

MIYA-KOMPYUTER INTERFEYSI TEXNOLOGIYALARINING ISTIQBOLLARI

Ruzibayev Eldorjon Xoshimjon o'g'li

E-mail: ruzibayeveldor@gmail.com +998933952659

*Toshkent amaliy fanlar universiteti Axborot texnologiyalar fakulteti
(Axborot xavfsizligi) yonalishi KAX 23-01guruh talabasi*

KIRISH

So'nggi o'n yilliklarda axborot texnologiyalari va neyrofanlar sohasidagi taraqqiyot inson va kompyuter o'rtasidagi o'zaro aloqani tubdan o'zgartirmoqda. Ushbu rivojlanish natijasida miya faoliyatini bevosita raqamli tizimlar bilan bog'lash imkonini beruvchi miya-kompyuter interfeysi (Brain-Computer Interface, BCI) texnologiyalari shakllandi. Bu texnologiya inson miyasi tomonidan ishlab chiqariladigan neyroelektrik signallarni aniqlash, qayta ishlash va ularni kompyuter buyruqlariga aylantirishga asoslanadi.

BCI tizimlarining asosiy maqsadi inson va mashina o'rtasidagi an'anaviy interfeyslarni (klaviatura, sichqoncha, sensor ekran) chetlab o'tgan holda, to'g'ridan-to'g'ri miya signallari orqali boshqaruvni amalga oshirishdir. Bu esa ayniqsa tibbiyot, reabilitatsiya, robototexnika va sun'iy intellekt integratsiyasi sohalarida katta imkoniyatlar ochib bermoqda.

Hozirgi kunda miya-kompyuter interfeysi texnologiyalari nafaqat ilmiy tadqiqot darajasida, balki amaliy tibbiyot va muhandislik yechimlarida ham qo'llanila boshlagan. Falaj bo'lgan bemorlar uchun protezlarni boshqarish, nogiron insonlarga kommunikatsiya imkoniyatini yaratish va murakkab robot tizimlarini boshqarish kabi yo'nalishlarda BCI muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Shu bilan birga, ushbu texnologiyaning tez rivojlanishi uning kelajakdagi istiqbollari va axloqiy, texnik hamda xavfsizlik bilan bog'liq muammolarini ham kun tartibiga olib chiqmoqda. Ayniqsa, neyro-ma'lumotlarning maxfiyligi va inson ongiga bevosita ta'sir qilish imkoniyati BCI texnologiyalarini chuqur o'rganishni talab etadi.

Mazkur maqolada miya-kompyuter interfeysi tushunchasi, uning ishlash prinsipi, qo'llanilish sohaları hamda kelajakdagi rivojlanish istiqbollari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi.

MIYA-KOMPYUTER INTERFEYSI (BCI) TUSHUNCHASI

Miya-kompyuter interfeysi (Brain-Computer Interface, BCI) — bu inson miyasi va tashqi kompyuter tizimi o'rtasida bevosita aloqa o'rnatishga imkon beruvchi texnologik tizimdir. Ushbu texnologiya insonning neyron faoliyati natijasida hosil bo'ladigan elektr signallarini aniqlash, ularni tahlil qilish va kompyuter tushunadigan buyruqlarga aylantirishga asoslanadi.

BCI tizimining asosiy g'oyasi shundan iboratki, inson harakat yoki nutq kabi an'anaviy vositalarsiz, faqat miya signallari orqali qurilmalarni boshqara oladi. Bu jarayonda miya faoliyati elektroensefalografiya (EEG) kabi sensorlar yordamida qayd etiladi va maxsus algoritmlar orqali interpretatsiya qilinadi.

BCI texnologiyasi ikki asosiy turga bo'linadi: invaziv va noinvaziv tizimlar. Invaziv BCI miya ichiga implantatsiya qilinadigan elektrodlar orqali yuqori aniqlikdagi signallarni oladi, noinvaziv BCI esa tashqi sensorlar orqali ishlaydi va nisbatan xavfsiz, biroq signal aniqligi pastroq bo'ladi.

Ushbu texnologiya inson va mashina o'rtasidagi kommunikatsiyani yangi bosqichga olib chiqadi. Ayniqsa, nogironligi bo'lgan shaxslar uchun harakatni tiklash, protezlarni boshqarish va kommunikatsiya imkoniyatlarini kengaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, miya-kompyuter interfeysi inson ongini raqamli tizimlar bilan bog'lashga qaratilgan innovatsion texnologiya bo'lib, u kelajakda tibbiyot, sun'iy intellekt va robototexnika sohalarida keng qo'llanilishi kutilmoqda.

BCI TEXNOLOGIYALARINING ISHLASH PRINSIPI

Miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyasining ishlash prinsipi inson miyasi tomonidan hosil qilinadigan neyron signallarni aniqlash, ularni qayta ishlash va kompyuter yoki tashqi qurilmalarga buyruq sifatida uzatish jarayoniga asoslanadi. Bu jarayon bir necha bosqichdan iborat bo'lib, har bir bosqich tizimning umumiy samaradorligini belgilaydi.

Birinchi bosqichda miya faoliyati maxsus sensorlar yordamida qayd etiladi. Eng keng tarqalgan usul elektroensefalografiya (EEG) bo'lib, u bosh terisi yuzasiga joylashtirilgan elektrodlar orqali miya elektr signallarini o'lchaydi. Invaziv tizimlarda esa signallar bevosita miya to'qimalariga implantatsiya qilingan elektrodlar orqali olinadi, bu esa yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

Ikkinchi bosqichda olingan signallar filtrlanadi va shovqinlardan tozalanadi. Chunki miya signallari juda murakkab va zaif bo'lib, ularga tashqi omillar ta'siri katta bo'ladi. Shu sababli signalni tozalash va standartlashtirish muhim ahamiyatga ega.

Uchinchi bosqichda qayta ishlangan signallar maxsus algoritmlar yordamida tahlil qilinadi. Bu jarayonda mashinaviy o'qitish va sun'iy intellekt usullaridan keng foydalaniladi. Algoritmlar miya signallaridagi naqshlarni aniqlab, ularni aniq buyruqlarga aylantiradi, masalan, kursorni harakatlantirish yoki robot qo'lini boshqarish.

So'nggi bosqichda esa hosil bo'lgan buyruqlar kompyuter tizimi yoki tashqi qurilmaga uzatiladi va real harakatga aylantiriladi. Shu tariqa insonning fikriy faoliyati bevosita raqamli tizimlar bilan bog'lanadi.

Umuman olganda, BCI texnologiyasining ishlash prinsipi neyro signalni aniqlash, uni raqamli shaklga o'tkazish va kompyuter buyruqlariga aylantirishdan iborat murakkab, lekin samarali jarayon hisoblanadi.

NEYROSIGNALNI QAYTA ISHLASH USULLARI

Neyrosignalni qayta ishlash miya-kompyuter interfeysi (BCI) tizimlarining eng muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Miya tomonidan ishlab chiqarilgan elektr signallar juda murakkab, shovqinli va past amplitudali bo'lgani uchun ularni to'g'ri talqin qilish maxsus matematik va algoritmik yondashuvlarni talab etadi.

Birinchi bosqichda signalni oldindan qayta ishlash amalga oshiriladi. Bu jarayonda EEG yoki boshqa sensorlardan olingan xom signallar filtrlanadi, ya'ni elektr shovqinlar, mushak harakatlari va tashqi interferensiyalar kamaytiriladi. Shu orqali signalning asosiy informatsion qismi ajratib olinadi.

Keyingi bosqichda signaldan xususiyatlarni ajratib olish (feature extraction) amalga oshiriladi. Bu jarayonda miya signallaridagi muhim naqshlar, chastota diapazonlari va vaqt bo'yicha o'zgarishlar aniqlanadi. Masalan, alfa, beta va gamma to'lqinlari BCI tizimlarida keng qo'llaniladigan asosiy neyroaktiv signallar hisoblanadi.

Uchinchi bosqichda tasniflash (classification) jarayoni bajariladi. Bu bosqichda mashinaviy o'qitish algoritmlari neyrosignallarning ma'nosini aniqlaydi va ularni aniq buyruqlarga aylantiradi. Masalan, foydalanuvchi "harakatlanish" yoki "to'xtash" ni niyat qilganini tizim avtomatik ravishda aniqlashi mumkin.

So'nggi bosqichda esa natijalar real vaqt rejimida qurilmalarga uzatiladi. Bu jarayon past kechikish (low latency) bilan amalga oshirilishi muhim, chunki BCI tizimlarida tezkorlik va aniqlik asosiy talab hisoblanadi.

Umuman olganda, neyrosignalni qayta ishlash usullari filtratsiya, xususiyat ajratish va tasniflash bosqichlaridan iborat bo'lib, ular BCI texnologiyasining samarali ishlashini ta'minlaydi.

BCI TEXNOLOGIYALARINING TIBBIYOTDAGI QO'LLANILISHI

Miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalari tibbiyot sohasida katta amaliy ahamiyat kasb etib, ayniqsa neyroeabilitatsiya va assistiv texnologiyalar yo'nalishida keng qo'llanilmoqda. Ushbu texnologiya inson miya signallarini bevosita tashqi qurilmalar bilan bog'lash orqali jismoniy imkoniyati cheklangan bemorlar uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

BCI ning eng muhim qo'llanilish sohalaridan biri falaj (paralich) holatidagi bemorlarni reabilitatsiya qilishdir. Bunday bemorlar uchun an'anaviy harakat funksiyalari cheklangan bo'lsa-da, BCI tizimlari yordamida ular protez qo'llarni yoki tashqi robotik qurilmalarni miya signallari orqali boshqarishi mumkin. Bu esa ularning kundalik hayotdagi mustaqilligini oshiradi.

Shuningdek, BCI texnologiyalari nutq qobiliyatini yo'qotgan bemorlar uchun kommunikatsiya vositasi sifatida ham qo'llanilmoqda. Miya signallarini matnga yoki ovozga aylantiruvchi tizimlar orqali bemorlar o'z fikrlarini ifodalash imkoniga ega bo'ladi. Bu ayniqsa amyotrofik lateral skleroz (ALS) kabi kasalliklarda muhim ahamiyatga ega.

Tibbiyotda BCI shuningdek protez va ekzoskeletlarni boshqarishda ham keng qo'llanilmoqda. Zamonaviy neyrotekhnologiyalar insonning tabiiy harakatlariga yaqinlashgan holda ishlash imkonini beradi va bu reabilitatsiya jarayonini sezilarli darajada samarali qiladi.

Umuman olganda, BCI texnologiyalari tibbiyotda inson hayot sifatini yaxshilash, yo'qotilgan funksiyalarni qisman tiklash va nogironlik darajasini kamaytirishda muhim innovatsion yechim sifatida xizmat qilmoqda.

SUN'IY INTELLEKT VA BCI INTEGRATSIYASI

Sun'iy intellekt (SI) va miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalarining integratsiyasi zamonaviy neyrotekhnologiyalar rivojida eng istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi. BCI tizimlari miya signallarini yig'ish va uzatish vazifasini bajarsa, sun'iy intellekt ushbu signallarni tahlil qilish, tasniflash va aniq buyruqlarga aylantirishda asosiy rol o'ynaydi.

BCI signallari juda murakkab va shovqinli bo'lgani uchun ularni an'anaviy usullar bilan qayta ishlash cheklangan natija beradi. Shu sababli mashinaviy o'qitish va chuqur o'rganish (deep learning) algoritmlari keng qo'llanilmoqda. SI yordamida neyrosignallardagi yashirin naqshlar aniqlanadi va foydalanuvchining niyati yuqori aniqlik bilan prognoz qilinadi.

Integratsiya jarayonida sun'iy intellekt real vaqt rejimida ishlash imkonini beradi. Bu esa BCI tizimlarining tezkorligi va aniqligini oshiradi. Masalan, foydalanuvchi faqat harakat haqida o'ylashi orqali robot qo'lini boshqarishi yoki kompyuter interfeysida navigatsiya qilishi mumkin bo'ladi.

Shuningdek, SI BCI tizimlarini moslashuvchan qiladi. Ya'ni tizim har bir foydalanuvchining individual miya signallariga moslashib boradi va vaqt o'tishi bilan aniqlik darajasini oshiradi. Bu jarayon "adaptiv o'rganish" deb ataladi.

Umuman olganda, sun'iy intellekt va BCI integratsiyasi inson va mashina o'rtasidagi chegarani sezilarli darajada qisqartirib, kelajakda to'liq neyro-kompyuter aloqasiga asoslangan yangi texnologik davrni shakllantirishi mumkin.

MIYA-KOMPYUTER INTERFEYSINING KELAJAKDAGI ISTIQBOLLARI

Miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalarining kelajakdagi rivojlanish istiqbollari juda keng va ko'p qirrali hisoblanadi. Hozirgi bosqichda BCI asosan tibbiyot va reabilitatsiya sohalarida qo'llanilayotgan bo'lsa, kelajakda u kundalik hayotning turli jabhalariga chuqur kirib borishi kutilmoqda.

Eng muhim istiqbollardan biri inson va kompyuter o'rtasidagi to'liq tabiiy aloqa tizimini yaratishdir. Kelajakda foydalanuvchilar klaviatura yoki boshqa an'anaviy qurilmalarsiz, faqat fikr orqali kompyuterlar, robotlar va aqlli tizimlarni boshqarish imkoniga ega bo'lishi mumkin.

Tibbiyot sohasida BCI yanada rivojlanib, yo'qolgan sezgi va harakat funksiyalarini qisman tiklash darajasiga yetishi kutilmoqda. Neyroprotezlar va ekzoskeletlar yanada aniq va tabiiy boshqaruvga ega bo'lib, bemorlarning hayot sifatini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin.

Shuningdek, ta'lim va kommunikatsiya sohalarida ham BCI texnologiyalarining qo'llanilishi kengayishi mumkin. Masalan, bilimlarni tezroq o'zlashtirish, miya faoliyatini tahlil qilish orqali o'qitish jarayonini individuallashtirish kabi imkoniyatlar paydo bo'ladi.

Biroq ushbu istiqbollar bilan bir qatorda muhim muammolar ham mavjud. Neyro-ma'lumotlarning maxfiyligi, inson ongiga ta'sir qilish xavfi va texnologiyaning axloqiy jihatlari jiddiy e'tibor talab etadi. Shu sababli BCI rivojlanishi bilan birga huquqiy va etik me'yorlarni ishlab chiqish ham zarur bo'ladi.

Umuman olganda, miya-kompyuter interfeysi kelajakda inson va texnologiya o'rtasidagi chegarani yo'qotishga yaqinlashtiruvchi, yuqori salohiyatga ega innovatsion yo'nalish sifatida shakllanishi kutilmoqda.

MUAMMOLAR VA CHEKLOVLAR

Miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalari katta istiqbolga ega bo'lishiga qaramay, ularning amaliyotga keng joriy etilishiga to'sqinlik qiluvchi bir qator muammolar va cheklovlar mavjud. Ushbu muammolar texnik, biologik hamda axloqiy jihatlarni o'z ichiga oladi.

Eng asosiy muammolardan biri — neyrosignallarning murakkabligi va past aniqligidir. Inson miyasi juda murakkab tuzilishga ega bo'lib, uning elektr signallari doimiy o'zgaruvchan va shovqinli xarakterga ega. Bu esa signallarni aniq talqin qilishni qiyinlashtiradi va BCI tizimlarining ishonchlilikiga ta'sir ko'rsatadi.

Ikkinchi muhim cheklov — texnologik infratuzilma bilan bog'liq. Yuqori aniqlikdagi BCI tizimlari ko'pincha qimmat uskunalar va murakkab hisoblash resurslarini talab qiladi. Bu esa ularning ommaviy foydalanishga joriy etilishini sekinlashtiradi.

Shuningdek, invaziv BCI tizimlari inson sog'lig'i uchun ma'lum xavflarni keltirib chiqarishi mumkin. Miya ichiga implantatsiya qilinadigan elektrodlar infeksiya, jarrohlik asoratlari va uzoq muddatli biologik moslashuv muammolarini yuzaga keltiradi. Noinvaziv usullar esa xavfsizroq bo'lsa-da, ularning aniqlik darajasi nisbatan pastroq hisoblanadi.

Axloqiy va huquqiy muammolar ham muhim o'rin tutadi. Neyro-ma'lumotlar juda shaxsiy va maxfiy hisoblanadi, ularni noto'g'ri ishlatish insonning fikrlari va ongiga oid ma'lumotlarning buzilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli "neyro-maxfiylik" masalasi dolzarb etika muammosiga aylanmoqda.

Umuman olganda, BCI texnologiyalarining rivojlanishi sezilarli imkoniyatlar yaratgan bo'lsa-da, uning keng qo'llanilishi uchun texnik aniqlikni oshirish, xavfsizlikni ta'minlash va axloqiy me'yorlarni ishlab chiqish zarur hisoblanadi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalari inson va mashina o'rtasidagi o'zaro aloqani yangi bosqichga olib chiquvchi innovatsion yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiya miya signallarini bevosita raqamli buyruqlarga aylantirish orqali an'anaviy interfeyslar chegarasini kengaytiradi va inson imkoniyatlarini sezilarli darajada oshiradi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, BCI tizimlari ayniqsa tibbiyot sohasida katta ahamiyatga ega bo'lib, falaj bemorlarni reabilitatsiya qilish, protezlarni boshqarish va kommunikatsiya imkoniyatlarini tiklashda samarali natijalar bermoqda. Sun'iy intellekt bilan integratsiya esa ushbu texnologiyaning aniqligi va moslashuvchanligini yanada kuchaytirmoqda.

Shu bilan birga, BCI texnologiyalarining rivojlanishi bilan bir qator muammolar ham yuzaga chiqmoqda. Neyrosignallarning murakkabligi, texnik cheklovlar, yuqori xarajatlar hamda neyro-ma'lumotlarning maxfiyligi bilan bog'liq axloqiy masalalar ushbu sohaning keng joriy etilishiga ta'sir ko'rsatmoqda.

Umuman olganda, miya-kompyuter interfeysi kelajakda inson va texnologiya o'rtasidagi chegarani yanada qisqartirishi mumkin. Biroq uning muvaffaqiyatli rivojlanishi uchun texnik takomillashtirish bilan birga huquqiy va axloqiy me'yorlarni ham birgalikda rivojlantirish zarur hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bernstein, D. J., Buchmann, J., & Dahmen, E. (2009). *Post-Quantum Cryptography*. Springer.
2. Chen, L. et al. (2016). *Report on Post-Quantum Cryptography*. NIST Internal Report.
3. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2022–2024). *Post-Quantum Cryptography Standardization Project*.
4. Bavdekar, R. et al. (2022). *Post Quantum Cryptography: Techniques, Challenges, Standardization*. arXiv.
5. Alvarado, M. et al. (2023). *A Survey on Post-Quantum Cryptography*. arXiv.
6. Holt, T. J. (2020). *Darknet markets and cybercrime ecosystems*. Crime Science Journal.
7. Europol (2023). *Internet Organised Crime Threat Assessment (IOCTA)*.
8. UNODC (2022). *Cybercrime and Darknet Markets Report*.
9. Mosca, M. (2018). *Cybersecurity in an era with quantum computers*. Royal Society.
10. ITU (2023). *Quantum Technologies and Future Networks Report*.