

# SUN'YI INTELEKT MUHITIDA ELEKTR SIGNALLARINI SEZUVCHI DATCHIKLARNING ISHLASH PRINSPINI O'RGANISH

**Sharipov Sharofiddin Arslonqul o'g'li**

Samarqand davlat tibbiyot universiteti "Informatsion texnologiyalar,  
biofizika va tibbiy fizika" kafedrası assistenti.

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada biotibbiy tizimlarda inson organizmidagi bioelektrik jarayonlarni tadqiq etishda markaziy o'rin tutuvchi elektr signallarini sezuvchi datchiklarning fizik-kimyoviy va biofizik ishlash prinsiplari tahlil qilingan. Tirik to'qimalarda ionlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) harakati natijasida yuzaga keladigan membrana va harakat potentsiallarining shakllanish mexanizmlari ko'rib chiqilgan. Kichik amplitudali va shovqinga sezgir bo'lgan EKG, EEG hamda EMG signallarini tana yuzasida tarqalishini Laplas tenglamasi yordamida modellashtirish, shuningdek, tashqi elektromagnit xatoliklarni kamaytirishda differensial o'lchash usuli asoslab berilgan. Sun'iy intellekt muhitida ushbu datchiklarning dinamik xarakteristikalarini amaliy o'rganish talabalarning fundamental va muhandislik ko'nikmalarini integratsiyalashga xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** Bioelektrik signal, biosensor, membrana potentsiali, Goldman–Hodgkin–Katz tenglamasi, differensial o'lchash, EKG, EEG, EMG, sun'iy intellekt.

## STUDYING THE OPERATING PRINCIPLE OF ELECTRICAL SIGNALS SENSORS IN AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE ENVIRONMENT

**Sharipov Sharofiddin Arslankulovich**

Assistant of the Department of "Information Technologies, Biophysics and  
Medical Physics" of Samarkand State Medical University.

**Abstract:** This paper analyzes the physicochemical and biophysical operating principles of electrical signal sensing sensors, which play a central role in studying bioelectric processes within the human body in biomedical systems. The mechanisms of membrane and action potential formation resulting from ion ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) dynamics in living tissues are reviewed. The spatial distribution of low-amplitude and noise-sensitive ECG, EEG, and EMG signals across the body surface is modeled using Laplace's equation, and the role of the differential measurement method in minimizing external electromagnetic interference is demonstrated. Practical investigation of these sensors' dynamic characteristics within an artificial intelligence environment serves to integrate students' fundamental and engineering skills.

**Keywords:** Bioelectric signal, biosensor, membrane potential, Goldman–Hodgkin–Katz equation, differential measurement, ECG, EEG, EMG, artificial intelligence.

**Kirish:** Biotibbiy tizimlarda elektr signallarini sezuvchi datchiklar inson organizmidagi bioelektrik jarayonlarni o‘rganishda markaziy o‘rin egallaydi. Tirik to‘qimalarda, ayniqsa nerv va mushak hujayralarida yuzaga keladigan elektr potentsiallar organizm faoliyatining asosiy fizik asoslaridan biri hisoblanadi. Ushbu potentsiallar hujayra membranasi orqali ionlarning ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) harakati natijasida hosil bo‘ladi va ular maxsus biosensorga — elektrodga yordamida qayd etiladi. Bioelektrik signallar organizmning funksional holatini aks ettiruvchi muhim axborot manbai bo‘lib, ular diagnostika, monitoring va ilmiy tadqiqotlarda keng qo‘llaniladi. Elektr signallarini sezuvchi datchiklar asosan elektrodga asosida ishlaydi va ular biologik muhitdagi ion oqimlarini elektr signalga aylantirish vazifasini bajaradi. Shuni alohida ta’kidlash kerakki, bioelektrik signallarni qayd etish oddiy fizik o‘lchov jarayonidan ko‘ra murakkabroq hisoblanadi. Chunki biologik tizimlar ochiq, dinamik va ko‘p omilli tizimlar bo‘lib, ularda yuzaga keladigan signallar ko‘pincha kichik amplitudali, shovqinga sezgir va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘ladi. Shu sababli bunday signallarni aniqlash uchun yuqori sezgirlikka ega datchiklar, past shovqinli kuchaytirgichlar va maxsus filtrlash tizimlari qo‘llaniladi.

**Asosiy qism:** Elektr signallarini sezuvchi datchiklarning ishlash prinsipi biofizik va elektrokimyoviy qonuniyatlarga asoslanadi. Elektrod biologik to‘qima bilan aloqa qilganda, elektrod–elektrolit chegarasida ionlar almashinuvi yuzaga keladi va bu jarayon natijasida elektr potensial hosil bo‘ladi. Ushbu potensial farqi datchik tomonidan qayd etilib, keyinchalik kuchaytirilib va qayta ishlanib, diagnostik axborotga aylantiriladi. Elektrod materiallari (masalan, kumush–xlorid elektrodlar) signalni barqaror va aniq qayd etishda muhim rol o‘ynaydi. Biopotentsiallarni o‘lchashda yana bir muhim jihat - bu differensial o‘lchash usulidir. Odatda signal bir nuqtadan emas, balki ikki yoki undan ortiq nuqtalar orasidagi potensial farqi sifatida olinadi. Bu usul tashqi shovqinlarni kamaytirishga yordam beradi va signalning aniqligini oshiradi. Elektr signallarini sezuvchi datchiklar yordamida olingan ma’lumotlar organizmning turli tizimlari faoliyatini o‘rganishga xizmat qiladi. Yurak faoliyati, miya faoliyati va mushak tizimi bioelektrik signallar orqali eng ko‘p o‘rganiladigan tizimlar hisoblanadi.

Mazkur datchiklar nafaqat klinik diagnostikada, balki real vaqt monitoring tizimlarida ham keng qo‘llaniladi. Masalan, reanimatsiya bo‘limlarida bemorning yurak urishi yoki miya faoliyati uzluksiz kuzatib boriladi. Bundan tashqari, zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi bilan ushbu datchiklar portativ va simsiz qurilmalar shaklida ham keng joriy etilmoqda.

Bioelektrik signalning fizik asoslari: Inson organizmidagi bioelektrik signallar hujayra membranasidagi potentsiallar farqi bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, ular tirik to‘qimalarda sodir bo‘ladigan ion almashinuvi jarayonlarining natijasidir.

Har bir hujayra ichki va tashqi muhit o'rtasida ionlar (asosan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{Cl}^-$ ) konsentratsiyasining farqi mavjud bo'lib, aynan shu farq membrana potensialini yuzaga keltiradi. Tinch holatda hujayra membranasi selektiv o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lib, ionlar membrana orqali turlicha tezlikda o'tadi. Natijada hujayra ichki qismi manfiy zaryadlangan bo'lib, membrana potensialini odatda taxminan  $-70$  mV ni tashkil etadi. Ushbu potensialni tushuntirish uchun Nernst tenglamasi qo'llaniladi:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[ion]_{tashqi}}{[ion]_{ichki}}$$

bu yerda ionlar konsentratsiyasi farqi membrana potensialini belgilaydi.

Amalda esa hujayra membranasida bir nechta ionlar ishtirok etgani sababli Goldman–Hodgkin–Katz tenglamasi qo'llaniladi, u umumiy membrana potensialini aniqlaydi:

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_{tashqi} + P_{Na} [Na^+]_{tashqi} + P_{Cl} [Cl^-]_{ichki}}{P_K [K^+]_{ichki} + P_{Na} [Na^+]_{ichki} + P_{Cl} [Cl^-]_{tashqi}}$$

Hujayra qo'zg'alganda membrananing o'tkazuvchanligi keskin o'zgaradi. Natijada ionlar oqimi yuzaga keladi va membrana potensialini tez o'zgaradi. Bu jarayon harakat potensialini deb ataladi. Harakat potensialini bir necha bosqichdan iborat:

1. Depolyarizatsiya —  $\text{Na}^+$  ionlari hujayra ichiga kiradi va potensial musbat tomonga siljiydi.
2. Repolyarizatsiya —  $\text{K}^+$  ionlari hujayradan chiqadi va potensial tiklanadi.
3. Giperpolarizatsiya — potensial qisqa vaqt davomida tinch holatdan ham pastga tushadi.

Harakat potensialining vaqt bo'yicha o'zgarishi bioelektrik signal sifatida ifodalanadi.

Bioelektrik signallarni fizik nuqtai nazardan elektr dipol modeli orqali ham tushuntirish mumkin. Qo'zg'algan to'qima ichida musbat va manfiy zaryadlar ajralishi natijasida elektr dipol hosil bo'ladi. Ushbu dipolning elektr maydoni tananing yuzasiga tarqaladi va elektrodlar yordamida qayd etiladi. Shuningdek, bioelektrik signallar elektr o'tkazuvchan muhitda tarqaladi. Inson tanasi hajmli o'tkazgich sifatida qaraladi.

Elektr signallarini sezishda asosiy element - bu elektrod. Elektrod biologik to'qima bilan bevosita aloqa qilib, organizmda mavjud bo'lgan ionli tokni elektron tokka aylantiruvchi transduser vazifasini bajaradi. Boshqacha aytganda, elektrod biologik muhitdagi elektrokimyoviy jarayonlarni elektr signali ko'rinishida qayd etishga xizmat qiladi. Elektrod va biologik to'qima o'rtasidagi chegarada murakkab elektrokimyoviy hodisalar sodir bo'ladi. Bu jarayonlar ionlar almashinuvi, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari va zaryadlarning to'planishi bilan bog'liq. Natijada elektrod yuzasida potensial farqi hosil bo'ladi, bu esa signal sifatiga bevosita ta'sir qiladi.

Elektrodlar konstruksiyasi va qo'llanilishiga ko'ra bir necha turlarga bo'linadi. Eng keng tarqalgan turlaridan biri - yuzaki yoki sirtqi elektrodlar bo'lib, ular teri ustiga joylashtiriladi va invaziv emas. Bunday elektrodlar EKG va EEG kabi usullarda keng qo'llaniladi.

Ignali elektrodlar esa mushak ichiga yoki to'qima ichiga kiritiladi va yuqori aniqlikdagi signallarni olish imkonini beradi. Ular asosan elektromiografiyada qo'llaniladi va nerv-mushak tizimini chuqur o'rganishda muhim ahamiyatga ega.

Signalni olish jarayoni odatda differensial o'lchash prinsipi asosida amalga oshiriladi. Bu usulda signal ikki nuqta orasidagi potensial farqi sifatida o'lchanadi:

$$V = V_1 - V_2$$

Bu yondashuv tashqi elektromagnit shovqinlarni kamaytirishga yordam beradi va signal sifatini yaxshilaydi.

Elektrodlar yordamida olingan signal odatda juda kichik amplitudaga ega bo'ladi va shovqin bilan aralashgan bo'ladi. Shu sababli signalni olish jarayonida bir qator muhim omillarni hisobga olish zarur. Eng avvalo, elektrodning to'g'ri joylashtirilishi muhim ahamiyatga ega. Elektrodlar fiziologik signal manbasiga maksimal yaqin joylashtirilishi kerak. Bundan tashqari, kontakt qarshiligi signal sifatiga katta ta'sir ko'rsatadi. Agar kontakt qarshiligi katta bo'lsa, signal susayadi va shovqinlar kuchayadi. Shu sababli terini tayyorlash (tozalash, yog' qatlamini olib tashlash) zarur. Tashqi shovqinlardan himoya qilish ham muhim hisoblanadi. Elektromagnit shovqinlar, ayniqsa elektr tarmog'ining 50 Hz komponenti, signalga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli ekranlash, yerga ulash va differensial kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

**Xulosa:** Zamonaviy biotibbiy tizimlarda elektrodlar va signalni olish mexanizmi yuqori aniqlik va barqarorlikni ta'minlash uchun takomillashtirilgan. Simsiz elektrodlar, quruq elektrodlar va mikro/nano texnologiyalar asosidagi datchiklar ishlab chiqilmoqda.

#### Foydalanilgan adabiyotlar.

1. A.Remizov "Tibbiy va biologik fizika" O'zbekiston milliy ensiklopediyasi Davlat ilmiy nashriyoti 2005
2. Bozorov.E.X., Ergashev.A.J., Sharipov.Sh.A., Tibbiyot Oliy ta'lim muassasalarida multimedia vositalaridan foydalanish. Maktabgacha va ta'limi jurnali, 2025-yil 4-noyabr, 1011-1013-betlar.
3. Togawa, T., Tamura, T., & Öberg, P. Å. (2011). Biomedical Sensors and Instruments. CRC Press.
4. Faust, O., Hagiwara, Y., Hong, T. J., Lih, O. S., & Acharya, U. R. (2018). Deep learning applications for cardiovascular disease diagnosis using ECG signals: A review. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 138, 1-13.