

SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISHDA VEYVLET USULLARINING QO‘LLANILISHI

Azambek Abdullayevich TURAKULOV
dotsent
fizika-matematika fanlari nomzodi
Namangan muhandislik-texnologiya instituti
Namangan, O‘zbekiston
aturakulov1@mail.ru

Fotima Tuychiboyevna MULLAJONOVA
dotsent texnika fanlari (PhD) bo‘yicha falsafa doktori
Namangan muhandislik-texnologiya instituti
Namangan, O‘zbekiston fotimamullajonova1969@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqola signallarga raqamli ishlov berishning maqsadi, vazifasi, turlari, imkoniyati hamda muhim hisoblangan veyvlet modellarini qurishga bag‘ishlangan. Veyvlet modellari signallarga raqamli ishlashda yuqori aniqlikka ega, bu esa qaror qabul qilishi haqida foydali ma’lumotlarni berishi uchun katta hissa qo‘shadi. Tadqiqot ishida bugungi kunda keng foydalanilayotgan ba’zi veyvlet turlarining solishtirma tahlil natijalari muxokama qilingan. Shu asosda mazkur tadqiqot ishi inson tana harorati sensorlaridan olingan signallariga raqamli ishlov berish bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli, signal turlariga alohida e’tibor qaratilgan.

Kalit so‘zlar: Signallarga raqamli ishlov berish turlari, Fure almashtirish, Veyvlet-almashtirishlar, veyvlet turlari.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-МЕТОДОВ В ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

Аъзамбек Абдуллаевич ТУРАКУЛОВ
доцент
Кандидат физико-математических наук
Наманганский инженерно-технологический институт
Наманган, Узбекистан
aturakulov1@mail.ru

Fotima Tuychiboyevna MULLAJONOVA
Доцент
доктор философии (PhD) по техническим наукам
Наманганский инженерно-технологический институт
Наманган, Узбекистан
fotimamullajonova1969@mail.ru

Аннотация. Эта статья посвящена цели, задаче, типам, возможностям цифровой обработки сигналов, а также построению вейвлет-моделей, которые считаются важными. Вейвлет-модели обладают высокой точностью обработки сигналов в цифровом виде, что в значительной степени способствует предоставлению полезной информации о принятии решений. В исследовательской работе обсуждались результаты сравнительного анализа некоторых широко используемых сегодня типов вейвлетов. В связи с тем, что данная исследовательская работа связана с цифровой обработкой сигналов, получаемых от датчиков температуры человеческого тела, особое внимание уделяется типам сигналов.

Ключевые слова: К сигналам относятся типы цифровой обработки, Фурье-переключения, вейвлет-переключения, вейвлет-типы.

Bugungi kunda fan va texnika sohalarida signallarga raqamli ishlov berish muhim ahamiyat kasb etadi. Signallarga raqamli ishlov berish - signal ma'lumotlarini raqam yoki belgilar ketma-ketligi shaklida taqdim etishni nazarda tutadi. Signallarni raqamli ishlashdan maqsad turli o'zgartirishlar orqali ularni sifatli uzatish, saqlash va foydali axborotlarni ajratib olishdan iborat. Turli sohalaridagi yangi texnologiyalar va dasturlarda signallarga raqamli ishlov berish algoritmlaridan foydalanilmoqda. [1,2]. Signallarni raqamli ishlash fan va texnikaning keng sohalarida ko'plab usul va texnologiyalarni birlashtiradi. Uning jozibaliligi quyidagi asosiy qulayliklarga bog'langan. [3,4,5]

Aniqlilikning kafolatlanganligi. Aniqlilik ishlatilgan bitlar soniga qarab aniqlanadi. Mutloqo aks ettirish, raqamli yozuvga, signallarga raqamli ishlov berish usullarini qo'llash orqali signal sifatiga zarar yetkazmagan holda ko'p marta nusxalash yoki aks ettirish mumkinligini bildiradi.

Moslashuvchanlik. Signallarga raqamli ishlov berish tizimi orqali qurilmani o'zgartirmasdan har xil funksiyalarni bajarilishini qayta dasturlashtirish imkoniyatini beradi.

Yuqori darajadagi unumdorlik. Signallarga raqamli ishlov berishni signallarni analogli qayta ishlab bo'lmaydigan vazifalarini bajarilishida qo'llash mumkin. Masalan chiziqli fazoviy karakteristikalarini olgan holda murakkab adaptiv filtrlashlarni amalga oshirishda qo'llaniladi.

Tezlik va harajatlar. Keng polosali signal uchun signallarga raqamli ishlov berishning loyihalari qimmat bo'lishi mumkin.

Ishlov berish vaqti. Signallarga raqamli ishlov berish metodikasi yoki raqamli ishlov berishning dasturiy vositalaridan foydalanish bilan tanish bo'lmaslik qo'yilgan vazifalarni sifatli bajarish juda ko'p vaqtni yoki umuman bajarib bo'lmasligi mumkinligini anglatadi.

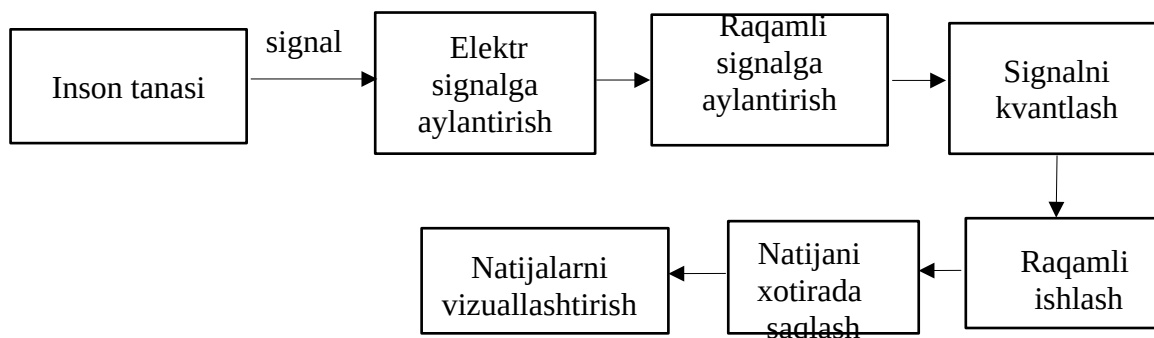
Ta'kidlash joizki, hozirgi kunda signallarga raqamli ishlov berish hayotimizning har bir jarayoniga kirib borgan bo'lib, ularning barchasini sanab chiqish katta hajmli masala bo'lib, 1-jadvalda ularning ba'zilar misol tariqasida keltirilgan.

1-jadval

Soha	Raqamli ishlashda qo'llaniladigan ba'zi jarayonlar
Ilm-fan	Yer qa'rida sodir bo'layotgan jarayonlarni tahlil qilish; Tabiatdagi jarayonlarni modellashtirish; To'lqinlarni spektral tahlil qilish; Ma'lumotlar bazalarini yaratish;
Kosmik tadqiqotlar	Kosmik zondlardan olingan signallarni tahlil qilish; Koinot ob'ektlari tasvirlarni tiniqlashtirish; Ma'lumotlarni zichlashtirish;
Sog'liqni saqlash	Biotibbiy signallarni qayd qilish va filtrlash; Turli kasalliklar diagnostikasi; Signallarni vizuallashtirish, tasvirlarni tahlil qilish va saqlash; Epidemiologik jarayonlarni modellashtirish; Tashqi muhitning inson organizmiga ta'sirini tahlil qilish;
Sanoat	Ishlab chiqarish va boshqarish jarayonlarini avtomatlashtirish; Foydali qazilmalar joylarini aniqlash va zahirasini baholash; Loyihalash jarayonlarini avtomatlashtirish;
Mobil aloqa	Ma'lumotlarni zichlashtirish (informativligini saqlab qolgan holda hajmini kichraytirish); Signallarni filtrlash; Aloqa kanallarini multiplekslash;
Mudofaa	Himoyalangan aloqa; Radiolokatsiya; Nishonga olish; Navigatsiya;

Mazkur tadqiqot ishi inson tana harorati signallariga raqamli ishlov berish bilan bog'liq bo'lganligi sababli, signallarga raqamli ishlov berish turlariga alohida e'tibor qaratilgan.

Inson tana harorati signallariga raqamli ishlov berish jarayoni quyidagi sxema bo'yicha amalga oshiriladi (1-rasmga qarang).



1-rasm. Inson tana harorati signallarini o'lchash va raqamli ishlash jarayoni sxemasi.

Signallarning zamonaviy hisoblash tizimlari yordamida raqamli ishlov berish uchun ularni albatta elektron ko'rinishga aylantirish kerak bo'ladi. Ushbu masalaning birinchi bo'g'ini—bu turli ko'rinishdagi signallarni elektr signallariga aylantirishdir. Odatda bunday signallarni olishda fizik sensorlardan foydalaniladi. Ular fotoeffekt, termoeffekt, p'zeoeffekt kabi noelektrik hodisalar ta'sirida elektr signallari olish imkoniyatini beruvchi jarayonlarga asoslanadi. Bularning bir nechta turlarini keltiramiz. [6,7,8,9]

Ba'zi fizik moddalarning elektr toki o'tkazuvchanligi ularning haroratiga qarab o'zgarib turadi. Bunday bog'lanishni quyidagi funksiya orqali ifodalash mumkin.

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (1)$$

Bunda (1) formuladagi ρ_0 —materialning muayyan t_0 -haroratdagi solishtirma o'tkazuvchanligi, α —harorat koeffitsienti, Δt —joriy, t -harorat bilan boshlang'ich harorat orasidagi farq. Umumiy holda bog'liqlik funksiyasi chiziqli bo'ladi.

Boshqa bir fizik moddalarning elektr o'tkazuvchanlik darajasi ularga ta'sir qiluvchi kuch natijasidagi deformatsiyalanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Bunday hodisa, odatda, tenzosezuvchanlik deb ataladi. Moddaning R elektr qarshiligi bilan deformatsiyalanganligi orasidagi bog'lanishni differensial tenglama orqali ifodalash mumkin.

$$\frac{dR}{R} = S \cdot \frac{dl}{l} \quad (2)$$

Bunda (2) formuladagi dR/R —o'tkazgich qarshiligining nisbiy o'zgarish darajasi, S —tenzosezuvchanlik koeffitsienti, dl/l —materialning nisbiy deformatsiyasi.

Keyingi qadam—uzluksiz elektr signallarni diskretlash bo'lib, u signalning ma'lum vaqt momentlaridagi qiymatlarini tanlab olishga xizmat qiladi.

Hozirgi vaqtda ko'p foydalanib kelinayotgan signallarga raqamli ishlov beruvchi usullarni misol qilib keltirish mumkin.

Fure almashtirilishi. Ushbu o'zgartirishning asosida sodda tasdiq yotadi: har qanday Dirixle shartlarini (uzluksiz, chekli sondagi ekstremumlar va 1-tipdagi sakrash nuqtalariga ega) bajaruvchi haqiqiy davriy funksiyani sinus va kosinus funksiyalarining chiziqli kombinatsiyalari ko'rinishida tasvirlanadi. Ushbu tasdiqni davriy $s(t)$ funksiya uchun quyidagi formula ko'rinishida yoziladi: [10,11,12].

$$a_n = \frac{1}{T} \int_{-T}^T s(t) \cos \frac{n\pi x}{T} dx$$

$$b_n = \frac{1}{T} \int_{-T}^T s(t) \sin \frac{n\pi x}{T} dx$$

Bunda (3)- formuladagi koeffitsientlar (4) va (5) - formulalarda topiladi.

Uzluksiz signallarning ma'lum vaqt momentlaridagi miqdorlaridan iborat diskret $\{X_k\}$ signallar uchun Furening diskret almashtirilishi formulasi quyidagi

$$X_k = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_n e^{-j \frac{2\pi ki}{N}} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_n \left[\cos \frac{2\pi ki}{N} - j \sin \frac{2\pi ki}{N} \right] \quad (6)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

$$x_n = \sum_{i=0}^{N-1} X_k e^{j \frac{2\pi ki}{N}} = \sum_{i=0}^{N-1} X_k \left[\cos \frac{2\pi ki}{N} + j \sin \frac{2\pi ki}{N} \right] \quad (7)$$

Bu holda Furening teskari almashtirilishi quyidagicha:

Bunda (7)-formula signalning chastotali harakteristikalari (spektrlari) orqali diskret ko'rinishidagi asl signalni tiklash uchun xizmat qiladi.

Fure almashtirilishining ixtiyoriy signallar va funksiyalarini tabiatini aniq ifodalash nuqtai-nazaridan bir qancha kamchiliklar mavjud:

- nostatsionar signallar tahliliga qo'llab bo'lmaydi;
- signalning faqat joriy vaqt momentidan oldingi emas, balki, keyingi qiymatlarini ham talab qiladi;
- to'g'ri va teskari almashtirilishlarni amalga oshirish natijasida qayta tiklangan signallar informativligi kamayadi;
- o'ziga xos bo'lgan holatlar (masalan, sakrashlar va piklar) chastotik obrazda deyarli sezilmaydigan o'zgarishlarga olib kelganligi sababli ularni tahlil qilish imkoniyati bo'lmaydi;
- sinusoida va kosinusoida kabi silliq bazis funksiyalar to'g'ri burchakli kabi tik shaklga ega bo'lgan signallarni aniq tasvirlay olmaydi;

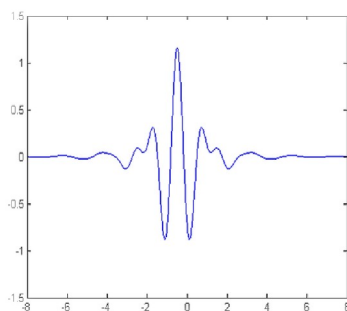
Bugungi kunda signallarga raqamli ishlov berishning veyvlet usullaridan ham keng foydalanilmoqda. [13,14,15]

Veyvlet-almashtirishlar. Signallarni o'ziga xos bazis funksiyalardan foydalanib o'zgartirish uchun veyvlet funksiyalarini asos qilib olinadi. Veyvlet atamasi A.Grossman va Dj.Morle tomonidan XX asrning 80-yillari o'rtalarida seysmik va akustik signallarning xususiyatlarini tahlil qilish munosabati bilan kiritilgan.

Veyvletlar nazariyasini rivojlantirish va o'rganishda, veyvlet usullarida signallarni tahlil qilishga asoslangan axborot tizimlarini rivojlantirishga, shu jumladan samarali ishlov berish algoritmlarini qurish masalalariga quyidagi chet ellik olimlar A.Xaar, I. Dobeshi, M. Farj, Dj. Morle, I. Meyer, A. Grossman, I.Meyer, S. Malla, G.Lem, L. Rabiner, R. Xemminglar katta hissa qo'shganlar. [16,17,18]

Ma'lumki, ko'p signallar har xil chastotalarda garmonikaning (sinusoid) yig'indisidir. Ammo sinusoidalarni tashuvchilari cheksizdir, bu funksiyalarda vaqt davomida signal o'zgarishini kuzatib bo'lmaydi. O'zgarishlarni saqlab turish uchun cheksiz to'lqinlar o'rniga

qisqa to‘lqinlardan foydalaniladi, ular vaqt oralig‘ida aynan bir xil qiymatlarni qabul qiladi (2-rasm).



2-rasm. Cheksiz to‘lqinlarni qisqartirish veyvleti

Veyvlet bu Fure o‘zgartirilishi kabidir (ko‘p jihatdan oddiy), ammo ixcham ko‘rinishga ega funksiyalardan iborat bo‘lib, u nafaqat davriy funksiyalar uchun, balki davriy bo‘lmagan funksiyalar uchun ham ishlatilishi mumkin.

Veyvletlar axborotni raqamli ishlash nazariyasining muhandislik muammolarida, differensial tenglamalarning sonli yechimlarida, yaqinlashuv nazariyasi va funksiyalar nazariyasining ba’zi nazariy masalalarida qo‘llaniladi. Veyvlet o‘zgartirilishlarining negizida butun vaqt o‘qi bo‘yicha uzluksiz va integrallanuvchi ikkita funktsiyani aniqlash yotadi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (8)$$

shartni qanoatlantiruvchi “ona” $\psi(t)$ veyvlet-funksiya;

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt = 1 \quad (9)$$

shartni qanoatlantiruvchi “ota” $\varphi(t)$ masshtab-funksiya.

Signal funksiyasi bo‘lgan $s(t)$ ni (8) va (9) funksiyalar yordamida,

$$s(t) = \sum_k a_k \varphi_k(t) + \sum_k d_k \psi_k(t) \quad (10)$$

(10) formulada ifodalash mumkin. Veyvlet-o‘zgartirishlar asosan $\psi(t)$ funktsiyaning ko‘rinishiga qarab farqlanadi.

Hozirgi kunda veyvlet usullaridan foydalanish keng tarqalgan. Dunyoda veyvletning 500 dan ortiq turlari mavjud. Bugungi kunda Xaar, Dobeshi, Meksika shlyapasi, Mayer, Koiflet, Simplet kabi veyvleti turlaridan keng foydalaniladi. Tadqiqotda quyidagi ko‘riladigan signallarga mos veyvlet turlarini tanlab olish maqsadida ularning ba’zilar tavsiflanadi.

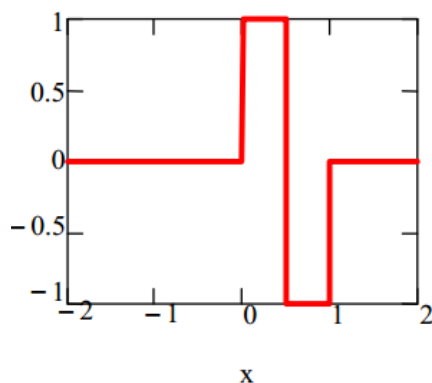
Xaar veyvleti–birinchi va eng oddiy veyvletlardan biridir. Ortogonal funktsiya tizimiga asoslanadi. 1909 yilda matematik Alfred Haar tomonidan taklif qilingan signallarni veyvlet o‘zgartirish jarayoni ikki ko‘rinishdagi funksiyalardan foydalanishga tayanadi: veyvlet funktsiya va masshtablash funktsiyasi, ya’ni ular bitta veyvlet funktsiya $\psi(t)$ -ni signal bo‘ylab vaqt bo‘yicha siljitish b va vaqt masshtabini a o‘zgartirish yo‘li bilan quriladi.

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (11)$$

Xaar veyvletining tez o'zgartirish algoritmlari mavjud bo'lib, uning ortogonal veyvletlari amaliy masalalarni yechishda keng qo'llaniladi. (12) - formulada masshtablash funksiyasi keltirilgan.

$$\varphi^H(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } 0 \leq x < \frac{1}{2} \\ -1, & \text{if } \frac{1}{2} \leq x < 1 \\ 0, & \text{if } x < 0, x \geq 1 \end{cases} \quad (12)$$

3-rasmda Xaar veyvletining grafigi keltirilgan.



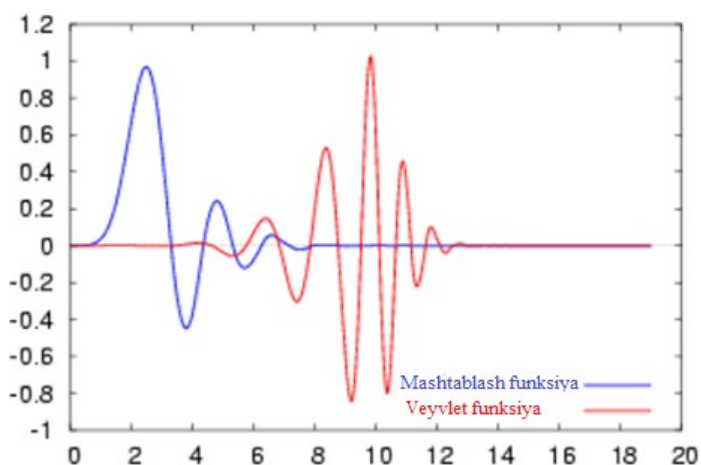
3-rasm. Xaar veyvletining grafigi

Dobeshi veyvletida $\varphi(t)$ va $\psi(t)$ funksiyalar quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\varphi(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \varphi(2t - k) \quad (13)$$

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_k g_k \psi(2t - k) \quad (14)$$

Dobeshi veyvletining masshtablash va veyvlet funksiyalarining grafiglari keltirilgan (4-rasmga qarang).



4-rasm. Dobeshi veyvletining masshtablash funksiyasi (ko'k rangda) va veyvlet funksiyasi (qizil rangda) grafiglari

Tadqiqot ishida bugungi kunda keng foydalanilayotgan ba'zi veyvlet turlarining solishtirma tahlil natijalari keltiriladi.

Ba'zi veyvlet usullarining $f(x)=e^x$ funksiyani $[0,1]$ oraliqda $h=0.1$ qadam bilan veyvlet usullarida interpolyatsiyalash solishtirma tahlil natijalari 1.2- jadvalda keltirilgan.

2-jadval

x(i)	f(x)=e^x	bior	coif	db	Xaar	Meyir	rbior	sym
0	1	1,0916920 9	1,1405261 1	1,0529255 6	1,0525854 6	0,9958057 8	1,06355893	1,04153967
0,1	1,10517092	1,1102101 3	1,1479241 6	1,0724221 4	1,0525854 6	1,0618081 3	1,1354536	1,04288143
0,2	1,22140276	1,1287281 7	1,1250462 1	1,2263793 8	1,2856307 8	1,1800824 1	1,23534906	1,24291528
0,3	1,34985881	1,3184633 5	1,3268890 1	1,344308	1,2856307 8	1,3410519 6	1,3511376	1,38970975
0,4	1,4918247	1,5081985 3	1,5138318 7	1,4979031 6	1,5702729 8	1,5319108 7	1,47526029	1,48326483
0,5	1,64872127	1,6979337 1	1,6653008 1	1,6419415	1,5702729 8	1,7376938 4	1,65006058	1,59108536
0,6	1,8221188	1,8876688 9	1,8113671 2	1,8295430 5	1,9179357 5	1,9423512 6	1,90426915	1,86643839
0,7	2,01375271	2,0774040 7	2,0103331	2,0054718 7	1,9179357 5	2,1300348 8	2,08061986	2,09690122
0,8	2,22554093	2,2671392 5	2,1972534 9	2,2524766 9	2,3425720 2	2,2862247 1	2,20706817	2,28247385
0,9	2,45960311	2,4568744 2	2,4329365 8	2,4804367 5	2,3425720 2	2,3989181 6	2,32905837	2,48007478
1	2,71828183	2,6466096	2,7201125 3	2,6192323 2	2,7182818 3	2,4594747	2,44135713	2,53249793

Ushbu tadqiqot ishida signallarga raqamli ishlov berishning qo'llanilish sohalari va yo'nalishlari rivoji, raqamli ishlov berish usullari tahlil qilinib, Veyvlet usullarining turlari va uni ahamiyati haqida batafsil ma'lumotlar keltirildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Давыдов А.В. Сигналы и линейные системы: учебное пособие—Екатеринбург: УГТУ, ИГИГ, кафедра геоинформатики. 2005-262с.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам—М.: Ижевск: РХД, 2001
3. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование УФН, 2001, 465–501 DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0171.200105a.0465>
4. Дьяконов В.П. Вейвлеты От теории к практике, —М. 2002.-448с
5. Дьямянович Ю.К., Ходаковский В.А, Введение в теорию вейвлетов Санкт-Петербург 2007-34с.

6. Зайнидинов Х.Н., Юсупов И., Ураков Ш. Применение Вейвлетов Хаара В Задачах Цифровой Обработки Двумерных Сигналов. Журнал Автоматика и программная инженерия. Новосибирский институт программных систем ISSN: 2312-4997eISSN: 2618-7558 . 79-84 ст, 2019
7. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Алгоритмы параллельного вейвлет-преобразования. сигналов на многоядерных процессорах. Научно-технический и информационно-аналитический журнал ТУИТ 2019, №3 (51) 28- 37 ст
8. Зайнидинов Х.Н., Зайнутдинова М.Б., Азимова У.А., Кучкаров М.А Применение вейвлет-методов и алгоритмов в задачах цифровой обработки кардиосигналов Научно-технический и информационно-аналитический журнал ТУИТ. 018, №3 (47)
9. Зайнидинов Х.Н. Методы и средства обработки сигналов в кусочно полиномиальных вейвлетах. // «Ташкент», 2015. 70 стр.
10. Зайнидинов Х.Н. Методы и средства цифровой обработки сигналов в кусочно-полиномиальных базисах. // Монография. Академия
11. Государственного управления при Президенте РУз. – Т.: “Фан ва технология”, 2014., 192 стр.
12. Зайниддинов Х.Н. Сплайны в задачах цифровой обработки сигналов. 2015, Тошкент.-С. 10-50.
13. Коберниченко В. Г. Основы цифровой обработки сигналов Учебное пособие Екатеринбург Издательство Уральского университета 2018.-156с
14. Круг П.Г. Процессоры цифровой обработки сигналов: Учебное пособие. - М.: Издательство МЭИ. 2006. - 128 с
15. Кубланов В. С., Долганов А. Ю., Костоусов В. Б, Немирко А. П., [и др.] Биомедицинские сигналы и изображения в цифровом здравоохранении: хранение, обработка и анализ: учебное пособие Министерство науки и высшего образования Российской Федерации УФУ 2020. — 240 с.
16. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов–М.: Мир, 2005 – 672с
17. Мусаев М.М. Развитие спектральных методов в обработке сигналов и изображений. Вестник ТУИТ, №1, 2007 г.-с.14-18.
18. Мусаев М.М., Рахматов Ф.А. Алгебраическая модель представления сигналов и ее реализация на DSP. // AICT2010, 12-14 октябрь 2010. -Ташкент, 2010-с.263-265.