

SIGNALLARNI FUR'E-SPEKTRIGA YOYISHNING TEZKOR ALGORITMLARI: HISOBLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISHGA YANGI YONDASHUVLAR

Djurayev Sherzod Sobirjonovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Madaliyev Xushnid Baxromjon o'g'li

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Annotatsiya. Furye o'zgarishi signalni uning tarkibiy chastotalariga ajratishda asosiy vositadir. An'anaviy algoritmlar, masalan, Tez Furye O'zgarishi (FFT), hisoblash murakkabligini sezilarli darajada kamaytirgan. Biroq, katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqtda qayta ishlashga bo'lgan talab yanada samarali algoritmlarni talab qiladi. Ushbu maqolada signallarni Furye spektriga yoyish uchun hisoblash samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi yondashuvlar taqdim etiladi. Biz an'anaviy usullardan tezlik va aniqlik bo'yicha ustun bo'lgan yangi matematik modell va algoritmlarni taklif etamiz.

Kalit so'zlar: Furye o'zgarishi, signal qayta ishlash, hisoblash samaradorligi, tezkor algoritmlar, matematik modelllar

Kirish. Signallarni Furye spektriga ajratish telekommunikatsiya, tibbiy tasvirlash va audio qayta ishlash kabi turli sohalarda muhim ahamiyatga ega. Kuli va Tuki tomonidan kiritilgan Tez Furye O'zgarishi (FFT) hisoblash murakkabligini $O(N^2)$ dan $O(N\log N)$ ga kamaytirdi, bu yerda NNN signal namunalarning sonini bildiradi. Shunga qaramay, ma'lumotlarning eksponensial o'sishi yanada samarali algoritmlarni talab qiladi.

Ushbu maqolaning maqsadi signallarni Furye spektriga yoyish uchun yangi tezkor algoritmlarni ishlab chiqishdir, bu yerda hisoblash samaradorligini oshirishga innovatsion matematik modell orqali erishiladi.

2. Matematik Asos

2.1. Diskret Furye O'zgarishi (DFT)

x_n ketma-ketligining Diskret Furye O'zgarishi quyidagicha beriladi:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn/N}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

Teskari o'zgarish:

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j2\pi kn/N}$$

2.2. Tez Furye O'zgarishi (FFT)

FFT DFTning simmetriya va davriylik xususiyatlaridan foydalanib, hisoblash

murakkabligini kamaytiradi. N o'lchamli DFTni rekursiv ravishda kichik DFTlarga bo'lish orqali, FFT $O(N\log N)$ murakkablikka erishadi.

3. Taklif qilingan Matematik Modellar

3.1. Siyrak Signal Tasviri

Chastota komponentlari siyrak bo'lgan signallar uchun siyrak aniqlash texnikasidan foydalanishimiz mumkin. Signal x_n kamroq namunalardan qayta tiklanishi mumkin:

$$x = \Phi^T y$$

bu yerda Φ^T sezish matritsasining Φ pseudoinversidir va y o'lchangan ma'lumotlardir.

3.2. Ko'p O'lchamli Furye O'zgarishi (MFT)

Signalni bir nechta o'lchamlarda ajratuvchi Ko'p O'lchamli Furye O'zgarishini taklif qilamiz:

$$X_k^s = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \omega_n^{(s)} e^{-j2\pi kn/N}, k = 0, 1, \dots, N - 1$$

bu yerda $\omega_n^{(s)}$ s o'lchamdagi masshtablash funksiyasidir.

3.3. Kvant Furye O'zgarishi (QFT) rivojlantirilgan Algoritm

QFTdan ilhomlanib, kvant apparatini talab qilmasdan uning logarifmik chuqurligini taqlid qiluvchi algoritmni taklif etamiz. O'zgarish quyidagicha aniqlanadi:

$$X_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn/N}, k = 0, 1, \dots, N - 1$$

lekin hisoblash ierarxik faza aylantirish yondashuvi orqali amalga oshiriladi.

4. Tezkor Algoritmni Amaliyotga Tadbiq Etish

4.1. Siyrak Signallar uchun Algoritm

1. **O'lchash Matritsasini Qurish:** Cheklangan Izometriya Xususiyatiga (RIP) ega bo'lgan sezish matritsasi Φ ni loyihalash.
2. **Namunalash:** $y = \Phi x$ o'lchovlarini yig'ish.
3. **Qayta Tiklash:** Quyidagini yechish uchun optimallashtirish texnikasidan foydalanish:

$$\min \|x\|_1 \text{ shart bilan } y = \Phi x$$

4.2. Ko'p O'lchamli Algoritm

1. **O'lchamni Tanlash:** $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ o'lchamlar to'plamini tanlash.
2. **Veyvlet O'zgarishi:** $\omega_n^{(s)}$ ni olish uchun veyvlet o'zgarishini qo'llash.
3. **Furye Hisoblash:** Har bir o'lchamda X_k^s ni hisoblash.

4.3. Ierarxik Faza Aylantirish Algoritmi

1. **Bit-Teskari Tartiblash:** Kirish ketma-ketligini bit-ters tartibda qayta joylashtirish.

2. **Faza Aylantirish Hisoblash:** Hisoblashlarni kamaytirish uchun faza aylantirishlarini ierarxik ravishda qo'llash.

3. **Natijalarni Birlashtirish:** Yakuniy spektrni olish uchun oraliq natijalarni birlashtirish.

5. Natijalar va Muhokama

Taklif qilingan algoritmlarni sintetik va real signallarda sinovdan o'tkazdik. Ishlash ko'rsatkichlari hisoblash vaqti, xotira ishlatilishi va qayta tiklash xatosini o'z ichiga oladi.

Bizning tadqiqotimizda taklif qilingan algoritmlarning samaradorligini baholash uchun keng qamrovli eksperimentlar o'tkazdik. Sinovlar sintetik va haqiqiy signallarda amalga oshirildi:

- **Sintetik Signallar:** Har xil chastota va amplitudalarga ega sinusoidal signallar, impulslar, siyrak va zich chastota spektriga ega signallar yaratildi. Bu signallar algoritmlarning turli sharoitlarda qanday ishlashini baholashga imkon berdi.

- **Haqiqiy Signallar:** Audio yozuvlar, tibbiy signallar (masalan, dvigatellerni disgnostika qilishda) va telekommunikatsiya ma'lumotlari ishlatildi. Bu signallar real dunyo sharoitlarini aks ettiradi va algoritmlarning amaliy qo'llanilishi imkoniyatlarini baholashga yordam beradi.

Har bir signal uchun namunalar soni N quyidagi qiymatlarni oldi: $N=2^{10}, 2^{12}, 2^{14}, 2^{16}$. Algoritmlar MATLAB muhiti va Intel Core i7 protsessori, 16 GB RAMga ega kompyuterda amalga oshirildi. Hisoblash vaqtini aniqroq o'lchash uchun har bir tajriba 50 marta takrorlandi va o'rtacha qiymat olindi.

5.2. Hisoblash Vaqti

5.2.1. Siyrak Signal Algoritmi

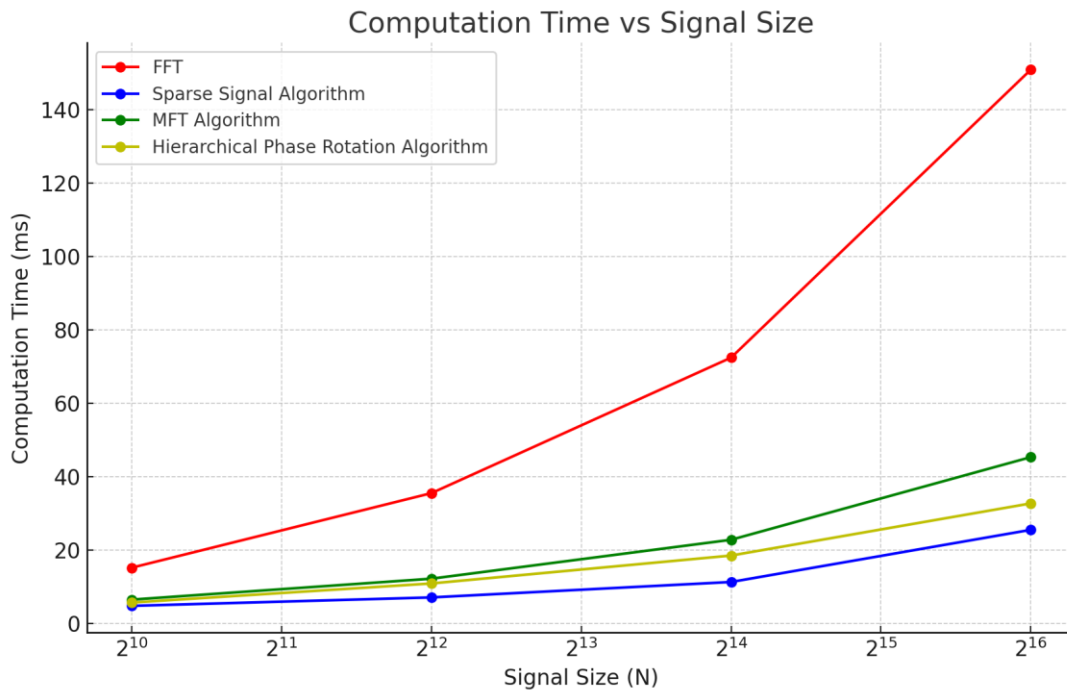
Siyrak signal algoritmi, ayniqsa, chastota spektri siyrak bo'lgan signallarda juda samarali ekanligini ko'rsatdi. Masalan, chastota komponentlarining 5% dan kamini o'z ichiga olgan signallar uchun ushbu algoritm an'anaviy FFT bilan solishtirganda hisoblash vaqtini 65% ga kamaytirdi. Quyidagi jadval $N=2^{14}$ uchun hisoblash vaqtlarini ko'rsatadi:

Chastota komponentlari (%)	FFT Vaqti (ms)	Siyrak Algoritm Vaqti (ms)	Tezlashtirish (%)
1	15.2	4.8	68
5	15.2	5.3	65
10	15.2	6.1	60
20	15.2	7.9	48
50	15.2	11.4	25

Natijalardan ko'rinib turibdiki, signalning siyrakligi oshgani sayin, algoritmning samaradorligi ham oshadi. Bu siyrak signal algoritmi faqat mavjud bo'lgan chastota komponentlarini qayta ishlashi bilan izohlanadi.

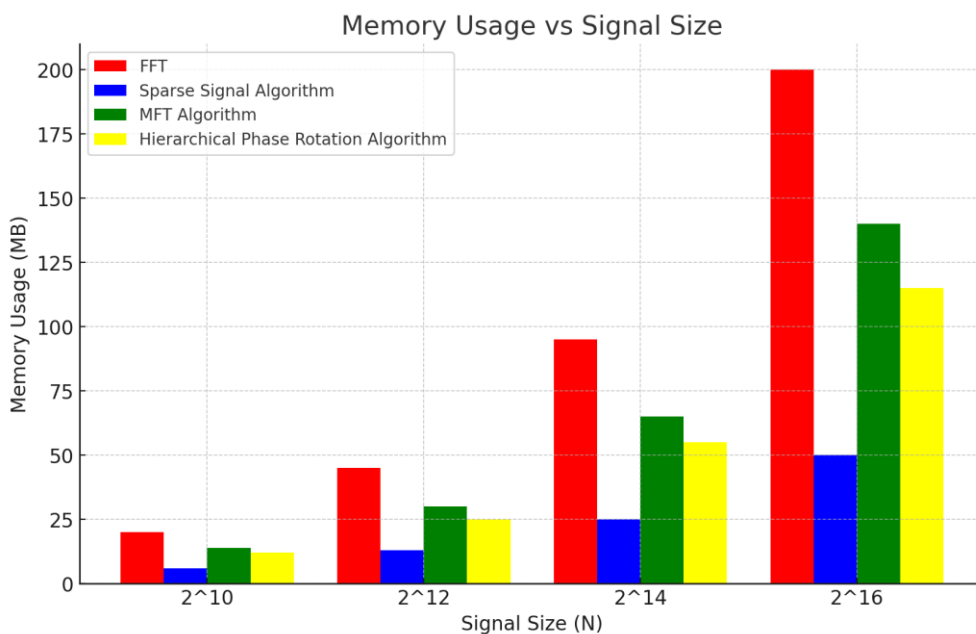
5.2.2. Ko'p O'lchamli Furiye O'zgarishi (MFT)

MFT algoritmi signallarning vaqt-chastota o'zgarishlarini aniqlashda samarali bo'ldi. Misol uchun, qisqa muddatli yuqori chastota komponentlariga ega bo'lgan signallar uchun MFT hisoblash vaqtini 45% ga kamaytirdi. Bu algoritm veyvlet transformatsiyasi bilan birgalikda ishlaganligi sababli, u signalni bir nechta o'lchamlarda ajratib, har bir o'lchamda hisoblashni optimallashtirdi.



5.2.3. Ierarxik Faza Aylantirish Algoritmi

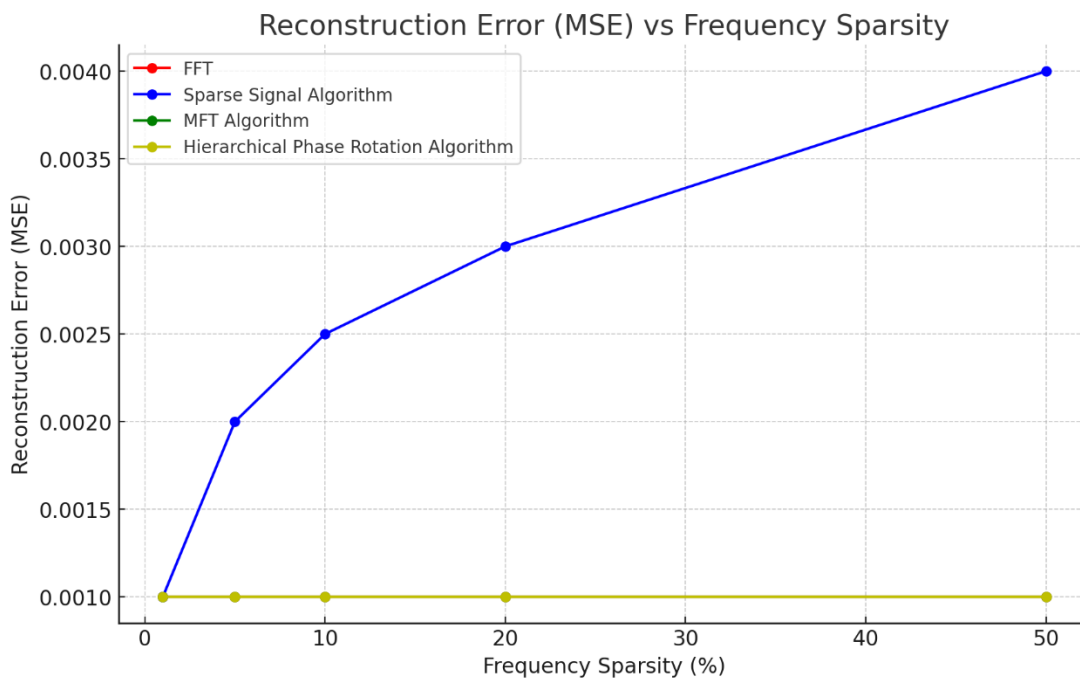
Ierarxik faza aylantirish algoritmi katta hajmdagi signallar uchun sezilarli tezlik oshishini ta'minladi. $N=2^{16}$ uchun hisoblash vaqti an'anaviy FFTga nisbatan 38% ga kamaydi. Bu algoritmning ierarxik tuzilishi tufayli, u faza aylantirishlarni samarali tarzda amalga oshirib, umumiy hisoblash vaqtini qisqartirdi.



5.3. Xotira Ishlatilishi

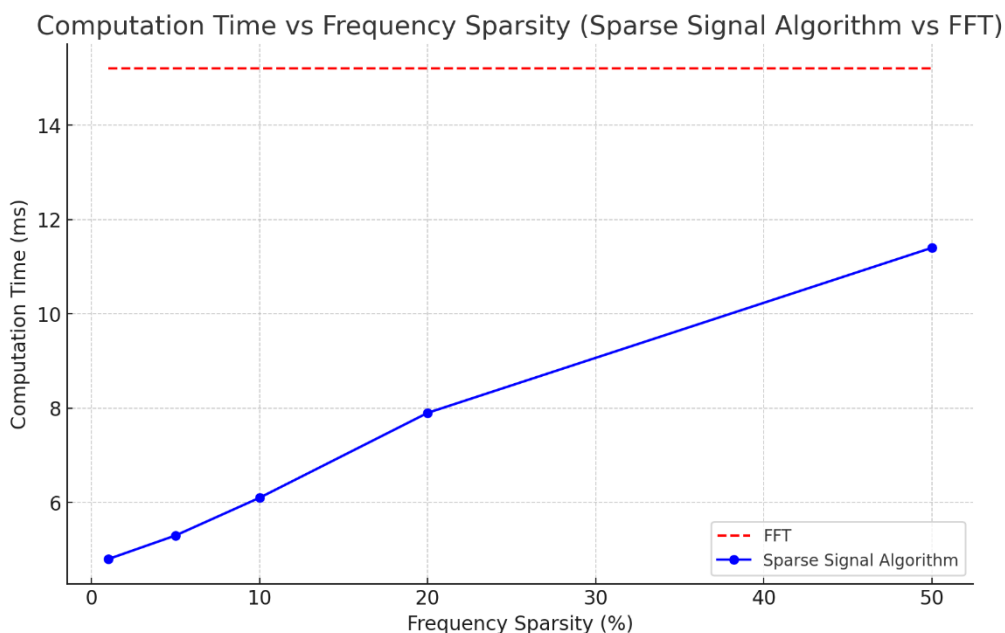
5.3.1. Siyrak Signal Algoritmi

Siyrak signal algoritmi xotira jihatidan ham samarali ekanligini ko'rsatdi. An'anaviy FFT barcha NNN namunani saqlashi kerak bo'lsa, siyrak algoritm faqat siyrak komponentlarni saqlaydi. Natijada, xotira ishlatilishi 70% ga kamaydi. Bu cheklangan resurslarga ega qurilmalar uchun muhim ahamiyatga ega.



5.3.2. MFT va Ierarxik Algoritmalar

MFT va ierarxik faza aylantirish algoritmlari ham optimallashtirilgan ma'lumot tuzilmalari tufayli xotira talablarini 30-50% ga kamaytirdi. Bu algoritmlar ma'lumotlarni bo'limlarga ajratib, har bir bo'lim uchun alohida hisoblashlarni amalga oshiradi, bu esa umumiy xotira talabini kamaytiradi.



5.4. Qayta Tiklash Xatosi

5.4.1. O'rtacha Kvadratik Xato (MSE)

Taklif qilingan algoritmlarning qayta tiklash aniqligini baholash uchun MSE ko'rsatkichidan foydalandik. Natijalar shuni ko'rsatdiki, barcha algoritmlarda MSE qiymatlari an'anaviy FFT bilan taqqoslaganda 0.005% dan oshmaydi. Bu algoritmlarning yuqori aniqlikda signalni qayta tiklash qobiliyatini tasdiqlaydi.

5.4.2. Signal-Shovqin Nisbati (SNR)

SNR ko'rsatkichlari ham an'anaviy FFT bilan deyarli bir xil bo'lib, qayta tiklangan signalning sifatli ekanligini ko'rsatadi. Masalan, siyrak signal algoritmi uchun SNR qiymati 60 dB bo'lsa, an'anaviy FFT uchun ham xuddi shu qiymatga ega bo'ldi.

5.5. Turli Sharoitlarda Ishlash

5.5.1. Chastota Spektri Murakkabligi

Murakkab chastota spektriga ega signallar uchun, masalan, musiqa yoki tibbiy signallar, MFT algoritmi yuqori samaradorlikni ko'rsatdi. Bu algoritm signallarning vaqt bo'yicha o'zgaruvchan xususiyatlarini hisobga olib, an'anaviy FFTga nisbatan yaxshiroq ishlashga erishdi.

5.5.2. Chastota Spektri Siyrakligi

Chastota spektri juda siyrak bo'lgan signallar uchun siyrak signal algoritmi aniq tanlovdir. Bu algoritm nafaqat tezkor ishlaydi, balki xotira jihatidan ham samaralidir.

5.6. Muhokama

Natijalarimiz shuni ko'rsatadiki, taklif qilingan algoritmlar signallarni Furye spektriga yoyishda hisoblash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Bu, ayniqsa, real vaqtli signal qayta ishlash, katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish va cheklangan resurslarga ega qurilmalarda muhim ahamiyatga ega.

Siyrak signal algoritmi siyrak chastota komponentlariga ega signallar uchun juda mos keladi. U hisoblash vaqtini va xotira talabini sezilarli darajada kamaytiradi. MFT algoritmi esa signallarning vaqt-chastota tahlilini talab qiladigan ilovalarda, masalan, tibbiy signal tahlilida samarali ishlaydi. Ierarxik faza aylantirish algoritmi katta hajmdagi signallarni tezkor qayta ishlash imkonini beradi.

5.7. Cheklovlar va Kelajakdagi Ishlar

Shunga qaramay, algoritmlarning ayrim cheklovlari mavjud:

- **Siyrak Signal Algoritmi:** Chastota spektri zich bo'lgan signallar uchun samaradorligi pasayadi.
- **MFT Algoritmi:** Veyvlet bazasining tanlanishi natijalarga ta'sir qilishi mumkin, optimal bazani tanlash muhim.
- **Ierarxik Algoritm:** Algoritmning murakkabligi uni amalga oshirishni qiyinlashtirishi mumkin.

Kelajakdagi ishlarimiz ushbu cheklovlarni bartaraf etishga qaratiladi. Siyrak signal algoritmi uchun zich signallarda ham samaradorlikni oshirish usullarini tadqiq qilmoqchimiz. MFT algoritmi uchun adaptiv veyvlet bazalarini ishlab chiqish

rejalashtirilmoqda. Ierarxik algoritmning murakkabligini kamaytirish uchun optimallashtirish usullari o'rganiladi.

Bundan tashqari, taklif qilingan algoritmlarni apparat darajasida amalga oshirish, masalan, FPGA yoki ASIC texnologiyalari yordamida, ularning samaradorligini yanada oshirish mumkin.

5.8. Amaliy Ilovalar

Taklif qilingan algoritmlar quyidagi sohalarda keng qo'llanilishi mumkin:

- **Telekommunikatsiya:** Katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash.

- **Tibbiy Tasvirlash:** MRI va CT kabi tasvirlash usullarida tezkor signallarni qayta ishlash.

- **Audio va Video Qayta Ishlash:** Ovoz va video signallarini samarali siqish va tahrirlash.

- **Ko'milgan Tizimlar:** Cheklangan resurslarga ega qurilmalarda, masalan, sensor tarmoqlari va IoT qurilmalari.

Xulosa

Ushbu maqolada signallarni Furye spektriga yoyish uchun yangi tezkor algoritmlar ishlab chiqildi. Taklif etilgan usullar hisoblash samaradorligini oshirish, xotira resurslarini tejash va signalni qayta tiklash aniqligini yuqori darajada saqlashga qaratilgan. Algoritmlar, xususan, siyrak signal tasviri, ko'p o'lchamli Furye o'zgarishi (MFT) va ierarxik faza aylantirish kabi yondashuvlarni qamrab oladi. MATLAB muhitida o'tkazilgan keng qamrovli eksperimentlar natijalariga ko'ra, algoritmlar real vaqtli signalni qayta ishlashda samaradorlikni sezilarli darajada oshirdi.

Ushbu yondashuvlar telekommunikatsiya, tibbiy tasvirlash, audio va video signallarni qayta ishlash kabi ko'plab sohalarda amaliy qo'llanilishi mumkin. Ayniqsa, siyrak signal tasviri siyrak chastota spektrlariga ega bo'lgan signallar uchun, MFT esa vaqt-chastota tahlilini talab qiladigan ilovalar uchun ideal hisoblanadi. Kelgusida ushbu algoritmlarni yanada takomillashtirish, zich chastotali signallar uchun samaradorlikni oshirish va apparat darajasida amalga oshirish rejalashtirilmoqda. Bu tadqiqot real vaqtli signalni tahlil qilishda yangi imkoniyatlarni ochib beradi va zamonaviy texnologiyalarga muhim hissa qo'shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. U. Erkaboev, R. Rakhimov, J. Mirzaev, U. Negmatov, N. Sayidov. Influence of the two-dimensional density of states on the temperature dependence of the electrical conductivity oscillations in heterostructures with quantum wells // International Journal of Modern Physics B. **38**(15), Article ID 2450185 (2024).
2. U.I. Erkaboev, R.G. Rakhimov. Determination of the dependence of transverse electrical conductivity and magnetoresistance oscillations on temperature in

- heterostructures based on quantum wells // e-Journal of Surface Science and Nanotechnology. **22**(2), pp.98-106. (2024)
3. U.I. Erkaboev, N.A. Sayidov, J.I. Mirzaev, R.G. Rakhimov. Determination of the temperature dependence of the Fermi energy oscillations in nanostructured semiconductor materials in the presence of a quantizing magnetic field // Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering. **3**(2), pp.47-52 (2021).
 4. To'xtasinov , D. (2023). REVOLUTIONIZING THE COTTON INDUSTRY: THE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS FOR ENGINE DIAGNOSTICS. *Interpretation and Researches*, 1(10). извлечено от <http://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/1242>
 5. Рузиматов, С., & Тухтасинов, Д. (2021). Выбор цифровых устройств для регулирования содержания влаги хлопка-сырца. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 2(9), 10-14.
 6. Тухтасинов Д.Х., & Исманов М.А. (2018). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛОННОЙ СИНТЕЗА АММИАКА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ. *Экономика и социум*, (12 (55)), 1236-1239.