

BIOSIGNALLARNI QAYTA ISHLASH VA TASNIFLASH USULLARI TAHLILI

Qudratjon Rafiqovich ZOHIROV

dotsent

texnika fanlari bo'yicha (PhD) falsafa doktori

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Qarshi filiali

Qarshi, O'zbekiston

qzohirov@gmail.com

Sardor Xoliqul o'g'li BOYQOBILOV

o'qituvchi-stajyor

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Qarshi filiali

Qarshi, O'zbekiston

Mamadiyor Egamberdiyevich SATTOROV

assistent

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Qarshi filiali

Qarshi, O'zbekiston

Annotatsiya

Ushbu maqolada EMG signali haqida qisqacha ma'lumot, EMG signalini tahlil qilish usullari, bu signalini qayd qilish, ajratish, qayta ishlash va tasniflashning zamonaviy usullari taqqoslangan.

Tayanch so'zlar: reabilitatsiya, nerv tizimi, EMG signali, akselerometr, Wavelet o'zgartirish, Furiye o'zgartirish, signal shovqini, to'lqinli konvertatsiya, Wigner-Ville taqsimoti, qat'iymas mantiq, sensorlar.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ И КЛАССИФИКАЦИИ БИОСИГНАЛОВ

Кудратжон Рафикович ЗОХИРОВ

доцент

доктор философии (PhD) по техническим наукам

Каршинский филиал ТУИТ имени Мухаммада аль-Хорезми

Карши, Узбекистан

qzohirov@gmail.com

Сардор Холикулович БОЙКОБИЛОВ

преподаватель-стажер

Каршинский филиал ТУИТ имени Мухаммада аль-Хорезми

Мамадиёр Эгамбердиевич САТТОРОВ

ассистент

Каршинский филиал ТУИТ имени Мухаммада аль-Хорезми

Аннотация

В данной статье представлен краткий обзор сигнала ЭМГ, методов анализа сигналов ЭМГ, а также сравнение современных методов записи, разделения, обработки и классификации сигналов ЭМГ.

Ключевые слова: реабилитация, нервная система, ЭМГ-сигнал, акселерометр, вейвлет-преобразование, преобразование Фурье, шум сигнала,

вейвлет-преобразование, распределение Вигнера-Вилля, нечеткая логика, датчики.

Biosignallari inson tanasining harakati va jismoniy mashqlari asosida tanada bo'ladigan har qanday fiziologik jarayonlarni xarakterlovchi signallarga aytiladi. Ushbu signal vaqt bo'yicha o'zgaruvchi amplitudasi, chastotasi va fazasi bo'yicha tavsiflanadi.

Biosignallarning hozirgi kunda bir nechta turlari bor, ular kelib chiqish manbasiga ko'ra farqlanadi. Elektromiografiya (EMG) signali nerv-mushak faoliyatini ifodalovchi, mushaklarning qisqarishi davomida hosil bo'ladigan elektrik xususiyatga ega biosignaldir. Nerv tizimi doimo mushaklar faoliyatini nazorat qiladi. EMG signali Nerv tizimi tomonidan boshqariluvchi va mushaklarning anatomik va fiziologik xususiyatlariga bog'liq bo'lgan murakkab signaldir. EMG signali boshqa manbalarining fiziologik o'zgarishi natijasida shovqinlarga boy bo'ladi. EMG signalini tanadan yozib olish uchun ikki xil usuldan foydalaniladi. Invaziv usulda elektrodlar to'g'ridan-to'g'ri teri ostidagi mushaklarga o'rnatiladi. Ushbu usul jarrohlik amaliyoti yordamida amalga oshiriladi. Ammo, obyekt, ya'ni insonga bir nechta noqulayliklar tug'diradi. Masalan, jarayon og'riqli, noqulaylik, o'lchash masafasini chegaralanganligi, elektrodlar bir marta foydalanilish mumkinligini keltirish mumkin. Noinvaziv usul esa EMG signalini teri yuzasiga yopishtirilgan elektrodlar orqali olish jarayoni hisoblanib, xozirda keng foydalanib kelinayotgan usuldir. Noinvaziv usulda teri ostidagi ma'lum manbalar, ya'ni, qon harakati, teri qarshiligi, to'qimalardagi kimyoviy jarayonlar natijasida paydo bo'luvchi shovqin va artefaktlarga juda moyil bo'ladi.

EMG signallarini kuchli va ilg'or metodologiyalar bilan aniqlash, tahlil qilish biotibbiyot muhandisligida juda muhim ahamiyatga ega bo'lmoqda. EMG signalining tahliliga zaruriyat sababi klinik diagnostika va biotibbiy ilovalarni yaratish hisoblanadi.

Nogironlarning harakatlarini boshqarish va rehabilitatsiya qilish hozirgi kunda dolzarb yo'nalishlardan biridir. EMG signallaridagi motor blokining harakat

potensiallarining (MUAP – Motor Unit Action Potentials) shakllari va tezligi nerv-mushak kasalliklari diagnostikasi uchun muhim ma'lumot manbai bo'lib xizmat qiladi. EMG signalini tahlil qilish uchun tegishli algoritmlar va usullar orqali signalning tabiati va xususiyatlarini aniqlash mumkin. EMG signallari orqali turli ilovalar va apparat-dasturlarini yaratish mumkin bo'ladi. Ushbu sohada yaxshi algoritmlarni ishlab chiqish, mavjud metodologiyalarni yangilash, shovqinni kamaytirish va aniq EMG signallarini olish uchun tadqiqotlar va keng ko'lamli sa'y-harakatlar amalga oshirilmoqda. Zamonaviy dunyoda nogironlarning harakatlarini rehabilitatsiya qilishda mioelektrik qurilmalarni yaratish, boshqarish, shu asosida inson-mashina interfeyslarini loyihalash ishlari rivojlanmoqda.

EMG signalarini qayd qilish muhim bosqich hisoblanadi. Sirt elektromiyografiyasi (sEMG, mushak signallarini o'rganishning maxsus texnikasi) signali murakkab bo'lib, turli shovqinlarga va artefaktlarga moyilligi katta. Shu sababli aniqlikdagi signal olish jarayonlarida o'rtacha xatolik va dispersiya qiymatlariga e'tibor qaratish lozim. Signalni qayta ishlash texnologiyalari va matematik modellaridagi so'nggi yutuqlar EMGni qayd qilish va tahlil qilishning ilg'or usullarini ishlab chiqishga yordam beradi. Bu borada turli matematik usullar va sun'iy intellekt (AI) algoritmlari mavjud. Matematik apparatlarga to'liqinli konvertatsiya, vaqt-chastota xususiyatlari, Furiye o'zgartirish, Wigner-Ville taqsimoti (WVD) [8], statistik xisoblash usullari, mashinali va chuqur o'qitish algoritmlarini keltirishimiz mumkin. Signalni aniqlashda AI yondoshuvlari orasida sun'iy neyron tarmoqlari (ANN), dinamik takrorlanuvchi neyron tarmoqlari (DRNN - dynamic recursive neural network) va qat'iymas mantiq (fuzzy logic) usullari mavjud.

Wavelet o'zgartirish usuli EMG kabi statsionar bo'lmagan signallarga juda mos keladi. WVD usulidan dasturiy ta'minotni apparatga integratsiya qilishda foydalanadi. Tasodifiy vaqt momentlarida yuqori tartibli statistika (HOS – Higher-order statistical) usullaridan foydalanish samarali hisoblanadi. Spektrial tahlil va Gaus usullari EMG signalining shovqinlarini olib tashlash uchun foydalaniladi.

EMG: anatomik va fiziologik ma'lumotlar. Elektromiyografiya (EMG) – bu nervlar va mushaklarning faoliyatini baholash uchun diagnostik test bo'lib, neyropatiya yoki miyopatiya kasalliklarini aniqlashga faol ishlatiladi. EMG ba'zan miyoelektrik faollik deb ham ataladi. Mushak faolligi nerv tizimi orqali boshqarilishini inobatga oladigan bo'lsak, nerv tizimida paydo bo'livchi impulslarni orqa miya orqali mushaklarga yuborib, ularga tasir ettiriladi. Bunda mushaklarda qisqarib bo'shashish xodisasi sodir bo'ladi.

Sirt Elektromiyografiyasi (sEMG) – bu mushaklarning harakat potentsiallarida mavjud bo'lgan ma'lumotlarni qayd etish usulidir. EMG signalini aniqlash va yozishda signalning ishonchliligiga ta'sir qiluvchi ikkita asosiy muammo mavjud. Birinchisi, EMG signallaridagi energiyaning shovqin signalidagi energiyaga nisbati. Umuman olganda, shovqin istalgan EMG signalining bir qismi bo'lmagan elektr signallari sifatida aniqlanadi. Ikkinchi muammo signalning buzilishi, ya'ni EMG signalidagi har qanday chastota komponentining nisbiy hossasi o'zgartirilmasligi kerak. Mushaklar signalini olish uchun ikki turdagi elektrodlar ishlatiladi: invaziv elektrod va noinvaziv elektrod. EMG to'g'ridan-to'g'ri teriga o'rnatilgan elektrodlardan olinganida, signal teri ostidagi mushaklarda yuzaga keladigan barcha mushak tolalari harakat potentsiallarining birikmasidir. Bu harakat potentsiallari tasodifiy intervallarda sodir bo'ladi. Shunday qilib, har qanday vaqtda EMG signali ijobiy yoki salbiy kuchlanish bo'lishi mumkin. Mushak tolasining individual harakat potentsiallari ba'zan to'g'ridan-to'g'ri mushak ichiga joylashtirilgan sim yoki igna elektrodleri yordamida olinadi. Bitta motor blokining barcha mushak tolalaridagi mushak tolasini ta'sir potentsiallarining kombinatsiyasi motor blokining ta'sir potentsiali (MUAP Wigner-Ville – Motor Unit Action Potentials) bo'lib, uni ushbu sohaga yaqin joylashgan teri yuzasi elektrod (invaziv bo'lmagan) yoki mushak ichiga kiritilgan elektrod (invaziv) igna yordamida aniqlash mumkin.1- formula EMG signalining oddiy modelini ko'rsatadi:

$$x(n) = \sum_{r=0}^{N-1} h(r)e(n-r) + w(n) \quad (1)$$

Bu yerda $x(n)$ modellastirilgan EMG signali, $e(n)$ ishlov berishni boshlash nuqtasi, $h(r)$ MUAPni ifodalaydi, $w(n)$ artefakt yoki shovqin va N – aktiv motor bloki soni.

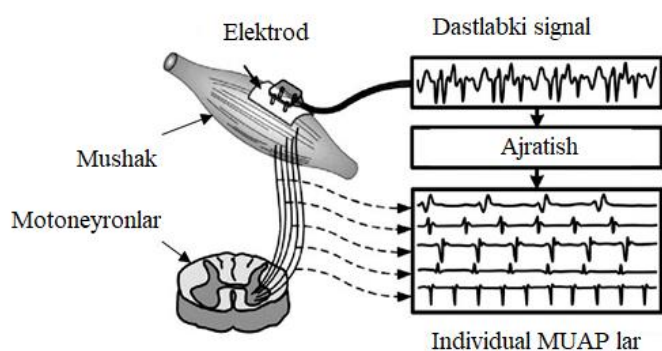
Signal elektrod orqali olinadi va kuchaytiriladi. Odatda, birinchi bosqich kuchaytirgich sifatida differentsial kuchaytirgich ishlatiladi. Ko'rsatish yoki saqlashdan oldin signal past chastotali yoki yuqori chastotali shovqinlarni yoki boshqa mumkin bo'lgan artefaktlarni yo'q qilish uchun qayta ishlanishi mumkin. Ko'pincha foydalanuvchi signalning amplitudasi bilan qiziqadi. Shunday qilib, EMG amplitudasini ko'rsatish uchun signal tez-tez tuzatiladi va ba'zi formatlarda o'rtacha hisoblanadi.

Nerv tizimi tananing ham boshqaruv, ham aloqa tizimidir. Bu tizim neyronlar deb ataladigan ko'p sonli qo'zg'aluvchan bog'langan hujayralardan iborat bo'lib, ular tez va o'ziga xos bo'lgan elektr signallari orqali tananing turli qismlari bilan bog'lanadi. Nerv tizimi uchta asosiy qismdan iborat: miya, orqa miya va periferik nervlar. Neyronlar Nerv tizimining asosiy tarkibiy birligi bo'lib, hajmi va shakli jihatidan sezilarli darajada farqlanadi. Neyronlar tananing bir qismidan boshqasiga nerv impulslari ko'rinishidagi xabarlarni o'tkazadigan yuqori darajada maxsus hujayralardir.

Mushak qisqarish va bo'shashish qobiliyatiga ega bo'lgan maxsus hujayralar to'plamidan iborat. Ushbu maxsus hujayralarning asosiy vazifasi kuchlar, harakatlar bilan muloqot qilish qobiliyatini yaratishdir. Mushak to'qimalari cho'zilish va elastiklikka ega. U ta'sirlarni qabul qilish va ularga javob berish qobiliyatiga ega hamda kengayishi va qisqarishi mumkin. Mushak to'qimalari to'rtta asosiy funksiyaga ega: harakat hosil qilish, tanadagi moddani harakatga keltirish, barqarorlikni ta'minlash va issiqlik hosil qilish. Tuzilishi, qisqarish xususiyatlari va boshqaruv mexanizmlari asosida mushak to'qimalari uch turga bo'linadi: skelet mushaklari, silliq mushak va yurak mushaklari. EMG skelet mushaklarini o'rganish uchun qo'llaniladi. Skelet mushak to'qimasi suyakka biriktirilgan, uning qisqarib bo'shashishini qo'llab-quvvatlash va harakatlantirish uchun javobgardir. Skelet mushaklarining qisqarishi neyronlarning impulslari

harakati bilan boshlanadi hamda nazorat ostida bo'ladi. Skelet mushak tolalari uning qisqarishi uchun neyronlar bilan yaxshi ta'minlangan. Neyronning bu turi "motor neyron" yoki harakat neyronlari deb ataladi. U mushak to'qimalari orqali tarqaladi. Bitta motorli neyron odatda ko'plab mushak tolalarini stimulyatsiya qiladi.

Umuman olganda, inson tanasi elektr jihatdan neytraldir. Unda bir xil miqdordagi musbat va manfiy zaryadlar mavjud. Ammo dam olish holatida Nerv hujayralari membranasi plazma membranasi bo'ylab kontsentratsiyalar va ion tarkibidagi farqlar tufayli qutblanadi. Hujayra ichidagi va hujayradan tashqari suyuqliklar o'rtasida potensial farq mavjud. Neyron qo'zg'atuvchisiga javoban mushak tolasi uning yuzasi bo'ylab signal tarqalishi va tolaga ta'siri bilan depolarizatsiyalanadi. Bu depolarizatsiya, ionlar harakati bilan birga, har bir mushak tolasi yaqinida elektr maydoni hosil qiladi. EMG signali nerv stimulyatsiyasiga mushaklarning javobini ko'rsatadigan qiymat motor birligining harakat potentsiali (MUAP) hisoblanadi [5]. EMG signalining o'zgarishi tasodifiy va odatda filtrlangan impuls sifatida o'zini namoyon qiladi, bunda MUAP neyron impulslarini anglatadi, ko'pincha Puasson jarayoni sifatida modellanadi. 1-rasmda EMG signalini olish jarayoni va MUAPlarga ajratilishi ko'rsatilgan.



1-rasm. Mushak tolalaridan chiquvchi signallar.

Signal shovqini va EMG signaliga ta'sir qiluvchi omillar. EMG signalining amplituda diapazoni 0-10 mV (+5 dan -5) ni tashkil qiladi. EMG signallari turli to'qimalarda harakatlanayotganda shovqinga ega bo'ladi. EMG signallariga ta'sir qiladigan elektr shovqinlari quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Elektron jihozlarga xos shovqin: Barcha elektron jihozlar shovqin hosil qiladi. Bu shovqinni bartaraf etish mumkin emas. Yuqori sifatli elektron komponentlardan foydalanib faqat uni kamaytirishi mumkin.

2. Atrof-muhitdagi shovqin: Elektromagnit nurlanish bu turdagi shovqinning manbai hisoblanadi. Bizning tanamizning sirtlari doimiy ravishda elektromagnit nurlanish bilan ta'sirlanadi va yer yuzasida uning ta'siridan qochish deyarli mumkin emas. Ushbu turdagi shovqinlar EMG signalidan bir yoki uch daraja kattaroq amplitudaga ega bo'lishi mumkin.

3. Harakat artefakti: Harakat artefakti bilan zararlangan signal ma'lumotlarida noaniqliklar mavjud bo'ladi. Harakat artefakti signal ma'lumotlarida tartibsizliklarni keltirib chiqaradi. Harakat artefaktining ikkita asosiy manbasi elektrodlar va elektrod kabellari hisoblanadi. Harakat artefaktini signalni qabul qilish jarayonida kabellarning harakatini kamaytirish asosida bartaraf etish mumkun.

4. Signalning o'ziga xos beqarorligi: EMG signalining amplitudasi tabiatda tasodifiydir. EMG signali ko'p hollarda 0 dan 20 Hz gacha bo'lgan chastotali diapazonda yotadi. Ammo insonning harakati davomidagi turli kasalliklar va ruhiy xolatlar signalning ushbu chegaradan chetlashishga olib keladi. Bunday turdagi shovqinlarni kamaytirish uchun inson tanasidan EMG signalni qayd qilish jarayonida maxsus tayyorlov mashqlari amalga oshirish kerak.

EMG signaliga ta'sir etuvchi omillar ham tasniflanishi mumkin. Ushbu turdagi tasnif EMG signalini tahlil qilish algoritmlarini optimallashtirish va uskunalarni izchil tarzda loyihalash uchun qo'llaniladi. EMG signaliga ta'sir qiluvchi omillar uchta asosiy toifaga bo'linadi:

1. Ta'sir etuvchi omillar: bu signallarga bevosita ta'sir qiladi. Ta'sir etuvchi omillarni ikki guruhga bo'lish mumkin:

1.1. Tashqi: bunday omillar elektrod tuzilishi va joylashuvi bilan bog'liq. Qayd qilish maydoni, elektrodning shakli, elektrodlar orasidagi masofa, elektrodning mushakdagi joylashuvi, elektrodning mushakning ta'sir etuvchi maydonda joylashtirilganligi kabi omillarni keltirishimiz mumkin.

1.2. Ichki: fiziologik, anatomik, biokimyoviy omillar, faol harakat birliklari soni, tolalar turi va tarkibi, qon oqimi, tolaning diametri, faol tolalarning chuqurligi va joylashishi, mushak yuzasi va elektrod orasidagi to'qimalarning miqdori kabi omillar.

2. Oraliq omillar: Oraliq omillar – bir yoki bir nechta omillar ta'sirida bo'lgan jismoniy va fiziologik hodisalar. Buning sabablari elektrodning hajmini aniqlash, filtrlash aspektlari, aniqlangan EMG signalida harakat potentsiallarining superpozitsiyasi, mushak tolasi membranasi bo'ylab tarqaladigan harakat potentsialining o'tkazuvchanlik tezligi bo'lishi mumkin. Hatto yaqin atrofdagi mushaklarning o'zaro aloqasi ham ushbu omillarni keltirib chiqaradi.

3. Aniqlovchi omillar: Bularga oraliq omillar ta'sir qiladi. Faol motor birliklarining soni, harakatning maksimal ritmi, mushak tolalari orasidagi mexanik ta'sirlarni kiritishimiz mumkin. Motor blokining harakat potentsialining amplitudasi, davomiyligi va shakllarini ham ushbu omillarga kiritish mumkin.

EMG signalining sifatini maksimal darajada oshirish quyidagi usullar bilan amalga oshirilishi mumkin:

1. Signalning shovqinga nisbati EMG signalining amplitudasidan imkon qadar kichik bo'lishi kerak.

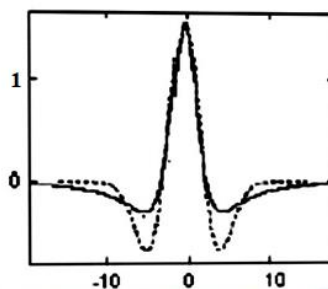
2. EMG signalini imkon qadar filtrlashlarsiz aniqroq qayd qilishimiz kerak.

EMG signalini qayta ishlash jarayonida faqat aktiv zonalar tahlil qilinadi. Signal OX o'qiga nisbatan rostlanadi va aktiv bo'lmagan sohalar olib tashlanadi. Signal tahlili jarayonida signalning absolyut qiymatlari inobatga olinadi.

EMG signalni qayta ishlash. Ishlov berilmagan EMG signali bizga kerakli ma'lumotlarni aniq bo'lmagan shaklda taqdim etadi. Ushbu ma'lumot faqat miqdoriy jihatdan aniqlansa foydali bo'ladi. To'g'ri va haqiqiy EMG signalini qayd qilish uchun ishlov berilmagan EMG signalni qayta ishlashning turli usullari qo'llaniladi. Quyida turli usullardan foydalangan holda EMG signalini qayta ishlash bo'yicha tahlillari keltirilgan.

Wavelet o'zgartirish (WT) statsionar bo'lmagan va o'zgaruvchi signallarni tahlil qilish uchun samarali matematik vositadir. WT ning asosiy xususiyatlaridan

biri shundaki, uni diskret vaqt filtri yordamida amalga oshirish mumkin. To'liqlarning Furiye o'zgarishlari xuddi WT filtrlarini bildiradi. WT EMG signallarini tasniflash uchun juda mos usul. Agar WT tahlil MUAP shakliga mos keladigan tarzda tanlansa, WT vaqt birligida eng yaxshi energiya lokalizatsiyasini beradi. 1997-yilda Laterza va Olmo [7] WT chiziqli bo'lish afzalligi bilan boshqa vaqt chastotasi ko'rinishlariga muqobil ekanligini aniqladi. Bu ayniqsa ko'p komponentli signallar bilan ishlashda muhimdir. Muayyan sharoitlarda EMG signali bitta namunaning boshqalari bilan yig'indisi sifatida ko'rib chiqilishi mumkin. Guglielminotti nazariyasiga asoslanib, Laterza va Olmo MUAP shakliga mos keladigan to'liqlar tahlilidan foydalanganlar. Bir qutbli qayd qilingan signal uchun va 1946-yilda Gabor tomonidan taqdim etilgan ma'lum gipotezalarga ko'ra, odatiy MUAP shakli Gauss taqsimotining ikkinchi darajali hosilasi sifatida taxmin qilinishi mumkin. Natija Gauss taqsimotining ikkinchi darajali hosilasi bo'lgan taniqli Meksika shlyapasi uslidan foydalanishni taklif qildi. Meksika shlyapa usuli va odatiy unipolyar MUAP shakli o'rtasidagi taqqoslash 2-rasmda ko'rsatilgan. Tadqiqotga asoslanib, Laterza va Olmo WT yordamida shovqinlarni olibtashlash uchun MUAPlardan foydalanish kerak, degan xulosaga kelishdi. Bunday holatda, shovqin darajalari ishlatiladigan to'liqlardan qat'i nazar, butun vaqt shkalasi tekisligida tarqaladi. Ushbu taklifning kamchiligi Meksika shlyapa usulining MUAP shakliga to'liq mos kelmasligi edi [7]. Shuning uchun, mukammal moslashuv amalga oshirilsa, olingan natijalar yanada yaxshilanishi mumkin. 1998 yilda Ismoil va Asfur EMG chastota spektrini aniqlash uchun eng keng tarqalgan usulni, ya'ni, tezkor va qisqa muddatli Furiye o'zgarishlari (FFT va SFT) orqali amalga oshirish mumkingini to'g'risida nazariya bilan chiqdilar [9]. Ammo ular, ushbu o'zgartirish usullarining asosiy kamchiligi signalning statsionar deb taxmin qilishlari edi. Biroq, EMG signallari statsionar emas.



2-rasm. Meksika shlyapa usuli va odatiy unipolyar MUAP shakli o'rtasidagi taqqoslash.

Sun'iy intellect. EMG signalini qayta ishlash uchun asosan neyron tarmoqlarga asoslangan sun'iy intellektning ba'zi usullari taklif qilingan. Ushbu turdagi texnika EMG signalini yozish va tahlil qilish kabi jarayonlarini real vaqt rejimida qo'llash uchun juda foydali.

Miyoelektrik signalni (MES – myoelectric signal) aniq taniy oladigan sun'iy neyron tarmog'ining real vaqt rejimida qo'llanilishi 1994-yilda Del va Park tomonidan taklif qilingan. Ularning tadqiqotlariga ko'ra, MES xususiyatlari birinchi marta Furrye tahlili orqali aniqlanadi va qat'iymas c-means algoritmi yordamida klasterlanadi. Qat'iymas c-means (FCM) – bu ma'lumotlarni ikki yoki undan ortiq klasterlarga tegishli bo'lishini aniqlashga imkon beruvchi klasterlash usulidir. Real vaqtda ishlovchi raqamli signal protsessorlarida (DSP) mavjud bo'lgan apparat ko'paytirgichlaridan foydalanib signalning xususiyatlarini olishda tezkor Furrye o'zgartirish usulidan foydalanish va tasniflash uchun neyronga kiruvchi parametrlar sifatida foydalanish integratsiyasi asosida amalga oshiriladi. Adaptiv interfeyslar sun'iy neyron tarmog'i (ANN) uchun tabiiy va muhim sinf ilovasidir. Ko'p qatlamli neyron tarmoqlarida xatoliklarni qayta tahlil qilish (Error-back propagation) usulidan foydalaniladi. Ushbu protsedura yordamida tarmoqda kiruvchi parametrlarni chiqishlar parametrlar qiymatlari bilan solishtirish imkoniyati mavjud. ANNdan foydalanadigan model nafaqat real vaqtda MES signalini aniqlash bo'yicha ilg'or, balki reaksiya vaqtini minimal darajada qisqartiradi. Neyron tarmoq arxitekturalari ikki tomonlama yechimni taqdim etadi. Ular, tizimni bemorga moslashtirishning tezkor usuli va qurilmada dasturning ishlashi tezligini oshirishdir. Del va Park tomonidan taklif qilingan usul an'anaviy

statistik usullarda paydo bo'lgan muammolarni (qabul qilinadigan narx va samaradorlik mezonlari) hal qilishi mumkin.

ANNga asoslangan yana bir yondashuv 1996-yilda Cheron va boshqalar tomonidan mushaklarning EMG faolligi va qo'l kinematikasi o'rtasidagi munosabatlarni aniqlash uchun sun'iy dinamik takrorlanuvchi neyron tarmoqlarga (DRNN) asoslangan muqobil yondashuvlar ishlab chiqilgan. Xususan, ushbu tarmoq murakkab harakatlar paytida mushaklarning faolligi va harakat kinematikasi o'rtasidagi ba'zi murakkab munosabatlarni aniqlaydi. Pearlmutter tomonidan 1989-yilda taklif qilingan usulga ko'ra, sun'iy neyron tarmoq to'liq bog'langan 20 qatlamli neyron tarmoqdir. Ushbu usul Cheron va boshqalar tomonidan qo'llanilgan va ushbu formula bilan tartibga solinadi:

$$T_i \frac{dy_i}{dt} = -y_i + F(x_i) + I_i \quad (3)$$

bu yerda y_i I birlikning faollashuv darajasi, $F(a) = \frac{1}{1 + e^{-a}}$ ning siqish funksiyasi va x_i quyidagicha hisoblanadi.

$$x_i = \sum_j w_{ji} y_j \quad (4)$$

Taklif etilayotgan DRNNning asosiy xususiyati shundaki, uning simulyatsiya qilingan harakatlari boshqaruv turiga oid hech qanday nazariy taxminlarsiz ishlov berilmagan EMG signallari orasidagi o'zaro ta'sir natijasidir.

Qat'iymas mantiqiy tizimlar biotibbiy signallarni qayta ishlash va tasniflashda foydalidir. EMG signallari kabi biotibbiyot signallar har doim ham qat'iy takrorlanmaydi va ba'zan hatto qarama-qarshi bo'lishi mumkin. Chan va boshqalarning fikriga ko'ra, qat'iymas mantiqiy tizimlarning eng foydali xususiyatlaridan biri bu ma'lumotlardagi qarama-qarshiliklarga moslashuvchanligidir. Ushbu usul boshqa usullar aniqlay olmaydigan ma'lumotlarni aniqlashi mumkin, chunki neyron tarmoq bilan ham amalga oshirilishi mumkin. Bu yerda tibbiyot mutaxassislarining fikrini inobatga olish mumkin chunki bu tizimning fikrlash uslubi insonnikiga o'xshaydi. Bu sun'iy neyron tarmog'iga (ANN) nisbatan sezilarli ustunlikdir. Qat'iymas mantiqiy tizimlar ANNga qaraganda insonning qaror qabul qilishiga taqlid qiladi. Qat'iymas

tizimning yadrosi qat'iymas xulosa chiqarish mexanizmidir. Mutaxassisning bilimlari yoki yaxshi tasniflangan misollar IF-THEN ko'rinishidagi "qat'iymas ishlab chiqarish qoidalari" to'plami sifatida ifodalanadi yoki o'tkaziladi, bu esa hozirda kuzatilayotgan ma'lumotlarga asoslangan holda qanday harakat yoki tanlovni amalga oshirish kerakligini tavsiflovchi xulosa beradi.

EMG signallarining tasnifi. EMG signalini tasniflashning umumiy xususiyati MUAP to'lqin shakllari orasidagi Evklid masofasini aniqlashdir. Klinik jihatdan EMG signalining asosiy xususiyati faol harakat birligi (MU) soni, MUAP to'lqin shakllari va innervatsiya vaqti statistikasidir. Wellig va Moschytzning fikricha, MUAP to'lqin shaklini va faol MU sonini aniqlash tasniflash muammosi sifatida qaralishi mumkin.

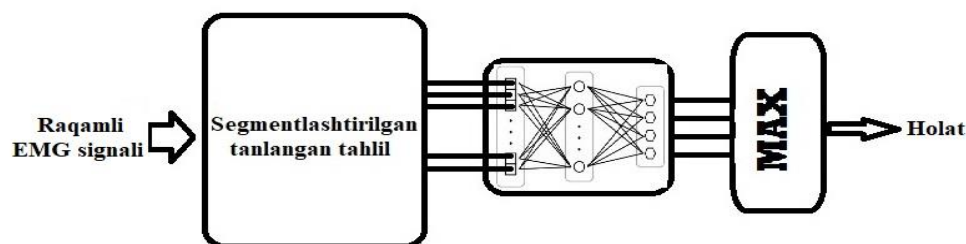
Tasniflash ko'rsatkichi nafaqat sinf ichidagi dispersiyadagi MUAP namoyishiga, balki sinf vositalari orasidagi masofaga ham bog'liq. Ushbu nazariya EMG signalini tasniflash uchun juda foydali bo'lishi mumkin. EMG shakllarini tasniflash uchun AR parametrlar qo'llaniladi [6]. 1991-yilda Zhang va boshqalar EMG shakllarini tasniflash maqsadida signalni qayta ishlashga asoslangan ikkita turdagi xususiyatlarni ajratib oldi va taqqosladi. Ikki xususiyat AR parametrlarining koeffitsientlari va Furre chastota spektrlarining komponentlari edi. Usul EMG chiziqli konvertlarini (LE) tavsiflashda yaxshi natijalarni ko'rsatdi.

1995-yilda Kristodulou va Pattichis ANN yordamida tasniflash jarayoni uch bosqichda amalga oshirilishini taklif qilishdi:

1. Birinchi bosqichda nazoratsiz o'qitish usulida avtomatik xususiyatlar xaritasini tashkil qilish va o'rganish.
2. Ikkinchi bosqichda tasniflash samaradorligini oshirish uchun o'z-o'zini nazorat qilish usuli va kvantlash qo'llaniladi.
3. Uchinchi bosqichda haqiqiy tasnif amalga oshiriladi.

EMG ma'lumotlarini tasniflashda MUAPning tarkibiy qismlarini aniqlash murakkab jarayon. Kristodulou va Pattichisning fikriga ko'ra, ANN murakkab tasnif chegaralarini qabul qilish va yaratish qobiliyati tufayli bunday muammoni

hal qilish uchun jozibali ko'rinadi. 3-rasmda ANN yondashuvidan foydalangan holda EMG signalini tasniflash sxemasi ko'rsatilgan.



3-rasm. ANN usuli orqali EMG signalini tasniflash.

EMG signallari klinik/biologik ilovalar, qurilmalar, inson-mashina interfaysi va boshqa turli xil ilovalar uchun ishlatilishi mumkin. Diagnostika vositasi sifatida EMGning klinik qo'llanilishi nerv-mushak kasalliklari, bel og'rig'ini baholash, nogironlarning reabilitatsiyasi kabilarni keltirishimiz mumkin. EMG signallari protez qo'llarni boshqarish uchun ham ishlatiladi.

Shu bilan birga EMG signali izometrik mushak faolligini (harakatlanmaydigan mushak faoliyati turi) aniqlash uchun ham ishlatilishi mumkin. Hozirgi kunda imo-ishorali harakatlar orqali insonlar o'rtasidagi aloqani taminlashda faol ishlar amalga oshirilmoqda. Buning uchun yuqori sezuvchi kuchaytirgichlar, samarali filtrlash usullari, mikrokontroller, ma'lumot uzatish uchun Bluetooth texnologiyasi zarur bo'ladi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ikki qavatli detektorlar bir polli detektorlarga qaraganda yaxshiroq, chunki ularning aniqlash ehtimoli yuqori. Ular, shuningdek, foydalanuvchiga yolg'on signal va aniqlash ehtimoli o'rtasidagi bog'lanishni bitta chegaraga qaraganda yuqori erkinlik darajasi bilan qabul qilishga imkon beradi. EMG signalining to'liq spektrni moslashtirish orqali parchalanishi texnikaning aniq, ishonchli va tez ekanligini ko'rsatadi. Texnika bitta motorli blok (SMU) darajasida vosita boshqaruv mexanizmlarini o'rganishda juda foydali. Boshqa tomondan, HOS-ga asoslangan chiziqli bo'lmagan eng kichik o'rtacha kvadrat (LMS) optimallashtirish dekompozitsiya usuli shovqinsiz holatda ham ishonchli. Gauss shovqinining turli darajadagi qo'shimchalarida sinov shuni ko'rsatdiki, taniqli HOS mustahkamligi shovqinli muhitda ham qoniqarli natijalarga olib keladi. EMG signalini qayta ishlash uchun WT boshqa vaqt chastotasi tasvirlariga

muqobildir. WTning afzalligi chiziqli bo'lib, ko'p o'lchamli tasvirni beradi. Ko'p komponentli signallar bilan ishlashda krosstermlar WT ga ta'sir qilmaydi. SFT ning asosiy kamchiligi statsionar signal qabul qilinishidir. Wigner-Ville taqsimoti tomonidan ishlab chiqarilgan qo'shma zichlik spektri juda yaxshi lokalizatsiya xususiyatlarini namoyish etadi va u odatda signalning oniy chastotasi atrofida to'plangan. WVD ning kamchiligi shundaki, u juda shovqinli. Choy Uilyams shovqinni kamaytiradi, lekin vaqt chastotasi taqsimoti uchun boshqa barcha kerakli xususiyatlarni qondirmaydi. Qat'iymas mantiqiy tizimlarning xususiyatlari asosida ma'lumotlardagi qarama-qarshiliklarga toqat qilish mumkinligini aniqlangan. Bundan tashqari, o'rgatiladigan qat'iymas tizimlardan foydalangan holda, neyron tarmog'ida bo'lgani kabi, boshqa usullar bilan ham osonlik bilan aniqlanmaydigan ma'lumotlar shablonlarini aniqlash mumkinligi aniq. Natijada, qat'iymas mantiqiy tizimlar ANN ga qaraganda inson qarorlarini qabul qilishga taqlid qiladi. EMG signalini tahlil qilish uchun yuqori tartibli statistik (HOS) usullari qo'llaniladi. Bu tasodifiy vaqt seriyalariga qo'llanilishi mumkin bo'lgan HOS ning noyob xususiyatlari evazigadir. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, Gauss shovqinini bispektr yoki uchinchi darajali spektr yordamida bostirish mumkin. Bundan tashqari, u chiziqli o'zgarmas vaqt (LTI) tizimning chiqish signalidan tizim impulsleri funktsiyasini va kirish impulsleri ketma-ketligini tiklash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan kattalik va faza ma'lumotlarini olib yuradi. HOS ning SOSga nisbatan asosiy afzalligi shundaki, HOS aniqlashda, parametrlarni baholashda va tasniflashda Gauss shovqinini bostirishi mumkin. HOS har qanday Gauss jarayoniga ko'r bo'lganligi sababli, nolga teng bo'lmagan HOS o'lchovi signaldagi gausslik bo'lmaganlik darajasini tekshirish imkonini beradi. Asosiy usullarning qisqacha tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Biosignallarni tasniflashda ishlatiladigan usullar tahlili

Asosiy usullarning qisqacha mazmuni	
Metod	Afzalliklari va kamchiliklari
Ikki chegarani aniqlash	– ikki chegarali aniqlash usuli bir chegarali aniqlash usuliga qaraganda yaxshiroq, chunki ularning aniqlilik ko'rsatgichi yuqori;

	– foydalanuvchiga signalning aktivligi haqidagi ma'lumotni yaxshiroq uzatadi;
To'liqinli konvertatsiya	– boshqa vaqt chastotasi tasvirlariga muqobil; – WT chiziqli bo'lib, ko'p pikseli tasvirni beradi; – shovqinli muhitlarda moslashuvchan;
Wigner-Ville taqsimoti	– WV taqsimoti tomonidan foydalanilgan zichlik spektri juda yaxshi lokalizatsiya xususiyatlarini ko'rsatadi; – u odatda signalning oniy chastotasi atrofida to'planadi; – kamchiliklari shundaki, u juda shovqinli;
Choi-Uilyams usuli	– interferensiyani kamaytiradi; – vaqt chastotasi sohasidagi barcha xususiyatlar talabga javob bermasligi mumkin;
Sun'iy neyron tarmoqlari (ANN)	– tarmoqda kiruvchi va chiquvchi parametrlarni tahlil qilish mumkin. Signal ma'lumotlaridagi parametrlarni boshqa usullarga qaraganda aniqlash oson; – ANN real vaqt rejimida MES signalini qayta ishlashda mashhur va jarayonni minimal darajada qisqartiradi;
Qat'iymas mantiq	– ma'lumotlardagi qarama-qarshiliklarga bardoshli; – ma'lumotlarda boshqa usullar bilan osongina aniqlanmaydigan parametrlarni aniqlash mumkin; – qat'iymas mantiqiy tizimlar ANNg'a qaraganda qaror qabul qilishi yaxshiroq;
Yuqori tartibli statistika (HOS)	– (HOS) usullari tasodifiy vaqt qatorlariga qo'llaniladigan noyob xususiyatlari tufayli EMG signalini tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin; – bispektr yoki uchinchi tartibli spektr Gauss shovqinini kamaytiradi;
Mashinali o'qitish algoritmlari	– jarayonlarni bajarishda sarflanadigan vaqtning minimalligi; – kam sonli kiruvchi parametrlar orqali yuqori aniqlikga erishish; – apparaturaga integratsiya jarayoni o'ta moslashuvchan;
Chuqur o'qitish algoritmlari	– xususiyatlar maydonini avtomatik aniqlash; – tarmoqni o'qitish uchun ko'proq vaqt talab etilishi.

Yuqoridagi tahliliy ma'lumotlar asosida quyidagicha xulosa qilishimiz mumkin:

-biosignallar har qanday inson tanasidagi fiziologik holatni xarakterlaydi, jumladan, kimyoviy jarayonlar, fiziologik o'zgarishlar, tananing holati kabi omillarni tavsiflaydi;

-EMG signalni qayta ishlashda asosiy jarayon bu filtrlashdir. Chunki filtrlash signalning sofliğini ta'minlaydi, shu bilan birga natijaga ijobiy ta'sir qiladi;

-biosignallarni tasniflashda ko'plab usullar mavjud. Ular orasida mashinali o'qitish usullari ajralib turadi. Mashinali o'qitish usuli signalning qayta ishlash va

qaror qabul qilishga sarflanadigan vaqtni minimallashtiradi, apparatga integratsiyasi juda moslashuvchan;

-biosignallarni tasniflash asosida turli ilovalar va tizimlar ishlab chiqish mumkin, misol uchun, inson-mashina interfeysi tizimlarini loyihalash, reabilitatsion qurilma va dasturlar ishlab chiqish, turli kasalliklarni tasniflashda aniqlikni ta'minlovchi dasturiy ilovalarni keltirishimiz mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Zohirov Q.R. Elektromiografiya signali asosida qo'l harakatlarini tanish jarayoni va usullarining tahlili //TATU XABARLARI, 2021. – №1(57). – B.101-117.
2. Zohirov Q.R. Elektromiografiya signalining faol potensial chegarasini aniqlashda yangicha yondashuv //DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 2023. – № 1(3). – B.1-6.
3. Zohirov Q.R., Madatov Q.G., Kozimov J.I. Insonning kinematik va dinamik harakatini reabilitatsiya qilish //O'zbekiston Milliy axborot agentligi – O'za Ilm fan bo'limi elektron jurnali, 2023. – №10(48), 2023. – B.249-255.
4. K. Zohirov, "Classification of Some Sensitive Motion of Fingers to Create Modern Biointerface,"2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146846.
5. Basmajian JV, de Luca CJ. Muscles Alive - The Functions Revealed by Electromyography. The Williams & Wilkins Company; Baltimore, 1985.
6. Shahid S. Higher Order Statistics Techniques Applied to EMG Signal Analysis and Characterization. Ph.D. thesis, University of Limerick; Ireland, 2004.
7. Laterza F, Olmo G. Analysis of EMG signals by means of the matched wavelet transform. Electronics Letters 1997; 33(5):357-359.
8. Martin W, Flandrin P. Wigner-Ville spectral analysis of nonstationary processes. IEEE Trans Acoust Speech Signal Processing 1985; 33:1461-1470

9. Ismail AR, Asfour SS. Continuous wavelet transform application to EMG signals during human gait. Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers 1998; 1:325-329.

10. A. Turgunov, K. Zohirov, R. Nasimov and S. Mirzakhilov, "Comparative Analysis of the Results of EMG Signal Classification Based on Machine Learning Algorithms," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670108.