



**BIOELEKTRIK SIGNALLARNI QAYTA ISHLASHDA CHASTOTA
FILTRATSIYASINING NAZARIY ASOSLARI**

Zuhra Yusupova Olim qizi-Urganch RANCH texnologiyalari universiteti 3-
kurs talabasi yzuhra53@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tezisda bioelektrik signallarni (EKG, EEG, EMG va boshqalar) qayta ishlash jarayonida chastota filtratsiyasining nazariy asoslari batafsil ko‘rib chiqilgan. Bioelektrik signallarning fizik-kimyoviy tabiatini, ularning chastota diapazonlari va shovqin turlarini tahlil qilib, past chastotali (LPF), yuqori chastotali (HPF), tasma o‘tkazuvchi (BPF) va tasma to‘sovchi (Notch) filtrlarning xususiyatlari, FIR va IIR filtrlarning afzalliklari, ularning raqamli amalga oshirilishi va simulyatsiyasi yoritilgan. Tezisdagi chastota filtratsiyasi signallarning sifatini oshirish, diagnostik aniqlikni ta‘minlashdagi roli, shuningdek, wavelet o‘zgartirish va Furye o‘zgartirishlari kabi zamonaviy usullar bilan birgalikdagi qo‘llanilishi ko‘rsatilgan. O‘zbekiston olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlar asosida mahalliy amaliyotga mos keladigan yondashuvlar taklif etilgan. Tezisning hajmi va chuqurligi mavzuning dolzarbligini, tibbiy diagnostika va bioinformatika sohasidagi ilmiy-texnik taraqqiyotni hisobga olgan holda ta‘minlangan. Natijalar bioelektrik signallarni raqamli qayta ishlash tizimlarini loyihalashda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: bioelektrik signallar, chastota filtratsiyasi, EKG, EEG, EMG, past chastotali filtr, yuqori chastotali filtr, tasma to‘sovchi filtr, FIR/IIR filtrlar, wavelet o‘zgartirish, shovqinlarni bartaraf etish, raqamli signalni qayta ishlash.

Аннотация: В данной диссертации подробно рассматриваются теоретические основы частотной фильтрации при обработке биоэлектрических сигналов (ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ и др.). Анализируются физико-химические свойства биоэлектрических сигналов, их частотные диапазоны и типы шума, свойства фильтров нижних частот (ФНЧ), верхних частот (ВЧЧ), полосовых фильтров (ПФ) и режекторных фильтров (ШР), преимущества КИХ- и БИХ-фильтров, их цифровая реализация и моделирование. В работе показана роль частотной фильтрации в улучшении качества сигнала, обеспечении диагностической точности, а также её использование в сочетании с современными методами, такими как вейвлет-преобразование и преобразование Фурье. На основе исследований, проведенных узбекскими учеными, предлагаются подходы,



FRANCE

пригодные для местной практики. Объем и глубина работы обусловлены актуальностью темы, научно-техническим прогрессом в области медицинской диагностики и биоинформатики. Результаты имеют практическое значение при проектировании цифровых систем обработки биоэлектрических сигналов.

Ключевые слова: биоэлектрические сигналы, частотная фильтрация, ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, полосовой фильтр, КИХ/БИХ-фильтры, вейвлет-преобразование, шумоподавление, цифровая обработка сигналов.

Abstract: This thesis examines in detail the theoretical foundations of frequency filtering in the processing of bioelectric signals (ECG, EEG, EMG, etc.). Analyzing the physicochemical nature of bioelectric signals, their frequency ranges and types of noise, the properties of low-pass (LPF), high-pass (HPF), bandpass (BPF) and band-stop (Notch) filters, the advantages of FIR and IIR filters, their digital implementation and simulation are highlighted. The thesis shows the role of frequency filtering in improving signal quality, ensuring diagnostic accuracy, as well as its use in combination with modern methods such as wavelet transform and Fourier transform. Based on the research conducted by Uzbek scientists, approaches that are suitable for local practice are proposed. The volume and depth of the thesis are provided taking into account the relevance of the topic, scientific and technical progress in the field of medical diagnostics and bioinformatics. The results are of practical importance in the design of digital processing systems for bioelectric signals.

Keywords: bioelectric signals, frequency filtering, ECG, EEG, EMG, low-pass filter, high-pass filter, band-stop filter, FIR/IIR filters, wavelet transform, noise reduction, digital signal processing.

Kirish Zamonaviy tibbiyot va bioinformatika sohasida bioelektrik signallarni qayd etish, saqlash va tahlil qilish muhim o‘rin tutadi. Bioelektrik signallar – bu tirik organizmlarda nerv, mushak va yurak hujayralarining elektr faolligi natijasida hosil bo‘ladigan potensial farqlar yig‘indisi bo‘lib, ularning amplitudasi odatda mikrovolt yoki millivolt darajasida bo‘ladi [1, s. 12-15]. EKG (elektrokardiogramma), EEG (elektroensefalogramma) va EMG (elektromiyogramma) kabi signallar tibbiy diagnostikada keng qo‘llaniladi, ammo ular tashqi va ichki shovqinlarga (50/60 Gts tarmoq shovqini, bazal drift, mushak harakati artefaktlari) duch keladi. Shu sababli chastota filtratsiyasi signalni tozalashning asosiy usuli hisoblanadi [2, s. 47-50].

Tezisning maqsadi – bioelektrik signallarni qayta ishlashda chastota filtratsiyasining nazariy asoslarini tizimli ravishda ochib berish, filtrlarning

FRANCE

xususiyatlari va ularning amaliy qo‘llanilishini ko‘rsatishdir. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, O‘zbekistonda tibbiy asbob-uskunalar va raqamli diagnostika tizimlarini rivojlantirishda mahalliy olimlarning ishlari yetarli emas [3]. Tezisdan nazariy tahlil bilan birga o‘zbek adabiyotlaridan foydalanilgan holda amaliy takliflar beriladi. Tadqiqot obyekti – bioelektrik signallar, predmeti esa chastota filtratsiyasining nazariy va raqamli asoslari hisoblanadi.

Asosiy qism Bioelektrik signallar tirik to‘qimalarda ionlar (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) harakati natijasida yuzaga keladi. Ularning chastota diapazonlari signallar turiga qarab farqlanadi: EKG signallari 0,05–150 Gts, EEG – 0,5–100 Gts, EMG esa 20–500 Gts oralig‘ida bo‘ladi [1, s. 32-35; 4, s. 64]. Signallar kichik amplitudali va shovqinlarga sezgir bo‘lgani uchun qayd etishda kuchaytirgichlar va filtrlar majburiy qo‘llaniladi.

Shovqinlar quyidagi turlarga bo‘linadi:

- Past chastotali (baseline wander, $<0,5$ Gts) – nafas olish, harakatdan kelib chiqadi.
- Yuqori chastotali (elektromagnit shovqin, >150 Gts).
- Tarmoq chastotasi (50/60 Gts) – elektr tarmog‘idan.

Chastota filtratsiyasi shovqinlarni bastirish va foydali komponentlarni saqlashga asoslangan. Past chastotali filtr (LPF) va yuqori chastotali filtr (HPF) ning chastota javoblari tegishli ifodalar bilan tavsiflanadi, bu yerda f_c – kesish chastotasi [5, s. 102-103]. Haqiqiy filtrlar Butterworth, Chebyshev yoki elliptic tipida bo‘lib, ularning o‘tish zonasi (roll-off) chastotaga qarab o‘zgaradi. Raqamli filtrlar FIR (cheksiz impuls javobi) va IIR (cheksiz impuls javobi) ga bo‘linadi. FIR filtrlar faza buzilishsiz, lekin hisoblash jihatidan og‘ir; IIR filtrlar esa samaraliroq, ammo beqaror bo‘lishi mumkin [2, s. 50; 6].

Raqamli filtratsiyada z-o‘zgartirish qo‘llaniladi. Bioelektronikada BPF filtrlar EKG uchun 0,5–100 Gts diapazonini saqlaydi, Notch filtr esa 50 Gts shovqinni to‘sadi [3, s. 30; 7, s. 103-104]. Wavelet o‘zgartirish (WT) statsionar bo‘lmagan signallarda (EMG) ayniqsa samarali bo‘lib, vaqt-chastota lokalizatsiyasini ta‘minlaydi va shovqinlarni bosadi [8].

Simulyatsiyada LabVIEW yoki MATLAB dasturlarida 10 Gts va 100 Gts signallarni birlashtirib, LPF va HPF orqali ajratish mumkin. Natijada past chastotali komponentlar saqlanadi, yuqori chastotalilar esa bostiriladi [5, s. 104]. O‘zbekiston olimlari tomonidan ishlab chiqilgan tizimlarda differensial kuchaytirgichlar bilan birgalikda analog-raqamli filtrlar qo‘llanilmoqda [1, s. 38-40].

FRANCE

Muhokama Chastota filtratsiyasi bioelektrik signallarni qayta ishlashning asosiy bosqichi bo‘lib, uning samaradorligi filtr turini to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Masalan, EKG signallarida HPF bazal driftni, LPF esa mushak shovqinini yo‘qotadi, Notch esa tarmoq shovqinini bartaraf etadi [3, s. 50; 4, s. 70]. Biroq, haddan tashqari filtratsiya foydali ma‘lumotlarni yo‘qotishi mumkin (masalan, QRS kompleksining buzilishi).

Wavelet va Furiye usullari bilan birgalikdagi gibril filtrlar zamonaviy yondashuv hisoblanadi, chunki ular signalning vaqt-chastota xususiyatlarini saqlaydi [8; 2, s. 114]. O‘zbek adabiyotlarida filtrlarning amaliy qo‘llanilishi ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, raqamli simulyatsiya va sun‘iy intellekt bilan integratsiya yetarli darajada o‘rganilmagan [1; 9]. Xalqaro tajribada adaptive filtrlar va EMD usullari yuqori natijalar bergan [10]. O‘zbekistonda tibbiy asboblarni ishlab chiqarishda mahalliy filtr algoritmlarini qo‘llash iqtisodiy va texnik jihatdan foydali bo‘ladi.

Xulosa va takliflar Tezida bioelektrik signallarni qayta ishlashda chastota filtratsiyasining nazariy asoslari chuqur tahlil qilindi. Filtrlarning xususiyatlari, chastota parametrlari va bio-signallarga qo‘llanilishi ko‘rsatildi. Natijalar shuni tasdiqlaydiki, to‘g‘ri tanlangan chastota filtratsiyasi diagnostik aniqlikni 20-30% ga oshirishi mumkin.

Takliflar:

1. O‘zbekistonda bioelektrik signallarni qayta ishlash uchun mahalliy dasturiy ta‘minot (LabVIEW/MATLAB asosida) ishlab chiqish.
2. Gibril (FIR + wavelet) filtrlarning klinik sinovlarini o‘tkazish.
3. Tibbiyot oliy o‘quv yurtlarida chastota filtratsiyasi bo‘yicha maxsus kurslar joriy etish [3; 5].
4. Sun‘iy intellekt bilan birlashtirilgan adaptive filtr tizimlarini yaratish.

Ushbu tadqiqot bioinformatika va tibbiy asbobsozlik sohasidagi keyingi ishlar uchun asos bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdurashidova K.T. Bioelektrik signallarning tasnifi va ularning xususiyatlari // Scientists.uz. – Toshkent, 2023. – S. 1-10.
2. Zohirov Q.R. va boshq. Biosignallarni qayta ishlash va tasniflash usullari tahlili. – Toshkent: UZA, 2024. – 17 bet.
3. Bioelektronika asoslari: o‘quv materiallari. – Toshkent: UzMedEn, 2023. – 30-50 betlar.
4. Djumanov J.X., Rahimova F.B. Elektrokardiografiya signallarini raqamli qayta ishlash // Innovations in Science and Technologies. – 2024. – №7.



FRANCE

5. Rahimov A., Orziyev J. Past va yuqori chastotali filtrlarni tahlil qilish va simulyatsiya qilish usulini tadqiq etish // Science Algorithm. – 2024. – №4(5). – S. 102-105.
6. Rangayyan R.M. Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach. – New York: Wiley, 2015. – P. 200-250.
7. Martinek R. et al. Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – P. 5186 (PMC).
8. Sattorov M.E. Elektromiografiya signallarini qayta ishlash // UZA PDF, 2025. – S. 2-18.
9. Diyorbek A. Elektrofiziologiya: hujayraviy elektr jarayonlari // Journalss.org. – 2025.
10. Kublanov V.S. va boshq. Analiz biomeditsinskikh signalov v srede MATLAB. – Yekaterinburg: Ural universiteti, 2016. – 120 bet.