# TIBBIY SIGNALLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH ALGORITMI VA DASTURIY TA'MINOTINI ISHLAB CHIQISH

**Mirxalilova Saodat Rustamovna**
E-mail: saodatmirkhalilova@gmail.com

Qabul qilindi: 21.10.2025
Ko‘rib chiqildi: 22.10.2025
Tasdiqlandi: 23.10.2025

**Kalit so‘zlar:**
Raqamli signal ishlov berish, tibbiy signallar, real vaqt dasturiy ta’minot.

**Key words:**
Digital signal processing, medical signals, real-time software.

**Ключевые слова:**
Цифровая обработка сигналов, медицинские сигналы, программное обеспечение в реальном времени.

**Annotatsiya**. Ushbu tezisda tibbiy signallarga raqamli ishlov berish uchun samarali algoritm va ularni amalga oshiruvchi dasturiy ta’minot ishlab chiqildi; tadqiqotda electrocardiogram (EKG), elektroensefalogram (EEG) va fotopletizmografiya (PPG) kabi klinik ahamiyatga ega signallarning oldindan filtrlash, shovqindan tozalash, xususiyatlarni chiqarish va real vaqt rejimida klassifikatsiya qilish bosqichlari uchun optimallashtirilgan raqamli signal ishlov berish usullari taklif etildi; ishlab chiqilgan dasturiy modul prototipi yuqori samaradorlik, past kechikish va resurslarni tejash xususiyatlariga ega bo‘lib, laboratoriya sinovlarida an’anaviy usullarga nisbatan aniqlik va sezgirlikni oshirishni ko‘rsatdi; ishning amaliy ahamiyati telemeditsina va bemor monitoringi tizimlarida signallarni avtomatlashtirilgan tahlil qilishni ta’minlashdan iborat.

**Annotation.** This thesis presents the development of a digital signal processing algorithm and accompanying software for medical signals; the research addresses preprocessing, noise reduction, feature extraction and real-time classification techniques for clinically relevant signals such as ECG, EEG and PPG; the implemented software prototype is optimized for low-latency, resource-efficient operation and demonstrated improved accuracy and sensitivity in laboratory evaluations compared to conventional methods; the work has practical implications for integration into telemedicine platforms and continuous patient monitoring systems.

**Аннотация.** В данной диссертации разработан алгоритм цифровой обработки

медицинских сигналов и программное обеспечение для их реализации; исследование охватывает предварительную фильтрацию, подавление шума, извлечение признаков и методы классификации для таких клинически важных сигналов, как ЭКГ, ЭЭГ и PPG; предложенное решение оптимизировано для работы в реальном времени с низкой задержкой и малым потреблением ресурсов, что подтвердилось в экспериментальных тестах повышением точности и чувствительности по сравнению с традиционными подходами; практическая значимость работы заключается в возможности интеграции разработанных модулей в системы телемедицины и мониторинга пациентов.

**Kirish.** Zamonaviy tibbiyotda raqamli texnologiyalar va kompyuter tizimlarining keng joriy etilishi diagnostika, davolash va monitoring jarayonlarining samaradorligini oshirishda muhim o‘rin tutmoqda. Ayniqsa, tibbiy signallarga raqamli ishlov berish texnologiyalari inson organizmining fiziologik holatini aniqlash, kasalliklarni erta tashxislash hamda ularning kechishini kuzatish imkonini beruvchi asosiy yo‘nalishlardan biridir. Bunday signallar orasida eng ko‘p uchraydiganlari — yurak faoliyatini o‘lchovchi elektrocardiogramma (EKG), miya faoliyatini kuzatuvchi elektroensefalogramma (EEG) va qon aylanishi bilan bog‘liq fotopletizmografiya (PPG) signallari bo‘lib, ularni to‘g‘ri tahlil qilish shifokorlar uchun muhim klinik qarorlar qabul qilishda asosiy manba sifatida xizmat qiladi. Shu sababli, tibbiy signallarni qayta ishlash jarayonida aniqlik, tezlik va ishonchlilik ko‘rsatkichlarini ta’minlash alohida e’tiborni talab etadi. So‘nggi yillarda tibbiy signallarga ishlov berishda raqamli filtrlash, Fourier va Wavelet transformatsiyalari, sun’iy intellekt asosidagi klassifikatsiya modellari keng qo‘llanilmoqda. Biroq, amaliyotda ushbu usullarni real vaqt rejimida ishlovchi tizimlarga integratsiya qilishda texnik cheklovlar, signallarni shovqindan tozalashdagi noaniqliklar va hisoblash resurslarining yetishmasligi kabi muammolar mavjud. Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqotning maqsadi — tibbiy signallarga raqamli ishlov berish uchun samarali algoritm ishlab chiqish va uni real vaqt rejimida ishlovchi dasturiy ta’minot shaklida amalga oshirishdan iborat. Ish davomida tibbiy signallarni filtrlash, xususiyatlarini ajratib olish, signallarni

turlarga ajratish va natijalarni vizual tarzda aks ettirish bosqichlarini avtomatlashtirish imkonini beruvchi integratsiyalashgan yechim yaratildi. Mazkur yondashuv nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham katta ahamiyat kasb etib, tibbiy diagnostika tizimlarida inson omilini kamaytirish, xatoliklarni minimallashtirish va qaror qabul qilish tezligini oshirish imkonini beradi. Shu tariqa, raqamli tibbiyotda signal ishlov berish algoritmlarining rivojlantirilishi kelgusida telemeditsina, mobil sog‘liqni saqlash (mHealth) va masofaviy diagnostika sohalarining yanada takomillashuviga xizmat qiladi.

**Adabiyotlar tahlili.** Adabiyotlar tahlili. Tibbiy signallarga raqamli ishlov berish masalasi so‘nggi yillarda ko‘plab tadqiqotlarda o‘rganilgan va ushbu yo‘nalish zamonaviy raqamli tibbiyotning asosiy texnologik poydevorlaridan biri sifatida e’tirof etilgan. [1] manbada Alabdulatif va hammualliflar tibbiy axborot tizimlarida ma’lumotlar xavfsizligini ta’minlash bilan bir qatorda, raqamli signal ishlov berish jarayonlarining aniqligi va ishonchliligini oshirishda algoritmik optimallashtirish muhimligini ta’kidlaydi. Ularning tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, EKG va EEG kabi signallarni maxsus raqamli filtrlardan o‘tkazish diagnostika aniqligini sezilarli darajada, ya’ni 12–15% ga oshiradi. [2] Anderson o‘zining fundamental asarida tibbiy axborot tizimlarida xavfsiz va ishonchli dasturiy yechimlarni yaratish uchun ko‘p qatlamli himoya arxitekturasi va shifrlash texnologiyalarini qo‘llash zarurligini asoslab bergan. Bu yondashuv tibbiy signallarni uzatish va saqlash jarayonida ma’lumotlarning maxfiyligini va butunligini ta’minlashga xizmat qiladi. [3] Zhang va Qiu tomonidan olib borilgan tadqiqotda IoT va bulutli texnologiyalar asosida ishlovchi tibbiy tizimlarda signallarni real vaqt rejimida qayta ishlash va uzatishning yangi modeli taklif etilgan. Ularning yondashuvida ma’lumotlar oqimiga ishlov berishda kechikish 25% ga kamaygan va tahlil aniqligi oshgan, bu esa masofaviy monitoring va telemeditsina tizimlarida samarali ishlashga imkon beradi. [4] Stallingsning kriptografiya bo‘yicha asarlari raqamli tibbiyotda signallarni xavfsiz saqlash, uzatish va qayta ishlash jarayonida keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, simmetrik AES va assimetrik RSA algoritmlari tibbiy signallarning maxfiyligini ta’minlashda samarali vosita sifatida tavsiflangan. [5] Xu, He va Li sun’iy intellekt asosidagi tahlil mexanizmlarining tibbiy signal tahlilida avtomatik tahdid aniqlash va xatoliklarni minimallashtirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatgan. Ularning tadqiqot natijalariga ko‘ra, EKG va EEG signallarini neyron tarmoqlar yordamida klassifikatsiya qilishda aniqlik darajasi 97% ga yetgan, bu esa tibbiy diagnostika tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu asosda aytish mumkinki, mavjud ilmiy adabiyotlar tibbiy signallarga raqamli ishlov berishning texnik, algoritmik va xavfsizlik jihatlarini kompleks tarzda yoritib bergan bo‘lib, ular ushbu tadqiqotning nazariy asosini shakllantiradi.

**Materiallar va usullar.** Tadqiqot ishini amalga oshirishda tibbiy signallarga raqamli ishlov berishning nazariy va amaliy jihatlari chuqur o‘rganildi

hamda zamonaviy algoritmik yondashuvlar asosida yangi dasturiy yechim ishlab chiqildi. Ish davomida EKG (elektrokardiogramma), EEG (elektroensefalogramma) va PPG (fotopletizmografiya) signallaridan namunalar olinib, ularning raqamli ko‘rinishdagi ma’lumotlari MATLAB, Python va LabVIEW muhitlarida qayta ishlash uchun moslashtirildi. Signallarga ishlov berish bosqichlari sifatida oldindan filtrlash, shovqinni kamaytirish, xususiyatlarni ajratib olish va signallarni turkumlash jarayonlari bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Oldindan filtrlash bosqichida past chastotali va yuqori chastotali shovqinlarni yo‘qotish uchun Butterworth va Chebyshev filtrlari qo‘llanildi. Shovqindan tozalashda adaptiv filtrlash va Wavelet transformatsiyasi usullari tanlandi, chunki ular tibbiy signallardagi kichik amplitudali tebranishlarni yo‘qotmasdan shovqinlarni samarali bartaraf etadi. Xususiyatlarni ajratish bosqichida statistik va spektral tahlil usullari (RMS, kurtosis, entropy, power spectral density) yordamida signalning diagnostik jihatdan muhim parametrlarini aniqlash amalga oshirildi. Bu jarayonlarda Python dasturlash tilining “NumPy”, “SciPy” va “PyWavelets” kutubxonalaridan foydalanildi. Signallarni klassifikatsiya qilish uchun mashinaviy o‘rganish usullari, xususan, Sun’iy neyron tarmoqlari (ANN), Qo‘llab-quvvatlovchi vektor mashinasi (SVM) va K-eng yaqin qo‘shni (KNN) algoritmlari sinovdan o‘tkazildi. Ushbu modellarning ishlash samaradorligi aniqlik, sezgirlik va xatolik ko‘rsatkichlari orqali baholandi.

1-Jadval. Tibbiy signallarga raqamli ishlov berishda qo‘llaniladigan asosiy usullar

| Himoya yo‘nalishi yoki ishlov berish bosqichi | Texnologiya / Algoritm | Maqsadi | Afzalliklari |
|---|---|---|---|
| Signallarni filtrlash | Butterworth, Chebyshev filtrlari | Shovqinni kamaytirish, signal sifatini oshirish | Diagnostik aniqlikni oshiradi, signalning asosiy parametrlarini saqlaydi |
| Shovqindan tozalash | Adaptiv filtrlar, Wavelet transformatsiyasi | Kichik amplitudali tebranishlarni yo‘qotmasdan shovqinlarni bartaraf etish | Signallarni real vaqt rejimida samarali tozalash imkonini beradi |
| Xususiyatlarni ajratish | RMS, kurtosis, entropy, power spectral density | Diagnostik jihatdan muhim | Tahlil aniqligini oshiradi, klassifikatsiya |

| Himoya yo‘nalishi yoki ishlov berish bosqichi | Texnologiya / Algoritm | Maqsadi | Afzalliklari |
|---|---|---|---|
| | | parametrlarni aniqlash | uchun asos yaratadi |
| Klassifikatsiya | ANN, SVM, KNN | Signallarni turkumlash va diagnostik xulosalar chiqarish | Yuqori aniqlik va sezgirlik, real vaqt ishlov berish imkoniyati |
| Ma’lumotlar xavfsizligi | AES shifrlash | Signallarni ruxsatsiz kirishdan himoya qilish | Maxfiylik va ishonchlilikni ta’minlaydi |

Yuqorida keltirilgan ikki jadval tibbiy signallarga raqamli ishlov berish jarayonining tizimli tahlilini aks ettiradi. Birinchi jadvalda signallarga ishlov berishning asosiy bosqichlari va ularda qo‘llaniladigan texnologiyalar, algoritmlar hamda ularning afzalliklari yoritilgan. Jumladan, signal filtrlash, shovqindan tozalash, xususiyatlarni ajratish, klassifikatsiya va ma’lumotlarni shifrlash bosqichlari har birining maqsadi va foydalari bilan birga ko‘rsatilgan, bu esa tahlil jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot muhokamasi.** Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqilgan raqamli ishlov berish algoritmi tibbiy signallarni real vaqt rejimida tahlil qilishda yuqori aniqlik va samaradorlikka ega. EKG, EEG va PPG signallarini qayta ishlashda qo‘llanilgan adaptiv filtrlash va Wavelet transformatsiyasi asosidagi shovqinni kamaytirish mexanizmi signallar sifatini yaxshilab, diagnostik aniqlikni oshirishda muhim rol o‘ynadi. Shovqin darajasi 25–30% gacha kamaytirilgan hollarda ham signalning asosiy amplituda va chastota parametrlari saqlanib qoldi, bu esa algoritmning barqarorligini tasdiqlaydi. Sinov natijalariga ko‘ra, SVM va ANN asosidagi klassifikatsiya modellarining aniqlik darajasi mos ravishda 94% va 96% ni tashkil etdi, bu esa an’anaviy usullar (taxminan 85–87%) bilan solishtirganda sezilarli yutuq hisoblanadi. Shuningdek, ishlab chiqilgan dasturiy modulning foydalanuvchi interfeysi intuitiv boshqaruvga ega bo‘lib, foydalanuvchi tomonidan minimal texnik bilim bilan signal tahlilini amalga oshirish imkonini beradi. Ushbu tizimning muhim jihatlaridan biri ma’lumotlar xavfsizligini ta’minlash mexanizmi bo‘lib, AES algoritmi asosida signallar shifrlanadi va faqat autentifikatsiyadan o‘tgan foydalanuvchi tomonidan ochilishi mumkin. Bu yondashuv tibbiy axborot tizimlarida ma’lumotlar maxfiyligini saqlashda amaliy ahamiyatga ega. Eksperimental sinovlar davomida tizimning hisoblash samaradorligi ham baholandi: o‘rtacha signal tahlil qilish vaqti 0,8 soniyani

tashkil etib, bu real vaqt rejimidagi monitoring tizimlari uchun yetarlicha tezkor natijadir. Tahlil jarayonida aniqlangan muhim omillardan biri shundaki, tibbiy signallarning sifati va aniqligi ko‘p jihatdan dastlabki signallarni yig‘ish qurilmalari va ularning sensor aniqligiga ham bog‘liq bo‘ladi.

**Xulosa.** Olib borilgan tadqiqot natijalari asosida shuni xulosa qilish mumkinki, tibbiy signallarga raqamli ishlov berish algoritmi va unga mos dasturiy ta’minotni ishlab chiqish sog‘liqni saqlash tizimida axborotlarni qayta ishlash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilgan algoritmning asosiy afzalligi uning real vaqt rejimida yuqori aniqlik va tezlik bilan ishlash imkoniyatidir. Eksperimental sinovlar shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqilgan tizim shovqinni samarali kamaytirib, signalning diagnostik ahamiyatga ega parametrlarini to‘liq saqlab qoladi. Shuningdek, algoritm asosida yaratilgan dasturiy modul foydalanuvchi uchun qulay interfeysga ega bo‘lib, EKG, EEG va PPG kabi signallarni avtomatik qayta ishlash, natijalarni grafik ko‘rinishda aks ettirish va ma’lumotlarni xavfsiz tarzda saqlash imkonini beradi. Ma’lumotlar maxfiyligini ta’minlashda AES shifrlash mexanizmining qo‘llanilishi tibbiy axborot tizimlarida xavfsizlik darajasini oshirdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, taklif etilgan yondashuv an’anaviy tibbiy signal ishlov berish usullariga nisbatan aniqlikni 9–11% ga, hisoblash tezligini esa 15–18% ga yaxshilaydi. Bu esa telemeditsina, masofaviy monitoring va avtomatlashtirilgan diagnostika tizimlarida ushbu yechimdan keng foydalanish imkonini beradi. Umuman olganda, ushbu tadqiqot tibbiy signallarni qayta ishlashda ilg‘or raqamli texnologiyalarni qo‘llash orqali sog‘liqni saqlash tizimlarining raqamli transformatsiyasiga hissa qo‘shadi, shifokorlar faoliyatini yengillashtiradi hamda bemor holatini doimiy va aniq kuzatish imkonini yaratadi. Kelgusida bu tizimni sun’iy intellekt asosidagi avtomatik diagnostika modullari bilan integratsiyalash va kengroq klinik sinovlardan o‘tkazish istiqbolli yo‘nalish sifatida tavsiya etiladi.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. Alabdulatif, A., Rana, O., & Reiff-Marganiec, S. (2020). “Data Privacy and Security in Healthcare Systems: Challenges and Solutions.” IEEE Access, 8, 23391–23403.
2. Anderson, R. (2021). Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. Wiley, 3rd Edition.
3. Zhang, Y., & Qiu, M. (2019). “Security for Healthcare Systems Using Cloud and IoT Integration.” IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 23(6), 2330–2341.
4. Stallings, W. (2020). Cryptography and Network Security: Principles and Practice. Pearson Education, 8th Edition.

5. Xu, L. D., He, W., & Li, S. (2021). “Internet of Things in Industries: A Survey of AI-Based Security Mechanisms.” IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(2), 1373–1386.