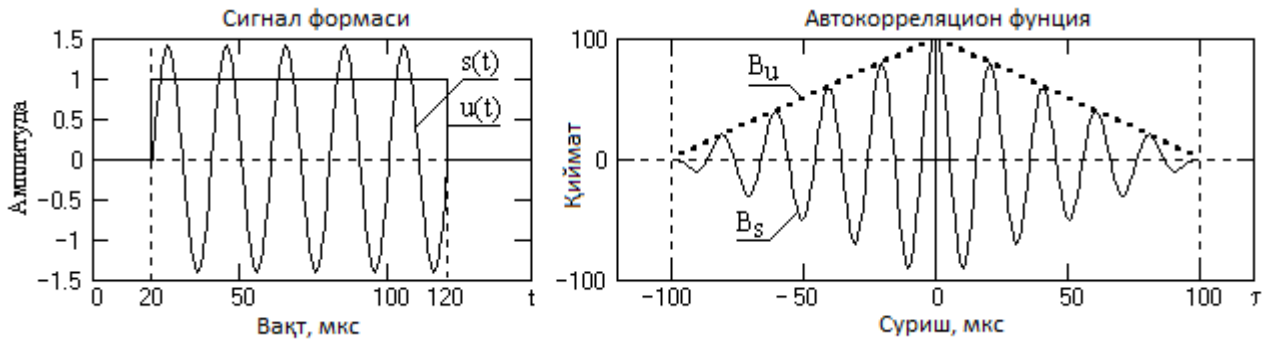


Рис. 2.5. Автокорреляцион функция.

Мисол сифатида, 1.5-расмда иккита сигнални кўрсатади-тўғри бурчакли импульс ва бир хил давомийликдаги T радиотўлқин ва уларнинг АКФ шакллари шу сигналларга мос келади. Радио импульснинг тебраниш амплитудаси \sqrt{T} тўғри бурчакли импульс амплитудасига тенг қилиб ўрнатилади, сигнал энергиялари еса бир хил бўлади, бу еса АКФ максимумининг тенг қийматлари билан тасдиқланади.

Пулс давомийлигининг охирида АКФ давомийлиги ҳам чекли ва импульсларнинг давомий қийматларидан икки марта тенг (унинг давомийлиги чап ёки ўнг интервалида охириги пулснинг кесма нусхалари, унинг нусхаси билан momentum маҳсулоти нолга тенг бўлади). Радар импульсининг АКФ тўлғазиш импульсининг тебранишлар частотасига тенг тебранишлар частотаси (АКФ нинг ён минимум ва максимумлари ҳар сафар импульс нусхаларини унинг популяцияси тебранишлар даврининг ярми бўйича кетма-кет сменада содир бўлади).

Чизиқли рақамли филтрлаш энг муҳим СРИБ операцияларидан бири бўлиб,

$$s(k) = \sum_{n=0}^N h(n) y(k-n), \quad (1.7)$$

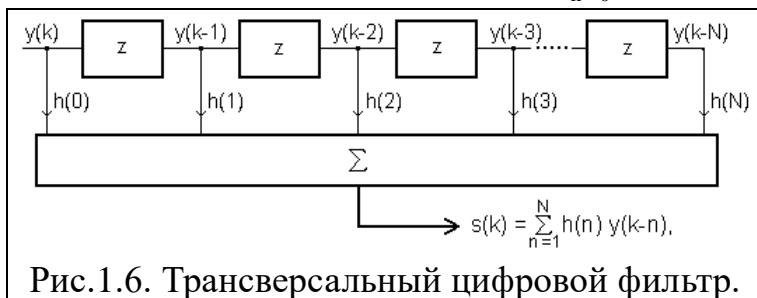


Рис.1.6. Трансверсальный цифровой фильтр.

бу ерда: $h(n)$, $n=0, 1, 2, \dots, N$ – филтр коэффициентлари, $y(k)$ ва $s(k)$ – филтр кириши ва чиқиши. Бу асосан филтрнинг импульс характеристикаси билан сигналнинг сверткаси ҳисобланади.

1.6-расмда филтрнинг блок диаграммаси келтирилган бўлиб, бу шаклда кўндаланг филтр сифатида кенг тарқалган (бир намуна олиш оралиғи учун z – кечикиш).

Ахборотни филтрлашнинг асосий операцияларига текислаш, прогнозлаш, фарқлаш, интеграллаш ва ажратувчи сигналлар, шунингдек, ахборот (фойдали) сигналларни танлаш ва шовқинни (шовқинни) бостириш киради. Рақамли маълумотларни филтрлашнинг асосий усуллари сигналларни частотали танлаш ва оптимал (адаптив) филтрлашдир.

Дискрет ўзгартиришлар частотали координаталарда дискрет вақтли сигналларни тасвирлаш ёки вақт доменидаги тавсифдан частота доменидаги тавсифга ўтиш имконини беради. Вақт (фазовий) координаталардан частотали координаталарга ўтиш кўпгина маълумотларни қайта ишлаш дастурларида зарур.

Энг кенг тарқалган ўзгартириш дискрет Фурье ўзгартириши бўлади. Функциянинг

К сони учун:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{K-1} s(k) \exp(-j 2\pi kn/K). \quad (1.8)$$

Еслатиб ўтамиз, функцияни вақт бўйича намуна олиш унинг спектрини даврлаштиришга, спектрни частота бўйича намуна олиш еса функцияни даврлаштиришга олиб келади. Дискрет ўзгартиришлар учун $\sigma(k\Delta t) \Leftrightarrow \Sigma(v\Delta f)$, ҳамда функция ва унинг спектри дискрет ва даврий бўлса уларни ифодаловчи сонли массивлар асосий давр $T = K\Delta t$ (0 дан T гача ёки $-T/2$ дан $T/2$ гача) га мос бўлади, ва $2f_N = N\Delta f$ ($-f_N$ дан f_N гача), бу ерда K , N – сигнал қийматлари ва спектрлари сони. Бунда:

$$\Delta f = 1/T = 1/(K\Delta t), \Delta t = 1/2f_N = 1/(N\Delta f), \Delta t\Delta f = 1/N, N = 2Tf_N = K. \quad (1.9)$$

(1.9) ифода дискрет сигналларни ифодалашнинг динамик ва частотали шаклларининг ахборот эквивалентлиги шартларидир. Бошқача қилиб айтганда: маълумот йўқотмасдан ўзгаришлар ва функциянинг намуналари сони ва унинг спектри бир хил бўлиши керак.

Асосан, умумий ахборот назариясига кўра, охирги хулоса чизикли дискрет ўзгаришларнинг бошқа турлари учун амал қилади.

Сигналларни модуляциялаш. Ахборот маълумотларини ёзиш, қайта ишлаш, интерпретация қилиш, сақлаш ва улардан фойдаланиш тизимлари тобора тақсимланиб бормоқда, бу еса юқори частотали алоқа каналлари бўйича маълумотлар билан алоқани талаб қилади. Одатда, ахборот сигналлари каналларнинг частотали бўлиниши билан бир вақтда бир нечта манбалардан сигналларни узатиш учун мўлжалланган кенг полосали юқори частотали алоқа каналларидан фарқли ўлароқ, паст частотали ва спектр кенглиги билан чекланган. Сигнал спектрини паст частотали минтақадан уларни узатиш учун ажратилган юқори частотали минтақага ўтказиш модуляцион операция орқали амалга оширилади. Модуляциялашда ахборот (модуляцияловчи) сигналнинг қийматлари юқори частотали (ташувчи) сигналнинг маълум бир параметрига узатилади.

Кенг полосали каналлар орқали рақамли ахборотни узатиш учун энг кенг тарқалган модуляцион схемалар (amplitude shift keying-ASK, phase shift keying – PSK, ва phase shift keying – PSK) и частотная (frequency shift keying – FSK). Маълумотларни рақамли тармоқлар орқали узатишда (pulse code modulation – PCM) дан ҳам фойдаланилади.

4. Рақамли сигналларга ишлов беришнинг татбиқлари

СРИБнинг фан ва техниканинг турли соҳаларидаги имкониятларини санаб ўтиш ва баҳолаш мантиққа тўғри келмайди. СРИБ ҳали кенг тарқалмаган соҳани топишга ҳаракат қилишингиз мумкин емас. Шунинг учун биз фақат СРИБ дан фойдаланиш энг тез ривожланаётган соҳаларга тўхталамиз.

СРИБ процессорлари. Реал вақтда маълумотларни қайта ишлаш одатда махсус СРИБ процессорларида (чипларда) амалга оширилади. Улар, одатда, бор:

- Parallel ишлайдиган ички Ҷарпанлари ёки сақлаш Ҷарпанлари.
- Дастур ва маълумотлар учун алоҳида автобуслар ва хотира жойлари.

- Сиклни ташкил етиш буйруқлари.
- Юқори маълумотларни ишлаш тезлиги ва соат тезлиги.
- Қувурли маълумотларни қайта ишлаш усулларидадан фойдаланиш.
- Запись, воспроизведение, использование звука.

Рақамли аралаштириши - назорат қилиш ва турли манбалардан кўп каналли audio сигналлари аралаштирамиз. Бу audio еқуализаторс томонидан амалга оширилади (созланиши хусусиятлари билан рақамли bandpass филтрлар силсиласини), Миксерлар, ва махсус эффектлар қурилмалар (reverb, динамик ҳизалама, ва бошқалар.).

Нутқ синтезаторлари овоз товушларини ҳосил қилиш учун жуда мураккаб қурилмалардир. Синтезатор чиплари процессорлар билан биргаликда, одатда, интонация, урғу ва диалектни ташқи назорат қилиш билан рамкалар (25 мс нутқ) шаклидаги сўз ва иборалар луғатларини ўз ичига олади, бу еса инсон нутқини юқори даражада симуляция қилиш имконини беради.

Нутқни аниқлаш, айниқса, компьютерларга нутқни киритиш мақсадида фаол ўрганилади ва ривожлантирилади. Одатда, ўқув режимида улар фойдаланувчи нутқи учун тузилган бўлиб, улар давомида тизим рақамлаштирилади ва хотирада сўз стандартларини яратади. Нутқни аниқлаш режимида нутқ ҳам рақамлаштирилади ва хотирадаги стандартлар билан таққосланади. Нутқни аниқлаш тизимлари маиший товарлар (телефон рақамларини териш, телевизорни ёқиш/ўчириш ва бошқалар) да ҳам амалга оширилмоқда.

Телекоммуникацияларда СРИБнинг қўлланилиши.

Рақамли уяли телефон тармоғи - асосий radio станциялар орқали radio каналлари ва алоқа орқали mobil телефонлар билан икки томонлама telefon тизими. Рақамли mobil алоқа учун жаҳон стандарти GSM тизими ҳисобланади. Алоқа частота диапазони 890-960 МГц, канал частота диапазони 200 кГц, ва маълумотлар узатиш тезлиги 270 кбит/с. mobil алоқа, СРИБ нутқ кодлаш учун ишлатилади, multipath тарқалиши кейин сигнал ҳизаламасини, сигнал кучи ва сифат ўлчаш, хато-тузатиш кодлаш, ва модуляция ва демодуляция.

Рақамли телевидение истеъмолчиларни интерактивлик, катта танлов, яхши тасвир ва овоз сифати ва интернетга киришни таъминлайди. Рақамли телевидениеда СРИБ сигналларни қайта ишлаш, кодлаш, video ва audio сигналларни таъқиб қилиш нуқтасидан экранда пайдо бўлган пайтга қадар модуляция қилиш / демодуляция қилишда асосий рол ўйнайди. СРИБ - MPEG кодлаш алгоритмларининг асоси бўлиб, уларни узатишдан олдин ва қабул қилгичларда декодлашда сигналларни сиқиш учун ишлатилади.

СРИБ биомедицинада. Асосий мақсад, одатда, яхши сифатли бўлмаган сигналларни кучайтиришдир ва/ёки улардан катта шовқин даражалари ва кўплаб асарлар фонида (ташқи ва ички манбалардан олинган сохта тасвирлар) алоҳида қизиқиш маълумотларини чиқариб олишдир. Масалан, ҳомила электрокардиограммасини олишда бола юрагининг электр фаолияти она организми юзасида қайд қилинади, бу ерда ҳам маълум электр фаолияти мавжуд. Тиббиётнинг кўплаб соҳаларида СРИБ фойдаланиш бизга бундай мия электр фаолияти асосида жароҳлик пайтида беморнинг оғриқсизлантирувчи давлат чуқурлигини баҳолаш учун беҳушлик каби объектив миқдорий ҳисоб-китобларга соф сифат кўрсаткичлари кўчиб ўтишга имкон беради.

Назорат саволлари:

1. Сигналларни намуна олиш ва рақамлаштиришга қўйиладиган талаблар.
2. СРИБ тизимларининг типик тузилмалари.
3. Рақамли сигналларни қайта ишлаш жараёнларини қуришнинг математик ва алгоритмик шакллари.
4. Аналог сигналларни дискретлаш. Котелников теоремаси.
5. Квантлаш даражаси ва квантлаш шовқини. Ночизиқли ва оптимал квантлаш.
6. Рақамли фильтр тушунчаси ва усуллари.
7. Сигналларни Фурье қаторларига ёйиш.
8. СРИБни самарали ташкил этиш учун дискрет ва тез Фурье ўзгартиришлари.

Адабиётлар

1. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. / М., "Вильямс", 2004, 992 с.
2. Машеров Е. Цифровая обработка сигналов – некоторые основные понятия. <http://www.nsi.ru/~EMasherow/DSP.htm>
3. Давыдов А.В. Теория сигналов и систем. <http://prodav.narod.ru/signals/index.html>.
4. Huang, N. E., Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C. C. Tung, and H. H. Liu, 1998: The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. Proc. R. Soc. London, Ser. A, 454, 903-995