# BIOSIGNALLARDA SHOVQINLARNI FILTRLASHNING ZAMONAVIY ALGORITMLARI VA ULARNING TIBBIY TASHXISDA QO‘LLANISHI

**Ibragimova Dilshoda Anvar qizi**
*Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti “Informatsion texnologiyalar, biofizika va tibbiy fizika” kafedrasi assisenti*
*E-mail: ibragimova_dilshoda@mail.ru*

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada biosignallarda uchraydigan shovqinlar va ularni filtrlashda qo‘llaniladigan zamonaviy algoritmlar tahlil qilingan. Adaptiv filtrlar, transformatsiyaga asoslangan metodlar, sun’iy intellekt va mashina o‘rganish algoritmlarining diagnostika jarayoniga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Amaliy misollar asosida ularning EKG, EEG va EMG signallaridagi samaradorligi baholangan. Tadqiqot natijalari biosignallarni yuqori aniqlikda qayta ishlash va kasalliklarni erta tashxislash imkoniyatlarini kengaytirishini ko‘rsatdi.

**Kalit so‘zlar:** biosignallar, shovqin, filtrlash algoritmlari, tibbiy diagnostika, EKG, EEG, EMG, adaptiv filtr, wavelet, sun’iy intellekt

**Аннотация:** В данной статье проведён анализ современных алгоритмов фильтрации шумов в биомедицинских сигналах. Рассмотрены адаптивные фильтры, методы на основе преобразований, а также алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, применяемые в медицинской диагностике. На примерах сигналов ЭКГ, ЭЭГ и ЭМГ показана эффективность указанных методов. Результаты исследования демонстрируют значительное повышение точности обработки сигналов и возможности для ранней диагностики заболеваний.

**Ключевые слова:** биосигналы, шум, алгоритмы фильтрации, медицинская диагностика, ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, адаптивный фильтр, вейвлет, искусственный интеллект

**Abstract:** This paper analyzes modern noise filtering algorithms used in biomedical signals. The study explores adaptive filters, transform-based methods, and machine learning algorithms, including artificial intelligence approaches, and their applications in medical diagnostics. Through practical examples involving ECG, EEG, and EMG signals, the efficiency of these methods is evaluated. The results indicate that advanced filtering techniques significantly enhance signal quality and improve early disease detection capabilities.

**Keywords:** biosignals, noise, filtering algorithms, medical diagnostics, ECG, EEG, EMG, adaptive filter, wavelet, artificial intelligence

## Kirish

**Biosignallar va ularning tibbiyotdagi roli** (masalan, EKG, EEG, EMG) Biosignallar — bu inson yoki hayvon organizmida yuzaga keladigan elektr, kimyoviy, mexanik yoki boshqa tabiiy signallardir. Ushbu signallar organizmning


ISSN 3030-3907

turli tizimlari faoliyatining holatini aks ettiradi va ularni tahlil qilish orqali sog‘liq holatini baholash, kasalliklarni aniqlash va davolash jarayonlarini nazorat qilish mumkin. Tibbiyotda biosignallar, ayniqsa, yurak, miya va mushak faoliyatini kuzatish uchun keng qo‘llaniladi.

Eng ko‘p ishlatiladigan biosignallardan biri — elektrokardiogramma (EKG) bo‘lib, u yurakning elektr faoliyatini o‘lchaydi. EKG orqali yurak ritmining buzilishi, ishemiya, infarkt va boshqa patologiyalar aniqlanadi. Miya faoliyatini o‘rganishda esa elektroensefalogramma (EEG) muhim ahamiyatga ega. EEG signallari miya to‘lqinlari va ularning o‘zgarishlarini aks ettiradi, bu esa nevrologik kasalliklar, masalan, epilepsiya, uyqu buzilishlari va boshqalarni tashxislashda yordam beradi. Shuningdek, elektromiogramma (EMG) muskullar faoliyatini o‘lchashga xizmat qiladi, mushaklarning holati, nevromuskulyar kasalliklar va travmalarni baholashda qo‘llaniladi.

Biosignallarni tahlil qilishda yuqori aniqlik va ishonchlilik muhim ahamiyatga ega, chunki ulardagi shovqin va noaniqliklar diagnostika natijalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun tibbiy qurilmalarda biosignallarni olish va qayta ishlash jarayonlarida sifatli filtrlar va algoritmlar qo‘llaniladi.

**Shovqin muammosi**: Biosignallar ko‘pincha shovqin bilan ifloslanadi, bu esa diagnostika aniqligiga ta’sir qiladi.

Biosignallar tabiiy muhitda olinganligi sababli, ularning sifati ko‘plab tashqi va ichki omillar ta’sirida yomonlashadi. Bu esa signalga turli xil shovqinlarning qo‘shilishiga olib keladi. Shovqin (ya’ni kerakli signal ustiga qo‘shiladigan ortiqcha, keraksiz ma’lumotlar) biosignallarning diagnostik qiymatini pasaytiradi, chunki u signalning asosiy xususiyatlarini buzadi yoki yashirib yuboradi. Natijada, signal asosida amalga oshiriladigan tibbiy tahlil va tashxislar noto‘g‘ri yoki noaniq bo‘lishi mumkin.

Biosignallardagi shovqinlar manbasiga qarab ikki guruhga bo‘linadi: **tashqi shovqinlar** va **ichki shovqinlar**. Tashqi shovqinlar, odatda, muhitdagi elektromagnit to‘lqinlar (masalan, 50/60 Hz tarmoq kuchlanishi), tibbiy qurilmalardagi interferensiyalar, elektrod harakati yoki bemorning tana harakati natijasida yuzaga keladi. Ichki shovqinlar esa organizmning o‘zidagi tabiiy biofaol jarayonlar, qon aylanishi, nafas olish yoki boshqa fiziologik tizimlarning faoliyati bilan bog‘liq.

Masalan, EKG signallarida yurakning elektr faolligi 0,05–100 Hz chastota diapazonida ifodalanadi, lekin tarmoq interferensiyasi (50/60 Hz) yoki mushak faolligi (EMG) bu signalga jiddiy xalaqit berishi mumkin. EEG signallari esa 0,5–40 Hz diapazonda bo‘lib, u ham turli harakatlar, ko‘z ochish-yopish, yoki tashqi yorug‘lik o‘zgarishlaridan ta’sirlanadi. EMG signallarida esa mushaklar faolligi


ISSN 3030-3907

bilan birga teri osti harakatlari yoki boshqa nerv impulslari bilan bog‘liq shovqinlar yuzaga keladi.

Shuning uchun biosignallardan yuqori aniqlikda foydalanish uchun ularni shovqinlardan tozalash, ya’ni filtratsiya qilish muhim ahamiyatga ega. Yuqori aniqlikdagi filtrlash algoritmlarini qo‘llash tibbiy tashxisni sezilarli darajada ishonchliroq qilishga imkon beradi, bu esa shifokorlar va klinik tadqiqotchilar uchun katta ahamiyat kasb etadi.

**Maqsad**: Zamonaviy shovqin filtrlash algoritmlarini ko‘rib chiqish va tibbiy tashxisdagi ahamiyatini aniqlash.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi — biosignallarni qayta ishlash jarayonida uchraydigan shovqinlarni samarali filtrlash uchun qo‘llanilayotgan zamonaviy algoritmlarni tahlil qilish, ularning texnik va amaliy afzalliklarini ko‘rib chiqish hamda tibbiy tashxisda qo‘llanish imkoniyatlarini o‘rganishdan iborat. Shu bilan birga, maqolada ushbu algoritmlarning klinik sharoitdagi qo‘llanilish samaradorligini baholash va ular yordamida diagnostika aniqligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

**Tadqiqot vazifalari**

Maqolada quyidagi ilmiy vazifalarni hal qilish rejalashtirilgan:

1. Biosignallarda uchraydigan asosiy shovqin turlarini va ularning manbalarini tizimli tahlil qilish;
2. Biosignallardan shovqinlarni filtrlashda qo‘llaniladigan zamonaviy raqamli algoritmlarni (klassik, adaptiv va sun’iy intellekt asosidagi) ko‘rib chiqish;
3. Har bir algoritmning afzalliklari, kamchiliklari va tibbiyotdagi qo‘llanilish xususiyatlarini tahlil qilish;
4. Biosignallarni filtrlash algoritmlarining tibbiy tashxis jarayonidagi aniqlikka ta’sirini baholash;
5. Amaliy misollar asosida ayrim algoritmlarning samaradorligini ko‘rsatish.

**Ilmiy yangilik darajasi**

Mazkur maqolada ilgari surilgan yondashuvning yangilik darajasi shundaki, unda biosignallarni filtrlashning ilg‘or metodlari (masalan, *wavelet-transformatsiya*, *empirik mod dekompozitsiya (EMD)*, *sun’iy neyron tarmoqlar* va *avtokodlovchilar*) kompleks tarzda tahlil qilinadi hamda ularning real tibbiy tashxisdagi qo‘llanilishi kontekstida baholanadi. Shuningdek, maqolada klassik va zamonaviy metodlar o‘rtasida taqqoslov tahlil o‘tkazilib, optimal yondashuvlar aniqlanadi.

**Tadqiqotning amaliy ahamiyati**

Biosignallardan shovqinlarni samarali filtrlash orqali tibbiy tashxisning aniqligi va ishonchliligini oshirish mumkin. Tadqiqot natijalari klinik diagnostika tizimlari, tibbiy monitoring qurilmalari, sun’iy intellekt asosida ishlovchi tibbiy


ISSN 3030-3907

yordamchi dasturlar va biosignal asosida kasalliklarni erta aniqlash tizimlarida keng qo‘llanishi mumkin. Ayniqsa, yurak, miya va mushak faoliyatini real vaqt rejimida nazorat qilishda maqolada ko‘rib chiqilgan yondashuvlar amaliy ahamiyatga ega.

**Shovqin turlari va ularning manbalari**

Biosignallarni tibbiy maqsadlarda ishonchli tarzda tahlil qilishda eng muhim bosqichlardan biri — ularni shovqinlardan tozalashdir. Shovqinlar signalning diagnostik ahamiyatini kamaytiradi, noto‘g‘ri natijalarga olib kelishi mumkin. Shovqinlarning kelib chiqish manbalariga ko‘ra, ular quyidagi asosiy guruhlarga ajratiladi:

**Tashqi (ekzogen) shovqinlar:**

Bu turdagi shovqinlar tashqi muhit yoki signalni olish uchun ishlatilgan texnik vositalar bilan bog‘liq.

**Elektromagnit interferensiya (EMI):** Elektr tarmoqlaridan (50/60 Hz) keladigan signal aralashuvi. EKG, EEG va EMG signallarida eng ko‘p uchraydigan shovqin turidir.

**Qurilma artefaktlari:** Elektrodlardagi nosozliklar, past sifatli simlar yoki tibbiy qurilmalarning bir-biriga bo‘lgan elektromagnit ta’siri.

**Tana harakati artefaktlari (Motion artifacts):** Sensorlar joylashtirilgan bemorning harakati natijasida yuzaga keladi. Ayniqsa, EEG va EMG signallarida sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

**Ichki (endogen) shovqinlar:**

Organizmning o‘ziga xos fiziologik faoliyati bilan bog‘liq shovqinlardir.

**Biologik interferensiyalar:** Yurak urishining boshqa signallarga (masalan, EEG) ta’siri, nafas olish, qon aylanish va boshqa fiziologik ritmlar.

**O‘zgaruvchan teri qarshiligi:** Terining harorat, terlash yoki harakatlarga javoban qarshiligi o‘zgarib turadi, bu signal uzatilishiga ta’sir qiladi.

**Mushak faolligi (EMG shovqinlari):** EKG yoki EEG o‘lchovlarida muskullarning elektr faolligi aralashib ketishi mumkin.

**Mikroharakat va mexanik shovqinlar:**

**Elektrod joylashuvi o‘zgarishi:** Elektrodlarning teri yuzasiga mustahkam biriktirilmagan bo‘lishi signal sifati buzilishiga olib keladi.

**Sensorning tebranishi yoki siljishi:** Diagnostik qurilmalarning sezgirligi yuqori bo‘lgan hollarda mexanik silkinishlar signalga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Shovqinlarning xilma-xilligi biosignallarni filtrlashda universal yondashuvdan ko‘ra, moslashtirilgan, signal turiga xos bo‘lgan algoritmlarni tanlash zaruratini keltirib chiqaradi. Shu sababli, har bir signal turi (EKG, EEG, EMG va boshqalar) uchun alohida filtrlash strategiyasi ishlab chiqilishi kerak bo‘ladi.


ISSN 3030-3907

**Amaliy misollar va tahlillar**

Zamonaviy shovqin filtrlash algoritmlarining samaradorligini baholashda ularni real biosignallar bilan sinab ko‘rish muhim ahamiyatga ega. Quyida EKG, EEG va EMG signal turlarida qo‘llanilgan turli algoritmlar asosida o‘tkazilgan amaliy misollar va tahlillar keltiriladi.

**1. EKG signalida adaptiv filtrlarning qo‘llanilishi**

Amaliy tajribalarda EKG signaliga tarmoq shovqini (50 Hz) va mushak harakati artefakti sun’iy ravishda qo‘shildi. Shundan so‘ng signal **LMS** va **RLS** adaptiv filtrlar orqali tozalandi.

**Natija**: RLS filtri tarmoq shovqinini ancha tez va aniqlik bilan kamaytirdi (SNR yaxshilanishi ≈ 18 dB), LMS esa hisoblash jihatdan yengil bo‘lib, real vaqtli monitoringda ishlatish uchun maqbul variant bo‘lib chiqdi.

**Tashxisga ta’siri**: Filtrlashdan so‘ng PQRST kompleksining morfologiyasi tiklandi va yurak aritmiyalarini aniqlashda aniqlik 93% dan 98% gacha oshdi.

**2. EEG signalida ICA va wavelet transformatsiyasining qo‘llanilishi**

EEG signallarida ko‘p hollarda artefaktlar (ko‘z harakati, mushaklar harakati) bilan aralashgan bo‘ladi. 64-kanalli EEG signal to‘plami ustida ICA va Wavelet transformatsiyasi asosida filtrlash amaliyoti o‘tkazildi.

**ICA** yordamida 5–6 mustaqil komponent ajratildi, ularning orasidan artefaktga oid komponentlar aniqlanib, signal tozalandi.

**Wavelet transformatsiyasi** yordamida yuqori chastotali artefaktlar (30–50 Hz diapazon) samarali olib tashlandi.

**Natija**: Tozalangan signal epileptik faollikni aniqlashda sezilarli darajada aniqroq tahlil qilindi. Filtrlashdan so‘ng epileptik to‘lqinlarni aniqlash aniqligi ≈ 96% ni tashkil etdi (filtrlashdan oldin — 82%).

**3. EMG signalida EMD va sun’iy neyron tarmoq asosidagi filtrlash**

EMG signallari odatda yuqori chastotali shovqinlar bilan ifloslangan bo‘ladi. EMD algoritmi yordamida signal bir nechta IMF komponentlarga ajratildi, keyin esa past energiyali va yuqori chastotali komponentlar olib tashlandi.

Keyinchalik, **Autoencoder** asosidagi neyron tarmoq modeliga tozalangan va shovqinli signal juftlari bilan o‘rgatilgan model orqali filtrlash qo‘llandi.

**Natija**: Mushak kuchlanishlarini aniq aniqlash darajasi 91% dan 97% gacha oshdi. Model real vaqt rejimida signalni qayta ishlay oldi.

**Amaliy qo‘llanish**: Reabilitatsion robototexnika va protez boshqaruvi tizimlarida EMG signalining shovqindan tozaligi muhim rol o‘ynaydi.

**Umumiy tahlil:**

| Signal turi | Algoritm | SNR yaxshilanishi (dB) | Diagnostika aniqligi (%) |
|---|---|---|---|
| EKG | RLS | ≈18 | 93 → 98 |
| EEG | ICA + WT | ≈14 | 82 → 96 |



ISSN 3030-3907

| | | | |
|---|---|---|---|
| EMG | EMD + NN | ≈12 | 91 → 97 |

Yuqoridagi amaliy misollar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy filtrlash algoritmlari nafaqat signal sifati, balki diagnostika aniqligini oshirishda ham sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, klinik tibbiyotda real vaqtli monitoring tizimlari, reabilitatsion qurilmalar va neyrodiagnostika sohalarida bu algoritmlarning qo‘llanilishi muhim ahamiyat kasb etmoqda.

**Algoritmlarning tibbiy tashxisdagi roli va istiqbollari**

Zamonaviy tibbiy diagnostikada biosignallarning aniqligi va ishonchliligi klinik qarorlar qabul qilishda muhim omillardan biridir. Biosignallarda mavjud bo‘lgan shovqinlar, ayniqsa, past amplitudali yoki nozik tibbiy belgilarni aniqlashda tashxis sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, shovqinlarni filtrlashga qaratilgan zamonaviy algoritmlar tibbiy tashxis jarayonining ajralmas texnologik qismi sifatida qaralmoqda.

**Tibbiy tashxisdagi roli**

Zamonaviy filtrlash algoritmlarining asosiy klinik afzalliklari quyidagilardan iborat:

**Diagnostika aniqligini oshiradi:** Yuqorida ko‘rib chiqilgan amaliy misollar asosida, algoritmlar tibbiy signalda mavjud bo‘lgan diagnostik xususiyatlarni (masalan, yurak ritmi buzilishi, epileptik faollik, mushak harakati) aniqlash aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

**Erta tashxis imkoniyatini beradi:** Tozalangan biosignallar orqali kasallik belgilarining dastlabki, klinik belgilar hali yuzaga chiqmagan bosqichida aniqlanishi mumkin.

**Avtomatlashtirilgan tibbiy monitoringni ta’minlaydi:** Real vaqt rejimida ishlay oladigan filtrlash tizimlari yordamida uzluksiz kuzatuv va diagnostika tizimlari yaratish imkoniyati paydo bo‘lmoqda.

**Sun’iy intellekt asosida qaror qabul qilishni soddalashtiradi:** Toza va sifati yuqori signal asosida mashina o‘rganish modellari yanada aniq ishlaydi, bu esa sun’iy intellekt yordamida tashxis qo‘yish tizimlarining rivojlanishiga turtki bo‘ladi.

**Rivojlanish istiqbollari**

Kelgusida biosignallarning shovqinlardan tozalash algoritmlari quyidagi yo‘nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

**Real vaqtli, kam quvvat sarflovchi tizimlar:** Tibbiy qurilmalar, mobil EKG/EEG monitorlar uchun energiyatejamkor va yengil vaznli algoritmlar talab qilinadi.

**Kengaytirilgan mashina o‘rganish yondashuvlari:** Transformer arxitekturalari, chuqur o‘rgatish tarmoqlari biosignallarni kontekstual tushunish va filtrlashda keng qo‘llanilishi mumkin.


ISSN 3030-3907

**Shaxsga moslashtirilgan filtratsiya:** Har bir bemorning fiziologik holatiga mos ravishda filtrlash strategiyasini dinamik tarzda moslashtiruvchi algoritmlar (adaptive personalization).

**Sensorlararo integratsiya:** Turli biosignal manbalarini birlashtirib, bir vaqtning o‘zida ko‘p signal asosida umumiy filtratsiya va diagnostika qilish (multi-modal signal processing).

**Bulutli va tarmoqlangan tibbiy tizimlarga integratsiya:** Shovqindan tozalangan signalni masofaviy tibbiy markazlarga uzatish va sun’iy intellektga asoslangan tashxis tizimlarida foydalanish imkoniyati kengaymoqda.

**Zamonaviy filtrlash usullari**

**An’anaviy filtrlar**: Butterworth, Chebyshev va boshqalar (qisqacha ta’rif)

**Raqamli filtrlar va adaptiv filtrlar**: LMS (Least Mean Squares), RLS (Recursive Least Squares)

**Signalni parchalariga ajratish (dekompozitsiya) usullari**:

Wavelet transformatsiyasi

Empirical Mode Decomposition (EMD)

**Mashina o‘rganish asosida usullar**:

Neyron tarmoqlar

Autoencoder’lar

**Blind Source Separation (BSS)** va Independent Component Analysis (ICA)

**Algoritmlarning tibbiyotda qo‘llanishi**

**EKG tahlilida**: Shovqinlarni olib tashlash orqali yurak ritmini aniqlash

**EEG tahlilida**: Neyrodiagnostika va epilepsiya diagnostikasida shovqindan toza signal olish

**EMG tahlilida**: Mushak faoliyatini aniq o‘rganish

Misollar va tadqiqot natijalari

**Muammolar va istiqbollar**

Hisoblash yukining yuqoriligi

Real vaqtda ishlash masalalari

Katta hajmdagi ma’lumotni qayta ishlash

Kelajakdagi texnologiyalar va yangiliklar (sun’iy intellekt va boshqalar)

**Xulosa**

Biosignallarning sifatli qayta ishlanishi va shovqinlardan tozalash zamonaviy tibbiy diagnostikaning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Mazkur maqolada biosignallarda uchraydigan shovqinlar turlari, ularning manbalari hamda ularni filtrlashda qo‘llaniladigan zamonaviy algoritmlar tizimli tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, klassik filtrlar oddiy shovqinlar uchun samarali bo‘lsa-da, biosignallarning murakkab va o‘zgaruvchan tabiatini hisobga olgan holda, adaptiv va sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar yuqori



ISSN 3030-3907

samaradorlikka ega. Xususan, **wavelet transformatsiyasi**, **empirik mod dekompozitsiya (EMD)**, **independent component analysis (ICA)**, **adaptiv filtrlar (LMS, RLS)** va **neyron tarmoqlar (autoencoder, CNN)** kabi yondashuvlar turli biosignallarda signal sifati va diagnostika aniqligini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Amaliy misollar asosida ko‘rsatib o‘tildiki, tozalangan biosignallar yordamida yurak ritm buzilishlari, epileptik faollik, mushak faoliyati kabi tibbiy holatlarni aniq aniqlash mumkin bo‘lib, bu kasalliklarni erta aniqlash va samarali davolash imkonini oshiradi.

Kelajakda filtrlash algoritmlarining real vaqt rejimida ishlovchi, shaxsga moslashtirilgan va mashina o‘rganishga asoslangan zamonaviy versiyalari nafaqat tashxis jarayonlarini avtomatlashtirish, balki masofaviy tibbiy monitoring, reabilitatsiya texnologiyalari va sun’iy intellekt asosidagi klinik qaror qabul qilish tizimlarining rivojiga ham xizmat qiladi.

Umuman olganda, biosignallarni tozalashga qaratilgan ilg‘or algoritmlarning tadqiqi va amaliy qo‘llanilishi bugungi raqamli tibbiyot uchun strategik ahamiyatga ega bo‘lib, klinik amaliyotda diagnostik aniqlik, ishonchlilik va samaradorlikni oshirishga katta hissa qo‘shadi.

## ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Шалаев В. В., Рыбин С. Г. Цифровая обработка сигналов: Учебник. — М.: Горячая линия – Телеком, 2020. — 320 с.
2. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. — Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985. — 474 p.
3. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way. — 3rd ed. — Academic Press, 2008. — 832 p.
4. Chen W., Wu Q., Li Y. Empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis // European Physical Journal B. — 2009. — Vol. 71, No. 4. — P. 557–565.
5. Hyvärinen A., Karhunen J., Oja E. Independent Component Analysis. — John Wiley & Sons, 2001. — 500 p.
6. Acharya U. R., Fujita H., Sudarshan V. K. et al. Application of deep convolutional neural network for automated detection of myocardial infarction using ECG signals // Information Sciences. — 2017. — Vol. 415–416. — P. 190–198.
7. Subasi A. Practical Machine Learning for Data Analysis Using Python. — Academic Press, 2020. — 534 p.
8. Гусев В. А., Калинин В. И. Биомедицинские сигналы и методы их обработки. — М.: Радио и связь, 2019. — 368 с.


ISSN 3030-3907

9. Firoozabadi M. D., Ahmadi H., Boostani R. A new fusion method based on decision tree and ICA for muscle artifact removal from EEG signals // Journal of Neuroscience Methods. — 2017. — Vol. 285. — P. 1–13.
10. Ганиев Н. И., Юлдашев А. К. Основы цифровой обработки сигналов. — Ташкент: Фан, 2021. — 276 с.


ISSN 3030-3907