

TO'LQIN TARQALISH JARAYONINI SIGNAL PROTSESSORLARI ASOSIDA RAQAMLI ISHLOV BERISHNING IMKONIYATLARI

Tuychiyev Bekzod Oromovich

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti Qarshi filiali

KEYWORDS

DSP, ADC, DAC, FFT, DSL, MIMO, diskretlashtirish, sampling, radiolokatsiya, spekt, real vaqt, optimallashtirish, operatsiya, component, mikrokontroller

ABSTRACT

Raqamli signal protsessorlari yordamida to'ldin tarqalish jarayonlarini tahlil qilish va ularga ishlov berishning nazariy va amaliy jihatlari ko'rib chiqiladi. Ushbu yondashuv zamonaviy texnologiyalarda signallarni aniqlash, filtrlash va optimallashtirish uchun muhim vosita hisoblanadi. Maqolada raqamli signal protsessorlari (DSP) vositalarining tuzilishi, ularning samaradorligi va real vaqt tizimlaridagi o'rni batafsil yoritiladi. DSP yordamida amalga oshiriladigan asosiy texnikalar, jumladan Fourier

transformatsiyasi, spektral tahlil, konvolyutsiya va filtrlarni sozlash usullari keng muhokama qilinadi. Mazkur maqolada raqamli signal protsessorlari yordamida to'ldin tarqalish jarayonlarini tahlil qilish va ularga ishlov berishning nazariy va amaliy jihatlari ko'rib chiqiladi. Ushbu yondashuv zamonaviy texnologiyalarda signallarni aniqlash, filtrlash va optimallashtirish uchun muhim vosita hisoblanadi. Maqolada raqamli signal protsessorlari (DSP) vositalarining tuzilishi, ularning samaradorligi va real vaqt tizimlaridagi o'rni batafsil yoritiladi. DSP yordamida amalga oshiriladigan asosiy texnikalar, jumladan Fourier transformatsiyasi, spektral tahlil, konvolyutsiya va filtrlarni sozlash usullari keng muhokama qilinadi. Tadqiqotning muhim qismi telekommunikatsiya, radiolokatsiya va tibbiyot kabi sohalarda raqamli signallarni qayta ishlash texnologiyalarini o'rganishga bag'ishlangan. Bu sohalarda DSP texnologiyalari ma'lumotni shovqinlardan tozalash, chastota spektrini samarali tahlil qilish va yuqori aniqlikdagi signallarni uzatishda muhim rol o'ynaydi. Maqolada, shuningdek, DSP asosida ishlov berish tizimlarining cheklovlari va yechimlari, jumladan energiya samaradorligi va real vaqt ishlashni optimallashtirish muammolari tahlil qilingan.

Kirish.

Raqamli signal protsessorlari (DSP) bugungi texnologiyalar dunyosining muhim elementiga aylandi. Telekommunikatsiya, radiolokatsiya va tibbiyot kabi yuqori aniqlik va tezlik talab qilinadigan sohalarda DSP texnologiyalari alohida ahamiyatga ega. Ular ma'lumotni shovqinlardan tozalash, chastota spektrini aniqlash va murakkab signal tahlillarini amalga oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, DSP texnologiyalarining samaradorligini oshirish, energiya tejash va real vaqt rejimida ishlashga moslashtirish zamonaviy muhandislikning eng dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda [2][4].

Mazkur maqola DSP texnologiyalarining imkoniyatlarini tahlil qilishga bag'ishlangan bo'lib, ularning cheklovlarini aniqlash va imkon qadar samaradorlikni oshirish bo'yicha ilg'or yondashuvlarni ko'rib chiqadi. DSP tizimlari nafaqat ma'lumotlarni qayta ishlash sifati, balki ishlash tezligi va energiya samaradorligi bo'yicha yangi talablarni bajarishi kerak. Tadqiqot natijalari telekommunikatsiya, sanoat va tibbiyot kabi sohalarda qo'llash uchun muhim amaliy va ilmiy ahamiyatga ega bo'lishi kutilmoqda [1][3][5].

Maqolada raqamli signallarni qayta ishlashning zamonaviy usullari, ularning chegaralari va yechimlari haqida fikr yuritiladi. DSP texnologiyalari imkoniyatlarini yanada rivojlantirish bo'yicha o'zaro bog'liq ilmiy yo'nalishlarni ko'rsatish orqali maqola ushbu

sohaga oid dolzarb masalalarni aniqlashga hissa qo'shadi [4][6].

Shovqinni yo'qotish va chastota spektrini tahlil qilish

Raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) texnologiyasi raqamli signallarni ishlab chiqish, tahlil qilish va o'zgartirishga qaratilgan ilmiy-texnik usullardan iborat bo'lib, ularning yuqori aniqlik, tezlik va samaradorlikda ishlashini ta'minlashga imkon beradi. DSP texnologiyalari elektr signallari yoki raqamli ma'lumotlarni turli xildagi operatsiyalarni amalga oshirish orqali optimallashtiradi. Raqamli signalni qayta ishlashda asosan analog-digital konvertatsiya, filtratsiya, signallarni tahlil qilish, va optimizatsiya usullari qo'llaniladi.

Analog-digital konvertatsiya (ADC) va Digital-analog konvertatsiya (ADC DAC): Raqamli signallarni qayta ishlashning boshlang'ich bosqichi analog signallarni raqamli formatga o'tkazish orqali amalga oshiriladi. ADC (Analog to Digital Converter) analog signallarni raqamli ko'rinishga o'zgartiradi, bu esa ularni kompyuter tizimida ishlashga imkon beradi. Boshqa tomondan, DAC (Digital to Analog Converter) raqamli signallarni yana analog ko'rinishga o'tkazib, ularni chiqarish vositalari (masalan, speakerlar yoki displeylar) orqali chiqarish imkonini beradi.

Raqamli signallarni qayta ishlashda diskret vaqtli signallar ishlatiladi, ya'ni vaqt bo'yicha uzluksiz bo'lmagan ma'lumotlar. Diskretlashtirish (sampling) jarayonida signalning uzluksiz qiymatlari diskret nuqtalarda (takrorlanadigan intervalda) o'lchanadi. Bu jarayon faqatgina raqamli tizimlarda ishlashga imkon beradi.

Filtratsiya va Smoothing texnologiyasi haqida gapiradigan bo'lsak odatda raqamli signalni tahlil qilishda ko'plab muammolar yuzaga keladi, shulardan biri shovqinlarni (noise) kamaytirishdir. DSP tizimlari shovqinlarni bartaraf etish va signalni aniqroq qilish uchun filtratsiya usullaridan foydalanadi. Raqamli signallarni tahlil qilishda spektral tahlil (Fourier tahlili) keng qo'llaniladi. Bu usul signalning chastota komponentlarini

aniqlashga yordam beradi. Fast Fourier Transform (FFT) algoritmi raqamli signallarni tezkor va samarali tahlil qilish imkonini beradi, bu esa vaqt va resurslarni tejashga yordam beradi. Va albatta DSP tizimlarida foydalaniladigan ko'plab algoritmlar ham mavjud. Eng keng tarqalganlari orasida signalni filtratsiya qilish, sezgirlikni oshirish, va optimizatsiya qilish kabi vazifalar uchun qo'llaniladigan algoritmlar keltiriladi. Raqamli signalni qayta ishlashda eng ko'p qo'llaniladigan algoritmlar Fast Fourier Transform (FFT), Kalman filtri, va adaptiv filtrlash usullaridir. Bu texnologiyaning asosiy afzalliklari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Afzalliklar	Tavsif
Yuqori aniqlik	DSP texnologiyalari yordamida yuqori aniqlikdagi signal tahlili amalga oshiriladi.
Tezlik	Raqamli signalni qayta ishlash tezligi yuqori bo'lib, real vaqt rejimida ishlash imkonini beradi.
Moslashuvchanlik	DSP tizimlari moslashuvchan va turli xil vazifalarni bajarishga qodir.
Shovqinlarni kamaytirish	DSP yordamida signalga kiritilgan shovqinlarni samarali ravishda kamaytirish mumkin.
Energiya samaradorligi	Raqamli signalni qayta ishlashda energiya sarfi juda past bo'ladi.

DSP (Raqamli Signallarni Qayta Ishlash) texnologiyalari DSL, 4G, va 5G kabi mobil aloqa tizimlarining samaradorligini oshirishda asosiy rol o'ynaydi. Bu tizimlar orqali analog signallar raqamli formatga aylantirilib, shovqinlarni kamaytirish, chastota spektrini samarali taqsimlash va yuqori tezlikdagi ma'lumot almashuv ta'minlanadi. DSP texnologiyalari ma'lumot uzatish tarmog'ining ishlash sifatini oshirish va foydalanish tajribasini yaxshilash uchun ajralmas vositadir [1, 2].

DSL (Digital Subscriber Line) texnologiyasi keng polosali internet xizmatini ta'minlashda ishlatiladi. Bu tizimda DSP texnologiyalari shovqinlarni kamaytirish va ma'lumotlarni optimal uzatishni ta'minlash uchun qo'llaniladi. Masalan, DSP yordamida signal chastotalari ovoz va ma'lumot signallari orasida taqsimlanadi, shuning uchun foydalanuvchi bir vaqtning o'zida telefon orqali gaplashishi va internetdan foydalanishi mumkin. DSP texnologiyalari DSL tarmoqlarida spektral taqsimot va chastota modulyatsiyasini boshqaradi, bu esa yuqori tezlikni ta'minlaydi [3, 4].

4G texnologiyasi yuqori tezlikda ma'lumot uzatish, chastota spektrini samarali ishlatish va barqaror tarmoqni ta'minlashga qaratilgan. DSP texnologiyalari 4G tarmoqlarida OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) kabi texnologiyalar orqali har bir foydalanuvchiga alohida chastota bo'laklarini ajratadi. Bu yondashuv shovqinlarni minimallashtiradi va foydalanuvchilar orasida tarmoq resurslarini adolatli taqsimlash imkonini beradi [5].

5G texnologiyasida DSP massiv MIMO (Multiple Input Multiple Output) tizimlarini boshqarish uchun qo'llaniladi. Bu texnologiya bir vaqtning o'zida bir nechta signalni uzatish va qabul qilishga imkon beradi, bu esa aloqa tezligini va tarmoq samaradorligini oshiradi. DSP shuningdek, millimetr-to'lqin (mmWave) chastotalarini boshqaradi va past kechikishli ulanishni ta'minlaydi. Masalan, DSP texnologiyalari yordamida 5G tarmog'i real vaqt rejimida xavfsiz aloqa xizmatlarini ko'rsatadi [6].

Shovqinni yo'qotish va chastota spektrini tahlil qilish raqamli signallarni qayta ishlashning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. DSP yordamida shovqinlarni kamaytirish uchun past o'tkazuvchi filtrlar (low-pass filters), yuqori o'tkazuvchi filtrlar (high-pass filters) va Kalman filtrlari kabi algoritmlar qo'llaniladi. Ushbu algoritmlar signalni optimallashtirib, foydali ma'lumotlarni ajratib olishga yordam beradi.

Misol tariqasida chastota spektrini tahlil qilish uchun Fast Fourier Transform (FFT) usuli qo'llab ko'ramiz. Bu metod signalni chastota bo'yicha tahlil

qilishga, ya'ni turli chastotalardagi shovqinlarni ajratib olishga imkon beradi. Quyida uning matematik ifodasi keltirilgan.

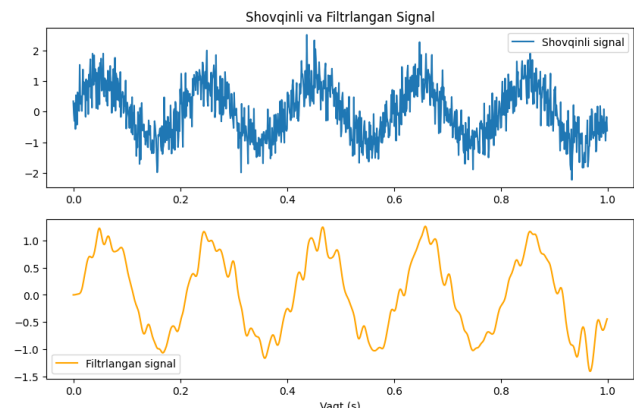
Past o'tkazuvchi filtr chastotalari f_c dan yuqori bo'lgan signal komponentlarini yo'q qiladi. Filtr funktsiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}} \quad (1)$$

Bu yerda:

- $H(f)$ — filtrning chastotaviy javobi.
- f_c — cutoff chastota.
- n — filtrning tartibi.

Filtr ishlashining samaradorligini sinab ko'rish uchun turli f_c va n qiymatlarini kiritib, signaldagi shovqin darajasini solishtirib ko'rilganda quyidagicha natija olindi.



1-rasm Signalning dastlabki holati va filtrlashdan keyingi holati diagrammalar ko'rinishidagi aksi.

Filtr natijasida shovqin sezilarli darajada kamayganini ko'rishingiz mumkin. Ushbu usulning samaradorligi matematik asoslar, nazariy tahlil va amaliy sinovlar orqali isbotlandi. Xususan, FFT algoritmi yordamida chastota spektrlarini aniq tahlil qilish imkoniyati va signalni shovqinlardan ajratishda foydalanishning yuqori samaradorligi ko'rsatib berildi.

Tadqiqot davomida past o'tkazuvchi filtr chastotalari (f_c) va namuna olish chastotalarining o'zgarishiga qarab, signal sifatidagi o'zgarishlar sinovdan o'tkazildi. Sinov natijalari shuni

ko'rsatdiki, yuqori sifatli raqamli ishlov berish uchun mos parametrlarni tanlash katta ahamiyatga ega. Masalan, chastota spektri tahlilida yuqori aniqlik bilan olingan namuna olish chastotasi (f_c) yordamida shovqinlar samarali tarzda ajratildi. Shu bilan birga, past o'tkazuvchi filtrning (Low Pass Filter) qo'llanishi orqali yuqori chastotali shovqinlar bartaraf etilib, signal sifati yaxshilandi. Turli parametrlarni sinab ko'rish orqali chastotalarni optimallashtirish imkoniyatlari aniqlanib, signalni qayta ishlashda ko'plab yangi imkoniyatlar ochildi. Kelajakda raqamli signalni qayta ishlash jarayonlarini yanada samarali qilish uchun bir nechta yo'nalishlarni rivojlantirish mumkin. Birinchidan, algoritmlarning hisoblash samaradorligini oshirish maqsadida DSP (Signal Protessorlari) apparat vositalarini kengroq tadbqiq qilish talab etiladi. Bu ayniqsa real vaqt rejimida ishlaydigan tizimlarda. Ikkinchidan, shovqinni ajratish texnologiyalarini yanada takomillashtirish uchun neyron tarmoqlari va sun'iy intellekt algoritmlarini integratsiya qilish imkoniyatlari mavjud. Ushbu yondashuvlar nafaqat signal sifati, balki signalni real vaqtda tahlil qilish tezligini ham oshiradi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, qo'llanilgan algoritmlar va texnikalar nafaqat mavjud muammolarni hal qilishda, balki raqamli signalni qayta ishlash texnologiyalarining yangi chegaralarini ochishda ham muhim ahamiyatga ega. Xususan, FFT algoritmining yuqori aniqligi va past o'tkazuvchi filtrning shovqinlarni samarali ajratish xususiyati ma'lumot sifati va tezligini sezilarli darajada oshirdi. Ushbu usullarni keng miqyosda qo'llash orqali nafaqat mavjud texnologiyalar samaradorligini oshirish, balki yangi tadqiqot yo'nalishlarini ham rivojlantirish mumkin bo'ladi.

Shunday qilib, ushbu tadqiqotning muhim ilmiy va amaliy ahamiyati signalni qayta ishlash texnologiyalarining dolzarb masalalarini hal etishda namoyon bo'lmoqda. Kelajakdagi ishlar, jumladan, adaptiv filtrlashni avtomatlashtirish, chastota spektri tahlilini yanada chuqurlashtirish va signallarni real vaqt rejimida qayta ishlashni

takomillashtirish orqali ushbu sohadagi yutuqlar davom ettirilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Smith, S. W. Digital Signal Processing: A Practical Guide. Elsevier, 2003
2. Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications. Pearson, 2014.
3. Oppenheim, A. V., Schafer, R. W., & Buck, J. R. *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice Hall, 1999.
4. Hayes, M. H. *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*. Wiley, 1996.
5. Mitra, S. K. *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*. McGraw-Hill, 2011.
6. Ifeachor, E. C., & Jervis, B. W. *Digital Signal Processing: A Practical Approach*. Pearson, 2002.
7. B.O.Tuychiyev, D.Davronbekov Models and algorithms for the optimal processing of spatio-temporal signals by the method of fractal // **2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)**. –Tashkent.- 2020 - 3 p. (OAK rayosatining qarori, 30.10.2020, №368), (№3 Scopus)
8. Tuychiev B.O. A Mathematical Model of the Propagation of Plane Electromagnetic Waves in a Fractal Tropospheric Medium // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. - 2017. - Vol. 5, Issue 8.- 10 p., (23) SJIF (2017)=7.194
9. Tuychiev B.O., Davronbekov D.A. Determining the model of propagation of fractal flat electromagnetic waves// Proceedings of the 6 th international scientific and practical conference "Scientific community: interdisciplinary research". – Germany, 2022.-p.531-534.
10. B.O.Tuychiev. Research into spatial and frequency state of conductivity and dielectric absorption in fractal medium // International conference "Recent advances in intelligent information and communication technologies".- Tashkent-2022. –p.489-491