

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI
MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI QARSHI
FILIALI**

Q.R. ZOHIROV

**SPORT BIOMEXANIKASIDA
MA’LUMOTLARNI RAQAMLI QAYTA
ISHLASH USULLARI**

MONOGRAFIYA

QARSHI
«BIG MAKRO WORLD» nashriyoti
2025

UO‘T 796.012.36
KBT 75.0
Z 85

Zohirov Qudratjon Rafiqovich
Sport biomexanikasida ma’lumotlarni raqamli qayta ishlash usullari /
Monografiya /Qarshi. “BIG MAKRO WORLD” nashriyoti, 2025. – 120 bet.

Ushbu monografiya talabalar «Bioinformatika va biomexanika» fanini o‘rganishlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, shu bilan birga, sportda zamonaviy axborot-kommunikatsion texnologiyalarni joriy etish, sportning kurash turi bilan shug‘ullanuvchi yoshlarni kinematik tahlil qilish, mushak signallarini raqamli qayta ishlash, sun’iy intellekt usullarini qo‘llagan holda sportchining holatini monitoring qilish, kelgusidagi faoliyatini to‘g‘ri tanlash, olimpiada va turli chempionatlarda kurashchilarni maqsadli tayyorlash uchun xizmat qiladi. Bunda sportchining mushak signallarini qayta ishlash, signalni yozib olish usullarini to‘g‘ri tanlash, kurashchilarning anatomiyasini tahlil qilish va ularning signal qiymatlaridan tashkil topgan ma’lumotlar to‘plamini xosil qilish jarayonlarini amaliy va metodik jihatdan bayon qilingan.

Monografiya «Bioinformatika va biomexanika» fanidan ta’lim beruvchi o‘qituvchilar, mustaqil o‘rganuvchilarga, talabalarga, magistr'larga, hamda sport sohasida axborot texnologiyalari qo‘llash yo‘nalishida ilmiy izlanishlar olib borayotgan tadqiqotchilar va doktorantlar uchun mo‘ljallangan.

Taqrizchilar:

H.S. Egamberdiyev – Iqtisodiyot va Pedagogika universiteti “Kompyuter tizimlari” kafedrası mudiri, PhD, dotsent

G.R. Berdiyev – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Qarshi filiali “Kompyuter tizimlari” kafedrası mudiri, PhD, dotsent

Monografiya Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Qarshi filiali Ilmiy-texnik kengashining 27.02.2025 yildagi 2-sonli bayonnomasi qarori bilan chop etishga tavsiya etildi.

ISBN 978-9910-698-55-2

© Q.R.Zohirov, 2025
© “BIG MAKRO WORLD” nashriyoti, 2025

KIRISH

Hozirgi vaqtda axborot texnologiyalar jadallik bilan rivojlanib bormoqda. Har bir davrning o'zining taraqqiyot omili, ehtiyoji, talabi va hayotiy tamoyillari mavjud bo'lib, jumladan sport sohasida xam zamon bilan xamnafaslikda taraqqiyotga olib boruvchi turli jarayonlar amalga oshmoqda. Yoshlarni ommaviy sportga jalb qilish, sportchilarning trenirovka jarayonlarida zamonaviy axborot-kommunikatsiyalar va asbob-uskunalarni qo'llash bo'yicha tavsiyaviy metodikalar ishlab chiqilmoqda. Xavaskorlikdan professionallikkacha bo'lgan davrda sportchilarni xech qanday salbiy holatlar, shikastlanishlarsiz tayyorlash, mashg'ulotlar davomiyligini qisqartirish, samaradorlikni oshirish, trenirovka usullarini to'g'ri tanlash kabi muhim omillarni boshqarish va amalga oshirish uchun sportda axborot texnologiya usullari qo'llash zaruriyati tug'iladi.

Jahonning bir qator yetakchi davlatlarida (AQSH, Buyuk Britaniya, Janubiy Koreya, Singapur, Kanada) sport sohasida sun'iy intellekt va boshqa zamonaviy usullarni qo'llash orqali inson kinematikasi va dinamikasini tahlil qilish, tanadagi biomexanik o'zgarishlarni kuzatishda, monitoring qilishda faol amaliyotga qo'llab kelinmoqda.

Respublikamizda esa, sportga alohida e'tibor berilgan, jumladan O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "Sport turlari bo'yicha terma jamoalar tarkibiga sportchilarni saralab olish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi 04.03.2020 yil 122-sonli qarori, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Nodavlat sport-ta'lim muassasalarida olimpiya va paralimpiya sport turlari bo'yicha sportchilarni tayyorlash va ularni davlat tomonidan qo'llab-quvvatlash chora-tadbirlari to'g'risida" gi 01.07.2022 yil PQ-302-sonli qarori, O'zbekiston Respublikasi turizm va sport vazirining "Gimnastika bo'yicha respublika ixtisoslashtirilgan olimpiya zaxiralari bolalar-o'smirlar sport maktabiga o'quvchi-sportchilarni konkurs asosida tanlab olish va qabul qilish tartibi to'g'risidagi nizomga o'zgartirishlar kiritish haqida" gi 05.11.2021 yil 3137-1 sonli

buyrug‘I, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Sog‘lom turmush tarzini keng tatbiq etish va ommaviy sportni yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi 30.10.2020 yil PF-6099-sonli va “O‘zbekiston Respublikasida jismoniy tarbiya va sportni yanada takomillashtirish va ommalashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi 24.01.2020 yil PF-5924-sonli farmonlari, hamda boshqa xujjatlar shular jumlasiga kiradi.

Prezident Shavkat Mirziyoyev raisligida 2025-yil 13 fevral kuni olimpiya va paralimpiya harakatini yanada rivojlantirish, ommaviy sportni yangi bosqichga olib chiqish hamda aholi jismoniy faolligini oshirish chora-tadbirlari yuzasidan videoselektor yig‘ilishi o‘tkazildi. Ushbu yig‘ilishda mamlakat rahbari tomonidan sport federatsiya rahbarlariga mahallagacha tushib, yosh iqtidorlarni aniqlashi, bittadan sport maktabini tanlab baza qilishi va infratuzilmasini yaxshilash bo‘yicha topshiriqlar berildi. Sport vazirligiga bu maktablar uchun ilg‘or xorijiy tajriba va chuqur ilmga asoslangan metodika yaratish topshirildi.

Shu bilan birga, sportda raqamlashtirishni keng joriy qilish orqali iqtidorli sportchilarni topish, saralash va ularni tayyorlash bo‘yicha ham yangi tizim joriy qilish bo‘yicha topshiriqlar berildi. Buning uchun alohida raqamli platforma ishga tushiriladi. Umumta’lim maktablarida o‘quvchilarning u yoki bu sportga qobiliyati aniqlanib, elektron platformaga kiritiladi. Sport maktablari bu mezonlar asosida o‘ziga yoshlarni tanlab, jismoniy va psixologik tayyorlab boradi. Sportchilarning kundalik natijalari, erishayotgan yutuqlari ham yagona elektron tizimga joylashtiriladi. Sport federatsiyalari ham eng yaxshi natija ko‘rsatgan yoshlarni terma jamoa yig‘inlariga chaqirib, ularni seleksiya qilib boradi. Terma jamoaga jalb qilingan yoshlar uchun jismoniy ko‘rsatkichlarni monitoring qiladigan raqamlashgan tizim yaratiladi.

Shu bilan birga, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktyabrdagi PF-5847-sonli «O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash

to'g'risida»gi, 2018-yil 19-fevraldagi PF-5349-sonli «Axborot texnologiyalari va kommu-nikatsiyalari sohasini yanada takomillashtirish chora – tadbirlari to'g'risida»gi farmonlari, 2020-yil 6-oktyabrdagi PQ-4851-sonli «Axborot texnologiyalari sohasida ta'lim tizimini yanada takomillashtirish, ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish va ularni IT-industriya bilan integratsiya qilish chora-tadbirlari to'g'risida», 2018-yil 5-iyundagi PQ-3775-sonli «Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora tadbirlar to'g'risida», 2017-yil 20-apreldagi PQ-2909-sonli «Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida» gi qarorlari va mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu monografiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Monografiya 4 bobdan iborat bo'lib, boblarda inson tanasidagi biosignallar turlari, ularning ta'biati, raqamli qayta ishlash usullari, hamda kurashchilarning maxsus jismoniy tayyorgarlik mashqlari va texnik usullari to'g'risida ma'lumotlar, mushak signallarini raqamli qayta ishlash, filtrlash, parametrlarga ajratish, sun'iy intellekt usullari asosida raqamli qayta ishlash jarayonlari, kurashchilarning maxsus tayyorgarlik mashqlari va texnik usullari asosida olingan elektromiografiya signallarini to'plash, elektrodning joylashuvi, kurashchilarning anatomiyasi, olingan signal ma'lumotlaridan parametrlarni ajratib olish, ma'lumotlar to'plamlarini tashkil qilish usullari, sportchilarning mushak signallarini tasniflash va sun'iy intellekt asosida ularning jismoniy tayyorgarliklarini baholash bo'yicha bilimlar berilgan.

I BOB. KURASH TARIXI, TURLARI VA SPORTCHILARNING MAXSUS KUCH TAYYORGARLIGINI TASHKIL ETISH

§1.1. Kurash sport turning tarixi va turlari

O‘zbek kurashi uzoq tarixga ega bo‘lib, bu ko‘plab tarixiy yodgorliklarda o‘z aksini topgan. Hozirgi O‘zbekiston hududida olib borilgan arxeologik qazilmalarda bahslarni tinchlik yo‘li bilan hal qilish, shuningdek dushmanlarni asirga olish usullarini o‘z ichiga olgan kurash usullarini tasvirlovchi qadimiy rasmlar topilgan. Kurashchilarning musobaqalardan oldin sakrashlar, uloqtirishlar, kuchni namoyish qilishni o‘z ichiga oluvchi mashqlar bajarilgan. Bu mashqlar bellashuv oldidan badan qizdirish vositasi bo‘lib xizmat qilgan. Bellashuv paytida kurashchilar raqibning teridan ishlangan belbog‘idan yoki ustki kiyimining turli joyidan ushlab kurash tushishni boshlaganlar. Raqibni yerga tashlash usulini amalga oshirishda oyoqlarning vazifasiga hamda raqib oyog‘idan chalish usuliga katta e’tibor qaratilgan.

O‘zbekiston hududida istiqomat qilgan xalqlarda bellashuv raqibni yerga birinchi tashlaguncha davom etgan. Musobaqalar milliy musiqa sadolari ostida bo‘lib o‘tgan va musobaqa g‘oliblari xalq o‘rtasida katta hurmatga sazovor bo‘lgan. Kurashchilar bellashuvlari oilaviy tantana yoki milliy bayramlarda o‘tkaziladigan yig‘inlar bezagi bo‘lgan. Yurtimizda yashagan ijod qilgan allomalarimiz asarlarida kuchli kurashchilarning bellashuvlari tasvirlangan hamda bazi usullar ta’riflab o‘tilgan. Allomalarimiz yozgan asarlardan ko‘rinib turibdiki, o‘zbeklarda usullar tizimi yetarlicha rivojlangan milliy kurash mavjud bo‘lgan.

Hozirgi O‘zbekiston hududida ikki kurash turi "farg‘onacha" - raqib belbog‘ini oldindan ushlab olish va "buxoroacha" - raqibni erkin ushlab olish turlari shakllangan. Bu ikki kurash turi hozirgi kunda ham respublikamizning barcha hududlarida tarqalgan. Ushbu kurash turlari bo‘yicha respublika, Osiyo va xalqaro musobaqalar o‘tkaziladi.

Bugungi kunda farg'onacha kurash turi belbog'li kurash hamda buxorocha kurash turi milliy kurash deb yuritilib kelmoqda. 1998 yilda Xalqaro kurash assotsiatsiyasi tashkil qilindi. 1999 yildan boshlab jahon chempionatlari o'tkazib kelinmoqda.

Erkin kurash

Erkin kurashning ildizlari Qadimgi Yunonistonga borib taqaladi. Ma'lumki, qadimgi yunonlar turli sport turlari bo'yicha sinovlarni umumiy jismoniy tayyorgarlikning asosiy qismi sifatida ko'rganlar. Erkin usulda kurashish esa sport turlari orasida alohida ahamiyat kasb etgan.

Kurashchilar o'rtasidagi bellashuvlarda hozirgi qoidalardan farqli ravishda, g'alaba mezoni raqibni butunlay safdan chiqarish yoki uni mag'lubiyatni tan olishga majbur qilishdan iborat bo'lgan. Bunga esa kurash davomida samarali usullarni qo'llash orqali erishilgan. Miloddan avvalgi VIII asrdan boshlab esa raqibni tizzada turishga majbur qilish g'alabaning asosiy sharti bo'lib xizmat qilgan.

Qadimgi dunyo haykaltaroshlari kurash tushayorgan kurashchilarning bellashuvlar paytidagi haykallarini tasvirlaganlar. Ushbu bellashuvlarda kurashchilar nafaqat oyoqlardan ushlab, balki oyoqlardan foydalanib turli harakatlarni bajarishgan.

Mutaxassislarning fikriga ko'ra, zamonaviy erkin kurash Angliyada shakllangan. XVIII asrga kelib, bu yerda shunday kurash turi mavjud bo'lganki, unda ishtirokchilarga hujum usullarini tanlashda keng imkoniyat berilgan. XIX asr esa Yevropada professional kurashning jadallik bilan rivojlangan davri bo'ldi. Sportdagi professionalizm Amerikaga ham tarqalib, kurash yuqori daromad keltiruvchi mashg'ulotga aylandi.

Kurash qiziqarli va tomoshabop sport bo'lishi bilan bir qatorda insonni har tomonlama rivojlantiruvchi sport turiga aylandi. Shimoliy Amerikada erkin kurashni targ'ib qiluvchi sport to'garaklari paydo bo'la boshladi.

1904-yilda AQSh da o'tkazilgan uchunchi Olimpiya o'yinlarida amerikaliklar mezbon sifatida o'z huquqlaridan foydalanib, birinchi

bor olimpiya dasturiga yunon-rum kurashi o‘rniga erkin kurash musobaqalarini kiritdilar. Ammo boshqa davlatlar vakillari bu musobaqada ishtirok etmadi. Keyingi Olimpiya o‘yinlari dasturida ikkita kurash turi ham qo‘yildi.

Yunon rum kurashi

XVIII XIX asrlarda Yevropada, ayniqsa, Fransiyada kurashga bo‘lgan qiziqish yana jonlana boshladi. Aholi orasida ushbu sport turiga bo‘lgan e‘tiborning ortishi professional kurashchilarning ko‘payishiga sabab bo‘ldi. Ular sirklar va yarmarkalarda o‘z mahoratlarini namoyish etib, tomoshabinlarni jalb qilardilar.

Bunday muvaffaqiyatlar shaharlarda alohida kurashchilar guruhlarining shakllanishiga turtki berdi. Natijada professional sportchilar o‘rtasida shaxsiy birinchilik musobaqalari, shuningdek, dastlab Fransiya shaharlari, keyinchalik esa jahon chempionatlari o‘tkazila boshlandi. Chempionatlarning mukammal tashkil etilishi va keng targ‘ib qilinishi professional kurashning yanada rivojlanishiga zamin yaratdi.

Vaqt o‘tishi bilan fransuz kurashi boshqa Yevropa davlatlariga ham tarqala boshladi. Ushbu sport turi nafaqat ommalashib, keng geografik hududlarga yoyildi, balki texnik jihatdan ham boyib bordi. Kurash musobaqalarida qo‘pol harakatlar tomoshabinlarning e‘tiborini torta olmadi, aksincha, texnika, chaqqonlik va chiroyli kurashga bo‘lgan qiziqish ortdi.

Havaskorlar o‘rtasida kurash musobaqalarini tashkil etish va kuzatish maqsadida 1912 yilda Xalqaro qo‘mita tuzildi. 1921 yilda esa ushbu qo‘mita Xalqaro havaskorlar kurash federatsiyasi (FILA)ga aylantirildi. Bugungi kunda FILA dunyodagi eng yirik va nufuzli sport tashkilotlaridan biri bo‘lib, u yuzdan ortiq milliy kurash federatsiyalarini birlashtirgan holda faoliyat olib bormoqda.

Dzyudo

Zamonaviy Dzyudo yaponcha djiu-djistu asosida paydo bo‘lgan sport turi hisoblanadi. XIX asrning oxirida qurolsin qo‘l jangini olib borish tizimining eng rivojlangan davrida Yevropa kirib keldi.

Dzyudoning asoschisi doctor Dzigaro Kano hisoblanadi. Kanoning o‘zi risoladagidek jismoniy qobiliyatga ega bo‘lmasa-da, qisqa vaqt ichida djiu-djistu, karate, sumo va boshqa milliy kurash turlarining ko‘p sonli usullari texnikasini egallab oldi. Ular ichida eng samaralilarini tanlab olib xavfli urushlash va zarbalarni chiqarib tashlab, yangi kurash turini yaratdi. U dzyudo, ya'ni –"yumshoq yo‘l" deb nom oldi.

Kanoning fikricha, dzyudo usullarini yaxshi o‘rganib olib, kuch jihatdan yuqori , biroq epchil bo‘lmagan kishi ustidan g‘alaba qozonish mumkin. Dzyudoda kuch muhim rol o‘ynamaydi, balki yuqori mahorat o‘tkislashtirilgan texnikadir. Shu sababdan dzyudo bo‘yicha birinchi musobaqalar o‘tkazishda ishtirokchilar vazn toifalariga qarab bo‘linmaganlar. Yaponiyada bo‘lib o‘tgan birinchi uchta jahon chempionatlari faqat mutloq toifada o‘tkazilgan.

Sambo

Texnik-taktik tavsiflariga ko‘ra dzyudo kurashiga yaqin bo‘lgan sambo kurashi XX asrning 30-yillari boshlarida Rossiyada shakillana boshladi. Ruslar kurashchilarning kiyimlarini yaponcha kurashdagi an’anaviy shim va kimonodan sport kalta shimi va maxsus kurtka bilan o‘zgartirdi. Shu bilan bir qatorda, sport oyoq kiyimini ham o‘zgatirib, yunon-rum kurashidagi kabi, lekin tagi yumshoq botinkalarni kiritdi. Samboga dzyudodagi bo‘g‘ib ushlab olish usullarini bekor qilib, texnik harakatlardan tashlashlar va oyoqlardan ushlab olib qoqish hamda oyoqlarga og‘riq beruvchi usullarni kiritdi.

Yangi kurash turi sambo 1938 yilda tan olindi. 1947 yilga kelib bu kurash turi rasmiy ravishda "Sambo" deb nomlandi. U "samozashita bez orujiya" so‘zlarining qisqartmasidan hosil qilingan bo‘lib "quolsiz o‘z-o‘zini himoya qilish" ma'nosini bildiradi.

Mongoliya, Bolgariya, Yaponiya, Angliya, Ispaniya, AQSh, Fransiya, Italiya kabi jahonning bir qator mamlakatlarida keng tarqalidi va boshqa davlatlar ham bu sport turiga qiziqib qoldilar. 1966 yilda Xalqaro havaskorlar kurash federatsiyasi Kongressi sambo kurashini xalqaro sport turi deb tan olish hamda yunon-rum, erkin

kurash bo'yicha chempionatlarning o'tkazilish muddatlarida sambo bo'yicha ham jahon va Yevropa chempionatlarini tashkil qilish to'g'risida qaror chiqardi.

Arm resling

XX asrning 60-yillarida Armrestling sport turi sifatida shakllandi. Ingliz tilidan tarjima qilinganda armrestling "qo'llarda kurashish" ("arm"- qo'l, "restling"-kurash) ma'nosini bildiradi. Armresling o'zining tarixiy ildiziga ega. Bu yakka kurash turi xalq bayramlari va to'y-tantanalarda eng kuchli kishini aniqlashning an'anaviy usuli bo'lib hozirgacha yetib kelgan.

Armresling maxsus tayyorgarlikka qaratilgan unumli mashq sifatida qadimdan kurashchilar tayyorgarlik tizimiga kiritilgan. Ushbu sportda qoidalar juda sodadaligi, ham so'g'lom kishilar, ham nogironlar uchun tengligi, ehtirosga boyligi va tomoshabopligi uning ko'pgina davlatlarda keng tarqalishiga yordam berdi. Petaluma shahrida (AQSh) 1962 yilda Armrestling bo'yicha birinchi jahon chempionati bo'lib o'tdi.

§1.2. Sport kurashida texnik tayyorgarlikning ahamiyati

Kurashchilarni tayyorlashda maqsadga muvofiq rejalashtirilgan texnik tayyorgarlik, texnik-taktik mahoratni shakllantirish va musobaqa davomida yuksak natijaga erishish muhim omillardan biridir. Lekin, sport amaliyotida bellashuvlar har doim ham rejalashtirilgan holatlarda bo'lmasligi tez-tez uchrab turadi. Buning asosiy sabablaridan biri mashg'ulotlarda qo'llanilgan u yoki bu texnik mashqlarning hajmi va muddati hamda ushbu ko'rsatkichlarni shug'ullanuvchilar organizmiga ta'sir etish darajasi ob'ektiv ravishda baholanmasligidir.

Kurashda sportchining texnik harakatlari ko'p va turli-tumanligi sababli u boshqa sport turlaridan farq qiladi. Kurashchining texnik harakatlarini tartibga solish va ushbu sohada mutaxassislar o'rtasida muloqot qilish imkonini yaratish uchun kurash texnikasining tasnifi,

tizimi hamda atamalari ishlab chiqilgan. Sport sohasiga oid ilmiy uslubiy adabiyotlarda ushbu muammoga alohida e'tibor qaratilgan.

So'nggi yillarga kelib olimlar o'rtasida yuqori malakali sportchilarni tayyorlashda texnik tayyorgarlikning o'рни, jumladan oshirib tashlash, chalib yiqitish usullari texnikasi tayyorgarlik mashqlarining bir-biriga uzviy bog'liqligi hamda ularning sport mahoratiga bo'lgan ta'siri haqidagi muammolar tobora katta qiziqish uyg'otib bormokda. Avvaldan isbot qilinganki texnik harakatlarni bajarishni takomillashtirib, shakllantirib borish sportchining tayyorgarligiga ijobiy ta'sir etadi.

So'z texnik tayyorgarlik va xususan sportchilarni tayyorlashda texnik harakatlarni bajarishning bir-biriga bog'lab shakllantirish muhimligi haqida borar ekan, bu borada texnik harakatlardan kurashda hali raqibini tutish, ya'ni ushlashlarga alohida urg'u berish maqsadga muvofiqdir. Ayniqsa kurashga oid ushlashlarning o'рни beqiyos. Bu borada taniqli tadqiqotchi ba'zi bir olim diqqatni jalb qiluvchi o'ta muhim ma'lumotlarni keltiradi. Chunonchi, sportning yakkakurash turlarida texnik mahoratning nisbatan farq qiluvchi xususiyatlaridan biri bu o'zgaruvchan musobaqa vaziyatida texnik harakatlar asosida ijro etiluvchi murakkab harakat malakalaridir. Aynan shu harakat hal qiluvchi vaziyatlarda o'z yetakchiligini namoyish etadi. Shu bilan bir qatorda uzoq muddat davom etadigan musobaqa jarayonida texnik malakalarni yuqori samarada ijro etish birinchi navbatda maxsus chidamkorlik sifatiga kuzatishlarga ko'ra kurash bo'yicha jahon chempionati ishtirokchilarining, musobaqa davomida ijro etgan texnik malakalari kurashchining 3-davrida o'z samarasini keskin susaytirgan. Ushbu vaziyat ana shu kurashchilarning maxsus texnik tayyorgarligining yuqori darajada shakllanmaganligidan dalolat beradi. Demak, bundan ko'rinib turibdiki, texnik mahorat samarasini musobaqalar davomida uzoq vaqt saqlab turishda maxsus chidamkorlik sifati muhim o'rin egallaydi. Ma'lumki, maxsus chidamkorlik umumiy chidamkorlik yaxshi rivojlangandagina samarali shakllanishi isbotlangan.

Sport sohasidagi mutaxassislarning fikricha maxsus chidamkorlikni rivojlantirish uchun kurashchi maxsus texnik mashqlarni uzoq vaqt davomida, xatto charchash asoratlari mavjud bo'lganda ham bajarishi etishi kerak bo'ladi. Umumiy chidamkorlik o'rtacha shiddatda ko'p hajmli mashqlarni (uzoq masofaga chopish, eshkak eshish, suzish, velosiped xaydash va hakoza) surunkasiga bajarish asosida shakllantiriladi. Mazkur gilam ustida ijro etiladigan olishuv usullari kurashchining maxsus chidamkorligini samarali rivojlantirishda asosiy vositalardan biri sifatida qo'llaniladi va bu texnik malaka deb e'tirof etadi.

Kurashchilarni tayyorlash va texnik mahoratni shakllantirishda egiluvchanlik sifati ham zarur omillardan biri bo'lib, yuqori darajada rivojlangan egiluvchanlik qobiliyatiga ega bo'lgan kurashchi "most" holatidan keskin xavfli vaziyatdan xolos bo'lish, egilib ko'tarib tashlash kabi texnik malakalarni mohirona bajarishga erishadi. Egiluvchanlik asta-sekin, uzoq muddatli mashg'ulotlar evaziga shakllanadi. Agar egiluvchanlikni rivojlantirishga oid mashg'ulotlar biroz to'xtatib qo'yilsa, bu sifat susayishi yoki keskin yo'qolib ketishi mumkin.

Kurashda qo'llanadigan usullar (texnik) egiluvchanlik malakalarni o'zida shakllantirib boradi. Lekin, buning o'zi ushbu sifatni to'liq rivojlantirish imkoniyatini bermaydi. Bu sifatni samarali takomillashtirish uchun mushak, pay, bo'g'imlarni cho'zish, egish, yoyish, siqish, burash kabi maxsus mashqlarni sekin-asta muntazam qo'llash kerak bo'ladi. Shiddat va keskin tarzda qo'llaniladigan mashqlarni - mushak, pay, bo'g'imlarni cho'zish, egish, yoyish, siqish va burash, shuningdek, maxsus mashqlarni sekin - asta muntazam qo'llash kerak bo'ladi.

Egiluvchanlikni yoshlikdan boshlab shakllantirish maqsadga muvofiqdir. Shu bilan bir qatorda bu sifatni rivojlantirish ehtiyotkorlikni talab etadi. Zo'rma-zo'raki va keskin tarzda qo'llangan mashqlar mushak, pay, bo'g'imlarni shikastlanishiga, xatto og'ir jarohatga olib kelish mumkin.

Texnik tayyorgarlikdagi boshqa sifatlar - chidamkorlik va tezkorlikni sekundda, kuchni kilogrammda, egiluvchanlikni gradusda yoki pedagogik baholarda o'lchash mumkin, lekin chaqqonlik sifatini o'lchash birligi mavjud emas deb ta'kidlaydi. Mazkur sifatni boshqa sifatlar aralashmasida aniqlash mumkin. Ya'ni, murakkab harakatlarni ma'lum vaqt mobaynida yoki ma'lum marotaba bajarish mumkinligi to'g'risida fikr beradi.

Kurashchilarni tayyorlashda va chaqqonlik sifatlarini rivojlantirish alohida ahamiyatga ega. Ta'kidlab o'tish joizki, o'quv-mashg'ulot jarayonida barcha texnik sifatlarni garmonik ravishda rivojlantirish mahoratli kurashchilarni tayyorlash garovidir.

Sport texnikasini o'rgatish usullari harakat unsurlarini (bosqichlar, bo'g'imlar harakati) tahlili natijasida alohida ajratib ko'rsatishga imkon beradigan kinematik va dinamik xususiyatli harakatlar tavsifini qayd etishning xilma-xil yo'llarini o'z ichiga oladi. Sport texnikasi unsurlarini zarur hollarda qo'llanadigan boshqa usullar (elektromiografiya, tonometriya, pnevmografiya va boshqalar) bilan o'zaro aloqada tekshirish harakatlarining tuzilishining sintetik jihatdan qayta tiklash, yaxlit harakatda texnika usullarining tutgan o'rni va o'zaro bog'lanishlarini ochib berish, harakatlari bajarilayotgan shart-sharoitlar ahamiyatini aniqlash uchun imkon yaratadi.

Sport texnikasini o'rganishning muhim yo'llaridan biri qiyosiy usul bo'lib, u sport-texnik mahoratni tarkibiy qismlarini (sport ustasi va sportchining texnikasi), sport takomillashuvi dinamikasini (texnik mahoratini takomillashtirish bosqichlari bo'yicha darajasi), alohida xususiyatlarni jismoniy rivojlanish darajasi va jismoniy tayyorgarlikning model ko'rsatkichlari bilan taqqoslash texnikasining tarkibiy qismlarini aniqlashga imkon beradi.

Kurashning texnik tayyorgarligi sportchi tomonidan yuqori sport natijalariga erishishni ta'minlovchi harakatlar tizimining egallaganlik darajasi bilan tavsiflanadi.

Kurashchining texnik tayyorgarligi ikkiga ya'ni, umumiy va maxsus texnik tayyorgarlikka ajratiladi. Umumiy texnik tayyorgarlik

yordamchi sport turlaridagi har xil harakat malakalari hamda ko'nikmalarini egallashga, maxsus texnik tayyorgarlik sport kurashida texnik mahoratga erishishga qaratilgan bo'ladi.

Sport kurashida texnik tayyorgarlik bir qator murakkab vazifalarni hal etishga yo'naltirilgan:

Sport texnikasini takomillashtirish kurashchilarning ko'p yillik tayyorgarligi davomida amalga oshiriladi va u tanlangan kurash turida texnik mahoratni oshirishga qaratiladi.

Texnik mahorat deganda keskin sport kurashi sharoitlarida eng oqilona harakat texnikasini mukammal egallash tushuniladi.

Texnik tayyorgarlik sport turi xususiyatlariga xos va yuqori natijalarga erishishni ta'minlovchi harakat tizimlarini sportchi tomonidan o'zlashtirilishidir. Texnik tayyorgarlikka yuzaki yondashib bo'lmaydi. Uni sportchining jismoniy, ruhiy, taktik va boshqa imkoniyatlari hamda sport faoliyatida bajariladigan tashqi muhitning aniq sharoitlari bilan o'zaro chambarchas bog'liq bo'lgan bir butunlik sifatida qabul qilish lozim. Kurash texnikasi – bu musobaqa qoidalarida ruxsat etiladigan usullar, qarshi usullar va himoyalaniqlar yig'indisidir.

Kurash taktikasi - bu musobaqalarda eng yaxshi natijaga erishish uchun yuzaga kelgan muayyan sharoitlarda texnik, jismoniy va irodaviy imkoniyatlardan maqsadga muvofiq holda foydalanishdir. Taktik tayyorgarlik sportchilarda taktika sohasidagi zarur bilimlarni egallash, sport kurashini to'g'ri olib borishda ma'lum malaka hamda bilimlarni shakllantirish, shuningdek taktik mahoratni takomillashtirishga qaratilgan.

Taktik tayyorgarlikning asosiy maqsadi sportchida musobaqada g'alabaga erishish yoki yuqoriroq natijani ko'rsatish maqsadida sport bellashuvini to'g'ri tashkil qilish hamda olib borish qobiliyatini tarbiyalashdan iborat. Sport taktikasini egallash jarayonida bir qator o'ziga xos bo'lgan individual vazifalar hal qilinadi.

- musobaqa vaziyatini shunday qabul qilishi va tahlil qilishi lozimki, ushbu vaziyatdan kelib chiqadigan taktik vazifalarni tushuna

bilishi hamda qisqa vaqt ichida uni hayolan va harakat bilan hal etishi zarur;

- musobaqada o'z kuchidan shunday foydalanishi kerak hamda raqib ustidan g'alaba qozonish maqsadida, uni oxirigacha safarbar qila olishi lozim;

- to'satdan o'zgarib qolgan vaziyatlarda bellashuv rejasini mustaqil o'zgartira olishi kerak.

Kurashda ko'pincha oddiy hujum harakatlari emas, balki murakkab harakatlar muvaffaqiyat keltiradi. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida shu narsa aniqlanganki, usul tuzilmasidan darhol boshlanadigan to'g'ridan-to'g'ri hujum kamdan-kam maqsadga erishishga olib keladi. Odatda, qulay dinamik vaziyatni tayyorlash uslubi hamda hujum usuli tuzilmasi yaxlit harakatga, ya'ni harakat uyg'unligiga qo'shib ketadigan hujum harakatlari muvaffaqiyat keltiradi.

Usulni amalga oshirish uchun taktik tayyorgarlik usullarini guruhlarga tasniflanishi ishlab chiqilgan. Unga asosan usullar (ular yordamida texnik harakatlarni amalga oshirish uchun qulay bo'lgan sharoitlar yaratiladi) uchta guruhga bo'linadi:

Asosiy usulni samarali bajarishda tayyorlov harakatlari katta ahamiyatga ega, shuning uchun ular uzviy bog'liqlikda takomillashtirilishi lozim. Xususan, takomillashtirish jarayonida asosiy qiyinchilik harakatning bir turidan ikkinchisiga o'tish fazasida yuzaga keladi. Mahorat darajasi qancha yuqori bo'lsa, bunday bog'liqliklar kam ko'zga tashlanadi.

O'z vaqtida ilmiy-texnik rivojlanishni amaliyotga kiritish, ko'pincha sportchini tayyorlash natijasiga ta'sir ko'rsatadi.

Ta'kidlash joizki, har bir sport turiga oid harakat malakalari ham o'z texnik ko'rsatkichlari, o'lchamlari va ularni ijro etishda o'ziga xos texnik tartibga asoslangan. Boshqacha qilib aytganda, sportchi muntazam shug'ullanish natijasida musobaqada ishtirok etadi va o'zining texnik mahorati darajasi tufayli ma'lum o'rinni egallaydi,

taktik hujum harakatlarini bajarish bo'yicha mahorat ko'rsatkichi esa sekin-asta takomillashib boradi.

Qo'yilgan maqsadga erishmoq uchun bellashuvda xilma-xil tarzda uyg'unlashtirib qo'llaniladigan maxsus usullar to'plami sport texnikasini tashkil etadi.

Texnik usullar yuksak sport natijalariga erishish, ko'pincha esa charchoq orta borayotgan sharoitda bellashuv faoliyatidagi turli holatlarda ularni qanchalik mohirlik bilan, samarali qo'llay bilishiga bog'liq.

Yosh sportchilarning texnik malakalarining rivojlantirish amaliy mashg'ulotlar davomida muhim o'rin egallaydi . Amaliyotdan ma'lumki, yosh sportchilarni texnik usullarga o'rgatish natijalari bir xil emas. Tafovut texnik usullarning sportchilar tomonidan qay tarzda egallanilishi va faollanilishida namoyon bo'ladi.

Yuqori malakali sportchilarni tayyorlash yuqori darajada ko'p yillik tayyorgarlik tizimi samaradorligiga bog'liqdir.

Malakali sportchini tarbiyalash, sportchilar har tomonlama tayyorgarligining murakkab va ko'p mehnat talab etiladigan jarayoni hisoblanadi. Sportda yuqori natijaga erishish uchun oqilona texnikani egallash va uni harakat malakalarida mustaxkamlash birinchi darajali ahamiyatga ega.

Sport texnikasi – bu bellashuvni muvaffaqiyatli olib borish uchun sportchiga zarur bo'lgan maxsus usullar majmuasi hisoblanali. U sportchiga turli bellashuv jarayonlaridagi muhim vaziyatlarda muayyan taktik vazifalarni hal etish imkonini beradi.

Sport musobaqalarida kechadigan har bir bellashuv jarayoni o'zining maqsadiga ega bo'lishi shart. Ushbu maqsad o'z navbatida avvaldan belgilab olingan muayyan taktik strategik vazifalar asosida amalga oshiriladi. Albatta, bunday maqsad va vazifalarni qo'yish hamda ularni amalda samarali hal qilish sportchida shakllangan texnik va taktik mahorat, jismoniy, funksional va psixologik tayyorgarlikni talab qildi. Mazkur sifatlar esa ko'p yillik mashg'ulot jarayonida sayqal topadi. Ammo, ta'kidlash joizki, musobaqalarda qo'yiladigan

yuksak taktik strategik vazifalarni muvaffaqiyatli hal qilish faqat to'g'ri tashkil qilingan mashg'ulotlar evaziga va albatta, o'yin tajribasi hisobiga amalga oshirilishi mumkin.

Yuksak sport natijalariga erishish ko'p jihatdan sportchining ana shu xilma-xil vositalarni qanchalik to'liq bilishiga, raqib jamoa o'yinchilariga qarshilik ko'rsatayotgan, ko'pincha esa charchoq orta borayotgan sharoitda o'yin faoliyatidagi turli holatlarda ularni qanchalik mohirlik bilan samarali qo'llay bilishiga bog'liqdir. Sport texnikasini yaxshi bilish sportchining har tomonlama tayyorgarlik ko'rishi va mutanosib kamol topishi jarayonining ajralmas qismidir.

Sportchilarning musobaqalarda ishtirok etishi faoliyati ularni muayyan sport turiga xos bo'lgan harakat malakalarini maromiga yetkazib bajarishlarini taqozo etadi. Harakat malakalarini ijro etish texnikasi qanchalik takomillashgan bo'lsa, musobaqada g'alabaga erishish imkoniyati shunchalik keng bo'ladi.

G'alabaga erishish bu musobaqaning asosiy maqsadidir. Lekin, bunday maqsad cho'qqisini zabt etish imkoni faqat o'rgatish va texnik tayyorgarlik jarayonlarning samarasiga bog'liqdir.

3 razryad olgan sportchi musobaqalarda muntazam qatnashishni boshlaydi va bellashuvlarda tajriba orttira boradi. Sport takomillashuvining bu bosqichida u o'quv-mashg'ulot ishi va musobaqalarni birga qo'shib olib boradi, sport faoliyati esa shunday rejalashtiradiki, sport mahoratini doimo oshirib borib, har doim musobaqalarga tayyor turish lozim.

Texnik tayyorgarlik sport turi xususiyatlariga xos va yuqori natijalarga erishishni ta'minlovchi harakat tizimlarini sportchi tomonidan o'zlashtirilishidir. Texnik tayyorgarlikka yuzaki yondashib bo'lmaydi. Uni sportchining jismoniy, ruhiy, taktik va boshqa imkoniyatlar hamda sport faoliyatida bajariladigan tashqi muhitning aniq sharoitlari bilan o'zaro chambarchas bog'liq bo'lgan bir butunlik sifatida qabul qilish lozim.

Zamonaviy sportda texnik usullar va harakatlar xilma-xil bo'lib, uning hajmi asta-sekin kengayib bormoqda. Bu albatta tabiiy, chunki

sportchi egallagan usul va harakatlar soni qanchalik ko'p bo'lsa, u shunchalik musobaqa jarayonida vujudga keladigan murakkab taktik vazifalarni yechishga tayyor bo'ladi hamda bellashuv davomida raqibning hujum harakatlariga qarshilik ko'rsatib, uni qiyin holatga tushirish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Bellashuv olib borish vositalarining muayyan tarkibini o'zgartirish, ularni bajarishning harakat komponentlarini takomillashtirish sportchilar texnik tayyorgarligining asosiy mazmunini tashkil etadi. Bu jarayonda, shuningdek, taktik va psixologik tayyorgarlik vositalari va uslublarini samarali qo'llash uchun sharoit yaratadi. Shu bilan birga ixtisoslashgan harakatlarni takomillashtirish harakatlanish hislatlari darajasini oshirish bilan parallel ravishda boradi.

Ko'p yillik tayyorgarlikning tuzilishi ko'pgina omillarga, sportning yo'nalishiga, sportchining rivojlanish individualligiga va mashg'ulot jarayonini xususiyatlariga bog'liq.

§1.3. Kurashchilarning texnik-taktik mahoratlarini oshirish uslubiyati

Kurashning texnik tayyorgarligi sportchi tomonidan yuqori sport natijalariga erishishni ta'minlovchi harakatlar tizimining egallaganlik darajasi bilan tavsiflanadi.

Kurashchining umumiy va maxsus texnik tayyorgarligi ajratiladi. Umumiy texnik tayyorgarlik yordamchi sport turlaridagi har xil harakat malakalari hamda ko'nikmalarini egallashga, maxsus texnik tayyorgarlik sport kurashida texnik mahoratga erishishga qaratilgan.

Sport kurashida texnik tayyorgarlik bir qator murakkab vazifalarni hal etishga yo'naltirilgan:

- maksimal kuchlanishdan foydalanish samaradorligini oshirish;
- ish kuchlanishini tejash;
- musobaqa faoliyatini o'zgaruvchan holat sharoitlarida harakatlanish tezligi, aniqligini oshirish.

Sport texnikasini takomillashtirish kurashchilarning ko‘p yillik tayyor-garligi davomida amalga oshiriladi va u tanlangan kurash turida texnik mahoratni oshirishga qaratiladi.

Texnik mahorat deganda keskin sport kurashi sharoitlarida eng oqilona harakat texnikasini mukammal egallash tushuniladi.

Texnik mahoratni takomillashtirishning uchta bosqichi ajratiladi;

1. Izlanish.
2. Barqarorlashtirish.
3. Moslashishni takomillashtirish.

Birinchi bosqichda texnik tayyorgarlik musobaqa harakatlarining yangi texnikasini shakllantirishga, uni amaliyotda egallash shart-sharoitlarini yaxshi-lashga, musobaqa harakatlari tizimiga kiruvchi ayrim harakatlarni o‘rganishga (yoki qayta o‘rganishga) qaratilgan.

Ikkinchi bosqichda texnik tayyorgarlik musobaqa harakatlarining butun malakalarini chuqur o‘zlashtirish va mustahkamlashga qaratilgan.

Uchinchi bosqichda texnik tayyorgarlik shakllangan malakallarni takomillashtirish, ularning asosiy musobaqalar sharoitlariga mos holda maqsadga muvofiq variantlilik, barqarorligi, ishonchligi chegaralarini kengaytirishga qaratilgan.

Har bir texnik tayyorgarlik bosqichining asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

1. Kurash texnikasi asosini tashkil etadigan harakat malakalarining yuqori barqarorligi hamda oqilona variantligiga erishish, musobaqa sharoitlarida ularning samaradorligini oshirish.

2. Harakat malakalarini qisman qayta qurish, musobaqa faoliyati talablarini hisobga olgan holda usullarning ayrim qismlarini takomillashtirish.

Birinchi vazifani hal etish uchun tashqi vaziyatni murakkablashtirish uslubi, organizmning turli holatlarida mashqlarni bajarish uslubi qo‘llaniladi. Ikkinchi vazifani hal etish uchun texnik harakatlarni bajarish sharoitlarini yengillashtirish uslubi, birga (sopryajenniy) ta’sir ko‘rsatish uslubi qo‘llaniladi.

Texnik usullarni bajarishda tashqi vaziyatni murakkablashtirish uslubi quyidagi bir qator usullarda amalga oshiriladi.

1. Shartli raqib qarshiligining uslubiy usuli sportchiga texnik harakatni bajarish tuzilmasi va maromini takomillashtirishga, barqarorlik va natijalilikka tezroq erishishga yordam beradi.

2. Qiyin dastlabki holatlar va tayyorgarlik harakatlarining uslubiy usuli. Masalan, egilab tashlashni takomillashtirishda ushlab olish joyi va kurashchilar o'rtasidagi masofani o'zgartirish lozim.

3. Usullarni bajarish uchun joyni cheklash uslubi malakani takomil-lashtirishda mo'ljallangan shartlarini murakkablashtirishga yordam beradi. Kurashda kichraytirilgan o'lchamdagi gilamlar qo'llaniladi.

Texnik harakatlarning bajarilishini qiynlashtiruvchi sportchi organizmining turli holatlarida mashqlarni bajarish uslubi ham turli xildagi usullarda amalga oshiriladi.

Harakatni ancha toliqqan holda bajarishning uslubiy usuli. Bu holda katta hajm va shiddatdagi jismoniy nagruzkadan keyin sportchiga texnikani rivoj-lantirishga qaratilgan mashqlar taklif qilinadi.

Nazorat o'quv-trenirovka bellashuvlari o'tkazilgandan so'ng katta emotsional zo'riqish holatida harakatlarni bajarishning uslubiy usuli.

Vaqtivaqti bilan ko'rishni ta'qiqlash yoki cheklashning uslubiy usuli harakatlanish malakasining retseptorli-analizatorli tarkibiga tanlab ta'sir ko'rsatishga yordam beradi.

Musobaqa vaziyatida ayrim usullar yoki harakatlarni majburan bajarish usuli malakani takomillashtirish jarayonida kurashchi faolligini rag'batlantiradi. O'quv-trenirovka bellashuvlarida kurashchi himoyaning texnik usullari, yoki aksincha, hujum usullariga ko'proq diqqatni to'plashga ko'rsatma oladi.

Texnik harakatlarni bajarish shartlarini yengillashtirish uslubi bir qator uslubiy usullardan iborat:

1. Harakat elementini ajratish uslubiy usuli. Masalan, yunon-rim kurashida – beldan yuqori qismdan ushlab olishni amalga oshirish.

2. Mushak zo‘riqishini pasaytirish uslubiy usuli kurashchiga harakatlanish malakasidagi ayrim harakatlarga yanada aniq tuzatishlarni kiritishga yordam beradi. Texnik harakatlarni takomillashtirish uchun kurashchiga ancha yengil vazn toifasidagi raqib tanlanadi.

3. Tezkor axborot uslubiy usuli zarur harakat kengligi, maromi, sur‘atini tez egallab olishga yordam beradi, bajariladigan harakatni anglash jarayonini faollashtiradi.

Texnik harakat to‘g‘risidagi tezkor axborot uchun videokamera va videomagnitofondan foydalanish qulaydir.

Birga ta‘sir ko‘rsatish uslubi sport trenirovkasida o‘zaro birgalikda jismoniy sifatlarni rivojlantirish va harakat malakalarini takomillashtirishga asoslangan uslubiy usullar yordamida amalga oshiriladi. Bu holda usullarni takomillashtirishda kurashchiga ancha og‘ir vazn toifasidagi raqib tanlanadi.

Yunon-rim kurashchilari mashg‘ulotlarining birinchi yilida barcha usul va harakatlarni o‘rganish bilan birga asosiy e‘tiborni qarshi hujum mashqlarini o‘rgatishga qaratish kerak bo‘ladi, chunki qarshi hujum hujum kiluvchiga nisbatan himoya hisoblanadi. Shuning bilan birga, hujum ham hisoblanadi. Fakat himoyani o‘rganish kurashchini o‘kitish va tarbiyalashda sustkashlikka olib kelishi bilan undagi texnika harakatlarining o‘sishiga to‘sqinlik qilishi tadqiqot jarayonida aniqlandi.

Yunon-rim kurashchilarining texnik tayyorgarligi bu tanlangan kurash turida harakatlar texnikasini o‘rganish va shu sohada takomillashuv jarayoni bo‘lib, u mashg‘ulotlar vaqtida bajariladigan umumrivojlantiruvchi va maxsus mashqlarning keng qatlamini o‘z ichiga olidi. Yunon-rim kurashida yuqori natijalarni qo‘lga kiritish muayyan yunon-rim kurashiga xos bo‘lgan mashqlarni oqilona va samarali bajarish orqali texnikani mukammal egallash bilan bevosita bog‘liqdir. Bu o‘rinda oqilona texnika faqatgina to‘g‘ri asoslangan

harakat shakligina bo‘lib qolmay, shuningdek, muhim iroda hamda mushaklarni zo‘riqtirish, harakatlarni tez bajarish, mushaklarni o‘z vaqtida bo‘shashtirishni bilish ham farqlanad.

Yunon-rim kurashi texnikasining mazmun va ahamiyati yunon-rim kurashchilarning har xil vazn toifalarida muhim farqlanishlarga egadir. Mazkur farqlanishlar harakatlanish faoliyatining o‘ziga xos xususiyatlari va yunon-rim kurashchilari natijalarini baholash usullari bilan izohlanadi.

Sport kurashini o‘rganish jarayonini rajalashtirish vaqtida texnik-taktik tayyorgarlik masalalariga ko‘proq e‘tibor berish kerak va darhol texnik harakatlarning to‘g‘ri biodinamik tuzilmasiga o‘zgartirish kirishish lozim.

Bunda murabbiy – pedagog hamda kurash sirlarini o‘rganayotgan sportchi oldida texnik – taktik tayyorgarlikni (TTT) samarali rejalashtirish xamda sport mahoratining o‘shish dinamikasini nazorat va tahlil qilish, shuningdek, sport mashg‘ulotlariga umumli o‘zgartirishlar kiritish maqsadida TTT xususiyatlariga tizimli asosda baho berish zarurati paydo bo‘ladi.

Sport kurashining ko‘pgina mutaxassisleri fikricha, TTT bugungi kunda muammoli masalaligicha qolmoqda, shuning uchun ham texnik harakatlarni ko‘p miqdorda qo‘llaydigan kurashchilar, xullas, “texnikachilar” borgan sayin kamayib bormoqda.

TTTni baholash tizimi hamda yuqorida ko‘rsatilgan vazifalarni hal etish yo‘lida ularni qo‘llash usullarining ishlab chiqilishi sportchilar TTT darajasi chegaralarini miqdoriy aniqlash hamda sport tayyorgarligi pedagogik jarayoniga muhim tuzatishlar kiritish uchun imkon beradi.

TTT ko‘rsatkichlariga ko‘pgina tadqiqotchilar va pedgog-murabbiylar tomonidan ta‘rif berilgan. Matbuotda muntazam paydo bo‘lib turgan axborotlar shundan dalolat beradi. Lekin bunda mazkur ko‘rsatkichlar turli talqin qilinadi, ularni tushuntirishda har xil usullardan foydalaniladi. TTT ko‘rsatkichlarini tasniflash usullarini qo‘llashning umumiy xususiyati shuki, tayyorgarlikning turli

tomonlarini alohida ko'rsatkichlarga qarab ham, ko'rsatkichlarni majmua asosida ham baholash mumkin. Ko'rsatkichlar majmuasini vujudga keltirishda turli xil matematik amallardan foydalaniladi.

TTT ko'rsatkichlari yordamida kurashchilar tayyorgarligi darajasini miqdoriy jihatdan aniqlash uchun musobaqa faoliyatini qayd etish va kuzatishning har xil usullaridan foydalanish zarur. Bunday usullarga: kinoga olish, videomagnitofonga yozib olish va turli rasmlar yordamida stenografiya usulida qayd etish va boshqalar kiradi.

Yuqori malakali kurashchilar kurashda mustahkamlikni mohirlik bilan saqlab turadilar, shuning uchun usulni bajarish uchun qulay dinamik vaziyat paytini tutib olish qiyin.

Kurashchilarning TTT darajalaridagi o'sish baholari, yuqorida aytib o'tilganidek, TTT ko'rsatkichlarini mos ravishda bazaviy (asosiy) ko'rsatkichlar bilan taqqoslash yo'li orqali aniqlanadi.

Tadqiq etilayotgan masalalarning xususiyatlariga qarab, darajalar o'sishini baholashning quyidagi usullari qo'llaniladi:

- tabaqalashtirilgan;
- majmuali;
- aralash.

Mazkur kuzatuv usulining mohiyati bir kurashchining TTTlari alohida ko'rsatkichlarini boshqa kurashchining xuddi shunday ko'rsatkichlari bilan yoki muvofiq bazaviy ko'rsatkichlar bilan taqqoslashdan iborat.

Bu usul asosida quyidagi savollarga javob topish mumkin:

- muayyan kurashchining TTTlari har bir ko'rsatkichi bo'yicha rejalashtirilgan darajaga (bazaviy ko'rsatkichlar darajasiga) erishildimi?

- agar erishilmagan bo'lsa, TTT ning qanday ko'rsatkichlariga erishildi, qaysilariga esa erishilmadi?

- qaysi ko'rsatkichlar rejalashtirilgan (bazaviy) darajadan ko'p farq qiladi?

- muayyan ko'rsatkichning dinamikasi (vaqt birligidagi o'zgarishi) qanday va h.k.

So'nggi paytlarda sport kurashi amaliyotida va adabiyotlarda "texnik-taktik mahorat" atamasi keng qo'llanilmoqda. Sport kurashi texnikasi deganda tor ma'noda kurashchiga g'alaba keltiradigan harakatlarni bajarishning eng oqilona uslublari tushuniladi.

TTT darajasini baholashning majmualiy usuli qabul qilinadigan qarorlarni asoslash uchun TTT darajasini birgina ko'rsatkich orqali tavsiflash zarurati paydo bo'lganda qo'llanildi.

TTTning bunday ko'rsatkichi umumlashtirilgan ko'rsatkich deb, TTT darajasining shunga muvofiq bahosi majmualiy baho deb ataladi.

TTTning umumlashtirilgan ko'rsatkichi majmualiy TTTning barcha xususiyatlarini yoki muayyan xususiyatlari guruhini, ya'ni hujum yoki himoya harakatlari, hajmi va xilma-xilligi va boshqalarni qamrab oluvchi ko'rsatkich hisoblanadi.

TTT darajasini baholashda o'rta qo'yiladigan masalalar doim ham yuqorida ko'rib chiqilgan bir yoki ikki usul: tabaqalashtirilgan yoki majmualiy usullar yordamida xal etilavermaydi

Sportda olib boriladigan bellashuvlardan tayyorlovchi harakatlar – razvedka qilish, niqoblash (maskirovka), sakrashlar kabi taktik vazifalarni tatbiq etish muhim xususiyatlarga ega

Zamonaviy sport o'ta tezkor, sportchidan mahorat, g'ayrat talab qiladi. Yuqori texnik-taktik "san'atga" erishish uchun, birinchi navbatda, sportchi yetarli darajada rivojlangan maxsus jismoniy sifatlarga ega bo'lishi kerak. Mazkur sifatlarni va sport malakalarini ijrosi maqsadga muvofiq o'yin fikrlovchi asosida boshqarilishi musobaqa taqdirini belgilaydi

Yuqori malakali sportchilarning sport tayyorgarligi tizimida tasniflash tamoyili bajarilayotgan texnik-taktik harakatlarning kurashchining alohida xususiyatlariga qat'iy mos kelishini taqozo etadi. Texnik-taktik harakatlar tuzilmasi sportchining morfologik xossalari, jismoniy rivojlanganligi, funksional imkoniyatlari, ruhiy tayyorgarligiga javob berishi lozim. Sport morfologiyasi sohasidagi

ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, gavdaning ma'lum bir total o'lchamlari va nisbatlariga ega bo'lgan kurashchilar ba'zi usullarni muvaffaqiyatliroq bajaradilar.

Sport kurashining xususiyatlari, sportchining individual qobiliyatlari va ularning texnik-taktik tayyorgarliklarini hisobga olgan holda umumiy va maxsus jismoniy tayyorgarliklarini maqsadga muvofiq qo'shib olib borish yuksak sport mahoratiga erishishini ta'minlaydi.

Yuqori malakaviy kurashchilar kurashda mustaxkamlikni moxirlik bilan saqlab turadilar. Shuning uchun usulni bajarish uchun qulay dinamik vaziyat paytini ilg'ay olish qiyin.

Yunon-rim kurashchilarida harakat ko'nikmasi va malakasini shakllantirish, shuningdek, maxsus bilimlarga ega bo'lish bilan bog'liq texnik tayyorgarlik ancha uzoq muddatli va murakkab jarayon hisoblanadi. Harakat ko'nikmalarining shakllanishi harakatlanishga o'rgatishning alohida uchta mustaqil bosqichlarining mavjud bo'lishini taqozo etadi: boshlang'ich o'rganish, chuqurlashtirilgan va detallashtirilgan o'rganish, harakatlanish faoliyatini mustahkamlash va yanada takomillashtirish

Mashg'ulotlarning birinchi bosqichida harakat faoliyatining texnik asoslari o'rganiladi hamda uni "qo'pol" shaklda bajarishni o'rganish shakllantiriladi. Bu bosqich, odatda, uncha uzoqqa cho'zilmaydi va o'rgatishning optimal uslubida shug'ullanuvchilar jismoniy imkoniyatlari nuqtai nazaridan maqbul bo'lgan harakat texnikasi asoslarini muvaffaqiyatli o'zlashtiradilar. Shu bilan birga, malaka shakllanishining boshlang'ich fazasi bolalar va o'smirlarda katta yoshdagi kishilarga qaraganda sekinroq kechadi, chunki yunon-rim kurashchilarida harakatlanish tajribasining yetishmasligi va harakatlanish tasavvurini tahlil qilish va sintezlash qobiliyatining kam rivojlanganligi ularga o'rganilayotgan harakatlar texnikasi asoslarini tezda egallash va ularni umumiy tartibda bajarishni o'rganishga imkon bermaydi. Bundan tashqari, boshlang'ich ixtisoslik bosqichining davomiyligi ko'p jihatdan o'rganilayotgan mashqning tuzilmasiga,

uning koordinatsion murakkabligiga, ritm-sur'at xususiyatlariga, xarakter amplitudasiga bog'liqdir. Harakat texnikasini o'rganishning boshlang'ich davrida usullarning anchagina ko'p usul va uslublari, shu jumladan mashqlarni ko'rgazmali ko'rsatish, alohida qoidalarni qayd etish, tezkor aks axborot, o'rganilayotgan mashqlarni ko'p marotaba takrorlash qo'llaniladi.

Boshlang'ich tayyorgarlikning ikkinchi bosqichi maqsadi harakat texnikasiga birlamchi ega bo'lishni oxiriga yetkazib, malakani takomillashtirishdan iboratdir. Bu maqsad bosqichning anchagina murakkabligini belgilaydi, bunda yunon-rim kurashchilarining diqqat-e'tiborini bir vaqtning o'zida mashqlar texnikasi detallariga qaratish, harakatlarni tabaqalashtirish, ularning uyg'un tarzda bajarilishini ta'minlash kerak bo'ladi. Bularning barchasi shug'ullanuvchilardan muayyan e'tibor va diqqatni talab etadi, murabbiylardan esa xato va noaniqliklarni tuzatishda izchil harakatlarni talab qiladi. Ko'rsatilgan bosqichda mashqlar texnikasiga ishlov berishga urg'u berilgan holda mashg'ulotlarning yaxlit uslublari keng qo'llaniladi.

Yunon-rim kurashchilarini kurash texnikasiga o'rgatishning dastlabki bosqichida egallanadigan harakat malakalari ular tomonidan musobaqalar sharoitida mukammal qo'llaniladigan darajaga yetkazilishi kerak. Bunda harakat texnikasi yosh o'tishi va malakaning o'sishi bilan birga keyinchalik morfofunktsional ko'rsatkichlar va jismoniy tayyorgarlik darajasining tuzilmasidan kelib chiqib, sezilarli ravishda o'zgarishi mumkinligini hisobga olish kerak. Shu jihatdan ta'sir etishning standart va variativ uslublarning optimal moslashuvini ta'minlash talab etiladi.

Yunon-rim kurashchilarini tayyorlashdagi asosiy vazifa bellashuvlarda o'z qobiliyatlarini iloji boricha to'liq namoyish etishdan iborat bo'lib, keyinchalik ko'p yillik shug'ullanish jarayonida to'xtovsiz texnik tayyorgarlikni takomillashtirib borish ko'zda tutiladi. Bunda tayyorgarlikning bir qator majmualari vazifalarini ko'rishimiz mumkin:

- yunon-rim kurashchilari texnikasining nazariy asoslarini bilish;
- yunon-rim kurashchilarchining imkoniyatlariga mos keladigan harakatlar texnikasining individual shakllarini modellashtirish;
- joriy musobaqalarda muvaffaqiyat bilan ishtirok etish uchun zarur bilim, ko'nikma va malakalarning shakllantirilishi;
- yunon-rim kurashchilarini takomillashgan qonuniyatlari talab etadigan darajadagi texnika shakllarini qayta tashkil etilishi va yangilanishi;
- yunon-rim kurashchilari texnikasining o'ta muhim yangi variantlarini yunon-rim kurashchilar tayyorgarligining ancha yuqori pog'onalarida tashkil qilish.

Sanab o'tilgan yuqoridagi barcha vazifalarni L.P.Matveev asosan, maxsus texnik tayyorgarlik mazmuniga kiritadi. Shu bilan birga, muallif yunon-rim kurashchilarini har tomonlama tayyorlash vazifalarini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan umumiy texnik tayyorgarlikni ajratib ko'rsatadi. Texnik tayyorgarlik yunon-rim kurashida texnik malakalarni shakllantirishga omil bo'lib hisoblanadigan bilimlar, ko'nikma va malakalar majmuasining to'ldirib borishi bilan izohlanadi. Yunon-rim kurashchilarining ko'p yillik tayyorgarlik davri mobaynida ularni texnikasini takomillashtirishga e'tibor qaratishimiz lozim. Texnik tayyorgarlik deganda keskin kurash sharoitlarida maksimal tayyorgarlik bilan harakatlanish texnikasini eng oqilona tarzda puxta egallash tushuniladi. Mutaxassislar ko'pincha texnik tayyorgarlikni takomillashtirishning uchta asosiy bosqichini ajratib ko'rsatishadi:

- izlanuvchi;
- barqarorlashtiruvchi;
- moslashuvchi.

Izlanuvchi texnik tayyorgarlik musobaqa faoliyatining yangi texnikasi modellarini yaratish, ularning amaliyotda qo'llanilishiga yaxshi zamin hozirlash, alohida harakatlarning umumiy koordinatsion

asoslarini shakllantirishga qaratilgan bo‘ladi. Barqarorlashtiruvchi bosqichdagi texnik tayyorgarlik musobaqa faoliyatining yaxlit malakalarini chuqur egallash va mustahkamlash, yangi texnikaning ishlab chiqilgan modellarini o‘zlashtirishni o‘z ichiga oladi. Texnik tayyorgarlikning moslashuvchi bosqichi egallangan malakani takomiliga yetkazish, ularning maqsadga muvofiq bo‘lgan variativligi miqyosini oshirish, musobaqa faoliyati sharoitlariga nisbatan qo‘llaganda barqarorligi va ishonchliligini oshirish asosida ro‘yobga chiqariladi.

Harakat malakasining yuqori darajadagi barqarorligi va oqilona variativlikka erishish hamda musobaqa faoliyati sharoitlarida ularning samaradorligini oshirish bo‘yicha vazifalarni bajarish uchun, odatda, tashqi vaziyatni murakkablashtirish uslubi va organizmning turli xil holatlarida mashq qildirish uslubi qo‘llaniladi. Bunda tashqi vaziyatni murakkablashtirish uslubi quyidagi uslubiy usullar majmuasi qatorida texnik tayyorgarlik jarayonida amalga oshiriladi:

1)shartli raqib qarshiligini yengish usuli, bunda texnik usulni bajarish tuzilmasi va ritmini samarali takomillashtirish, tezroq uning barqarorligini egallash, shuningdek, mashg‘ulot mashqlarining yuqori zichligini ta‘minlash yunon-rim kurashchilarga mumkin bo‘ladi;

2)murakkab dastlabki holatlar va tayyorgarlik harakatlarining egallash usuli;

3)harakatlarni bajarishda maksimal tezlik va aniqlikni oshirish usuli;

4)malakani takomillashtirishda aniq yo‘nalishni olish sharoitlarini sezilarli darajada qiyinlashtiradigan, harakatlarni bajarish uchun masofani cheklash usuli;

5)odatdan tashqari sharoitlarda harakatlarni bajarishning optimal usuli, bunda mashg‘ulot sharoitlarini o‘zgartirish va harakatlar texnikasining bir yoki bir nechta xususiyatlarini takomillashtirishga ta‘sir ko‘rsatish nazarda tutiladi.

Texnik harakatlarni bajarishni murakkablashtiradigan organizmning turli holatlarida bajariladigan mashqlar uslubi to'rtta asosiy guruh usullari orqali amalga oshiriladi:

1. Harakatlarni yuqori sur'atda ruhiy holatda bajarish usuli, texnik harakatlarni takomillashtirish uchun nazorat, musobaqa va o'yin elementlarini joriy etish yo'li bilan bajariladigan usul.

2. Harakatlarni yuqori toliqish holatida bajarish usuli, u texnik harakatlarga ishlov berish katta hajmdagi uzluksiz jismoniy yuklamadan so'ng amalga oshiriladi, bu markaziy asab tizimiga kuchli ta'sir ko'rsatadi hamda yunon-rim kurashchilari organizmidan yuqori darajadagi irodaviy kuch berishni talab etadi.

3. Ishchanlik muhitini shakllantirishning usuli, u yunon-rim kurashchilari tomonidan musobaqa jarayonida takomillashtirilgan texnik harakatlarni majburiy tarzda bajarishga qaratilgan bo'lib, bu bilan malakani takomillashtirish jarayonida uning faolligi oshiriladi.

4. Ko'rish analizatorini tez-tez "o'chirib" turish yoki cheklash usuli, u harakatlanish malakasining retseptor-analizatorlari komponentlariga tanlab olish tarzda ta'sir ko'rsatishga imkon beradi, buning natijasida shug'ullanuvchilarda kinetik sezgi o'z harakatlarini yanada nozik his qilish va puxta baholash qobiliyati oshiriladi.

Texnik harakatlarni bajarish sharoitlarini murakkablashtirishning sanab o'tilgan usullaridan tashqari, yunon-rim kurashchilarini texnik tayyorlashda harakatlarni bajarish sharoitlarini yengillashtirish usuli va birga ta'sir ko'rsatuvchi usullarni qo'llash talab etiladi. Ushbu usullarni qo'llash harakatlanish malakasini qisman qayta qurish muammosini hal etishga va kurashchilar amaliyoti talablari nuqtai nazaridan malakaning alohida detallaridagi kinematik hamda dinamik xususiyatlarni takomillashtirishga zamin yaratadi.

Texnik harakatlarni bajarish sharoitlarini yengillashtirish usullari sohasiga quyidagilar kiradi:

-harakatlar elementini chiqarib tashlashning usuli, bu yunon-rim kurashchilariga boshqa elementlarga diqqatni jamlash uchun yordam beradi;

-harakat malakasida alohida harakatlarni nozik ravishda to‘g‘rilab borish va harakatlar koordinatsiyasini nazorat qilish uchun muskullar tarangligini bo‘shashtirish usuli, bu texnik tayyorgarlikni takomillashtirish jarayonini yanada tezlashtiradi;

-qo‘shimcha vositalar yordamida tezkor axborot olish usuli, bu zarur harakatlar amplitudasi, sur‘at va ritmni tezda egallashga yordam beradi, bajarilayotgan harakatni anglash jarayonini faollashtiradi.

Birga ta‘sir ko‘rsatuvchi usul texnik tayyorgarlikda ko‘pincha quyidagi ikki asosiy usul yordamida amalga oshiriladi:

-ixtisoslashtirilgan dinamik mashqlar asosida bajariladigan usul, u harakat malakalari va jismoniy sifatlarning o‘zaro takomillashuviga asoslangan bo‘lib, maxsus mashqlar komponentini saralash yo‘li bilan egallanadi;

-ixtisoslashtirilgan izometrik mashqlarni bajarish usuli, bu texnik harakatlarni takomillashtirish uchun xos bo‘lib, bo‘g‘imlarning muayyan holatlarida qo‘llaniladi.

Yunon-rim kurashchilarining mashg‘ulot tizimida taktik tayyorgarlik alohida o‘rin tutadi va quyidagi asosiy yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi:

-yunon-rim kurashchilari taktikasining mohiyati va asosiy nazariy-uslubiy qoidalarini o‘rganish;

-taktik harakatlarning asosiy elementlari, usullari, variantlarini egallash;

-taktik fikrlashni takomillashtirish;

-taktik tayyorgarlikni amaliyotda amalga oshirish uchun zarur bo‘lgan axborotni o‘rganish;

-olingan taktik bilimlar, mahorat va malakani musobaqa faoliyatining keskin sharoitlarida qo‘llash.

Yunon-rim kurashchilari taktikasining mohiyati va nazariy-uslubiy qoidalarini o‘rganishda asosiy vazifa bo‘lib bu umumiy asoslari bo‘yicha hamda vazn toifalari, kurashchining maxsus taktikasi, hakamlik qoidalari va musobaqalar to‘g‘risidagi nizom, yunon-rim kurashiga turdosh turlardagi texnik-taktik usullarning

o'ziga xosligi, kuchli yunon-rim kurashchilarining ko'p yillik tajribasi, strategik va taktik konsepsiyalarni ishlab chiqish usullarini o'rganish hisoblanadi. Bunda taktik harakatlarni o'rganish, tahlil etish, texnik-taktik fikrlashni rivojlantirish mahorat va malakani egallash uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Yunon-rim kurashchilari taktikasining nazariy asoslaridan voqif bo'lish musobaqa vaziyatida shunga mos tarzda baho berishga imkon beradi va yunon-rim kurashchilari bilan shug'ullanishda individual o'ziga xosliklar, tajriba, raqib va sheriklarning holatiga muvofiq ravishda optimal vositalar va usullarni qo'llashga yordam beradi.

Taktik bilimlar yunon-rim kurashchilarini tayyorlashning ko'p yillik davri mobaynida egallab boriladi, kurashchilar staji va tajribasi oshib borishi bilan esa bu bilimlar hajmi doimo ko'payib borishi kerak. Bu esa, o'z navbatida, yunon-rim kurashchilarining g'oyalari va rejalaridagi taktikaning asoslanganligi va maqsadli yo'naltirilganini mustahkamlaydi. Taktik tayyorgarlik bo'yicha bilimlarga suhbatlar chog'ida so'z va ko'rgazmali usullarning majmuasidan foydalanish, musobaqalarni ko'rish, videoyozuvlarni tahlil qilish, musobaqalarda ishtirok etishni muhokama qilish, yunon-rim kurashiga oid adabiyotlarni o'qish yo'li bilan ega bo'linadi. Bunda egallangan taktik bilimlar yunon-rim kurashchilarining shaxsiy musobaqa tajribasi bilan muttasil mustahkamlab borilishi kerakki, bularning barchasi yunon-rim kurashchilarining muvaffaqiyatlarga erishishida ijobiy ahamiyatga ega bo'ladi. Taktik harakatlarning asosiy element va variantlari turli ishlanmalarni amalga oshirish uchun muayyan bir usulni qo'llash mahoratini rivojlantirish vositalari va usullarini qo'llash miqdorini kengaytirish yo'li bilan egallab boriladi. Yoki, aksincha, bir xil vazifani bajarish uchun turli xil usullar qo'llaniladi. Harakatlarning taktik mohiyatini usulning texnik tuzilmasini egallash bilan birga o'zlashtirish kerak bo'ladi, yunon-rim kurashchilariga texnik harakatning ularni turli xil variantlarda amalga oshirish usullari bilan bevosita bog'liqligini tushunishga yordam beradi. Taktik vazifalarning muvaffaqiyatli hal etilishi harakatlarning taktik

mohiyatini va ularning musobaqa faoliyatidagi muayyan vaziyatlarda ehtimoliy samaradorligini bilishga asoslanadi. Bu esa oqilona harakatlarni tanlashga imkon yaratadi. Taktik takomillashuvni amalga oshirishning asosiy usullari majmuasiga turli taktik vaziyatlar mohiyatini tushunish kiradi. Unda taktik vaziyatlarning har birida tipik qoidalar va tartibotning o'ziga xosliklarini o'rganish nazarda tutiladi, shuningdek turli xil raqiblar bilan musobaqa kurashlarini olib borishga tayyorgarlik ko'rish ham shular jumlasidandir. Harakatlarning taktikasini izchil egallab borish tayyorgarlikning barcha ko'rgazmali, so'z-nutqi va amaliy vosita va usullarini qo'llashni nazarda tutadi, zero amaliy vositalar va usullar yetakchi o'rinda turishi kerak. Chunki yunon-rim kurashchilari musobaqa faoliyatining modelini yaratish tamoyili shuning asosiga qurilgandir. Mazkur tamoyilning amalga oshirilishi tayyorlov, hujumkor va himoyalani harakatlarini egallash, taktik harakatlarni kutilmagan vaziyatlarda, ekspromt tarzda qo'llash malakalarini takomillashtirish, murakkab musobaqa faoliyati uchun xos bo'lgan ko'p qirrali taktik vaziyatlar mohiyatini tushunishni o'z ichiga oladi. Yunon-rim kurashchilarining ko'p yillik tayyorgarligining boshlang'ich bosqichida taktik tayyorgarlik birlamchi vazifa hisoblanmaydi, balki uning umumiy masalalari hal etiladi. Keyingi bosqichlarda taktik tayyorgarlikning ahamiyati ortib boradi, taktik tayyorgarlik esa nazariy va amaliy vosita va usullar yordamida takomillashtiriladi. Bu o'rinda taktikaning u yoki bu variantini tanlash, musobaqalashish sharoitida unga ishlov berish va amalga oshirish, ko'p jihatdan, yunon-rim kurashchilarining texnik mahorati darajasiga, ularning jismoniy sifatlarining rivojlanishiga, funksional tizimlarning imkoniyatiga, irodasi va ruhiy tayyorgarligiga bog'liqdir. Shuning uchun taktik tayyorgarlik jarayonini yunon-rim kurashchilarining tayyorgarligining boshqa tarkiblariga nisbatan o'ziga xos birlashtiruvchi manba deb baholasa bo'ladi.

Taktik hujumlarni takomillashtirish taktik tayyorgarlikning muhim tamonlaridan biri hisoblanadi, chunki mashg'ulotlar va

musobaqalar jarayonida bellashuvning barcha ehtimoliy vaziyatlarini oldindan ko‘rib bo‘lmaydi. Taktik hujumlar quyidagi qobiliyatlarni takomillashtirish yo‘li bilan rivojlantiriladi:

- musobaqalashuv vaziyatlarini to‘g‘ri baholash va tez qabul qilish, tushunib yetish va tahlil etish;

- vaziyatni aniq baholay bilish va muayyan vaziyat hamda qo‘yilgan vazifalardan kelib chiqib qaror qabul qilish;

- raqib yoki sherikning harakatlarini tahlil etish (antitsipirovat);

- raqibning xatti-xarakatlariga javoban vaziyatni ijobiy hal etuvchi o‘z harakatlarini refleks darajasigada ishlab chiqish.

II BOB. ELEKTROMIOGRAFIYA SIGNALINING TA'BIATI

§2.1. Biosignallarning turlari va ularning xarakteristikalari

Biosignal deganda inson tanasidan tarqaluvchi signallarni tushunamiz. Ular inson tanasida kechadigan tabiiy fiziologik xodisalarning tavsifi bo'lishi mumkin. Biosignallar biotizimlarning asosiy ob'ekti hisoblanadi.

Hozirgi kunda biosignallarning elektrik, magnit, optik, kimyoviy, termo, mexanik kabi turlari mavjud. Bular o'z navbatida kelib chiqishi tizimiga ko'ra endokrin, nerv, yurak-qon tomir, ko'rish, eshitish, mushak, nafas olish, oshqozon-ichak tizimi signallari kabi turlarga bo'linadi.

Biosignallar quyidagi o'ziga xosligi bilan boshqa signallardan ajralib turadi:

- *O'lchov uchun parametrlarning mavjudligi.* Tekshirilayotgan tizimlar va organlar inson tanasida joylashgan. Tadqiqot turini (invaziv yoki noinvaziv) tadqiqotchi katta ehtiyotkorlik bilan tanlashi va ma'lumotlarni olish uchun mutlaqo zarur bo'lgan minimal aralashuv darajasini oldindan belgilashi kerak.

- *Signal manbai o'zgaruvchanligi.* Biosignallar fiziologik tizimlarning dinamik faolligini ko'rsatadi va ularning parametrlari haqida ma'lumot beradi. Biologik tizimlar statsionar emas, ular dinamik tabiatga egadir. Bu o'rtacha belgilar, dispersiya va spektral kuch zichligi kabi signallarning xarakteristikalari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turishligini bildiradi. Shu sababli, dinamik tizimlarning signallari uzoq vaqt davomida tahlil qilinishi kerak, jumladan, tizimlarning turli xil mumkin bo'lgan holatlari, natijalar esa tegishli holatlar nuqtai nazaridan baholanishi kerak.

- *Fiziologik tizimlar o'rtasidagi munosabatlar va o'zaro ta'sirlar.* Inson tanasining turli tizimlari o'zaro bog'liq va bir-biri bilan o'zaro ta'sir qiladi. Ushbu o'zaro ta'sirlarni e'tiborsiz qoldirish signalni noto'g'ri talqin qilinishiga olib kelishi mumkin.

- *Uskunalar va muolajalarning tadqiqot ob'ektiga ta'siri.* Signalni qayd qilish uchun sensorlarni kerakli joyga joylashtirish yoki o'rganilayotgan tizimning uskunaga ulanishi natijaga ta'sir qilishi.

- *Fiziologik artefaktlar va aralashuvlar.* Biosignallarga turli tabiatga ega shovqinlar va aralashuvlar ta'sir etishi mumkin. Masalan,

tadqiqot davomida oyoq va qo‘llarning tasodifiy harakati yoki yo‘tal istalmagan artefaktlar rolini o‘ynaydigan tegishli signallarni keltirib chiqaradi.

Bu kabi biosignallar juda ham kuchsiz va juda kichik qiymatlarga ega bo‘lib, ularning chastota va amplituda qiymatlari juda kichik qiymatli bo‘ladi (2.1-jadval).

2.1-jadval. Biosignallarning amplituda va chastota qiymatlari jadvali

Biosignal	Belgilar	Amplituda kiymati	Chastota kiymati
Elektrokardiogramma (ECG)	Yurak faoliyati	0.5 - 4 mV	0.01-250 Hz
Elektroensefalogramma (EEG)	Miyaning elektrik faoliyati	5 - 300 μ V	DC-150 Hz
Elektrogastrogramma (EGG)	Oshqozon elektrik faoliyati	10 μ V – 1 mV	DC-1 Hz
Elektromiogramma (EMG)	Muskulning elektrik faoliyati	0.1 – 5 mV	DC-10 kHz
Elektroneyrogramma (ENG)	Asabdagi elektr faollik	0.01 – 3 mV	DC-1 kHz
Fonokardiogramma (PCG)	Yurak tovushi	80 dB (dinamik oralig‘i) 100 μ Pa (boshlanishi)	5-2000 Hz
Qon oqimi	Qon oqimi	1 – 300 ml/s	DC – 20 Hz
Yurak chiqishi	Bir vaqtning o‘zida yurak tomonidan xaydaladigan qon miqdori	4 – 25 litr/minut	DC – 20 Hz
Qonning pH miqdori	Qondagi pH o‘lchamlari	6.8 – 7.8 birlik. pH	DC – 2 Hz
Plastmografiya	Ovozda o‘zgarishlarni o‘lchash	O‘lchanayotgan organga bog‘liq	DC-30 Hz
Pnevmokografiya	Nafas olish oqimini o‘lchash	0-600 litr/minut	DC-40 Hz
Potensial harakatlar	Turli xujayralar harakatining xarakterlari	100 mV	2 kHz
Qarshi potensial (EP)	Miyaning xissiyotlarga javob	0.1 - 10 μ V	0.5 – 3 kHz

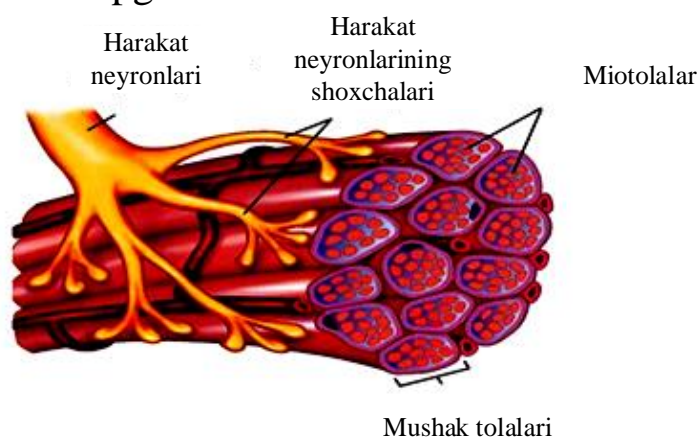
	ko'rsatishi		
Arterial bosim	Arterial qon bosimi	10 – 400 mm Hg	DC – 50 Hz
Venoz bosim	Venoz qon bosimi	0 – 50 mm Hg	DC – 50 Hz
Galvanik teriga ta'sir (GSR)	Terining ta'sirlarga qarshiligi	1 – 500 kΩ	0.01 -1 Hz

Dunyoda inson salomatligi ustida olib boriladigan ishlar to'g'risida gap ketganda bemorlarni reabilitatsiya qilish, bemorning fiziologik ma'lumotlaridan kelib chiqib, unga diagnoz qo'yish masalalari ham e'tiborni tortadi. Misol qilib, inson mushaklaridan keluvchi potentsiallar orqali bemor salomatligi ustida qilinayotgan ilmiy tadqiqotlarni keltirishimiz mumkin. Mushaklarning elektr potentsialini o'lchaydigan va harakatning asosiy mezon bo'lgan signal bu elektromiografiya (EMG) signalidir. Ushbu signal tabiatan o'ta murakkab va tashqi muhit ta'siriga o'ta sezuvchanligi bilan boshqa signallardan ajralib turadi. U kuchsiz chastotali signallar toifasiga kirganligi bois, uni qayta ishlash murakkab jarayon hisoblanadi.

§2.2. Sportchining neyro-mushak tizimining tuzilishi

Mushak fiziologiyasi

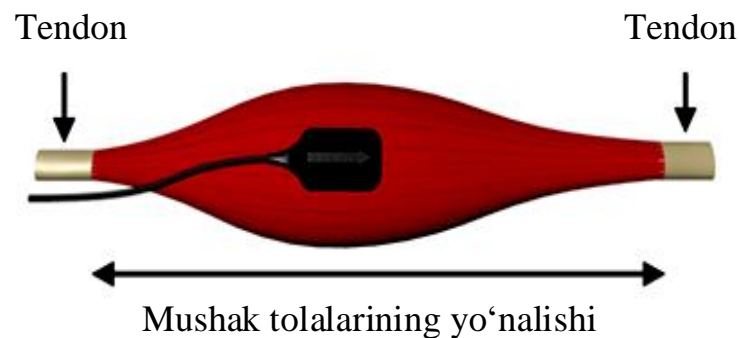
Inson tanasidagi mushaklarni uchta toifaga bo'lish mumkin: skelet mushaklari, yurak mushaklari, silliq mushaklar. Har bir mushaklar turining o'ziga xos parametrlari mavjud. Masalan, silliq mushaklarni qayd qilib bo'lmaydi, ular o'zi-o'zidan ishlaydi, buning evaziga insonlarning ba'zi a'zolarining ixtiyorsiz kichik harakatlari vujudga keladi. Bunday mushaklar asosan qon tomirlari va oshqozon kabi ichi bo'sh organlarning devorlarini tashkil etadigan to'qimalardan tashkil topgan.



2.1-rasm. Bir harakat blokining tuzilishi

Yurak mushaklari asab tizimidan mustaqil bo'lgan asosiy mushaklardan biridir. Mushaklarning eng muhim toifasi, inson tanasining ko'pchilik qismini tashkil etuvchi skelet mushaklari hisoblanadi (2.1-rasm).

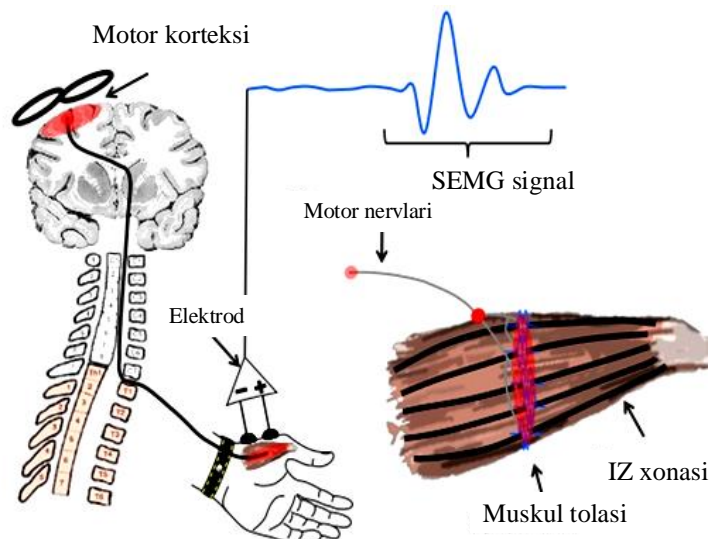
Ushbu mushak guruhlari suyakka pay (tendon) tomonidan birikkan bo'ladi (2.2-rasm). U yurak va silliq mushaklardan farqli o'laroq, skelet mushaklari ixtiyoriy mushaklar guruhi hisoblanadi. Mushaklarni asab tizimi boshqaradi. Skelet mushaklari kuch va harakatni keltirib chiqaradi. Ularning tarkibiy birligi mushak tolasidir. Ko'plab mushak tolalar guruhi mushaklardagi to'qimalar bilan tarqaladi. Ularning joylashuviga qarab harakatning yo'nalishi va kuchini aniqlasa bo'ladi.



2.2-rasm. Mushak tolasining joylashuvi

Mushaklar suyakka birikkan zonada pay (tendon) bilan bog'lanadi. Harakatlar qo'shma mushaklarda hosil bo'ladi. Pay (tendon) harakatni osonlashtirish uchun xizmat qiladi. Pay (tendon) – bu skelet mushaklarining bir uchini qo'shma mushak bilan yoki suyak bilan bog'laydigan va taranglikka bardoshli, kuchli tarmoqli to'qimadir.

Paylar asosan oyoq va qo'llarda joylashgan. Yuqori ish paytida paylar energiyani tejashda va qaytarishga qodir. Asab tizimi har bir mushaklarning qo'zg'alish sohasi (Innervatsion zona - IZ) funksiyalarini boshqaradi. Asab tizimining oxirgi nuqtasi motor bloki (MU) deb nomlanadi. MU motor nerv tolalaridan tashkil topgan, har bir tola o'zining IZ lariga ega bo'ladi.

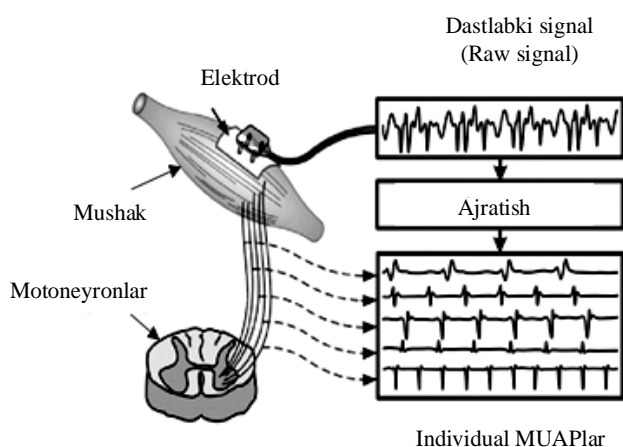


2.3-rasm. Mushakning nerv tizimi orqali boshqarilishi

Mushak qisqarishining kuchi faollashgan motor bloklarining soniga bog‘liqdir.

Masalan, biror varaqni stoldan ko‘tarish uchun bir nechta motor bloklari talab qilinadi, ammo qattiq muqovalni kitobni ko‘tarish uchun ko‘proq MU kerak bo‘ladi. MU populyatsiyaning hajmi mushaklarning hajmiga bog‘liq. Kichik mushaklar kichik MU larga ega. Ba‘zi mayda mushaklarda MU ko‘rsatkichi 1:1 teng bo‘ladi. Kamroq nazoratni talab qiladigan uyg‘un va nozik harakatlarni bajarish uchun katta mushaklar kerak .

Kuch va quvvatni oshirishda ushbu tolalar birlashishi kerak bo‘ladi. Ammo nozik va kichik harakatlarda tolalarning sozlanishi bir muncha murakkabdir.



2.4-rasm. Mushak tolalaridan chiquvchi signallar

Barcha mushak tolalari taxminan bir xil vaqtda qisqarib bo‘shashadi.

Sirt elektromiografiyasi

Mushakning qisqarishi elektrokimyoviy jarayonga asoslangan. Mushaklarning qisqarish darajasi asab impulslarining chastotasi bilan boshqariladi.

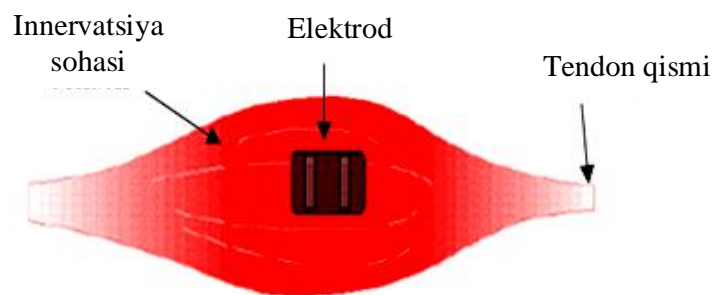
Puls mushak tolasini faollashtirish uchun orqa miya bo‘ylab harakatlanadi (2.4-rasm). Natriy va kaliy kanallari stimulg javoban ochiladi va shu bilan asab va mushak tolalariga qo‘zg‘aluvchan membranalarning faol reaksiyasini boshlaydi. Natriy va kaliy kanallarini ochishda polyarizatsiya va depolyarizatsiya qiluvchi harakatlar mioelektrik signalni keltirib chiqaradi. Ushbu jarayon motor blokining harakat potentsiali (MUAP) deb ataladi. MUAP – bu xujayralar membranasi orqali elektr potentsialini tez ko‘paytiradigan va kamaytiradigan miotolalardagi oxirgi va eng tezkor xodisadir. MUAP aktivlanishini elektrodlar orqali kuzatish mumkin. EMG bu – elektrodlardan foydalanib, mushaklarning elektr potentsialini kuzatish, to‘plash va qayta ishlash uslubidir.

Elektrodlarning joylashuvi

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, elektrodning mushak ustiga joylashtirilishi SEMG signallarining spesifikatsiyasiga juda katta samaradorligini ko‘rsatadi. Elektrodlar orasidagi o‘zgarib turadigan masofa ta’sir potentsiallariga ta’sir qilishini ko‘rish mumkin.

SEMG amplitudasiga elektrodlar joylashuvining ta’siri.

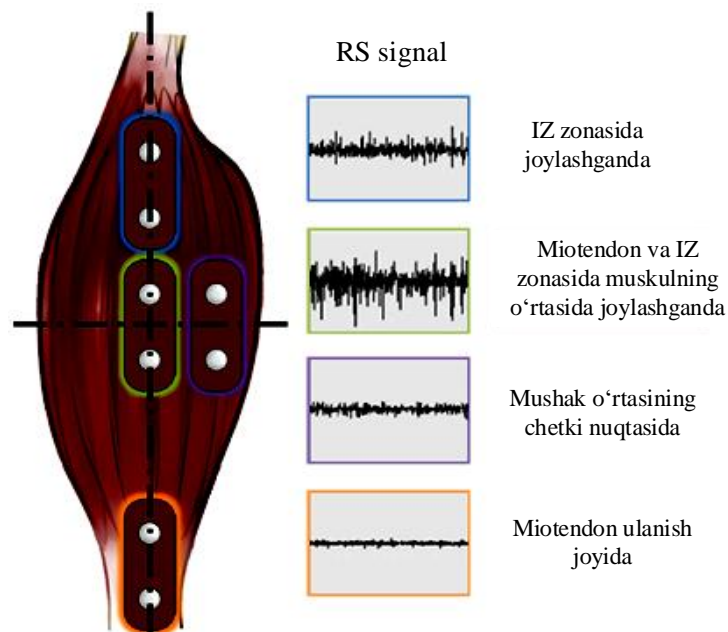
SEMG signalining amplitudasi elektrodni joylashtirish yoki joy almashtirishiga qarab o‘zgarishi mumkin. Misol uchun, Chris Jensen boshchiligidagi ilmiy tadqiqotchilar qo‘lning egilishi va bukilishi paytida trapezius mushagining ustiga joylashtirilgan elektrodning joylashuvi samaradorligi haqida fikr bildirishgan. Ushbu tadqiqotda elektrodning siljishi natijasida signalning maksimal amplitudasi pasayganligini kuzatilgan.



2.5-rasm. Elektrodning ideal joylashuvi

Yana bir tadqiqotda 22 xil mushaklar uchun invaziv bo‘lmagan usul orqali signallarni baholash (The surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles - SENIAM) loyihasi uchun SEMG o‘rganilayotgan mushaklar ustiga IZ va TZ (Tendon Zone – pay zonasi) o‘rtasida elektrodni qo‘yishni taklif qilishgan. Shu bilan birga, Seniam loyihasida bilak harakati uchun bilak mushaklari o‘rganilgan.

Seniam loyihasidan so‘ng, Hermens va Farina ishlarida IZ va TZ larda elektrodlarni joylashuvi to‘g‘ri kelmaydi degan xulosaga kelishgan (2.5-rasm). Chunki, SEMG qayd qilinayotgan vaqtda IZ ham TZ ham barqaror emas. SEMG signalining amplitudasi va o‘lchami kattaligi o‘rtacha rektifikatsiya qilingan qiymat, o‘rtacha va oraliq chastota (O‘Ch va OCh) sifatida hisoblanadi.



2.6-rasm. Mushakda elektrolarning joylashuvi

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, SEMG signali turli xil elektrolarning joylashuvi va elektrolararo masofalar uchun turli xil amplituda va spektr parametrlarining turli qiymatlariga ega (2.6-rasm). Misol uchun, Wong boshchiligidagi ilmiy tadqiqotchilar turli pozitsiyadagi elektrolar orqali, turli mushaklarning SEMG faoliyatini o‘rganib chiqishgan.

SEMG signalida IZ va TZ joylashuvining samaradorligi.

SEMG signallari elektrolarning kichik holatiga juda sezgir, ayniqsa aniqlash zonasi IZ yoki TZ ga yaqin bo‘lsa. Nishixaraning ilmiy tadqiqotlarida IZ faoliyati davomida siljishi ko‘rsatilgan.

Elektrodlarni 15 mm siljitish SEMGning baholashdagi o‘zgaruvchan farqlarni aniqlash mumkin. Bu elektrodlarning holatiga va mutlaq SEMG amplitudalari, o‘rtacha quvvat chastotasiga IZ va elektrodlarning joylashuvi ta’sir qilishi mumkin.

Bugungi kunda o‘tkaziladigan tadqiqotlarda to‘lqin usulidan foydalanib, SEMGni tanishda elektrodlar joylashuvining almashinuviga qarab ta’siri tahlil qilinmoqda. Elektrodlarni IZ da va undan uzoqroq joyda joylashtirish o‘rtasidagi farqlarni tekshirish uchun to‘lqinli usullar qabul qilindi (2.2-jadval). Biroq, natijalar shuni ko‘rsatdiki, 110 Gs chastotada sezilarli farq yo‘q. Shunday qilib, elektrodni IZ ustiga joylashtirish past chastotalarda SEMG signallariga ta’sir qilishi mumkin.

2.2-jadval. Elektrod joylashuvi bo‘yicha adabiyotlar sharxi.

Olimlar	Mushak	IED	Joylashuvi
Farina D	MU	20 mm	IZ dan uzoqroqda
Gydikov A	Frog mushagi tolasi	Mono elektrod	Mushakning oxirida konus qismida
Jensen C	Yuqori trapezius	20 mm	Yon va botiq nuqtada
Farina D	Qo‘lning yuqori mushagi	5-10 mm	IZ dan uzoqroqda
Dimitrov GV	MU	2 o‘lchovli multi elektrod	Tendonda
Wong Y	Qo‘lning pastki mushagi	20 mm	IZ dan uzoqroqda
Campanini I	Qo‘lning pastki mushagi	20 mm	Qayd etilmagan
Beck T	Qo‘lning pastki mushagi	30 mm	IZ dan uzoqroqda
Rodriguez F	Qo‘lning pastki mushagi	36 mm	IZ va TX ning o‘rtasida

SEMG da elektrodlar turining samaradorligi

Elektrodlarning kvadrat yoki dumaloq shakldagisida SEMG yozuvining natijalari sezilarli darajada o‘zgartirilmadi. Shu bilan birga, ushbu tadqiqot o‘rtacha chastota va peak-to-peak amplituda elektrodning ichki masofasiga va elektrodning joyidagi miotolalarning chuqurligiga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Elektrodlarning joylashuvi va kesishuvchi mushaklarning ta’siri tufayli signal buzilishini hisobga olgan holda, o‘zaro ta’sirlashishni kamaytirish uchun elektrodning joylashuvi mushaklarning anatomiyasiga to‘g‘ri kelishi kerak.

Turli elektrodning konfiguratsiyasi, masalan, muntazam, bo'ylama, ko'ndalang va 2D multi elektrodlar mushaklar kesishish nuqtasida turli qiymatlar beradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 2D multi-elektrodlar konfiguratsiyasi boshqa turlarga qaraganda signallarni yaxshiroq qayd qila oladi. Bundan tashqari, multi elektrodlar yordamida xujayralararo (miotolalardan) signallarni olishda qo'shni mushaklar orasidagi 1D, 2D elektrodlar orqali bir-biri bilan o'zaro tortishish effektini namoyish etadi.

Bir qator tadqiqotlarda insonning yurish paytidagi SEMG qiymatlari 2D elektrodlar (4*3 o'lchamli) yordamida qayd qilingan. SEMG eng yuqori qiymatga darhol erishdi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, yurish paytida mushaklarning SEMG intensivligi elektrod holatiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, SEMG signalini qayd qilishda elektrodning eng yaxshi holati ichki elektrod masofasi (IED) bo'lib, ikki yo'nalishda 20 mm masofada joylashuvi o'zaro tortishish qiymatlarini kamaytiradi.

Ba'zi tadqiqotlarda elektrodlar mushakning uzunligi yoki shakli bo'ylab joylashtirilgan spesifik alomatlari keltirilgan. Bundan tashqari, elektrodlar orasidagi masofa turli ishlarda turlicha bo'lgan (2.2-jadval).

Hozirda EMG signallarni qayta ishlash orqali insonda mavjud mushak kasalliklari (neyropatiya, miopatiya), harakatga bog'liq bo'lgan muammolar va nogironlarning harakatlanish a'zolarini tiklash, rehabilitatsiya qilish ishlari ham amalga oshirilmoqda.

Hozirgi paytda dunyoda qo'l yoki oyoq harakat funksiyasi buzilgan insonlar, nogironlar, amputantlar ko'plab uchramoqda. Ularning harakat funksiyasini imkon qadar rehabilitatsiya qilish, ularni jamiyatga qo'shish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Amputantlar – qo'l yoki oyoq a'zosi, ya'ni, harakat funksiyasi buzilgan, harakat a'zosi qandaydir qo'ngilsiz xodisa (yo'l transport xodisasi, kasalliklar va boshqalar) tufayli kesib tashlangan insonlardir.

Mushaklar qisqarishini ikki holatda baholash mumkin: statik va dinamik. Statik holatda mushak tolasining uzunligi o'zgarmaydi va bo'g'inlar harakatda bo'lmaydi, ammo mushak tolalari qisqarib turadi. Dinamik qisqarish paytida mushak tolalari uzunligi o'zgaradi va bo'g'inlar harakatlanadi. EMG signali yuqorida tavsiflangan qisqarishning ikki turiga bog'liq bo'lgan tasodifiy jarayon sifatida modellashtirilishi mumkin. Birinchidan, mushaklarni qisqarishining

statik, matematik modeli (MQSMM) statsionar jarayon, EMG signal faqat mushaklarning kuchiga bog‘liq:

$$z(t) = a(t)w(t) + n(t) \quad (2.1)$$

bu yerda N – aktiv motor bloki (MU) soni, $S_i(t)$ – har bir MU ning faol momentlarini ko‘rsatuvchi impulslar ketma-ketligi, $m_i(t)$ – har bir MU ning MUAP lari soni, va $*$ - svyortkani bildiradi. Shu bilan birga MQSMM mushaklarning charchashi va harorat kabi omillar EMG ga ta’sir qilganda statsionar bo‘lmagan jarayon sifatida qarash mumkin.

Ikkinchidan, mushaklarning qisqarishining dinamik matematik modeli (MQDMM) statsionar bo‘lmagan holatlarda ishlatiladi va uning matematik modeli amplituda modulyatsiyasiga o‘xshaydi:

$$z(t) = a(t)w(t) + n(t) \quad (2.2)$$

bu yerda $a(t)$ – EMG signalining intensivligini ifodalovchi funksiya (signal ma’lumotlari), $w(t)$ – EMG ning stohastik tomonini ifodalovchi birlik dispersiyasi bo‘lgan Gauss jarayoni (tashuvchi signal) va $n(t)$ – datchiklardan va biologik signallardan keluvchi shovqinlar.

§2.3. Biosignallarni qayd qilishda foydalaniladigan portativ qurilmalar

Harakat natijasida paydo bo‘ladigan potensialni ikki xil usulda, invaziv (mushak ichiga elektrod joylashtiriladi - IEMG) va invaziv bo‘lmagan (sirt elektrodleri orqali - SEMG) usulda olish mumkin. Zamonaviy mioboshqaruv tizimlarida invaziv bo‘lmagan usuldan foydalanilmoqda. Ammo oxirgi paytlarda KZIO‘ET (katta zichlikdagi ikki o‘lchovli elektrodlar to‘plamidan foydalanish) usuli ham rivojlanmoqda. Ushbu usullar bitta kanalli boshqaruvda mavjud muammolarni hal etishga yordam beradi.

Asosan, EMG signali teri ostidagi mushak tolalari bo‘ylab tarqaladigan motor birliklarining harakat potensialidir. Demak, SEMG usuli yoki KZIO‘ET usullarida elektrodleri joylashtirishda ma’lum konfiguratsiyalardan foydalanish tavsiya etiladi. Masalan, monopolyar, bipolyar va Laplas usullari. Monopolyar konfiguratsiya faol joydagi mushaklar va faol bo‘lmagan joydagi (asosan suyak sohasi) umumiy mos signallarni orasidagi farqni aniqlashga yordam beradi. Bipolyar konfiguratsiyada undagi har bir elektrodlerdagi kuchlanishlar solishtiriladi. Laplas usulida esa bir qator qo‘shni

elektrodlar bilan bitta markaziy elektrodning kuchlanishlari solishtiriladi.

Elektrodlar konfiguratsiyasini harakatning qaysi mushak ta'sirida paydo bo'lishiga qarab ham tanlasa bo'ladi. Tanlov amalga oshirib bo'lingach, bemorning terisiga SEMG datchiklari joylashtiriladi. Anatomik atlasda ko'rsatilganidek, mushaklarning uzunligi va tuzilishi o'rganib chiqiladi. Amputantlarda ushbu jarayon palpatsiya qilish orqali ham amalga oshiriladi, chunki amputatsiyadan keyin qoldiq mushaklarning turi va shaklini aniqlash kerak bo'ladi. Shundan so'ng, qoldiq mushaklarning holati, ular qaysi harakatlarni yetarlicha ta'minlay olishi bilan baholanadi. Agar holat qoniqarli bo'lsa, elektrodlarni joylashtirish mumkin bo'ladi. SEMG elektrodlarining nerv-mushak birikmalarini o'rab turgan maydonda joylashishi, shuningdek elektrodlar ostidagi mushaklarning harakatlanishi qayd etilgan signallarning parametrini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin. Shuning uchun SEMG signalini aniq baholash elektrodlarning joylashishiga bog'liq va elektrodning to'g'ri joylashishiga rioya qilmaslik suboptimal yozuvlarga olib kelishi mumkin.

EMG signallari past chastotali signal bo'lganligi sababli, ularni qayd qiluvchi qurilmalar ham sezgir va shovqinga chidamli bo'lishi kerak. Yillar davomida EMG signallarini qayd qiluvchi ishonchli qurilmalar ishlab chiqilmoqda (2.3-jadval).

23-jadval. EMG signalini qayd qiluvchi qurilmalarning texnik parametrlari tahlili

	Delsys Systems Trigno Avanti	Biometrics DataLITE sEMG	Noraxon Ultium EMG	Oymotion gForce-Pro	Thalnic Lab Myo Armband	Hercules	Bitalino	FreeEMG	3DC Armband
Kanallar	16	16	32	8	8	8	1	10	10
ADC*	16bit	13bit	16bit	8 bit	8bit	12bit	16bit	16bit	10bit
Na'muna olish chastotasi	1960 Gs	2000Gs	4000Gs	1000Gs	200Gs	1000 Gs	1, 10,100, 1kGs	100,1000, 4kGs	1kGs
Tarmoqlanish filtrlar	20-450Gs	10-490Gs	5/10/20/1,5kGs	20-500Gs	5-100Gs	20-500 Gs	20-500Gs	20-500Gs	20-500Gs

IMU sensorlar	9-axis Acc, Gyro, Mag	No	9-axis Acc, Gyro, Mag	9-axis Acc, Gyro, Mag	9-axis Acc, Gyro, Mag	No	3-axis Acc, Gyro, Mag	9-axis Acc, Gyro, Mag	9-axis Acc, Gyro, Mag
IMU sensorlar chastotasi	24–470 Hz (Acc), 24–360 Hz (Gyro), 50 Hz (Mag)	-	200Gs	50Gs	50Gs	-	50Gs	50Gs	50Gs
Ulanish	BLE 4.2	Wi-Fi	2.4kGs	BLE 4.1	BLE 4.0	Wi-Fi	BLE 2.0	BLE 4.0	2.4kGs**
Ishlash quvvati	4-8 soat	8soat	8 soat	-	16 soat	-	8 soat	4 soat	6 soat
Og'irligi	14 g (har bir kanal)	17 g (har bir kanal)	14 g (har bir kanal)	80 g	93 g	-	30 g	13 g	62 g
Narxi	\$20000	\$17000	\$20000	\$1250	\$200	-	\$195	16900 yevro	\$1500

*ADC – analog-raqamli o'zgartirgich, IMU – inersial o'lchov bloki, BLE – Bluetooth, **2.4 GHz li maxsus protokol.

Klinik tadqiqotlar uchun Noraxon kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan Ultium EMG qurilmasi mavjud bo'lib, u bir vaqtning o'zida 2ksp/s tezlikda 32 tagacha kanalni va 1µV sezgirlikda signalni qayd qilish qobiliyatiga ega. Har bir kanal to'liq mustaqil va simsiz ishlash rejimida, real vaqt rejimida EMG signallarini qayd qiladi. Har bir kanal 9 o'qli inersial o'lchov bloki (Inertial Measurement Unit - IMU) datchiklari bilan jihozlangan. Shunga o'xshash Trigno Avanty by Delsys Systems va DataLITE sEMG by Biometrics tizimlari mavjud. Ushbu tizimlar juda ham aniqlikda signalni qayd qilsada, narxlari \$17 000 - \$20 000 turadi, bu esa albatta ushbu tizimlardan foydalanishni bir qancha cheklashi mumkin.

2015 yilda Thalmic Labs tomonidan ishlab chiqilgan Myo Armband qurilmasini taklif etishdi. Sakkiz kanalli ushbu qurilma simsiz bilaguzuk ko'rinishida bo'lib, boshqa qurilmalardan arzonroq (200\$) hisoblanadi. Ammo 200Gs, 8 bit kabi signalni qayd qilishga cheklovlar qo'yilgan. Yaqinda, Oymotion firmasidan gForce-Pro qurilmasi taklif etildi. 1000 Gs diskret qiymatda signalni olish va EMG signalining to'liq spektrlaridan foydalanish imkonini beradi.

Biroq, ushbu imtiyozlar Myo Armband bilaguzak qurilmasidan 6 barobar qimmat bo'lishiga olib keldi.

Yana bir nechta qurilmalar adabiyotlarda keltirilgan. Quyidagi jadvalda EMG signallarini yozib oluvchi qurilmalarini texnik taqqoslash natijalari keltirilgan. Sportchilarning holatini EMG signallarini yordamida baholash uchun bir nechta mushaklardan olingan elektromiografiya signallari muhim ahamiyat kasb etadi. Jadvaldan ko'rinadiki, ko'p kanalli qurilmalarning ichida narxining arzonligi, namuna olish tezligining yuqoriligi, ulanish texnologiyasining yangiligi va qurilmaning vazni yengilligi kabi xususiyatlari boshqa qurilmalarga nisbatan afzal bo'lgan, BTS kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan FreeEMG qurilmasi tadqiqot uchun qo'l keladi.

Umumiy tahlil.

BTS FreeEMG – bu simsiz elektromiografiya (EMG) tizimi bo'lib, mushaklarning bioelektrik faolligini real vaqt rejimida aniqlash va tahlil qilish uchun mo'ljallangan. U harakatlarni tahlil qilish, biomexanika, sport tibbiyoti, rehabilitatsiya va neyrofiziologik tadqiqotlar sohaslarida keng qo'llaniladi.

BTS FREEEMG mushaklarni tanlashni, olish davomiyligi va chastotasini sozlashni, amplifikatorni qabul qilishini va elektrodning to'g'ri joylashishini sodda va tez bajaradi.

BTS FREEEMG tadqiqot, sport, tibbiyot, nevrologiya va ortopediyada qo'llanilishi mumkin. Mavjud dasturiy vositalar bilan BTS FREEEMG 300 nevrologik va ortopedik kasalliklarni, farmakologik terapiyani, harakat funksiyasi yomonlashuvining rivojlanishini, ortopedik moslamalardan foydalanishni, rehabilitatsiya kuzatuvini baholash va sport mashg'ulotlari dasturlarini optimallashtirish uchun ilg'or diagnostika vositasiga aylanadi.

BTS FREEEMG elektromiyografik signallarni tahlil qilish uchun eng to'liq dasturiy yechim EMG-Analyzer bilan qo'llaniladi. U klinik, sport va tadqiqot sohasidagi baholashlar uchun oldindan belgilangan shablonlar (sakrash, yurish, charchoq tahlili, izokinetik)ni o'z ichiga oladi.

BTS EMG-Analyzer shuningdek, ishlab chiqish protokollarini yaratish uchun muharrirga ega bo'lib, biomexanik tahlil tilini grafik shaklga o'tkazuvchi innovatsion obyekt interfeysi tufayli

foydalanuvchi tez va samarali moslashtirilgan tahlil protokollarini ishlab chiqishi mumkin.

Elektrodlar simlarsiz ishlaydi, bu esa harakatlarni tabiiy muhitda kuzatishga imkon beradi. Elektromiografik signallarni yuqori chastotada va aniq qayd etadi. Qurilma ko‘p kanalli tizim hisoblanib, turli mushak guruhlarini bir vaqtning o‘zida tahlil qilish imkoniyati mavjud. Shuningdek, u yengil va ixcham dizayn tufayli inson harakatlariga deyarli ta’sir qilmaydi, sportchilarda va bemorlarda tabiiy harakatlarni tahlil qilishga imkon beradi. Harakatlarni sinxronizatsiya qilish imkoniyati borligi uchun 3D harakatni tahlil qilish kabi boshqa biomexanik o‘lchovlar bilan integratsiya qilish mumkin.

BTS FreeEMG tibbiyot va rehabilitatsiyada harakat buzilishlarini aniqlash, insult va ortopedik jarohlardan keyin mushak faolligini baholash kabi sohalarda qo‘llanadi. Sport va jismoniy mashg‘ulotlarda qurilma mushaklarga berilayotgan yuklanishni tahlil qilish, sportchilarning harakat samaradorligini oshirish tahlilini amalga oshirish imonini beradi. Ilmiy tadqiqotlarda esa biomexanika, bioinformatika va nevrologiya sohasidagi tadqiqotlar uchun foydalaniladi.

1. *Asbob-uskunalar.* Qurilma simsiz EMG sensorlari (elektrodlar), markaziy qabul qilish moduli, tizimni boshqarish uchun maxsus kompyuter va sinxronizatsiya qilish uchun maxsus tarkibiy qismlardan iborat

2. *Qabul qilish.* BTS FreeEMG tizimi mushaklarning bioelektrik faolligini o‘lchash va uni simsiz texnologiya orqali kompyuterga uzatish uchun ishlatiladi. Signalni qabul qilish quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Signalni to‘plash bosqichi EMG sensorlari orqali amalga oshiriladi va elektromiografik (EMG) sensorlar mushaklarning elektr faolligini yuzaki elektrodlar orqali aniqlaydi. Har bir sensor mV (millivolt) diapazonida juda kichik signallarni qayd qiladi. Sensorlar analog signalni qabul qiladi va uni raqamli (digital) signalga o‘zgartiradi.

2. Simsiz signal uzatish bosqichida FreeEMG tizimi Bluetooth yoki radiochastota orqali signallarni markaziy qabul qiluvchi modulga uzatadi. Simsiz texnologiya elektrik shovqin va simlar ta’sirini kamaytiradi, bu esa aniqroq natijalarga olib keladi. Signal uzatish real

vaqt rejimida amalga oshadi va bu onlayn monitoring imkoniyatini beradi.

3. Signalni markaziy modulda qabul qilish bosqichi esa barcha sensorlardan kelayotgan signalni bir joyga to'plash va ularni sinxronizatsiya qilish jarayoni bo'lib, modul shovqinni filtrlash va signalni kuchaytirish funksiyasiga ega.

Sinxronizatsiya harakat tahlili kameralari yoki boshqa biomexanik o'lchov tizimlari bilan birga ishlash imkonini beradi.

4. Ma'lumotlarni kompyuterga uzatish va tahlil qilish jarayonida qabul qilingan signal BTS EMG-Analyzer dasturiy ta'minotida qayta ishlanadi. Dastur signallarni grafik ko'rinishda aks ettiradi va tahlil qilishga yordam beradi. Signalni filtrlash, chastotasini o'zgartirish va spektral tahlil qilish imkoniyatlari mavjud. Ma'lumotlar CSV, Excel yoki grafik formatlarda eksport qilinishi mumkin.

3. *Qayta ishlash.* Biosignallar ma'lumotlarini tahlil qilish va o'rganish, odatda, biosignallarni filtrlash, to'lqin xarakteristikalarini aniqlash, parametrlarni ajratish kabi jarayonlarni o'z ichiga oladi. BTS FreeEMG tizimi tomonidan to'plangan elektromiografik (EMG) ma'lumotlar maxsus dasturiy ta'minot orqali qayta ishlanadi. Bu jarayon quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. Signalni filtrlash va tozalash. Xom (raw) EMG signali odatda shovqin va ortiqcha elektr ta'sirlarga ega bo'lishi mumkin. Shovqinni yo'qotish esa filtrlar yordamida bajariladi:

- Past chastotali filtrlash (low-pass filter) keraksiz yuqori chastotali shovqinlarni yo'q qiladi.
- Yuqori chastotali filtrlash (high-pass filter) – Mushak faolligi signalini ajratib olish uchun ishlatiladi.
- Band-pass filtrlash – Muayyan chastota oralig'ida signallarni ajratadi (odatda 20–450 Hz).

2. Signalni silliqlash va amplituda o'zgarishlarini hisoblash
RMS (Root Mean Square) hisoblash EMG signalining mushak faolligini baholash uchun ishlatiladigan asosiy usullardan biri hisoblanadi.

O'rtacha absolyut amplituda esa mushak harakati davomida signalning kuchini baholaydi.

3. Vizualizatsiya va grafik tahlil

Bu jarayon BTS EMG-Analyzer dasturida amalga oshirilib, EMG signallarini real vaqt rejimida yoki yozib olingan ma'lumotlar asosida tahlil qilish uchun ishlatiladi.

Harakat tahlili tizimlari bilan integratsiyada esa EMG signallari harakat ma'lumotlari bilan birlashtirilishi mumkin (masalan, 3D kinematika yoki bosim sensorlari bilan).

Signalni grafik shaklda ko'rsatishda esa ma'lumotlar chiziqli grafiklar yoki issiqlik xaritalari (heatmap) ko'rinishida tasvirlanadi.

Qurilma 3 qismdan tashkil topgan:

- *Instrumental vositalar* (10 tagacha biosignal sensorlari, qabul qilish bloki, sensorlarni zaryadlovchi qurilma (Docking Station), 2ta FSW simsiz sensori. Ushbu qismga biosignallar turlarining deyarli barchasini aniqlovchi sensorlardan kiruvchi ma'lumotlarni qabul qilish bloki yordamida oladi va kompyuterga uzatadi.

- *Dasturiy vositalar.* Bunga asosan kiruvchi biosignallarni tahlil qilish va ularni interfeysda qayd etish uchun ishlatiladigan vosita(BTS EMG-Analyzer) kiradi. Albatta, bu dasturiy vosita masofaviy hamda mobil vositalarga ulash imkonini ham bajarib beradi.

- *Qo'shimcha yordamchi vositalar.* Asosan utilitalar orqali amalga oshiriladigan jarayonlar, signalni sinxronizatsiya qilish, ma'lumotlar ko'rinishlarini o'zgartirish vazifalarini bajaradi.

Simsiz EMG sensorlari

BTS FREEEMG 300 og'irligi 13 grammdan kam bo'lgan faol elektrodlarga ega miniatyuralashtirilgan (kichiklashtirilgan) sensorlardan foydalanadi.

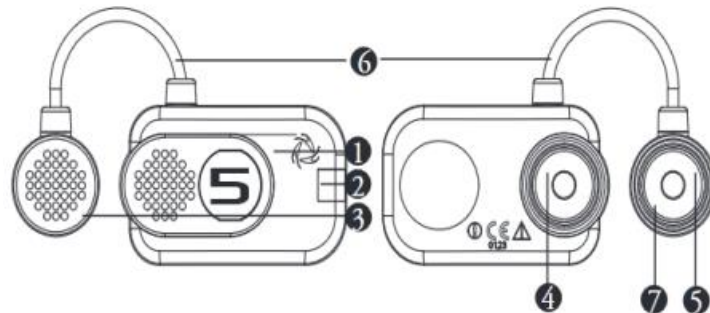
Maxsus dizayn joyini maksimal darajada tejash va to'siqlarsiz erkin harakatlana oladigan bemor uchun qulaylikni ta'minlaydi. Har bir qabul qiluvchi blok 16 tagacha sensorni boshqarishi mumkin.

Sensorlarni plaster yoki ikki tomonlama lenta bilan qo'shimcha mahkamlashni talab qilmasdan to'g'ridan-to'g'ri oldindan tayyorlangan elektrodlarga ulash mumkin. Bu kabellarning umuman yo'qligi bilan birga bemorni tezroq tayyorlashga imkon beradi va har bir seans vaqtini keskin qisqartiradi.

Har bir sensor asosiy elektrod va yordamchi elektroddan iborat bo'lib, ularning har biri qisqich bilan jihozlangan. Moslashuvchan

kabel orqali ulangan ikkita qism foydalanuvchining xohishiga ko'ra sozlanishi ma'lum bir kichik masofada joylashtirilishi mumkin.

Wi-Fi tarmog'i bilan bog'liq muammolar yoki foydali ish diapazonidan oshib ketganligi sababli ma'lumotlar yo'qolishining oldini olish uchun barcha sensorlar qattiq xotira buferi bilan jihozlangan.



2.7-rasm. 1 - Asosiy elektrod, 2 - LED, 3 - Yordamchi elektrod, 4 - Asosiy elektrod qisqichi, 5 - Yordamchi elektrod qisqichi, 6 - Moslashuvchan kabel, 7 - Sensor identifikatori.

Sensorlar maxsus zaryadlovchi tomonidan zaryadlanadi, unga sensorlar tegishli qisqichlar orqali ulanadi.

Simsiz FSW/EGN sensorlari

Footswitch-dan keladigan yoqish-o'chirish tahlil signallarini yig'ish yoki Elektrogoniometrlardan ma'lumotlarni yig'ish uchun BTS FREEEMG 300 simsiz sensorlardan foydalanadi, ular maxsus ulagich yordamida FSW yoki EGN sensorlariga ulanishi kerak.



2.8-rasm. Footswitch tasviri

Sensor u yoki bu sensor bilan ishlatilsa, boshqacha ishlaydi va faollashtirish vaqtida bir xil qabul qiluvchi blokdan uning ish tartibi haqida ma'lumot oladi.

Sensor bitta parallelepiped shaklidagi blokdan iborat. Yuqori yuzda rang (Yashil, Qizil, Sariq, Moviy) va harf (A, B, C, D, E yoki F) bilan tavsiflangan ID yorlig'i va EMG sensorlari uchun tasvirlanganiga o'xshash ishlaydigan holat LED yorlig'i mavjud.

BTS FREEEMG 300 ikkita FSW/EGN simsiz sensorlariga ulangan 4 ta bitta kalitdan (odatda o'ng va chap tomonda) 2 ta konnektor orqali 8 tagacha basografik zonalarni o'lchash imkonini beradi.

Footswitch kanallari 16 elektromiyografik kanalga qo'shimcha hisoblanadi.

Zaryadlovchi qurilma



2.9-rasm. BTS FreeEMGning zaryadlash qurilmasi

Zaryadlovchi bir vaqtning o'zida 8 ta EMG sensorasini va 2 ta FSW/EGN sensorasini zaryadlashi mumkin.

12 dan ortiq sensorli tizimlar uchun ikkita birlik taqdim etiladi. Bir vaqtning o'zida quvvat manbai uchun bir xil o'zgaruvchan tok adapteri orqali qo'shilgan simi yordamida ko'proq qurilmalar ketma-ket ulanishi mumkin.

EMG sensorlari zaryadlovchiga odatda EMG signalini to'playdigan qisqichlar yordamida ulanadi.

§2.4. Sportchilarning skelet tizimlarini tahlil qiluvchi zamonaviy o'lchov uskunalari tahlili

So'ngi paytlarda axborot texnologiyalari sohasi deyarli barcha sohalarni qamrab olmoqda, jumladan, sport sohasida xam bir qancha o'zgarishlar, soha jarayonlarida maxsus apparat va dasturiy vositalarni qo'llash orqali samaradorlikni oshirish rivojlanib bormoqda.

Texnologiyalardagi so'nggi yutuqlar asosida sport sohasida harakat paytidagi muvozanat va inersial kuchlarni o'lchash usullari rivojlanib, sport biomexanikasida ishlatilishi mumkin bo'lgan bir nechta yangi turdagi uskunalar yaratildi. Ushbu qurilmalar maxsus texnologiyalar asosida, ya'ni, inersiyaga asoslangan 3D o'lchovli fazoda harakatni modellashtirishga yordam beruvchi zamonaviy texnologiyalar (IMU - Inertial measurement unit), magnit maydon sensorlari (MIMU - Magneto-Inertial Measurement Unit) va boshqalar

sensorlarni keltirish mumkin. Bu texnologiyalarni qo'llash asosida olib boriladigan ilmiy tadqiqotlarning yo'nalishlari oshib bormoqda, jumladan, sport biomexanikasining bir nechta asosiy yo'nalishlari sanaladigan jismoniy samaradorlikni oshirish, inson inersial holatining tahlili, kuch monitoringi, shikastlanish va xavflarni kamaytirish kabi tajribalarda yuqoridagi texnologiyalar eng asosiy vositalar bo'lib xizmat qilmoqda. Shuni ta'kidlash zarurki, bu texnologiyalarning afzalligi o'rnatilgan asbob-uskunalar bilan solishtirilganda ancha arzon va portativligidir, bu esa laboratoriya sharoitidan tashqari muhitlarda xam sportchilarning harakatlanishi natijasidagi parametrlarini, ma'lum ko'rsatkichlarini o'lchashga zaruriy imkoniyatni taqdim etadi, bu esa albatta ekologik asoslarni yaxshilanishiga xam olib keladi.

Ammo, noinvaziv usulda sportchiga ulangan sensorlardan aniq va haqiqiy parametrlarni olish uchun keng qamrovli mustaqil testlar, mashqlar talab etiladi. Bu esa, sport biomexanikasida tartiblangan jismoniy tayyorgarlik mashqlarini o'z ichiga olgan sport protokollarini taqdim etadi. Sportchilarning maxsus jismoniy holatini baholovchi mashqlar va usullar avvaldan ma'lum bo'lishi mumkin, ammo mashqlarni bajarish jarayonida real vaqt rejimida tanadan olinadigan ma'lumotlarni taqdim etuvchi sensorlar aynan inson tanasining qaysi nuqtalariga qo'yishni aniqlash, asosiy kuch paydo bo'luvchi potensial nuqtalarda sensorlarni joylashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Sensorlar majmui

Inersial va magnit-inersial o'lchov birliklari (inersial sensorlar) sport biomexanikasida tobora ko'proq tarqalgan tanaga o'rnatiladigan sensor texnologiyalari hisoblanadi. Ushbu simsiz sensorlar odatda inersiyaga asoslangan ish prinsipiga ega bo'lgan uch o'lchovli chiziqli akselerometrlar, gyroskoplarni va uch o'lchovli magnitometrlarni o'z ichiga oladi.

Odatda, inersiyaga asoslangan ammo magnetometr mavjudligi yoki yo'qligidan qat'iy nazar bunday sensorlar IMU deb ataladi. IMU mustaqil vosita sifatida yoki bir nechta IMU lardan tuzilgan bo'lib, inson harakatini tahlil qilish jarayonlarida foydalaniladi. Ular tananing maxsus segmentlarida, jumladan, bosh, ko'krak, qo'l yoki oyoq, bel kabilarda joylashtirilishi mumkin. Ammo, massa trayektoriyasi markazining bu turdagi zamonaviy tahlillari energiya miqdorini aniqlash uchun ishonchli hisoblanmasligi mumkin. Bu muammoni

oldini olish uchun massa qiymatini avvaldan aniqlab qiymat kiritilishi kerak.

IMUlardan olingan o'lchovlarning aniqligi va ishonchliligi uchun bir qancha omillar hal qiluvchi ahamiyatga ega. Yaroqlilik muddati, tegishli texnik xususiyatlarga ega sensorni to'g'ri tanlash, sensorni kalibrlashning to'g'riligiga va tashqi ferro-magnit buzilishlarning yo'qligiga bog'liq. Sensorning lokatsiyaga mahkamlash va anatomik kalibrlash eng muhim ahamiyatga ega.

IMU yordamida olinishi mumkin bo'lgan o'lchovlar bir nechta toifalarga ajratish mumkin: jismoniy faoliyatni tasniflash va monitoringi, tashqi (butun tana) yoki ichki (segment) inersial kuchlar bilan bog'liq dinamik miqdorlarni baholash uchun tezlanish o'lchovi, dinamik barqarorlikni o'lchash uchun tezlanish o'lchovi, harakatning texnik jihatlarini baholash uchun nuqta yoki tana segmenti kinematik miqdorlari (masalan, og'irlik markaziga nisbatan tananing burchak tezligi yoki tananing ikkita segmentining nisbiy yo'nalishi) va kombinatsiya (ushbu toifalarning ikki yoki undan ortiq birikmasi). Ushbu toifa miqdorlari anatomik kalibrlash protsedurasi orqali anatomik segmentga mos bo'lishi talab etiladi. O'tgan davrlarda, tovon suyaklari o'qi bo'ylab anatomik kalibrlash usullari mavjud bo'lgan. Funktsional kalibrlash vaqtida funksional harakatlar bajariladi va sensor sohasiga nisbatan anatomik jihatdan tegishli o'qlarning yo'nalishi aniqlanadi, misol uchun funksional kalibrlashning eng oddiy variant bu yurish testi.

Hozirda harakatlarning murakkabligi va sensorni joylashtirishning xilma-xilligi, biomexanik modellar va aniq o'lchov natijalari uchun anatomik kalibrlash jarayonlari uchun etarli aniqlik va ishonchlilikni ta'minlaydigan standart protokollar to'plami mavjud emas. Xatoliklar noto'g'ri ma'lumotlar kesish chastotalarini noto'g'ri tanlash va drift xatolari yoki ferromagnit buzilishlarni qoplash uchun maxsus algoritmlardan foydalanmaslik tufayli ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonida ham paydo bo'lishi mumkin.

Sport biomexanikasi fanida IMU sensorlaridan foydalanishda tadqiqot sifatini mustahkamlash uchun aniq va ishonchli natijalarga qo'yiladigan minimal talablar kelishuvlari mavjud. Biomexanikada kinetik va kinematik o'lchash davomida tananing 3D o'lchovli harakatini tahlil qilish va elektromiografiya signallarining ishtiroki bilan jarayonni amalga oshirish ancha samaradorlikni oshiradi. Ushbu

muhim bosqichga erishilgunga qadar, IMU asosidagi tadqiqotlar uchun ba'zi umumiy ko'rsatmalar, jumladan, IMU ni tanlash va ishlatish bo'yicha mulohazalar ro'yhati va potentsial xato manbalarini aniqlash va minimallashtirish uchun ko'rib chiqilishi kerak bo'lgan fikrlar quyida keltirib o'tilgan.

- IMU sensorining massasi va o'lchamlari uning harakatga ta'sirini (og'irligini) minimallashtirish uchun muhim rol o'ynaydi, ayniqsa bolalar va katta yoshli insonlarda sensordan foydalanilgan holatlarda yoki tezkor dinamik harakatlar kinematikasini baholashda sensorning tebranishini cheklash uchun etarlicha kichiklikni ta'minlashi kerakligi;

- Namuna olish chastotasi harakat va natija parametrlari uchun mos kelishi;

- Sensor sig'imi (masalan, chiziqli tezlashtirishning to'liq miqyosli diapazoni) harakatning haqiqiy biomexanikasini, ayniqsa yuqori ta'sirli hodisalar paytida distal segmentlar uchun mos kelishi;

- Sensordan foydalanishda harakat artefaktlarini kamaytirish uchun teriga mahkamlash imkon qadar qattiq bo'lishi kerak. Shu sababli, datchiklarni kiyimga, hatto tor kiyimga yoki qattiq bo'lmagan cho'ntaklarga mahkamlash tavsiya etilmaydi. Datchiklarni yumshoq to'qimalar (mushak) ustiga qo'yishdan, shuningdek, bo'g'imga juda yaqin joylashtirish orqali harakatni qiyinlashtirish zarur;

- Inersial kuch o'lchovlari uchun datchikni joylashtirish individual antropometriyani hisobga olish kerak (masalan, antro-tibbiyotda sensorlarni to'piqning simmetriyasini inobatga olgan holda joylashtirish);

- Sinov vaqtida ishonchlilikni ta'minlash uchun anatomik kalibrlash tartibini amalga oshirish kerak. Sensordan olingan ma'lumotlar yo'nalishi segmentning anatomik o'qlariga nisbatan aniqlanadi. Agar anatomik xususiyatlar qo'lda tanlansa (masalan, inertial kuch o'lchovlari uchun), sensorni joylashtirish belgilangan protokolga muvofiq bo'lishi kerak;

Sensorlar

Mikrokontroller

Sport sohasida ishlatiladigan sensor qurilmalar miniatyuraga asoslagan va portativlik xususiyatiga ega bo'lishi samaradorlikka ta'sir qiluvchi asosiy omil ekanligini xar doim inobatga olish zarur.

Portativ texnologiyalarning ishlashiga imkon beruvchi asosiy komponent bu mikrokontrollerdir. Bu odatda mini kompyuter (chipdagi tizim) sifatida ko‘riladi. Muhimi shundaki, u bitta chipda turli funksiyalarni bajarish vazifasi yuklanadi. Dastur yozish, qayta dasturlash, narx pastligi, o‘lchami kichikligi, boshqa sensorlar bilan moslashuvchanligi va grafik display mavjudligi kabi murakkab jarayonlarni boshqarish qobiliyati tufayli u portativ texnologiyaning talablariga mos keladi. Ko‘p qirralilik dasturchi-dizaynerlarga mikrokontrollerdan foydalanish, ularning ehtiyojlarini optimallashtirishga olib keladi.

Mikrokontroller ma‘lum qismlardan iborat. Masalan, protsessor kirish ma‘lumotlarini o‘qiydi, qaror qabul qiladi va chiqish ma‘lumotlarini yozish uchun dasturlashtirilgan ma‘lumotlarni qayta ishlaydi. Osilator - barcha kerakli ma‘lumotlarni sinxronlashtiradigan taymer soatidir. Xotirasi esa uch qismdan iborat - tasodifiy kirish xotirasi (RAM), quvvat yo‘qolganda ma‘lumotlarni o‘chiradi, quvvat yo‘qolganda ma‘lumotlarni o‘chirmaydigan faqat o‘qiladigan xotira (ROM) va ma‘lumotlar saqlash uchun dasturlashtirilgan flesh xotira. Portlar mikrokontrollerning oxirgi qismini tashkil qiladi. Bu mikrokontrollerga va undan chiqadigan ulanishlar (kirish/chiqish) hisoblanadi. U kirish ma‘lumotlarini o‘qiydi (so‘rovnoma) va chiqish ma‘lumotlarini yozadi. Analog-raqamli o‘zgartiruvchi (ADC) qurilma mavjud bo‘lib, u analog kiritishni raqamli ko‘rsatkichlarga qayta ishlash imkonini beradi.

Mikrokontrollerning tuzilishi bir-biridan farq qiladi. Fon Neyman arxitekturasida uchta shina mavjud – ma‘lumotlar shinasini (kirish/chiqish o‘rtasida ma‘lumotlarni uzatadi), manzil shinasini (xotira joyi) va boshqaruv shinasini (ma‘lumotlar o‘qilishi yoki yozilishini aniqlaydi, boshqalari uzilishlarni hal qiladi, xotirani tanlaydi yoki portlarni boshqaradi). Garvard arxitekturasini tezkorroq strukturaga ega bo‘lib, qo‘shimcha to‘rtinchi shinaga ega, ya‘ni ko‘rsatmalar shinasini (ma‘lumotlar va ko‘rsatmalar bir vaqtning o‘zida qayta ishlanadi). Standart operatsiya umumiy hisoblanadi. Taqdim etilgan kuchlanish barcha komponentlarga quvvat beradi, mantiqiy boshqaruv barcha komponentlar uchun ustuvor bo‘ladi va taymer impulslar ketma-ketligini ta‘minlash uchun barqarorlashadi. Dastur hisoblagichi dastlab nolga o‘rnatiladi, keyin manzil ko‘rsatmasini yuboriladi.

Dekoder o'qiydi, keyin dastur hisoblagichi bittaga o'tadi. Bu jarayon tez takrorlanadi.

Portativ ilovalarda ustuvor bo'lishi kerak bo'lgan dizayn masalalari dasturlash orqali o'z yechimini topadi. Tanlangan mikrokontroller jarayonni va kirish/chiqish shartlarini ko'rsatadigan xususiyatlarni tushunishi muhimdir. Dasturlash tili ham muhim. Visual basic mikrokontrollerlarni dasturlash uchun keng tarqalgan tildir, ammo portativ texnologiya muhandislari C, C++, Arduino, Java, Swift (Apple IOS) va Pythondan foydalanishlari ma'lum, bularning barchasi portativ qurilmaning funksiyasiga bog'liq. Bu komponentlarga buyruqlar o'rnatishni osonlashtiradi va mikrokontroller funksiyasini tezda o'zgartirish mumkin bo'ladi. Ishonchlilik kuzatilayotgan yoki qayd qilinayotgan ma'lumotlarning to'g'riligiga bog'liq. Chunki turli harakatlar sensorning aniqligini o'zgartirishi mumkin. Bu sezgir elementlarning qanday ishlashiga bog'liq bo'lishi mumkin. Barqarorlik juda muhim, chunki u portativ qurilmaning hayot siklini belgilaydi. Sport sohasida portativ texnologiya har doim mikrokontroller, integral mikrosxemalar quvvatini boshqarish va sensor signalining holati bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlarga ega bo'ladi.

Accelerometer

Akselerometrlar portativ o'lchov qurilmalarida keng tarqalgan sensordir. Ularning sezish imkoniyatlari har xil tezlanish turlaridan (chiziqli va tortishish) farqlanadi. Ularning o'lchash imkoniyatlari turli maqsadlarda dasturlash imkonini beradi. Misol tariqasida, foydalanuvchi harakatni boshlaganda, u tezlanish bilan bir qatorda eng yuqori tezlikka chiqishi mumkin. Akselerometrlar, shuningdek, uyqu rejimini ham kuzatib boradi. Ushbu ikkita misol sport va tibbiyot kabi sohalar akselerometrga asoslangan portativ qurilmalar turli xil mazmunli ma'lumotlarni olish qobiliyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. Dasturlashtirilgan algoritmlarga o'zgartirish kiritmaslik juda muhim, chunki bu ishlov berish bosqichida kuzatilayotgan ma'lumotlar buzilishiga olib keladi. Akselerometrlar asosan insonning kinematik harakatidagi tezlanishni aniqlaydi. Sportda sportchining atributlarining miqdori tezlanish va yo'nalishni bilish imkonini beradi. Sensorlarning joylashuvi joylashishda moslashuvchanlikni ta'minlaydi, bu akselerometrni juda ko'p funksiyali sensorga aylantiradi.

Giroskoplar

Giroskoplar portativ qurilmalarda yana bir keng tarqalgan sensordir. Ular akselerometrlardan farq qiladi, chunki ular faqat burchak tezlanishlarini o'lchaydilar. Ba'zi ilovalarda aylanish tezlanishini aniqlash uchun akselerometrda foydalanishni afzal ko'radi, ba'zilar esa xatolarni filtrlash uchun ikkalasini birlashtirishni xohlaydi. Bu kuzatilayotgan ma'lumotlarning aniqligini oshirish uchun. Giroskoplarning bir nechta turlari mavjud, masalan, optik, maxanik. Optik - bu har xil ishlaydigan (burchakli bo'lmagan momentlar) vaziyatlarda foydalaniladi, bu erda ikkita optik tolali o'ramlar o'zgaruvchan yo'nalishda aylanadi, shuning uchun ular turli masofalarni bosib o'tadi va nazorat qiladi (Sagnac effekti).

Giroskoplar asosan diskdagi burchak tezligini aniqlaydi. Girooskop datchiklari Coriolis kuchi tufayli burchak tezligini sezadi. Bu tebranish elementiga ta'sir qiluvchi yerning aylanishi tufayli yuzaga keladigan tabiiy kuchlardir. Harakat potentsiallar farqini hosil qiladi, bu elektr signaliga aylanadi. Bu yo'nalishni va proyeksiyani o'lchash uchun ishlatiladi, bu burchaklar yoki muayyan joylashuvni o'z ichiga olgan statistika uchun foydali bo'ladi. Bu esa albatta sensorning joylashuvining ma'lumotlar yig'ilishiga ta'sir qilishi mumkinligini anglatadi. Agar ushbu sensorlarni portativ qurilmalarga birlashtirilish zarurati tug'lsa, e'tiborga olish kerak bo'lgan yana bir omil bu sensorlar atrofida mos keladigan elektronika va oraliq masofalarni to'g'ri tanlashdir.

Magnetometrlar

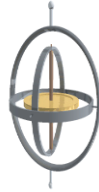
Magnetometrlar odatda akselerometrlar va giroskoplar bilan inertial o'lchov birligini (IMU) hosil qilish uchun birlashtirilishi mumkin. Ushbu sensorlarning har biri turiga qarab uchta o'qqa ega bo'lishi mumkin. Bu kompasning ishiga juda o'xshaydi va u muvofiqlashtirishga yordam beradi. U odatda boshqa ikkita sensor bilan ishlatilsada, u harakatlarning yo'nalishini filtrlash orqali ularni to'ldiradi. Magnetometrlar magnit kuchlarni yerning magnit maydoniga nisbatan o'lchaydi.

Buni Hall effekti prinsiplari orqali amalga oshiradi, bunda agar oqim o'tkazuvchi o'tkazgich magnit maydonga joylashtirilsa, u holda oqim va magnit maydonga perpendikulyar bo'lgan o'tkazgich bo'ylab kuchlanish hosil bo'ladi. Agar qo'llaniladigan kuchlar o'zgararsa, kuchlanish ko'rsatkichi mutanosib ravishda o'zgarib, magnit maydonning qiymatini va yo'nalishini beradi. Keyinchalik bu vektor

hisob-kitoblari tufayli yoʻnalishni beradigan elektr miqdori sifatida beriladi. Tananing bir qismining turli harakatlarini aniqlash IMUning bir qismi sifatida koʻrib chiqilishi mumkin boʻlgan qoʻshimcha shkalani beradi (2.10-rasm).



3-D akselerometr, toʻgʻri chiziqli tezlanishni oʻlchaydi



3-D giroskop, burchak tezlikni oʻlchaydi



3-D magnetometer, harakatning yerning magnit maydoniga nisbatan yoʻnalishini aniqlaydi

2.10-rasm. Akselerometr, giroskop va magnetometrlarning mantiqiy ish vazifalari

Yurak urishi sensorlari

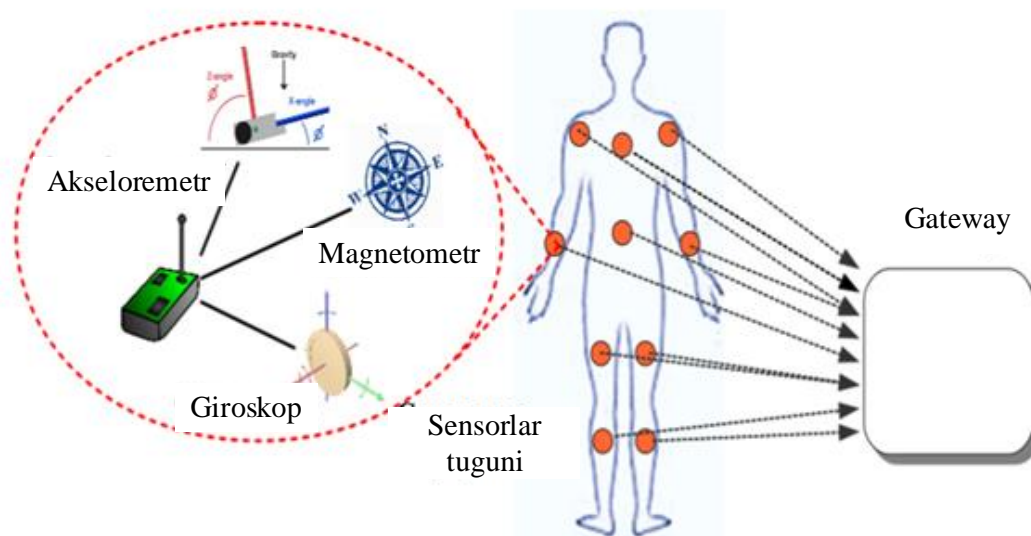
Yurak urishini oʻlchash uchun turli xil sensorlar va texnikalar mavjud. Oddiygina tushunadigan boʻlsak, elektrod (sensor) va inson terisi yurak ritmini qayd qiluvchi va tahlilini amalga oshiruvchi asosiy omillar ekanligini taʼkidlash mumkin. Fotopletismografiya - bu qon oqimini oʻlchash uchun yorugʻlikdan foydalanadigan hodisa, shuning uchun uni yurak urishi bilan bogʻlash mumkin. Fitnes bilan shugʻullanuvchilar Fitbit kabi ilovalarni fotodiod orqali ishlatadilar. Foydalanuvchining terisiga doimiy yashil yorugʻlik chiqadi, bu erda fotodiod yorugʻlikning yutilishini oʻlchashi mumkin. Ushbu maʼlumotlar puls oʻlchovini qayta ishlash uchun oʻzgartiriladi. Foydalanuvchining tanasi orqali qanchalik koʻp qon oqib chiqsa, bu yuqori intensivlikni anglatadi, diodlar tomonidan aniqlangan yorugʻlik miqdori shunchalik koʻp boʻladi. Hozirgi vaqtda ushbu hodisani qizil yorugʻlik bilan ishlatib, kislorod darajasini aniqlash usullari mavjud. Buning uchun odatda yashil va qizil ranglar ishlatiladi, bu erda yorugʻlikning toʻlqin uzunliklari toʻqimalarga qanchalik kuchli kirib borishi mumkinligiga bogʻliq.

Pedometrlar

Pedometrlar odatiy turmush tarziga asoslangan fitnes portativ qurilmalarida mavjud. Ular foydalanuvchi qadamlarini hisoblash uchun ishlatiladi. Bu yurish yoki yugurish shaklida boʻlishi mumkin. Pedometrlarning ikkita versiyasi mavjud - mexanik va elektr. Ikkinchisi hozirda eng keng tarqalgan shakl boʻlib, aniqlik uchun

MEMS-ga tayanadi, ammo baribir mexanik pedometrlarga asoslangan prinsiplar asosida ishlaydi. Jarayonni tahlil qilish uchun mayatnik mexanizmi qo‘llaniladi. Padometrning bir uchida metal mayatnik, ikkinchi uchida esa og‘irlik bolg‘asi bor. Foydalanuvchining har bir qadamida bolg‘acha hilpiraydi va boshqasiga tegadi, so‘ngra yana dastlabki holatiga qaytadi.

Nebraska Uesliyan universiteti tomonidan pedometrlarning aniqligi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, eng aniq ko‘rsatkichlarni kuzatish uchun bir nechta datchiklarga ega bo‘lgan sensorlardan foydalanish kerak. Tajriba davomida, tasmadagi pedometrning o‘lchash aniqligi bilakdagiga qaraganda yuqori ekanligi qayd etildi.



2.11-rasm. MEMS sensorlarining tuzilishi

Yuqorida ma‘lumot berilgan barcha qurilma va sensorlar ichida akselerometr va giroskop texnologiyalari muhim rol o‘ynaydi.

Inson harakatini o‘lchash tizimlarining ko‘pchiligi MEMS (Micro-Electro Mechanical Systems) sensorlariga asoslangan. Ular harakatni va uning erkinligini nazorat qiluvchi 3ta tugunlardan iborat: akselometr (uch o‘lchovli chiziqli tezlanishni xarakterlaydi), giroskoplar va magnetometrlar (2.11-rasm).

Masofa [s], tezlik [v] va tezlanish [a] bilan bog‘liq asosiy formulalar vaqt [t] bo‘yicha hisoblanadi. 2.4-jadvalda akselerometr va giroskop yordamida qaysi atributlar kuzatilishi, ko‘proq ma‘lumot olish mumkinligi ko‘rsatilgan.

2.4-jadval. Sportda akselerometr va giroskop sensorlaridan olinuvchi ma‘lumotlar tahlili

Sensor	Tezlanish	Tezlik	Masofa	Burchak tezligi	Burchak tezlanishi	Nisbiy burchak	Absolyut burchak	Kuch	Moment
Akselerometr	x	x	x					Massa kiritiladi	
Girooskop				x	x	Farq orqali hisoblanadi	x		Inersiya kiritiladi

Bizga ayonki $s[t]$: masofa vaqt funksiyasi, $v[t] = S'[t]$: tezlik vaqtning funksiyasiga aylanadi (masofadan bir marta hosila), $a[t] = v'[t]$: tezlanish tezlik funksiyasiga aylanadi (tezlikdan bir marta hosila), $a[t] = v'[t] = s''[t]$: tezlanish masofaning funksiyasiga aylanadi (masofadan ikki marta hosila) tartibda hisoblanadi. Mutlaq burchakni tana qismining qo'zg'almas chiziqqa nisbatan yo'naltirish burchagi deb hisoblash mumkin. Bu qiymat girooskop (burchak tezligi) o'lchovlari asosida birlashtirilgan. Nisbiy burchak foydalanuvchining harakat oralig'i bilan o'lchanadi. Shuning uchun u farq orqali hisoblanadi. Akselerometr yoki girooskopdan to'plangan ma'lumotlar vektor formatlarida hisoblanadi. Ushbu sensorlarning joylashuvi orqali olingan qiymatlar (o'rtacha, o'zgaruvchanlik, standart og'ish) turli sport turlari uchun farq qilishi mumkin.

Sensorlar portativ texnologiyalarning asosidir. Sensorlarsiz portativ qurilmalarni foydalanish mumkin emas. Foydalanuvchilar real vaqt rejimida aniq ma'lumotlarni taqdim etadigan monitoring tizimlarini xohlashadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yuqoridagi texnologiyalar bilan jihozlangan portativ qurilmalar bozori 2025 yilga kelib 2,86 mlrd dollarni tashkil etadi. Shu bilan birga bu turdagi qurilmalarning ancha qismini akselerometr va optik datchiklarning muhimligini ko'rish mumkin. Bu kelajakda qaysi sensorlar ko'proq tadqiqotga muhtoj bo'lishi mumkinligi haqida fikr beradi. MEMS o'lchamlari portativ qurilmalar uchun juda mos keladi, chunki dizaynerlar og'irligi va quvvat iste'moli minimal bo'lishini birinchi o'ringa qo'yishadi. 2.5-jadvalda turli portativ texnologiyalarda mavjud bo'lgan sensorlar tahlili keltirilgan.

2.5-jadvalda keltirilgan barcha portativ texnologiyalar Bluetooth orqali ma'lumot almashadi. Vandriko statistik saytidagi ma'lumotlarga asosan jadval qilingan.

Mikrokontrollerlar bilan bir qatorda, ushbu portativ texnologiyalarning ishlashi uchun ba'zi bir muhim omillar, jumladan,

ma'lumotlar uzatish jarayoni, ma'lumotlarni saqlash va quvvat masalalari ta'sir qiladi. Portativ o'lchov qurilmalarining xotirasi operatsion tizimga qarab farq qiladi. Xozirgi kunda xotira muammosini xal qilish maqsadida qurilmalardan real vaqt rejimida olingan ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri bulutga saqlash va keyinchalik foydalanish maqsadida saqlab qo'yish imkoniyatlari yaratilmoqda. Foydalanuvchilar o'lchov jarayonlarini yanada takomillashtirish uchun Wi-Fi kabi uzoq masofada ham o'lchash imkonini beruvchi texnologiyalardan foyalanishmoqda.

2.5-jadval. Turli sohalarda qo'llaniluvchi portativ texnologiyalar haqida ma'lumotlar

Qurilma	Akselerometr	Gyroskop	Yurak ritmi tahlili	GPS	Smart kategoriyasi	Ilova sohasi	O'rnatiladigan tana qismi	Boshqa sensorlar
Apple Watch 2	x		x	x	Soat	Xayot tarzi uchun	Bilak	Nutq sensori
Fitbit	x		x	x	Soat	Fitness uchun	Bilak	Ptdiod
Nintendo Joycon	x	x			Controller	O'yin uchun	Bosh	NFC
PlayStation VR	x	x			Ko'z kiyimi	O'yin uchun	Bosh	Mikrofon, nutq sensori
OM Bra	x		x	x	Kiyim	Tibbiyot	Tananing yuqori sohasi	Pedometr
RealWear HMT	x	x		x	Ko'z kiyimi	Sanoat	Bosh	Mikrofon, nutq sensori
HexoSkin	x		x		Kiyim	Fitness	Tananing yuqori sohasi	Pedometr, ECG
Vuzix AR3000	x	x		x	Bosh kiyimi	Tibbiyot	Bosh	Magnetometr
Google Glass	x	x		x	Ko'z kiyimi	Sanoat	Bosh	Magnetometr
Samsung Gear S3	x	x	x	x	Soat	Xayot tarzi uchun	Bilak	Magnetometr, yorug'lik sensori, barometr
G-sensor	x	x			Kiyimga taqiladigan sensor	Tibbiyot, sport	Tananing yuqori sohasi	Magnetometr
Bitalino	x		x		Controller	Tibbiyot	Tananing turli sohalari	Magnetometr, yorug'lik sensori
FreeEMG	x	x			Tanaga taqiladigan sensor	Tibbiyot, sport	Tananing turli sohalari	Magnetometr

Simsiz aloqa bu turdagi o‘lchov qurilmalarning muhim qismidir. U simsiz sensor tarmog‘i sifatida qaraladi va turli topologiyalarga ega (masalan, to‘r, yulduz va boshqalar). 2.6-jadvalda portativ o‘lchov qurilmalar uchun turli simsiz texnologiyalar ko‘rsatilgan.

Parametrlari har xil bo‘lgan bir xil simsiz texnologiya uchun turli xil versiyalar mavjud. Narx ishlab chiqish bilan bog‘liq jarayonlarga emas, balki faqat tegga tegishlidir. Bit tezligi o‘rtacha qiymatlardir, chunki ular dasturga qarab o‘zgarib turadi. Ba’zi simsiz aloqa usullarini tanlashda dizaynni hisobga olish, shuningdek, uning hajmi yoki muayyan sharoitlarda (suv o‘tkazmaydigan, sinmaydigan, ultrabinafsha nurlarga chidamli va boshqalar) nisbatan tanlanadi. Ideal holda, diapazon, bit tezligi va quvvat iste‘moli mutanosib bo‘lishi kerak. Muayyan qiymatlarni faqat sinov orqali bilish mumkin. 6 Mbit/s tezlikka Wi-Fi ma‘lumot uzatish dipazoni 70 m bo‘lganda ishlashi mumkin, lekin 10 m diapozonda esa 54 Mbit/s tezlikka erishish mumkin va ular ichki va tashqi sharoitlar uchun farq qiladi.

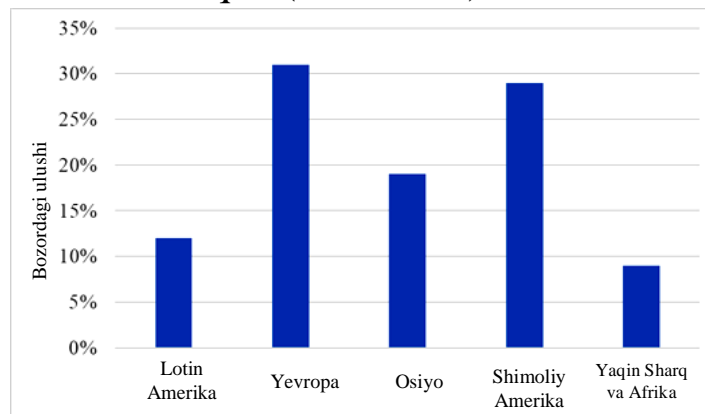
2.6-jadval. Portativ o‘lchov qurilmalari uchun simsiz texnologiyalar

Portativ o‘lchov qurilmalari uchun simsiz texnologiyalar	Narx	Quvvat istemoli	Diapozoni	O‘tkazuvchanligi	Tezligi (Mbit/s)	Fizik o‘lchami	Foydalanish sohasi
Bluetooth	5-35\$	Past	~10-25	Past	0,2-2	Kichik	Sport, tibbiyot
Yaqin maydon aloqasi	25-100\$	Past	~0,2	Past	0,4	Kichik	Hayot tarzida
ANT	15-40\$	Past	~30	Past	0,12-0,6	Kichik	Sport, sanoat
ZigBee	4-20\$	Past	~10-100	Past	0,25	Kichik	Sanoat
Wi-Fi	50-120\$	Juda baland	~10-70	Baland	2-54	kichik	Sanoat, hayot tarzida, tibbiyotda

Xozirgi kunda sport biomexanikasida ishlatiladigan texnologiyalar inson harakatini kinametikasini 3D fazoda o‘lchash imkonini beradi. Bunda gyroskop, magnitometr va akselerometr 3 o‘lchovli fazoda o‘z vazifasiga ega (2.10-rasm).

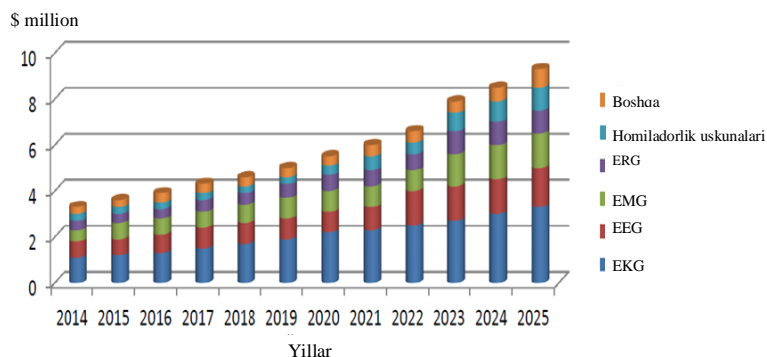
§2.5. Kurash sportchisining mushak signallarini tasniflashda foydalaniladigan sun'iy intellekt usullari tahlili

EMG signallari shovqinga bardoshsiz past chastotali signaldir. Ushbu signallarni tasniflash usullari nerv-mushak kasalliklar, bemorlar harakat funksiyalarini rehabilitatsiyasi, diagnostik tizimlar, inson-mashina tizimlari kabi turli sohalarda tibbiy qurilma yoki ajralmas vosita sifatida ishlatilib kelinmoqda. Shuningdek, EMG signali asosida tashkil etilgan qurilmalar yoki dasturiy vositalar dunyo bozorida ham o'sib bormoqda (2.12-rasm).



2.12-rasm. EMG qurilmalarining dunyo bozorida ulushi (2021 yil)

Yana bir tahlilga ko'ra (2.13-rasm) EMG signalga asoslangan tibbiy qurilmalar va dasturiy vositalarning boshqa biosignallarga asoslangan vositalarga nisbatan talab doimiy ravishda oshib borishi kutilmoqda. Yuqoridagi tahlil va bashoratlash diagrammalaridan ko'rinadiki, EMG signalini tasniflash orqali yaratiladigan qurilmalar va dasturiy vositalar hozirgi zamonaviy tibbiyotning ajralmas bo'lagi bo'lib ulgurgan.



2.13-rasm. EMG qurilmalari bozorining bashoratlash grafigi
EMG signallarini qayta ishlash va farqlash uchun asosan neyron tarmoqlari, mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalaniladi. Quyidagi

jadvalda EMG signalining tasniflashda ishlatilgan neyron tarmoqlarining tahlili keltirilgan (2.7-jadval).

2.7-jadval. HCI sohasida EMG tasnifi uchun ishlatilgan asosiy usullarning qisqacha tavsifi.

Usul	Qisqacha izox
Artificial Neural Network (ANN)	Neyron tarmoq uchun signalning AR (autoregressive coefficient) parametrlari vektoridan foydalanilgan. 95% gacha aniqlikka erishilgan. Nogironlar uchun yanada mustahkam klassifikator talab qilinadi.
	Bir qatlamli neyron tarmoq Fitt qonuniga muvofiq unumdorlik 14% ni tashkil etdi Keyinchalik takomillashtirish uchun yanada murakkab neyron tarmoqlari va o'qitishning eng yaxshi usullari talab qilinadi.
	Ikkala vaqt va chastota sohalaridagi xususiyatlardan foydalanishgan. MLP asosidagi model RBF va LVQ bilan taqqoslaganda yaxshiroq natija bergan. 4 kanalli ma'lumotlar to'plamidan foydalangan holda tasniflash aniqliligi 98%, ammo hisoblanish vaqti ikki barobar bo'ldi. Xususiyatlarni farqlash va aniqlash qiyin.
	Yule-Walker algoritmi asosida AR parametrlarini spektral baxolash LVQ neyron tarmog'i uchun kiruvchi parametrlar – 4-darajali AR parametrlar LVQ uchun chiziqli qatlam va o'qitish uchun raqobatdosh qatlam kerak Aniqlilik darajasi 78% atrofida Kirish vektor sinflariga qarab qat'iy raqobatdosh qatlamlarni loyihalashda mexanizm mavjud emas.
Backpropagation Neural Network (BPNN)	Yangi turdagi EMG asosida boshqariluvchi sichqoncha ishlab chiqildi. Sichqoncha kursorida 70% aniqlilik darajasi. Uzoq muddat foydalanish uchun yaroqsiz Harakat to'rt yo'nalishda cheklangan
	ICA asosidagi signalni ajratish usulidan foydalanish. Vaqtinchalik dekorrelyatsiya manbaini ajratish (Temporal decorrelation source separation - TDSEP) algoritmi asosida tasniflash aniqlilik 97% ni tashkil etgan. Neyron tarmoqqa kiruvchi qiymatlar sifatida signalning RMS qiymatlari ishlatilgan. Real vaqt rejimida EMG signallarini tasniflash uchun signalning aralash matritsasi va ularning og'irliklarining kombinatsiyasidan foydalanilgan. Qo'l harakatlari 3-6 tagacha cheklangan.
Log-Linearized Gaussian Mixture Network (LLGMN)	Boshqa neyron tarmoqlarga qaraganda diskriminatsiyaning yuqori ko'rsatkichlarga erishish mumkin. Neyronning chiqish ma'lumotlariga qarab, harakat amalga oshiriladi. Tayanch yo'nalishlarning soniga qarab, kursor harakatining aniqliligini oshirish.
Recurrent LLGMN	Continuous density hidden Markov model (CDHMM) asosida Recurrent LLGMN tarmog'ini xosil qilish. Cheklangan bazaviy harakat yo'nalishlarini tuzib olish orqali og'ir bo'lgan xisoblanishlarni bartaraf etish va ulkan neyron tarmoq

	<p>tuzilmasidan foydalanmaslikni ta'minlaydi.</p> <p>Signalning vaqt soxasidn foydalanib, katta aniqlikka erishish</p> <p>Tanishda mavjud xatolar sezilarli darajada yaxshilandi.</p>
LLGMN based Probalistic Neural Network (PNN)	<p>PNN, LLGMN tarmoqlarini FPGA qurilmasiga bog'lash.</p> <p>FPGA asosida tuzilgan HCI tizimi ko'proq portativ va kompakt hisoblanadi</p> <p>Apparat vositasida tasniflash 97.9%, ya'ni dasturiy o'qitishdan ko'ra yaxshiroq bo'lishi.</p> <p>Apparat tili uchun xotiraning yetishmasligi.</p> <p>Ishlov berish tezligini yaxshilash kerak bo'ladi.</p>
Fuzzy Mean Max Neural Network (FMMNN)	<p>Stoxastik parametrlardan (masalan integral absolute value) xususiyat sifatida foydalanish.</p> <p>Bunda asosan oltita bilak harakatlarini yaxshi tasniflash mumkin bo'ldi.</p> <p>EMG signaldan Difference Absolute Mean Value (DAMV) xususiyatlarini ajratib olish va ularni o'qitishda va tanib olishda neyronning kiruvchi qiymatlari sifatida foydalanish.</p> <p>Har bir bilak harakatlarini tanib olish darajasi aniqliligi 90%, o'rtacha esa 97% ni tashqil etdi.</p> <p>EMG signalni olishda to'rt kanaldan foydalanildi.</p> <p>Tasniflashning aniqligini oshirish tegishli xususiyatlar vektorini to'g'ri ajratib olish muhimdir.</p>
Radial Basis Function Artificial Neural Network (RBFNN)	<p>Moving Window Least Squares (MWLS) usuli bu cheklangan nuqtalarni aniqlash uchun ishlatiladigan baholash usulidir.</p> <p>RBFNN tarmog'ida qo'l harakatlarini real vaqtda tanish uchun interpolyatsiya/ekstrapolyatsiya orqali amalga oshiriladi.</p> <p>EMG signallarning stoxastik tabiati tufayli paremetrlashning ma'lum xatoliklari topildi.</p> <p>Tanish aniqliligini oshirish, signalning kvantlash darajasini oshirish va ko'proq sensorlardan foydalangan holda amalga oshirish mumkin.</p>
Hidden Markov model (HMM)	<p>Signal parametrlarining o'rtachasini olish samaradorlikni oshiradi.</p> <p>HMM modeli noto'g'ri tasniflashni oldini oluvchi tabiatga ega</p> <p>Tasniflash jarayonlari davomida HMM usuli MLP usuliga qaraganda katta hisoblanishlardan voz kechadi.</p> <p>Aniqlikni pasaytiradigan omillar qo'lning xolati, terining tozaligi, terining namligi va mushakning charchashiga bog'liq bo'ladi.</p> <p>EMG signalni tanib olish astronavlilar uchun qo'llash yaxshi natija beradi, ammo uzoq vaqt vaznsizlik xolati mushak atrofiyasiga olib kelishi mumkin</p> <p>Ushbu usul moslashuvchan hisoblanadi.</p> <p>Moslashuvchanlik va kalibrash bosqichi modelda ma'lum tuzatishlarni talab etadi</p>
Bayes Network	<p>Strukturalangan turdagi harakatlar tasodifiy harakatlardan ko'ra yaxshiroq tanish aniqliligini ta'minlaydi.</p> <p>Umumiy ravishda vaqt va chastota sohasidagi xususiyatlar olinadi.</p> <p>Yaxshi natija olish uchun K-Nearest Neighbors (k-NN) klassifikator tarmoqqa qo'shildi.</p> <p>EMG signalni tanishda akselerometrardan birgalikda foydalanish aniqlikni 5-10% ga oshiradi.</p> <p>Kerakli xususiyatlarni tanlash yaxshiroq tasniflash uchun muximdir va</p>

	<p>xususiyatlarni ko'paytirib borish ham yaxshi natijaga olib kelmasligi mumkin.</p> <p>O'rtacha aniqlilik 94% ga erishilgan.</p> <p>Ozgina noto'g'ri harakat xam EMG signalni tasniflashda salbiy natijalarga olib kelishi mumkin, shuning uchun signalni olishda alohida muhit kerak bo'ladi.</p>
--	---

EMG signali asosida qo'l harakatlarini tasniflashda sun'iy neyron tarmoqlardan foydalanishda signalning AR koeffitsient vektoridan foydalanilganda 95% aniqlikka erishilgan, ammo ushbu tarmoqni takomillashtirish uchun neyron tarmoq ko'p qatlamli bo'lishini talab etadi. Bu esa signal parametrlarini hisoblashda va qaror qabul qilishda vaqt sarfini ko'payishiga olib keladi. Qo'l harakatlarini tanish orqali kompyuter sichqonchasini harakatlantirish tizimi yaratilgan, ushbu masalada BPNN tarmoqdan foydalanilgan. Sichqoncha kursori 70% aniqlikda ishlagan. Bunday neyron tarmoqda qo'l harakatlari cheklangan bo'ladi va tarmoqdan uzoq muddatda foydalanib bo'lmaydi. Ushbu neyron tarmoqda kiruvchi parametr sifatida asosan signalning RMS parametrlari ishlatiladi. LLGMN tarmoq ham EMG signalini tanishda ishlatilgan. Boshqa neyron tarmoqlarga qaraganda diskriminatsiyaning yuqori ko'rsatkichlariga erishish mumkin, ammo aniqlik ko'rsatkichi past bo'ladi. Kosmik sohalarda ham EMG signalni tanish jarayonlarida ham foydalanish mumkin. Bunday jarayonda ko'proq HMM dan foydalaniladi. Ushbu tarmoq noto'g'ri tasniflashni oldini oladi, MLP usuliga qaraganda qiyin bo'lgan hisoblanishlarni oldini oladi. Ammo, jarayonni amalga oshirishda moslashuvchanlik va kalibrlash bosqichini talab qilishi sababli modelda ma'lum tuzatishlarni amalga oshirishni talab etadi. LLGMN asosida PNN asosidagi EMG signalini tanishda qurilma bilan integratsiya jarayoni yaxshilanadi. Ammo, apparat tili uchun xotiraning yetishmasligi muammolari uchraydi. Bunda ishlov berish tezligi past bo'ladi. EMG signalini tanishda signalning stoxastik parametrlaridan foydalaniladi. Shuning uchun FMMNN tarmoqdan foydalanish aniqlikni oshirishga imkon yaratadi, ammo aniqlikni oshirish uchun signalning stoxastik parametrlarini juda aniqlikda tanlashni talab etadi. Real vaqt rejimida EMG signalni tanishda interpolyatsiya/ekstrapolyatsiya usullaridan ham foydalaniladi. Bunday jarayonda ko'pincha RBFNN tarmoqlar ishlatiladi. Ammo, tanish aniqliligini oshirish signalning kvantlash darajasini oshirish va ko'proq sensorlardan foydalangan holda amalga oshirishni talab

etadi. Bu esa signal ma'lumotlari ko'payishi natijasida tarmoqni o'qitish vaqtini oshib ketishiga olib keladi. BN usuli asosida signalni tanish jarayonida 94% gacha aniqlikka erishish mumkin, ammo, ozgina noto'g'ri harakat ham EMG signalni tasniflashda salbiy natijalarga olib kelishi mumkin, buni bartaraf qilish uchun signalni olishda alohida muhit kerak bo'ladi.

So'ngi paytlarda ushbu sohada bajarilgan ilmiy tadqiqotlarda EMG signalni tasniflashda neyron tarmoqlardan foydalanish bir muncha kamaygan. Buning asosiy sababi shundaki, EMG signali past chastotali va amplitudali signal bo'lib, qo'lning har bir harakati natijasida olingan signal qiymatlari juda ham bir-biriga yaqin. Shuning uchun bunday qiymatli signallarni tasniflashda ML algoritmlaridan foydalanish yetarli. Mioboshqaruv tizimlarida kechikish vaqti eng muhim omillardan biri bo'lganligi sababli, tasniflovchi algoritmimiz tezkor bo'lishi kerak. Bunday xususiyat ML algoritmlarida mavjud.

EMG signalni tasniflashda asosan quyidagi omillarga katta e'tibor berish kerak bo'ladi:

- EMG signalni tahlil qilishda oyna o'lchamini to'g'ri tanlash va parametrlar fazosini tanlab olish.
- Tezkor va aniqligi katta bo'lgan tasniflash algoritmlarini tanlash.

ML algoritmlarining quyidagi afzalliklari tufayli EMG signallarini tasniflashda va mioboshqaruv tizimlarida qo'llanilib kelinmoqda.

- Neyron tarmoqlari bilan solishtirilganda o'qitish tezligi yuqori hamda o'qitish parametrlari kamligi, mioboshqaruv tizimlarida qurilma bilan integratsiyalashuvi yuqori, moslashuvchanligi.
- Vizual tanish ustunligi. Avval olingan parametrlarni (vaqt sohasidagi yoki chastota sohasidagi beligilar) ML ning sinflashtirish algoritmlari orqali tasniflash osonligi.

- Mavjud, aniq avval berilgan signal parametrlari orqali katta miqdordagi signal qiymatlarini osonlik bilan tasniflash imkoniyati.

Asosiy tasniflash usullari bo'yicha xulosalar 2.7-jadvalda keltirilgan

Real vaqt rejimida elektromiografiya signallari ma'lumotlar to'plamlarini o'qitish, signalga dastlabki ishlov berish, parametrlarni

ajratish va qo‘l harakatlarini tanish jarayonlarida amalga oshirishda mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanishda ham aniqlikda va real vaqt rejimida samaradorlikka erishish mumkin. ML ning bir nechta klassik algoritmlari mavjud bo‘lib, quyida, ilmiy tadqiqotda foydalanilgan algoritmlar to‘g‘risida va EMG signal tasnifi masalasida foydalanish mumkinligi taraflari yoritilgan.

RF algoritmi. Ushbu algoritm – bir nechta tasodifiy daraxtlar klassifikatorlaridan tuzilgan tasniflash algoritmidir. Tasodifiy daraxtlarda barcha kiruvchi vektor parametrlari orqali qarorlar takomillashtiriladi. Tasodifiy daraxtlar bir-biriga yaqin qarorlar orqali qaysi eng yaqin sinfga tegishligini amalga oshiradi.

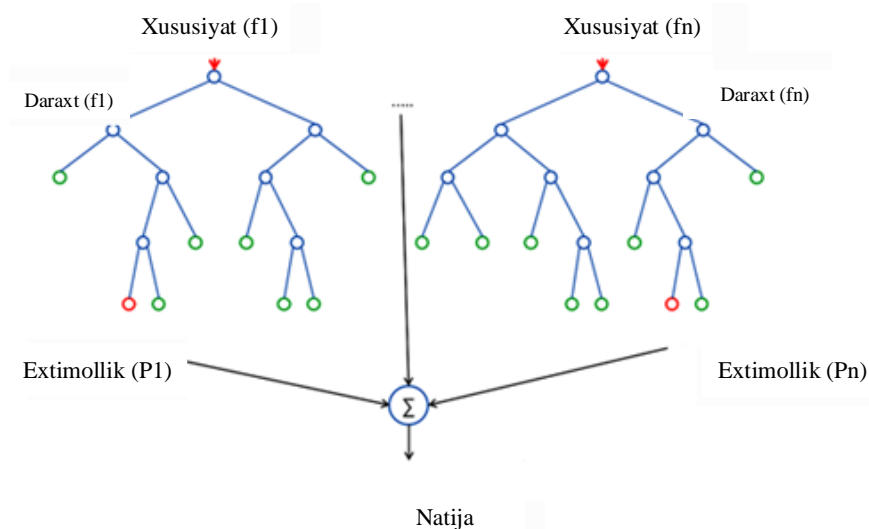
Kiruvchi signal parametrlari $v = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ (i - harakatning N_i - qiymat bilan tasodifiy vektori, bunda, v_i tasodifiy vektoridagi har bir element 1 dan N_i oralig‘idagi tasodifiy qiymat bo‘lib, namuna indeksini anglatadi) N ta harakatdan iborat to‘plamni $N = \sum_{i=0}^N N_i$ orqali

o‘qitish uchun tasodifiy daraxtning o‘quv majmuasini yaratish uchun tayyorlaydi. Olingan to‘plamning namunasi sifatida nomlangan N namunalari bilan qaror daraxtining o‘quv to‘plami sifatida shakllandi. Keyin qaror daraxtining har bir kichik klassifikatorining parametrlari oldindan belgilangan qoidalar bo‘yicha o‘qitiladi. O‘quv majmualaridagi farqlar tufayli qarorlar daraxtining parametrlari turlicha bo‘ladi. Qarorlar daraxtini yaratish bo‘yicha ushbu jarayon tasodifiy daraxtning tanib olish darajasi barqarorligi ta’minlangan talablarga javob berguncha davom etadi. Sinov bosqichida to‘plamda har bir daraxtining natijalarini to‘playdi va yakuniy natija sifatida maksimal qiymat yaqin sinfga tegishli ekanligini belgilaydi.

Ushbu algoritmning bir nechta afzalliklari mavjud.

- Katta ma’lumotlar bazalarida samarali va tezkor ishlaydi.
- Yuqori aniqlikni ta’minlaydi.
- Ortiqcha qayta o‘qitishlarni talab qilmaydi.
- O‘zgaruvchilar parametrlarning ahamiyatini ta’minlaydi.
- Minglab o‘zgaruvchilarni osonlikcha boshqarish mumkin.
- Ko‘p sinflarni tasniflash muammolarini hal qilish mumkin.
- Ko‘p o‘lchovli joylarda samarali foydalanish mumkin.

Odatda, real vaqt rejimida harakatni tasniflash uchun bir nechta kanallardan (m , sensorlar) foydalaniladi. Mioelektrik jarayonlarning m o'lchovli maydonida harakatlarni tanishda tasodifiy daraxtlar to'plamidan foydalaniladi. Ammo, kanallar orqali ma'lumotlar olish va ushbu ma'lumotlar orqali olingan signal parametrlari ushbu algoritmnining aniqligini oshiradi. Aniqroq aytganda, tasodifiy daraxtlarni qurish uchun dastlabki signal ma'lumotlaridan olingan turli xil namunalar to'plamlaridan foydalaniladi. Signal namunalarining uchdan bir qismi yuklash namunalariga (tashqi bag namunalari) kiritilmagan va N daraxt to'plamini qurishda foydalanilmaydi (2.14-rasm).



2.14-rasm. Random Forest algoritmining umumiy tuzilishi

Random Forest algoritmi biotibbiyot tadqiqotlarida keng qo'llanila boshlandi. Yuqorida aytib o'tilganidek ushbu algoritm bir nechta tasodifiy qarorlar daraxtlari to'plamiga asoslangan. Ko'pgina tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ular ko'plab ma'lumotlar to'plamlarini tasniflashda ishlatiladigan mavjud algoritmlar bilan solishtirilganda yaxshiroq natijani namoyon qiladi. Ular juda ko'p sonli parametrlarga ega ma'lumotlarni boshqarishga qodir. Tasniflash uchun muhim bo'lgan parametrlarni har bir qarorlar daraxti baholaydi.

Random forest algoritmini amalga oshirish.

1-qadam. $y_i \in \{norm, path\} \{(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)\}$ o'quv to'plami berilgan bo'lsin, bu yerda $x_i \in R^d$ va $y_i \in \{norm, path\}$, to'plamdagi daraxtlarni $\#$ aniqlash, B va $\#$ tasodifiy parametrlarni tanlash, m .

2-qadam. For $b = 1 \dots B$.

3-qadam. O‘quv to‘plami yoki uning o‘rnini bosuvchi to‘plamdan foydalanib, n o‘lchamdagi namunalarni yuklash bajariladi; ba’zi takrorlanadigan namunalar olinadi, ba’zilari tushirib qoldiriladi.

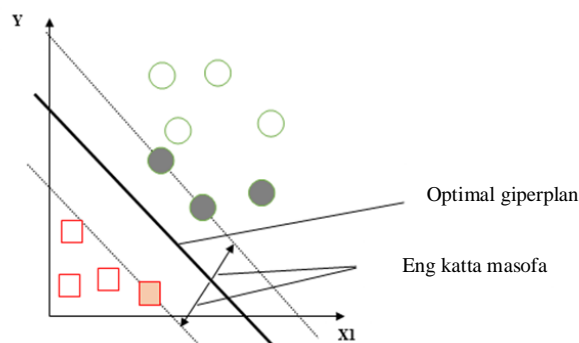
4-qadam. Bo‘linishni hisobga olish uchun m daraxt o‘zgaruvchilarining har bir tugunida tasodifiy ravishda $\eta_b(x)$ o‘qitish ma’lumotlari sifatida yuklanadi, qarorlar daraxti tasniflagichi tuziladi.

5-qadam. $\eta_b(x)$ tasniflagichi yordamida yuklanmagan (the out-of-bag data) namunalarni tasniflang.

6-qadam. x_i ni $\eta_b(x)$ klassifikatorlari tomonidan eng ko‘p tegishli sinfni belgilang, bu yerda b^i x_i bo‘lmagan ma’lumotlariga ishora qiladi.

Algoritm EMG signallarni sinflarga ajratish uchun foydalaniladi. Tasodifiy daraxtlar to‘plamining ushbu xususiyatlaridan o‘qitish masalarida muhim bo‘lgan parametrlarni ajratib olish uchun foydalaniladi.

SVM algoritmi. Ushbu algoritm tana harakatlari, tasvirlar, tovush signallarini tasniflash uchun ishlatiladi. SVM ikkita yoki ko‘p turdagi ob’ektlarni ajratish uchun to‘plamga kiritilgan namunalarni chiziqsiz funksiyalar orqali yuqori o‘lchamdagi parametrlar oralig‘ida optimal ajratish giperplanini quradi. Ushbu nazariya 1995 yilda yaratilgan. U regressiyali nazoratli o‘qitish texnikasi hisoblanadi (2.15-rasm).



2.15-rasm. SVM algoritmining geometrik tavsifi

Giperplan turli sinflar uchun optimal bo‘lishi kerak, buning uchun maksimal oraliq masofani aniqlash kerak bo‘ladi.

SVM da, o‘qitish algoritmi global va noyob bo‘lgan kvadratik dasturlash (KD) tomonidan bajariladi.

SVM algoritmini amalga oshirish.

1-qadam. Kiruvchi o‘qitish ma’lumotlarini $(x_i, y_i), \dots, (x_m, y_m) \in R^N \times \{-1, +1\}$ hisobga olgan holda, bu yerda x_i kiruvchi qiymatlarga mos keladi, y_i (-1 yoki +1) sinfiga tegishli qilib beriladi.

2-qadam. Agar ushbu ma’lumotlar chiziqli ravishda ajratilmasa, ular $\phi: R^N \rightarrow R^M$ chiziqsiz transformatsiya orqali yangi R^M to‘plamga olinadi, bu yerda o‘zgartirilgan ma’lumotlar chiziqli ravishda ajratilishi mumkin. Shu tarzda, ob’ekt turlarini ajratib turadigan tanlangan giperplan sifatida ko‘rish mumkin:

$$\omega * \phi(x) + b = 0, \quad (2.3)$$

bu yerda $\omega \in R^M$ va $b \in R$

3-qadam. KD muammosi o‘qitish algoritmidan maksimal ajratish qiymati va yopiq xato $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_m)$ bo‘lgan optimal giperplanni qurishni o‘z ichiga oladi, u quyidagicha

$$\min_{\omega, b} \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^m \xi_i \quad (2.4)$$

shartga ko‘ra,

$$y_i(\omega \cdot \phi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i, \quad i = 1, \dots, m$$

4-qadam. Agar, ma’lumotlar nuqtalari juda yaqin joylashgan bo‘lsa va ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri ajratish qiyin bo‘lsa, ularni ajratish uchun K funksiyasidan foydalanish mumkin, u

$$F(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{j,k=1}^m \alpha_j \alpha_k y_j y_k K(x_j, x_k), \quad (2.5)$$

shartga ko‘ra,

$$\sum_{i=1}^m y_i \alpha_i = 0, \quad C \geq \alpha_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m.$$

bu yerda $K(x_j, x_k)$ kernel funksiyasi, bu radial asosli funksiya (Radial Basis Function - RBF), Gauss yoki polinom funksiya bo‘lishi mumkin. Polinom kerneli chiziqli, kvadratik, kubik yoki qandaydir d darajali bo‘lishi mumkin, quyidagicha tariflanadi,

$$K_p(x_j, x_k) = (1 + x_j \cdot x_k)^d \quad (2.6)$$

Parametr vektorlari bo‘lgan ikki namuna RBF qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$K_R(x_j, x_k) = \exp(-\gamma \|x_j - x_k\|^2) \quad (2.7)$$

Gauss funksiyasi quyidagicha yoziladi

$$K_R(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma} \exp\left[-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (2.8)$$

bu yerda $\gamma = \frac{1}{2\sigma^2}$ va σ standart og'ish.

Biosignallarga asoslangan boshqaruv tizimlarida signallarni sinflashtirish uchun ushbu algoritm keng qo'llaniladi. Algoritm asosan moslashuvchan va boshqa usullar bilan birlashtirish imkoniyati tasniflashning aniqliligini oshiradi.

K-NN algoritmi. K - NN algoritmi parametrsiz namunalarni tasniflashda keng qo'llaniladigan usullaridan biridir. Dastlab Kover va Xart tomonidan taklif qilingan. Uning soddaligi va samadorligi ko'plab tasniflash muammolarida keng qo'llanilishiga olib keldi. Agar oldindan ma'lumot kam yoki umuman bo'lmaganda k-NN usuli qo'llash samara beradi. O'quv tanlanma xech qanday qayta ishlanmaydi, namunaga berilgan sinf – bu tizimga ma'lum bo'lgan eng yaqin namuna sinfi va parametriga qarab aniqlangan masofa bo'yicha o'lchanadi. Masofa klassik Evklid masofasi bo'lganda, Voronoy sohalari chiziqli chegaralar bilan chegaralanadi. k-NN qoidasi x ni eng yaqin namunalari orasida tez-tez takrorlanadigan qiymatni tasniflaydi: bu degani K eng yaqin qo'shnilar soni orqali amalga oshiriladi. k-NN tasnifi ehtimollik zichligining ishonchli parametrik baholari noma'lum bo'lganida yoki ularni aniqlash qiyin bo'lganda, diskreminant tahlilni o'tkazish zaruriyatidan kelib chiqqan holda ishlab chiqiladi.

Hozirgi kunda ushbu algoritm ko'p ishlatiladigan tasniflash usulidir. U foydalanishga yaroqsiz va ma'lumot to'plami katta bo'lsa foydalanish samarali hisoblanadi. Ikki namuna orasida Evklid masofasi (yoki n o'lchovli ikki nuqta) quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$x_i = (x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}), \quad d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (2.9)$$

bu yerda x_i va y_i - n atributli ikki nuqta. Ushbu formula x_1 va x_2 yozuvlardagi atributning mos qiymatlari orasidagi farqni hisobga olgan holda x_i va y_i nuqtalar orasidagi masofani o'lchaydi. Ushbu algoritm nazorat qilinadigan o'rganish algoritmidir. O'quv namunalari n -o'lchovli raqamli atributlar bilan tavsiflanadi. Har bir namuna n -o'lchovli namuna maydonidagi nuqtani aks ettiradi. Shu tarzda, barcha o'quv namunalari n o'lchovli namuna maydonida saqlanadi. Ushbu algoritm juda oddiy. U eng yaqin qo'shnilarni aniqlash uchun so'rovlar instansiyasidan o'quv namunalariga minimal masofaga qarab ishlaydi. k ta yaqin qo'shnilar yig'ilgandan keyin, ushbu k yaqin qo'shnilarning eng ko'p ishlatilganini tanlab olinadi. Ushbu k o'quv namunalari noma'lum namuna uchun eng yaqin qo'shnilar bo'lib, Evklid masofasi bilan belgilanadi.

Har bir namuna $W = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$ sinflaridan biriga tegishli bo'lgan $X = \{x_1, \dots, x_N\} \subseteq R^p$ namunalar to'plamini ko'rib chiqamiz. Eng yaqin qo'shni (nearest neighbor - NN) tasnifi qoidasi noma'lum tasnifning z namunasiga eng yaqin qo'shnisining sinfiga belgilaydi, bu yerda $x_i \in X$ z ga eng yaqin qo'shni

$$D(x_i, z) = \min\{D(x_i, z), l = 1, 2, \dots, N\} \quad (2.10)$$

D R^p dagi ikkita namuna orasidagi Evklid masofasi. Ushbu sxema 1-NN qoidasi deb nomlanadi, chunki y z ning bitta qo'shnisiga asoslangan namunani tasniflaydi. k -NN qoidasi z ning k ga yaqin qo'shnilarini ko'rib chiqadi va ko'pchilik qoidasidan foydalanadi. t_l , z ning k -NN dagi l sinfiga $l = 1, 2, \dots, s$ qo'shnilar soni bo'lsin,

$$\sum_{l=1}^s t_l = k \quad (2.11)$$

keyin z j sinfiga beriladi, agar

$$t_j = \text{Max}\{t_l\} \quad (2.12)$$

k -NN algoritmini qanday hisoblash mumkinligi xaqida jarayonlar ketma-ketligi berilgan:

1-qadam. yaqin qo'shnilar nomeri k parametrini aniqlanadi;

2-qadam. co'rov misoli va barcha o'quv namunalari orasidagi masofani hisoblanadi;

3-qadam. masofani saralash va k minimal masofaga qarab eng yaqin qo'shnilar aniqlanadi;

4-qadam. eng yaqin qo'shnilar Y toifasi to'planadi;

5-qadam. so'rov misoli uchun taxminiy qiymat sifatida eng ko'p qaytarilgan yaqin qo'shnilar toifasidan foydalaniladi.

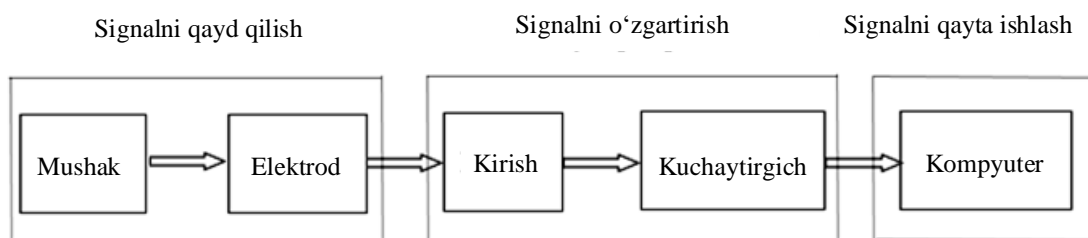
Bu ko'pgina turdagi ma'lumotlar uchun mavjud algoritmlar orasida eng muvaffaqiyatli tasniflash usullaridan biridir.

EMG signalini tasniflashda asosan quyidagi omillarga katta e'tibor berish kerak bo'ladi:

- EMG signalini tahlil qilishda oyna o'lchamini to'g'ri tanlash.
- parametrlar fazosini tanlab olish.
- Tezkor va aniqligi katta bo'lgan tasniflash algoritmlarini tanlash.
- ML algoritmlarining quyidagi afzalliklari tufayli EMG signallarini tasniflash va mioboshqaruv tizimlarida qo'llanilib kelinmoqda.
 - Neyron tarmoqlari bilan solishtirilganda o'qitish tezligi yuqori, hamda o'qitish parametrlari soni kam.
 - Mioboshqaruv tizimlarida qurilma bilan integratsiyalash jarayoni yuqori, moslashuvchan.
 - Vizual tanish ustunligi. Avval olingan parametrlarni (vaqt sohasidagi yoki chastota sohasidagi beligilar) ML ning sinflashtirish algoritmlari orqali tasniflash osonligi.
 - Mavjud, aniq avval berilgan signal parametrlari orqali katta miqdordagi signal qiymatlarini tasniflash oson.

§2.6. Mushak signallarini raqamli qayta ishlash bosqichlari

EMG signalini qayd qilish oson, ammo uni talqin qilish qiyin jarayon hisoblanadi. Ushbu signalni tahlil qilish mushaklarda hosil bo'luvchi kuch va mushaklar orqali vujudga keluvchi harakatlarni tushunishga imkon beradi. Shuni ta'kidlash kerakki, yuqoridagi ma'lumotlarni to'g'ri olish signalni qabul qilish uslubiga bog'liq bo'ladi. EMG signalni olishning ananaviy usuli asosan uch bosqichdan iborat: signalni olish, signalni o'zgartirish va signalni qayta ishlash (2.16-rasm).



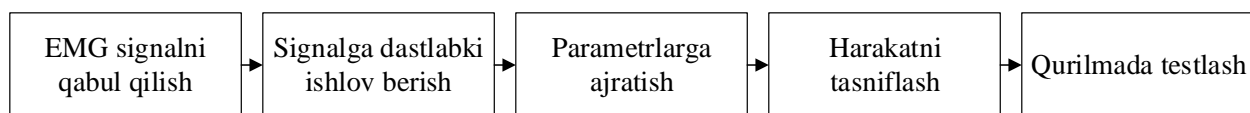
2.16-rasm. EMG signalni olish jarayoni

Mushaklarning qisqarishi teri yuzasida elektr maydon paydo bo'lishiga olib kelganligi uchun, elektrodlarni teri yuzasiga joylashtirishning o'zi kifoya bo'ladi.

Signalni sifatini oshirish uchun va har xil turdagi artefaktlar, shovqinlarni olib tashlash uchun filtrlash jarayonlarini amalga oshirishimiz kerak. Artefaktlar elektrodlarning yoki simlarning harakati natijasida paydo bo'ladi. Ular asosan 20 Gs chastotada bo'lishini inobatga olib, yuqori o'tish filtridan foydalaniladi.

EMG signali hozirgi kunda turli sohalarda, protezlarni boshqarishda, uchuvchisiz qurilmalarni boshqarishda, tashxislashda, kasalliklarni aniqlashda, imo-ishoralar orqali boshqariladigan kompyuter o'yinlaridan foydalanib kelinmoqda. Qayd qilingan EMG signalini ehtimollik parametriga ko'ra to'g'ridan-to'g'ri boshqaruv signali sifatida ishlatish mumkin emas. Uning statistik parametrlar vektori orqali va turli tahlil usullari orqali amalga oshirish mumkin. EMG signali ikki holatga ega bo'lishi mumkin: statsionar va statsionar bo'lmagan. Statsionar bo'lmagan signallarni qayta ishlash boshqa signallarni qayta ishlashga qaraganda ancha qiyin hisoblanadi. Bunday turdagi signallarni qayta ishlashda suriluvchi va ajratilgan segmentlash usullaridan foydalaniladi. Bunday holda signal bir segment ichida statsionar bo'ladi va uni parametrlarini aniqlash va keyinga segmentlarni tahlil qilish mumkin bo'ladi.

EMG signal vaqt o'tishi bilan o'zgarib turishi va shovqin tufayli uning tarkibida buzilishlarni ko'p uchratish mumkin. Uning aniq qiymatlarini olish, aniqlikni oshirish va hisoblashlar talabini kamaytirish uchun parametrlarga ajratish va tasniflash usullarini to'g'ri tanlash muhim sanaladi.



2.17-rasm. EMG signalini tasniflashning umumiy strukturasi

EMG signalini tasniflashning umumiy strukturasi asosan ma'lumotlarni yig'ish, signalni sozlash, parametr ajratish, tanib olish va boshqarish kabi bosqichlardan iborat (2.17-rasm).

Quyida keltiriladigan umumlashtirilgan ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish 2.17-rasmda ko'rsatilgan jarayonlar ketma-ketligida amalga oshirilgan. EMG signalini tasniflashning umumiy strukturasi quyidagicha ta'riflanadi.

1-bosqich. EMG signalni qabul qilish bosqichida, EMG signalini inson tanasidan qayd qilish jarayoni bo'lib, bunda qo'ldagi mavjud mushaklarning anatomiyasini o'rganish, mushaklarning tuzilishi, joylashuvi, shaklini aniqlash, mushaklarni o'rganish jarayonida qo'lning qaysi harakatlarini bajarish imkoniyatlarini tahlil qilish, shular asosida signalni qayd etishda elektrodlarning joylashuvini to'g'ri tanlash protseduralari bajariladi.

2-bosqich. Inson tanasidan kerakli harakatlar natijasida olingan signallarni qabul qilingandan so'ng, ushbu signalga dastlabki ishlov berish jarayoni amalga oshiriladi. Bunda, signalni keraksiz artefaktlar va shovqinlardan tozalash uchun kerakli filtrni tanlash, segmentlarga ajratish, oynada signallarga ishlov berish kabi protseduralar bajariladi.

3-bosqich. Ushbu bosqichda, tozalangan signaldan kerakli parametrlarni ajratib olish amalga oshiriladi. Signalning odatda uchta sohadagi parametrlari ya'ni vaqt, chastota, vaqt-chastota sohadagi parametrlari mavjud bo'ladi. Ushbu sohadagi parametrlarni yoki ularning kombinatsiyalarini samaradorligini ma'lum bir operatsiyalar orqali eng optimal variantini aniqlash kerak bo'ladi. Bundan keyingi tasniflash bosqichi orqali signal parametrlarining samaradorlik ko'rsatkichlari aniqlanadi va keyingi jarayonlarda ushbu parametrlar etalon sifatida olinadi va ishlatiladi.

4-bosqich. Signal parametrlari orqali hosil qilingan o'rgatuvchi tanlanma intellektual algoritmlar asosida o'qitilib, signal ma'lum qo'l harakatlari asosida tasniflanadi. Ushbu jarayon mashinali o'qitish algoritmiga asoslangan KNN, SVM va RF algoritmlarida bajariladi va ushbu algoritmlar aniqliligi tahlil qilinadi.

5-bosqich. Tasniflash natijalarini tekshirish uchun algoritmlar va dasturlar dasturiy majmuaga qo'shiladi.

III BOB. KURASHCHILARNING MUSHAK SIGNALLARINI QAYD QILISH VA TASNIFLASH

§3.1. Sportchilarning harakat parametrlarini tahlil qilish

Ayni vaqtda, dunyoda turli sohalarda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarni qo'llashga asoslangan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Jumladan, inson harakati tahlili (Gait analysis) yo'nalishidagi tadqiqotlar rivojlanib bormoqda. Harakat tahlili asosan uchta turdagi parametrlar asosida amalga oshiriladi (3.1-rasm): kinematik tahlili, kinetik va elektromiografiya (EMG) signali tahlili. Ushbu tahlillar parametrlarining birgalikda jamlanmasi dinamik holat tahlili deb yuritiladi.

Kinetik parametrlar harakatning kuch va energiya jihatidan o'rganilishini ta'kidlasa, kinematik parametrlar harakatning o'lchamlari, shakli, yo'nalishi va vaqti kabi jihatlarni o'z ichiga oladi, bu esa harakatning o'zgaruvchanligini va uning dinamikasini tahlil qilish imkonini beradi. Inson harakatida asosiy mexanizmlardan biri sifatida qaraluvchi EMG (elektromiografiya) signali harakat natijasida qisqaruvchi va bo'shashuvchi mushaklarning turli parametrlarini tahlil qilishga imkon beradi.

Inson harakatlarini tahlil qilish, turli sohalarda, jumladan, sog'liqni saqlash, sport, rehabilitatsiya, biomexanika, fizioterapiya, ergonomika va robototexnika kabi sohalarda muhim ahamiyatga ega. Bu tahlillar quyidagi maqsadlarda foydalanilishi mumkin:

Jarohatlar profilaktikasi: Harakatlar tahlili orqali jarohatlarning oldini olish mumkin. Masalan, sportchilarning harakatlarini tahlil qilib, noto'g'ri harakatlarni aniqlash va ularni to'g'ri harakatlar bilan almashtirish orqali jarohatlarning oldini olish mumkin. Shuningdek, jarohatlangan insonlar uchun eng samarali rehabilitatsiya dasturlarini ishlab chiqishda ham foydalaniladi.

Sportda samaradorlikni oshirish: Sportchilarning harakatlarini optimallashtirish orqali ularning samaradorligini oshirish mumkin. Harakatlar tahlili yordamida sportchilarning texnikasini yaxshilash,

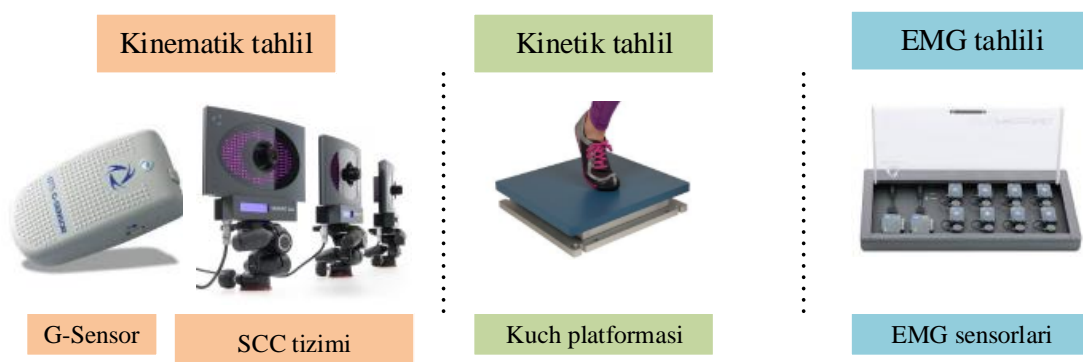
kuch va chidamlilikni oshirish kabi yo‘llar bilan maksimal samaradorlikka erishish mumkin.

Ergonomika va ish joyining xavfsizligi: Harakatlar tahlili, xodimlarning sog‘lig‘iga zarar bermaydigan va samarali ishlaydigan ish joylarini yaratish uchun muhimdir. Ergonomik tahlillar orqali, ish joyida xodimlarning harakatlari optimallashtiriladi. Bu orqali jarohatlar xavfini kamaytirib, umumiy ish samaradorligini oshirishga erishiladi.

Reabilitatsiya: Fizioterapiya va reabilitatsiya dasturlarida harakatlar tahlili, shaxsiy terapiya dasturlarini ishlab chiqishda asos bo‘lib xizmat qiladi. Bu yondashuv insonlarga jarohatlardan keyin harakatlarini tiklashga yordam beradi.

Texnologiya va robototexnika sohasi: Inson harakatlarini tushunish robotlarni va boshqa texnologik qurilmalarni inson harakatlariga o‘xshash tarzda harakatlanishini ta‘minlash uchun foydalaniladi. Bu, ayniqsa, inson-robot o‘zaro ta‘siri va sun‘iy organ tizimlarini yaratishda keng foydalaniladi.

Tibbiyot va biomexanika: Tibbiy tadqiqotlarda inson tanasi va uning harakatlarini tahlil qilish muhimdir. Bu kasalliklarning oldini olish, tashxis qo‘yish va davolash usullarini yaxshilashda yordam beradi.



3.1-rasm. Harakat tahlilida foydalaniladigan qurilmalar

Quyida ushbu maqsadlarda qo‘llaniladigan asosiy qurilmalar va texnologiyalar keltirilgan:

Aqlli tasvirlash kameralari (Smart Capture camera - SCC): Bu yuqori aniqlikdagi video tizimlar insonlarning harakatlarini yuqori

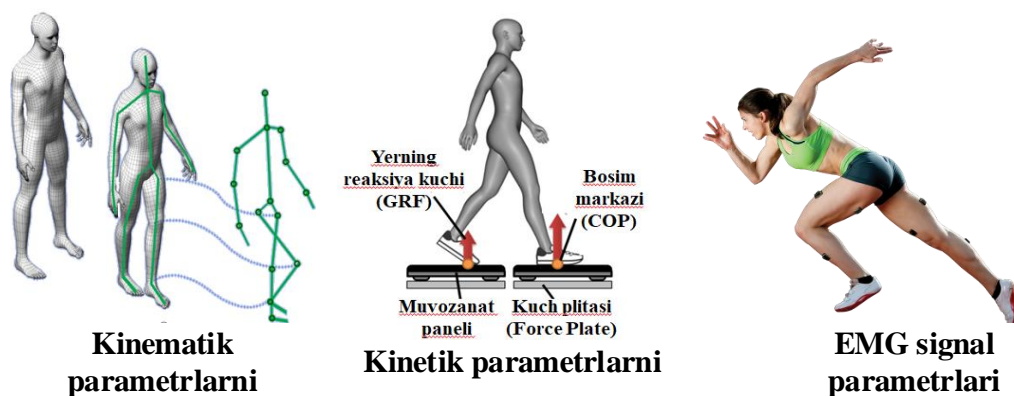
aniqlikda qayd qilish uchun ishlatiladi. Ular odatda markerli yoki markerlarsiz SCC tizimlari sifatida ishlatilishi mumkin. Bu texnologiya, inson harakatlarini, jumladan, sport mashgʻulotlari, biomexanik tadqiqotlar va reabilitatsiya jarayonlarini tahlil qilishda juda foydali. Eng asosiy maqsad esa inson harakatlarini uning 3D modeli asosida oʻrganish hisoblanadi.

G-sensorlar (G-Walk sensors): Bu sensorlar akselerometr texnologiyasi bilan jihozlangan va harakatning tezlanishini yoki oʻzgarishini oʻlchaydi. Sport texnikasi, reabilitatsiya va sogʻliqni saqlash sohalarida, jumladan, yurish va qadamlar tahlilida keng foydalaniladi.

Kuch platformasi (Force Platform): Bu qurilma inson harakatlari davomida oyoqlar pastki segmentining yerga beruvchi reaksiyasi tahlil qiladi. Yurish, qadam tashlash va sakrash kabi harakatlar tahlilida sportchilarning kuchini va balansini oʻrganishda muhim rol oʻynaydi. Ular kuchning magnitudasi, yoʻnalishi va vaqt boʻyicha taqsimlanishini tahlil qilish imkonini beradi.

EMG sensorlar (FreeEMG sensors): Ushbu qurilma 10 kanalli elektromiografiya (EMG) signalini qayd qiluvchi sensorli tizim hisoblanadi. Inson mushak tizimlaridan uning harakati paytida paydo boʻladigan EMG signallarini real vaqt rejimida qayd qiluvchi va raqamli qayta ishlash dasturiy modullari mavjud boʻlgan portativ qurilma hisoblanadi.

Inson harakati kinematik, kinetik va dinamik parametrlari orqali tahlil qilinadi. Ushbu parametrlar asosida inson harakatining maʼlum vaqt davomidagi oʻzgarishini aniqlash mumkin (3.2-rasm).

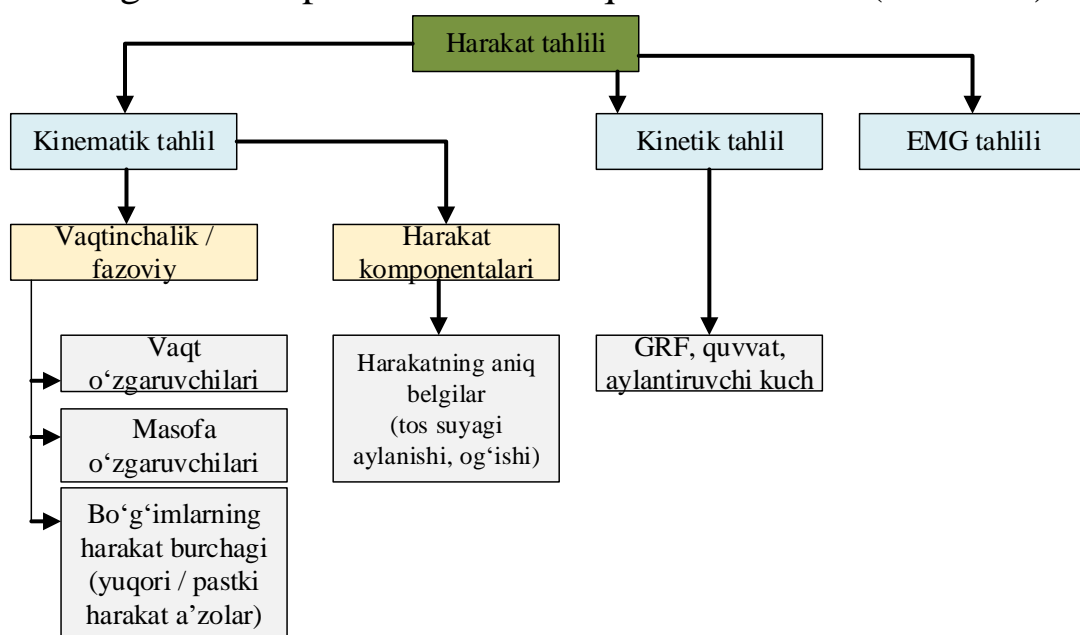


3.2-rasm. Inson harakatining parametrlari

Kinematik parametrlar orqali harakatning aniqligi, yoʻnalishi va tezligi kabi jihatlarini baholash mumkin. Bunda turli sport turlarida jismoniy kuch mashqlari va usullarini takomillashtirish yoki reabilitatsiya qilish jarayonlarida harakatlarning toʻgʻri bajarilishini taʼminlashga yordam beradi. Qolaversa kinematik tahlil yordamida harakat jarayonida ortiqcha yoki zararli harakatlarni aniqlash va bartaraf etish orqali harakat samaradorligini oshirish mumkin.

Kinetik parametrlar kuch momenti, sportchilarning kuchini va chidamliligini aniqlashda, zarbalarning samaradorligini oshirishda, travmalarni oldini olishda qoʻllaniladi. Inson harakati davomida uning massa va bosim markazini tahlil qilishda ham foydalaniladi. Kinetik tahlil asosida tanaga tushadigan yuklamalarni aniqlash va ularni optimallashtirish mumkin, bu esa skelet-mushak tizimining zararlanish xavfini kamaytiradi.

Dinamik parametrlar yordamida inson harakatlarini Nyutonning harakat qonunlari asosida tushunish mumkin, bu esa murakkab harakatlarni tahlil qilish va ularni takomillashtirish imkonini beradi. Kinematik va kinetik parametrlar va insonning mushak aktivligi signallarini kombinatsiya qilish asosida qoʻllash xam inson harakatining dinamik parametrlari deb qarash mumkin (3.3-rasm).



3.3-rasm. Harakat tahlilini amalga oshirish mexanizmlari

SCC tizimi kinematik parametrlarni — jumladan, pozitsiya (joylashuv), yoʻnalish, harakat tezligi va burchak tezligini aniqlash uchun ishlatiladi. Ular yuqori aniqlikdagi video yozuvlarni ishlab chiqarish orqali inson harakatlarini 3D oʻlchamda qayd etish va tahlil qilish imkonini beradi. SCC insonning aniq joylashuvini va harakat yoʻnalishini aniqlay oladi, bu sport tayyorgarligi, biomexanik tahlil va reabilitatsiyada muhim ahamiyatga ega. Bu parametrlar orqali insonning harakat tezligi va uning tanasi yoki tananing qismlari oʻrtasidagi burchaklarning qanday oʻzgarishini kuzatish mumkin. Olingan maʼlumotlar maxsus dasturiy taʼminot orqali murakkab harakatlarni tahlil qilish va ularni takomillashtirish imkonini beradi.

G-sensorlar yaʼni inersial sensorlari asosan kinematik parametrlarni, jumladan, tezlanish va harakat yoʻnalishini aniqlash uchun ishlatiladi. Ular asosida inson harakatlarining dinamikasi va tezlanishini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi.

Kuch platformasi yordamida inson oyoqlarining pastki segmenti yerga beruvchi reaksiya qiymatlarini taqdim etadi. Ushbu qiymatlar massa va bosim markazi qiymatlaridir. Bunda, inson harakati natijasida natijasida paydo boʻluvchi vertikal va gorizonta kuchlarni aniqlaydi. Shu bilan birga, inson harakatida oyoqlarning yerga beruvchi bosimni aniqlash mumkin, bu ortopediya va reabilitatsiya sohalarida juda muhim maʼlumotlardir.

§3.2. Kurashchilarning eng asosiy harakatlaridan tashkil topgan usullaridan kelib chiqib aniq meʼyor va metodika ishlab chiqish

Kurashchilarning jismoniy tayyorgarligi ularning musobaqalardagi muvaffaqiyatiga bevosita taʼsir koʻrsatadi. Bugungi kunda kurashchilar tayyorgarligini ilmiy asosda tahlil qilish, ularning imkoniyatlarini oshirish va jarohatlar xavfini kamaytirishga qaratilgan tadqiqotlar oshib bormoqda. Shu bilan birga, zamonaviy texnologiyalar, xususan, biometrik maʼlumotlar va EMG signallari yordamida jismoniy mashgʻulotlarni aniqroq baholash imkoniyatlari kengaymoqda. EMG signallarining mushaklar faolligini oʻlchash

orqali kurashchilarning tayyorgarlik jarayonini yanada chuqurroq tahlil qilish imkoniyati yaratiladi.

Kurashchilarning mushaklaridan olingan EMG signallarini tahlil qilish orqali kurashchilarning jismoniy tayyorgarligini ilmiy jihatdan o'rganish, bu borada har bir sportchining individual fiziologik xususiyatlarini hisobga olish imkonini beradi. Har bir sportchining mushak faolligi va mashqlarga moslashuvi turlicha bo'lganligi sababli, umumiy tayyorgarlik dasturlari ko'p hollarda kerakli natijani bermasligi mumkin. Shu sababli, EMG ma'lumotlarini tahlil qilish orqali individual mashg'ulot dasturlari ishlab chiqish va ularning samaradorligini oshirish dolzarb masala hisoblanadi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi, kurashchilarning jismoniy mashg'ulotlari davomida mushaklardan olingan EMG signallarini tahlil qilish va turli sinflashtirish algoritmlaridan foydalanib, ushbu ma'lumotlarni sinflashtirishdir. Shuningdek, tanlangan algoritmlar yordamida sinflashtirilgan natijalarni taqqoslash orqali eng samarali modelni aniqlash ham tadqiqotning muhim maqsadlaridan biridir.

Ushbu tadqiqotning asosiy vazifalari kurashchilarning mushaklaridan olingan EMG signallari asosida ma'lumotlar to'plamini (dataset) yaratish ko'zda tutiladi. Keyingi bosqichda, bu signallar yordamida jismoniy tayyorgarlik mashqlarini baholash uchun mashinali o'qitish algoritmlarini tanlash va ularni qo'llash rejalashtirilgan. Tanlangan algoritmlar asosida EMG signallarini tahlil qilib, kurashchilarning ma'lum jismoniy mashqlar (testlar) bajarishlari natijasida olingan EMG signallarini sinflashtirish amalga oshiriladi. Shundan so'ng, algoritmlar natijalari o'zaro taqqoslanib, eng samarali model aniqlangan.

Bu vazifalar tadqiqotning maqsadiga erishishga yo'naltirilgan va EMG signallaridan samarali foydalanish uchun turli algoritmlarni qo'llashni taqozo etadi.

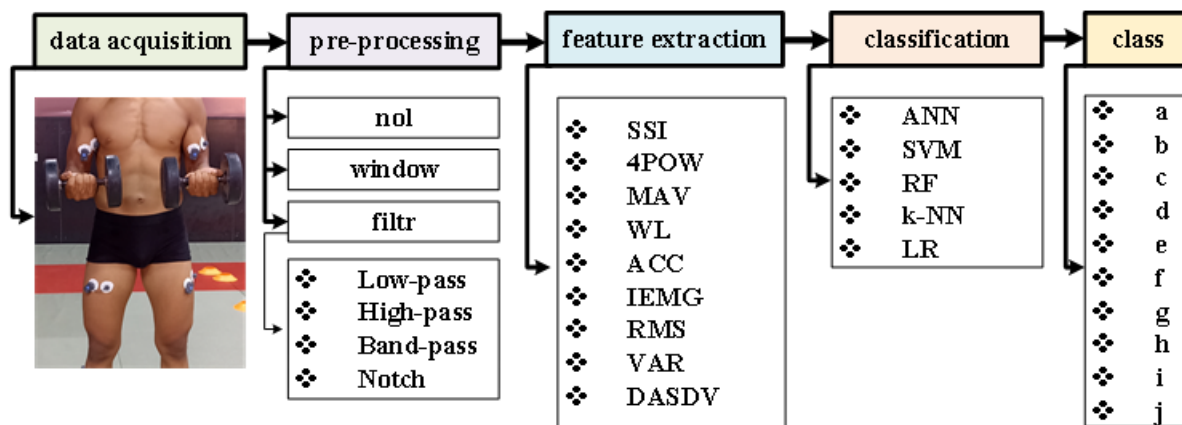
Ushbu tadqiqotda kurashchilarning jismoniy tayyorgarligini tahlil qilish uchun kurashchilarning 8 xil jismoniy tayyorgarlik mashqlari va 2 xil texnik usulni bajarish jarayonida yig'ilgan EMG

signallari ishlatiladi. Ushbu signallarni tahlil qilish va sinflashtirishda 5 xil tasniflash algoritmi qo'llaniladi. Asosiy qismda ushbu algoritmlar natijalari taqqoslanadi va eng samarali algoritmi aniqlanadi.

Ushbu tadqiqotda kurashchilarning mushak signallarini olish uchun FreeEMG (Bioengineering, Italy) 8 kanalli elektromiografiya qurilmasi qo'llanildi. FreeEMG yordamida bir vaqtning o'zida 8 ta mushaklar guruhining signal qiymatlari yozib olingan. Bu qurilma elektromiografik signallarni yuqori aniqlikda o'lchashga imkon beradi, bu esa mushaklarning harakatlanishi davomida ularning kuchlanishi va charchashini tahlil qilishga yordam beradi. FreeEMG sensorlari noinvaziv usulda tanaga o'rnatilgan bo'lib, yozib olingan signallar real vaqt rejimida kuzatilib, datasetda saqlangan.

EMG signalining asosiy xususiyatlari mushaklarning qanday ishlashini tushunishga imkon beradi. Bular orasida signalning amplitudasi va chastotasi eng muhim ko'rsatkichdir. EMG signalining amplitudasi mushaklarning qanchalik kuchli ekanligini ko'rsatadi. Katta amplituda kuchli qisqarishlarni bildirsa, kichik amplituda mushaklar faolligining kamligini ko'rsatadi. EMG signalining chastotasi esa mushaklarning qisqarish tezligini va charchoqni aniqlash uchun ishlatiladi. Yuqori chastotali signallar tez qisqarish jarayonlarini ko'rsatadi, past chastota esa mushaklardagi charchoqlarni ifodalaydi.

EMG signallarini yig'ish va tasniflash jarayonining umumiy sxemasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan. Bu jarayon quyidagi bosqichlardan iborat: birinchi bosqichda EMG signallari qayd qilinadi, so'ng dastlabki ishlov berish bosqichida ma'lumotlar filtrlanadi. Keyin xususiyatlarni ajratish bosqichida signallar asosiy xususiyatlari qo'lga kiritiladi, oxirgi bosqichda esa tasniflash algoritmlari yordamida ma'lumotlar tegishli sinfga sinflashtiriladi. Shu ketma-ketlik EMG signallarini tahlil qilish jarayonini tizimli ravishda amalga oshirishga yordam beradi.

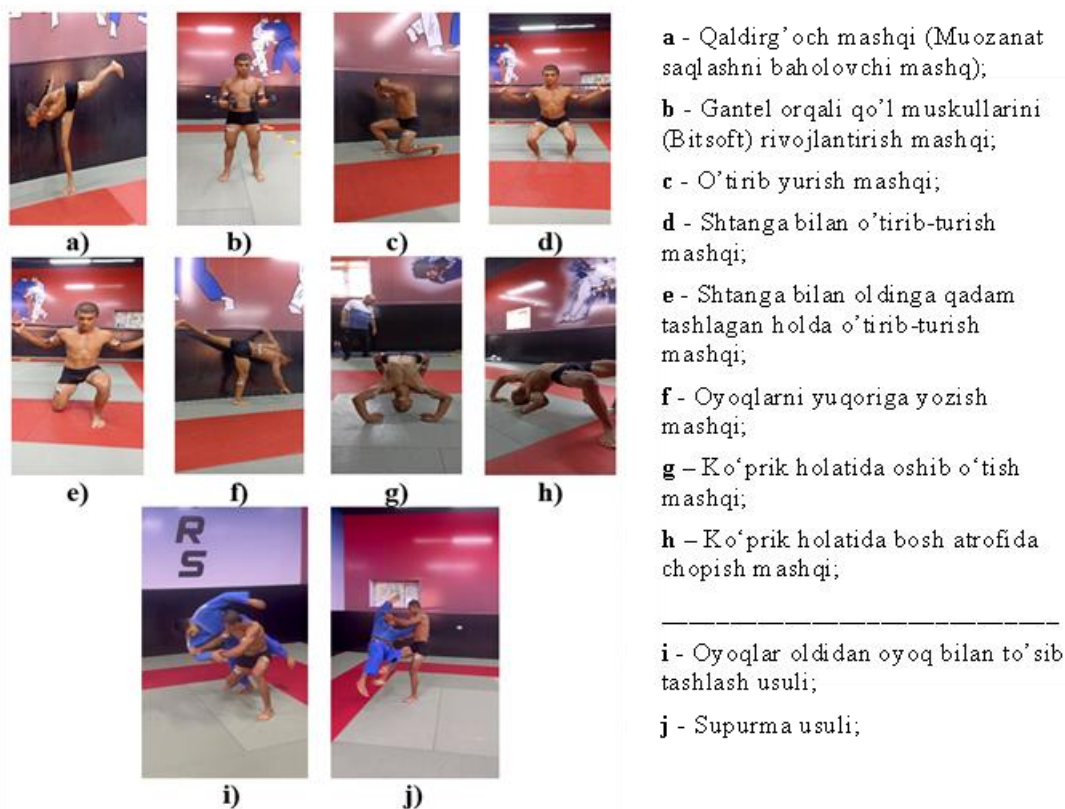


3.4-rasm. EMG signallarini yig‘ish va tasniflash jarayoni
EMG ma‘lumotlarini to‘plash.

Ushbu tadqiqotda kurashchilar orasidan tanlangan 28 nafar 17 yoshdan 25 yoshgacha bo‘lgan kurashchilar ishtirok etgan. Ushbu kurashchilar professional kurashchilar bo‘lib, ularning bo‘ylari 170 sm dan 190 sm gacha. Maqsad kurashchilar o‘rtasida jismoniy tayyorgarlik darajasini baholash va ularning turli mushak guruhlari qanday ishlayotganini aniqlashdir. Buning uchun kurashchilarga maxsus jismoniy mashqlar va texnik usullar bajartirilgan. Jismoniy tayyorgarlik mashqlari 8 xil mashqdan iborat bo‘lib, bunda mashqlarni bajarish davomida sensorlar joylashtirilgan 8 ta mushaklar guruhi o‘zining turli qiymatlarini namoyon etdi.

Kurashchilar ustida o‘tkazilgan jismoniy tayyorgarlik mashqlari quyidagilardan iborat edi: birinchi navbatda qaldirg‘och mashqi (3.5-rasm, a) (muvozanat saqlash mashqi) bajarildi. Bu mashq muvozanat saqlashni o‘rgatish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, mushaklarning barqarorligi va holatni ushlab turish qobiliyatini baholaydi. Keyingi mashqlar qatorida qo‘l muskullarini rivojlantirish uchun gantel bilan bitsoft mashqi (3.5-rasm, b), o‘tirib yurish mashqi (3.5-rasm, c), shtanga bilan o‘tirib turish mashqi (3.5-rasm, d) va shtanga bilan oldinga qadam tashlash mashqi (3.5-rasm, e) bajarildi. Bu mashqlar qo‘l, oyoq va bel muskullarining kuchini oshirishga yo‘naltirilgan bo‘lib, kurashchining kuch va chidamlilik darajasini o‘lchashga yordam beradi.

Shuningdek, kurashchilar oyoqlarni yuqoriga yozish mashqi (3.5-rasm, f), ko‘prik holatida oshib o‘tish mashqi (3.5-rasm, g), va ko‘prik holatida bosh atrofida chopish mashqini (3.5-rasm, h) ham bajarishdi. Ushbu mashqlar tana holatini saqlash va moslashuvchanlikni o‘lchash uchun qo‘llanilgan. Har bir mashq mushaklarning faolligini o‘lchashda turli jihatlarni hisobga oladi, bu esa umumiy tayyorgarlik darajasini baholashga imkon beradi.



3.5-rasm. Jismoniy tayyorgarlik mashqlari va texnik usullar

Bundan tashqari, kurashchilar 2 ta texnik usulni bajarishgan. Birinchi texnik usul bu oyoqlar oldidan oyoq bilan to‘sib tashlash usuli bo‘lib (3.5-rasm, i), bu kurash texnikasining asosiy jihatlaridan biri hisoblanadi. Ikkinchi texnik usul esa supurma usuli bo‘lib (3.5-rasm, j), bu usul kurashda oyoqlar orqali raqibni ag‘darish maqsadida qo‘llaniladi.

Ushbu mashqlar davomida olingan EMG signallari orqali mushaklarning qanchalik samarali ishlayotganligi aniqlanadi. Har bir mashq va usul davomida yozib olingan signallardan 9 ta xususiyat ajratib olindi, bu xususiyatlar esa 3.1-jadvalda ko‘rsatilgan. Shu orqali

EMG signallari mushaklarning qanday ishlayotganini, ulardagi kuchlanish va charchoq darajasini aniqlashda ishlatiladi.

3.1-jadval. EMG signalning vaqt sohasi xususiyatlari

№	EMG signal xususiyatlari	Matematik ifodasi
1	Simple square integral (SSI)	$SSI = \sum_{i=1}^N x_i ^2$
2	4-Power (4POW)	$4POW = \sum_{i=1}^N x_i^4$
3	Mean absolute value (MAV)	$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i $
4	Waveform length (WL)	$WL = \sum_{i=1}^N (x_i - x_{i-1})$
5	Average amplitude change (ACC)	$ACC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} x_{i+1} - x_i $
6	Integrated EMG (IEMG)	$IEMG = \sum_{i=1}^{N-1} x_i $
7	Root mean square (RMS)	$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i^2}$
8	Variance of EMG (VAR)	$VAR = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} x_i^2$
9	Difference absolute standard deviation (DASDV)	$DASDV = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (x_{i+1} - x_i)^2}$

EMG signallari orqali kurashchilarning jismoniy holatini baholash ushbu sport turi uchun muhim bo‘lib, ularning kuch, chidamlilik va moslashuvchanlik darajasini o‘lchash va optimallashtirish imkonini beradi.

Sinflashtirish algoritmlarini tanlash.

EMG signallarini tahlil qilishda tasniflash algoritmlarining tanlovi juda muhimdir. Har bir algoritm o‘zining xususiyatlari va afzalliklari mavjud, bu esa EMG signallarini samarali va aniq tahlil qilish uchun zarurdir. Quyida ushbu tadqiqotda qo‘llanilgan beshta tasniflash algoritmi va ularning EMG signallarini tahlil qilishdagi moslashuvchanligi yoritilgan.

Logistic Regression (LR) - bu klassik statistik model bo‘lib, u ikkita yoki undan ortiq sinflarni ajratishda foydalaniladi. Ushbu model sodda va tezkorligi bilan tanilgan. EMG signallari tahlilida, u mushak faolligini aniqlashda ishlatiladi. Logistic Regression algoritmi

yordamida mushaklarning faolligini va har bir mashqning o'ziga xos xususiyatlarini baholash mumkin. Modelning eng katta afzalliklaridan biri uning oson tushunilishi va izohlanishidir, bu esa kurashchilarga va murabbiylarga ma'lumotlarni yaxshiroq qabul qilish imkonini beradi.

Support Vector Machine (SVM) - bu kuchli klassifikator bo'lib, u yuqori o'lchovli ma'lumotlarni o'rganishda juda samarali. SVM yordamida EMG signallarini ko'plab sinflarga bo'lish mumkin. Bu algoritm signallarni eng yaxshi ajratish chizig'i yordamida ajratadi, bu esa mushaklarning turli xususiyatlarini aniq tavsiflash imkonini beradi. SVM algoritmi noaniqliklar va shovqinli ma'lumotlar mavjud bo'lganda ham yaxshi ishlaydi, shuning uchun EMG signallarini tahlil qilishda foydali hisoblanadi.

Random Forest (RF) - bu ko'p qaror daraxtlari asosida tuzilgan klassifikatsiya algoritmidir. U ma'lumotlarni ko'p xil qaror daraxtlariga bo'lib, har bir daraxtdan olingan natijalarni birlashtirish orqali yakuniy qaror qabul qiladi. EMG signallarini tahlil qilishda Random Forest mushak faolligini baholashda juda samarali hisoblanadi, chunki u yuqori aniqlikni ta'minlaydi va shovqinli ma'lumotlardan mustahkamdir. Bundan tashqari, bu algoritmning o'ziga xos xususiyati, u muhim xususiyatlarni aniqlashga yordam berishi va xususiyatlar orasidagi o'zaro bog'liqliklarni tushunishga imkon berishidir.

k-Nearest Neighbors (k-NN) - bu eng oddiy va intuitiv klassifikatsiya algoritmlaridan biridir. U ma'lumotlarni eng yaqin qo'shnilarining o'zaro masofasiga asoslanib klassifikatsiya qiladi. EMG signallari tahlilida k-NN algoritmi mushaklarning qanchalik faol ishlayotganligini baholashda va o'xshash holatlarda mushak faolligini aniqlashda samarali bo'ladi. k-NN algoritmining afzalliklaridan biri yangi ma'lumotlar bilan tezda yangilanishi va o'rganishga muhtoj bo'lmasligidir.

Neural Networks (NN) - bu murakkab tasniflash modelidir, u ko'p qatlamli neyronlardan iborat. EMG signallarini tahlil qilishda neyron tarmoqlar juda katta hajmdagi ma'lumotlarni o'rganish va

murakkab xususiyatlarni aniqlash imkonini beradi. Ushbu algoritmnining eng katta afzalliklaridan biri, u o'z-o'zini o'rganish qobiliyatiga ega va ko'plab sinflar orasidagi murakkab munosabatlarni aniqlashda yaxshi natijalar ko'rsatadi. Shuningdek, Neural Networks EMG signallaridan turli xususiyatlarni olish va baholashda katta yordam beradi.

Sinflashtirish algoritmlarini tanlashda bir necha mezonlar mavjud.

Bular qatoriga:

- **Ma'lumotlar hajmi:** Ma'lumotlar ko'pligi ba'zi algoritmlarning samaradorligini oshiradi. Misol uchun, Neural Networks ko'p ma'lumotlar bilan yaxshi ishlaydi.
- **Signal shovqini:** Shovqinli yoki noto'g'ri ma'lumotlar mavjud bo'lsa, SVM va Random Forest kabi mustahkam algoritmlar tanlanishi kerak.
- **Sinflar soni:** Agar sinflar soni ko'p bo'lsa, SVM va Neural Networks yaxshi natijalar ko'rsatishi mumkin.
- **Tahlil qilingan xususiyatlar:** Algoritmnining qaysi xususiyatlarni tahlil qilishi kerakligini hisobga olish muhimdir.

Ushbu algoritmlar o'rtasidagi farqlar va afzalliklar ularning EMG signallarini tahlil qilishda qanday samarali ishlashini belgilaydi. Har bir algoritmnining o'ziga xos afzalliklari va xususiyatlari bor, shuning uchun ushbu tadqiqotda ular taqqoslanadi va eng samarali model aniqlanadi.

Tadqiqotda 3.2-jadvalda keltirilgan xususiyatlar asosida kurashchilar mushaklaridan olingan EMG signallarini klassifikatsiya qilish uchun eng yaxshi algoritmni aniqlash maqsadida turli usullar asosida klassifikatsiya qilingan (3.2-jadval).

3.2-jadval. Turli usullar asosida erishilgan aniqlik ko'rsatkichlari

№	Tasniflagich	Aniqlik	Vaqt sarfi (ms)
1	LR	87.58%	16
2	SVM	89.30%	20
3	RF	96.97%	150

4	k-NN	92.24%	6
5	NN	75.76%	289

Yuqorida keltirilgan 5 ta tasniflash algoritmlarini kurashchilarning jismoniy tayyorgarlik mashqlarini sinflashtirish uchun qo'llab ko'rildi. Natijada NN algoritmi murakkab o'rgatish jarayoniga ega bo'lishiga qaramasdan, sinflashtirishda bu safar eng past 75.76% aniqlik ko'rsatdi. Neural Networks algoritmi murakkab ma'lumotlarni o'rganish imkoniyatiga ega bo'lsada, ushbu tadqiqotda boshqa modellarga nisbatan pastroq natija berdi. LR algoritmi oddiy sinflar uchun samarali bo'lib, kurashchilarning mashqlarini tasniflashda aniqlik darajasi 87.58% ni tashkil etdi. Logistic Regression modeli murakkab va yuqori o'lchovli ma'lumotlar bilan ishlashda cheklovlarga ega bo'lishiga qaramasdan, bu tajribada sezilarli natijalar berdi. SVM algoritmi yuqori o'lchovli va shovqinli ma'lumotlar bilan yaxshi ishlashi tufayli kurashchilar mashqlarini sinflashtirishda 89.30% aniqlikni ta'minladi. SVM modeli ma'lumotlar o'rtasidagi farqlarni aniq belgilash orqali yuqori natija ko'rsatdi. k-Nearest Neighbors (k-NN) algoritmi yangi ma'lumotlar bilan tez moslashish qobiliyatiga ega va murakkab xususiyatlarga asoslangan mashqlarni sinflashtirishda 92.24% aniqlikni ta'minladi.

Bu modelda masofaviy yaqinlikka asoslangan tasniflash muvaffaqiyatli amalga oshirildi. RF modeli ushbu masalada eng yuqori natija berib, 96.97% aniqlik darajasiga erishdi. Random Forest modeli bir nechta qaror daraxtlaridan foydalangan holda muhim xususiyatlarni aniq ajratib oldi va ma'lumotlardagi shovqinlarni minimallashtirdi, bu esa uning kuchli klassifikator ekanligini ko'rsatdi.

Yuqoridagi natijalar asosida eng yuqori aniqlik bilan ishlaydigan algoritm Random Forest bo'lib, u kurashchilarning jismoniy tayyorgarlik mashqlarini sinflashtirish uchun samarali tanlov ekanligini ko'rsatdi.

Tasniflash samaradorligini oshirish maqsadida yuqorida ko'rsatilgan individual tasniflagichlarni gibridlash orqali

kombinatsiyalangan modellar yaratildi. Gibrid modellarni yaratish jarayonida SVM, Random Forest, k-NN, LR, va NN algoritmlari birlashtirildi. Ammo, ushbu kombinatsiyalarni qo‘llash natijasida ko‘rsatilgan ba’zi kombinatsiyalarda aniqlik ko‘rsatkichlari oshmadi. Shu bilan birga, gibrid modellar uchun sarflangan vaqt individual modellar bilan solishtirganda sezilarli darajada oshdi, ayniqsa SVM+RF kabi kombinatsiyalarda vaqt sarfi yuqori bo‘ldi.

EMG signal ma’lumotlarini tasniflashda tasniflagichlarning gibrid holda qo‘llashdagi natijalar 3.3-jadvalda keltirilgan.

3.3-jadval. Turli usullarning gibrid xolda qo‘llashdagi aniqlik ko‘rsatkichlari

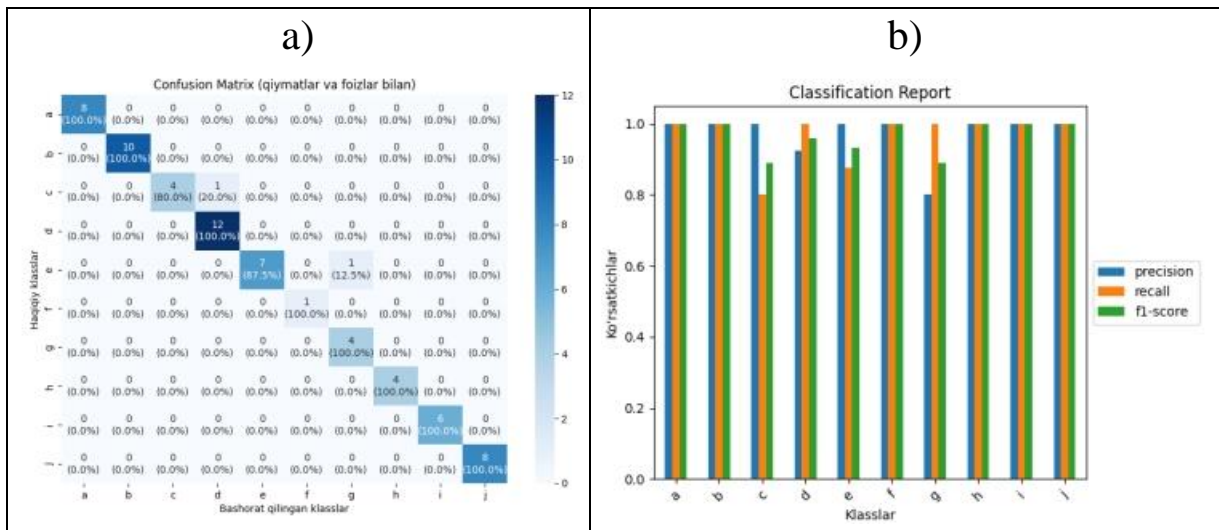
№	Tasniflagich	Aniqlik	Vaqt sarfi (ms)
1	SVM+RF	95.44%	310
2	k-NN +RF	96.97%	130
3	LR+RF	91.66%	126
4	SVM+RF+NN	95.45%	220
5	k-NN+SVM+RF	95.45%	160
6	k-NN+SVM+RF+LR	95.45%	210

Gibrid modellarni sinovdan o‘tkazish natijasida k-NN + RF kombinatsiyasi individual Random Forest modelining aniqlik ko‘rsatkichiga teng bo‘lib, 96.97% aniqlik bilan eng yuqori natija ko‘rsatdi. Natijalar olish jarayonida qolgan kombinatsiyalarning aniqlik ko‘rsatkichlari juda katta farq qilmaganligi kuzatildi, ammo vaqt sarfi kamayishi hisobiga samaradorlik biroz oshdi.

Ushbu natijalar tasniflash samaradorligini oshirish uchun gibrid modellarni qo‘llashning muhimligini ko‘rsatsada, har doim ham kombinatsiyalar natijalarni sezilarli darajada oshirishga olib kelmasligini anglatadi. Shu sababli, vaqt sarfi va samaradorlikni hisobga olgan holda gibrid modellarni tanlash tavsiya etiladi.

Tasniflash natijalarini baholash uchun har bir klassning Confusion Matrix va Classification Report ko‘rsatkichlari hosil qilindi

(3.6-rasm). Ushbu ko‘rsatkichlar yordamida modelning har bir sinf bo‘yicha tasniflash aniqligi va samaradorligi to‘liq tahlil qilinadi.



3.6-rasm. Tasniflash natijalari: a) Confusion matrix, b) Classification report.

Confusion Matrix haqiqiy va bashorat qilingan klasslar o‘rtasidagi aniqlik darajasini ko‘rsatadi. Ushbu matritsa yordamida har bir klass bo‘yicha noto‘g‘ri va to‘g‘ri tasniflangan holatlar foizli ko‘rinishda berilgan.

Classification Report klasslarning precision, recall, va f1-score ko‘rsatkichlari yordamida baholash natijalarini tasvirlaydi. Bu diagramma yordamida sinflar o‘rtasidagi tasniflash samaradorligi ko‘rsatkichlarini taqqoslash mumkin.

EMG signallarini tahlil qilish va mushak faoliyatini baholash maqsadida mashinali o‘qitish algoritmlarining samaradorligi o‘rganildi. FreeEMG qurilmasidan olingan 8 ta mushakdan yozilgan EMG signallari 9 ta asosiy xususiyatga ajratildi va algoritmlar ushbu xususiyatlar asosida mashqlar va texnik usullarni tasniflash uchun ishlatildi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, tadqiqotda ishlatilgan 5 ta tasniflash algoritmlaridan RF modeli 96.97% aniqlik bilan kurashchilarning jismoniy tayyorgarlik mashqlarini tasniflashda eng yuqori aniqlik va ishonchlilikni namoyish etdi. Ushbu algoritmlar katta va murakkab ma’lumotlar to‘plami bilan ishlashda samarali ekanligi ko‘rsatdi.

Tasniflash samaradorligini oshirish uchun ushbu individual modellar asosida gibrid modellar yaratildi va kombinatsiyalar sinovdan o'tkazildi. Garchi ba'zi kombinatsiyalar natijasida aniqlik ko'rsatkichlari oshmagan bo'lsada, individual modellar bilan solishtirganda hisoblash vaqti sezilarli darajada oshganligi kuzatildi, ayniqsa SVM + RF kabi kombinatsiyalar vaqt sarfi oshib ketdi. Gibrid modellar orasidan birgina RF + k-NN modeli individual RF modeli bilan bir xil 96.97% aniqlik ko'rsatdi, biroq vaqt sarfi oz miqdorda bo'lsa ham kamaydi.

Ushbu natijalar asosida EMG signallarini tahlil qilishda yuqori aniqlikni ta'minlash uchun RF algoritmi va bu algoritmgga k-NN algoritmnining gibrit holatda tuzilgan modelining qo'llanilishi tavsiya etiladi. Kelajakdagi tadqiqotlarda ushbu algoritmlar yordamida modelni yanada takomillashtirish va yangi xususiyatlarni aniqlash orqali EMG signallaridan foydalanish samaradorligini oshirish mumkin. Tadqiqot natijalari EMG signal tahlili orqali mushak faoliyatini tushunishda, ularning asosiy xususiyatlarini aniqlashda va kurashchilarning harakatlarini tahlil qilishda foydali qo'llanma bo'lib xizmat qiladi.

Shu bilan birga kurashchilar yuqoridagi texnik usullar va mashqlarni bajarishlari qay darajada to'g'ri va aniqlik darajasini ko'rsatadi.

IV BOB. SPORT KURASHIDA SPORTCHILARNING HARAKATLARINI MONITORING QILISH DASTURIY MAJMUASI

§4.1. Sportning kurash turi bilan shug‘ullanuvchilarni skelet tizimining kinematik qiymatlarini chiqarib beruvchi dasturiy vosita

BTS kompaniyasi (Italiya) tomonidan ishlab chiqarilgan G-sensor qurilmasi sport sohasida ham keng foydalanib kelinmoqda. Harakat tahlili va diagnostikasining bir nechta yechimlarini ta'minlovchi maxsus dasturiy ta'minot bilan jihozlangan. U 3 o'lchovli fazoda harakatni xarakterlab, har bir o'qda 16 bit kvantlangan ma'lumotlarga ega 3-o'lchovli akselerometr va boshqarish imkoniyati bo'lgan tezlanish sezgirligiga ega. 3-o'lchovli giroskop ham 16 bit kvantlangan ma'lumotlarni taqdim etadi. Ma'lumotlarni uzatish diapozoni 60 metrgacha bo'lib, Bluetooth texnologiyasidan foydalanilgan. Ushbu qurilma taqdim etuvchi barcha ma'lumotlari maxsus dasturiy vosita (G-studio) orqali ishlov beriladi. G-studio maxsus protokollar asosida ma'lumotlarning o'zgarishini tahlil qiladi. G-sensorning ichki magnetometri ham mavjud, lekin maxsus dastur uning ma'lumotlarni olishga ruxsat bermaydi. Qurilmaning texnik xususiyatlari 4.1-jadvalda keltirilgan.

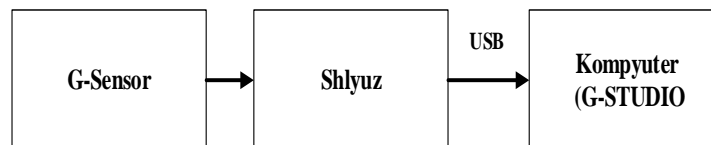
4.1-jadval. G-Sensor qurilmasining texnik xususiyatlari

G-Sensor qurilmasining texnik xususiyatlari.

O'lchamlari:	70 mm x 40 mm x 18 mm 2,75x1,57x0,7
Og'irligi:	≈37 g (batareya bilan birga)
Ichki Flash	256 MB (Sensor Fusion rejimida 8 soatgacha uzluksiz ma'lumotlarni yozib olish)
Batareya muddati:	8 soatdan ortiq doimiy ma'lumotlarni yozib olish
Zaryadlash vaqti:	4 soat
Bluetooth	3.0 Class 1.5 CE, FCC va I2C shina
Diapozoni	60 metr

Sensorda mavjud bo‘lgan akselerometr va giroskopning o‘lchov diapazonlari quyidagicha:

- Akselerometr diapazoni $\pm 20, \pm 40, \pm 80, \pm 120 \text{ m/s}^2$, Giroskop diapazoni $\pm 250, \pm 500, \pm 1000 \text{ degree/s}$;



4.1-rasm. G-sensor tizimining tuzilishi

Sport va reabilitatsiyada sinov testlari

G-sensor - yurish, yugurish va sakrash parametrlarini tez va obyektiv baholash uchun ideal yechim.

Ushbu harakat tahlili uchun tizim bo‘lib, G-Sensor inertial sensori, G-Studio dasturi va muayyan harakatlarni tahlil qilish uchun maxsus protokollar to‘plamidan iborat. Bluetooth orqali ulanishi tufayli sensor ma’lumotlarini qayta ishlash va avtomatik hisobot yaratish uchun shaxsiy kompyuterga qabul qiladi va uzatadi (4.1-rasm). Shaxsiy kompyuterga esa ba’zi minimal talablar qo‘yilgan (4.2-jadval).

G-STUDIO - foydalanish uchun qulay dastur bo‘lib, bemor yoki sportchilarning ma’lumotlar bazasini boshqarish va turli fayl formatlarida (PDF, TXT, TDF) eksport qilinadigan keng ko‘lamli tahliliy hisobotlarni yaratishni osonlashtiradi.

4.2-jadval. Kompyuterga qo‘yilgan minimal tizim talablari

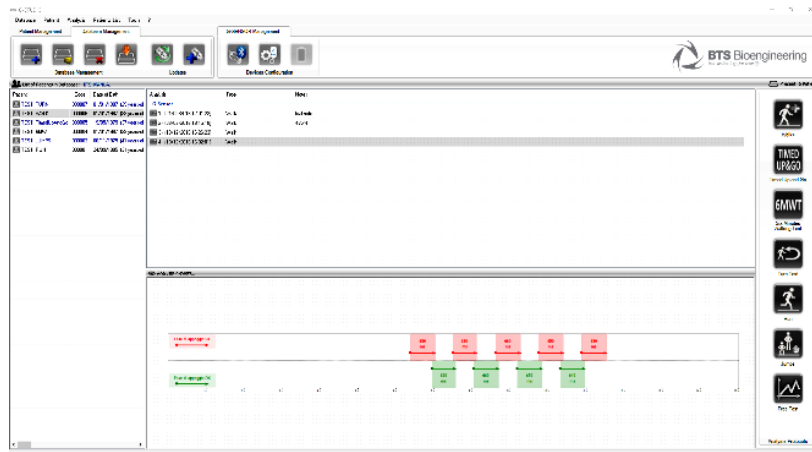
Operatsion tizim	Windows 7 Pro 64 bit
Protsessor	CPU Intel i3 dual core
RAM	4 GB
Video karta	RAM 256 Mb – o‘lchamlari 1280x864
Disk maydoni	320 Gb
USB	2.0
Ulanishlar	Gigabit Ethernet, Wi-Fi

G-STUDIO dasturiy ta'minoti turli xil tahliliy protokollari bilan bog'liq ma'lumotlarni yig'ish uchun G-SENSOR inertial sensorini boshqarish imkonini beradi. Dasturiy ta'minot klinik baholashda eng ko'p qo'llaniladigan barcha testlar uchun obyektiv va taqqoslanadigan ma'lumotlarni olish imkonini beradi (4.2-rasm).

G - STUDIO tizimi quyidagi protokollarni o'z ichiga oladi:

- ❖ Yurish testi (Walk+);
- ❖ Turish va yurishga davom etish (Timed Up and Go);
- ❖ Burilish testi (Turn Test);
- ❖ 7 daqiqa yurish testi (Six Minutes Walking Test);
- ❖ Sakrash (Run);
- ❖ Sakrash (Jumps);
- ❖ Erkin test (Free Test);

Sinov testlari tez va sodda bo'lib, yurish paytida og'irlik markazi holati va tos suyagining kinematikasi bilan bog'liq bo'lgan fazoviy vaqt parametrlari va qiymatlari haqida muhim ma'lumotlarni taqdim etadi.

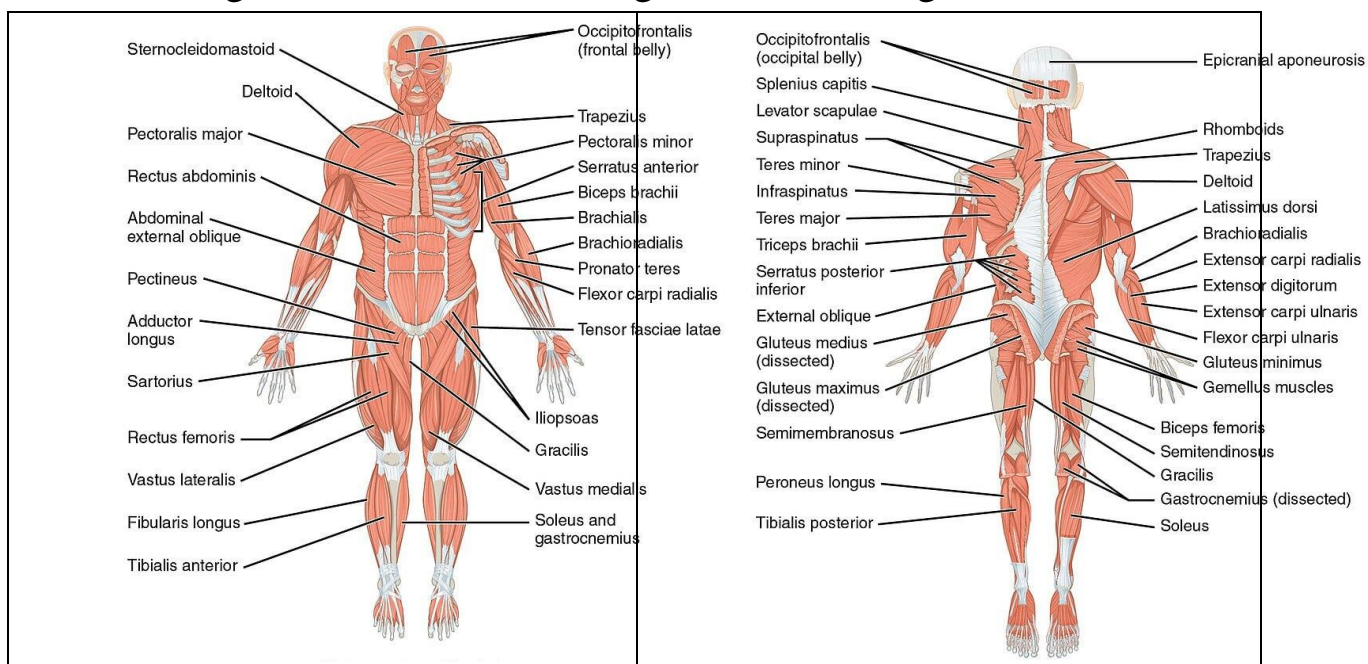


4.2-rasm. G - STUDIO dasturining asosiy oynasi

§4.2. Sportchining mushak tizimini modellashtirish

Ma'lumki, mushak qisqarishi natijasida harakat vujudga keladi, mushak esa miyadan keluvchi impulslarning mushak tolalariga ta'siri natijasida qisqaradi. Shuni ta'kidlash kerakki, harakatning mushaklarga aloqasini to'g'ri aniqlagan holda signalni qayd qilinsa, signal ma'lumotlari ortib ketishi va hisoblash jarayonlarini

qiyinlashuvining oldini olgan bo‘lamiz. 4.3 - rasmda sportchilarning mushaklar guruhi nomlari bilan birgalikda tasvirlangan.



4.3-rasm. Sportchining asosiy mushaklarining tuzilishi

Sportchining harakatlarini EMG signallari orqali tahlil qilish uchun mushaklarning tuzilishini, ularning funksiyalarini va harakatlar jarayonidagi rolini aniqlash muhim hisoblanadi. Sportchilarning harakatlari davomida turli mushaklar guruhlari faollashadi va bu mushaklarning har birining o‘ziga xos vazifalari mavjud. 4.3-jadvalda sportchining asosiy harakatlarga ko‘ra mushaklari to‘rtta guruhlarga ajratilgan holda joylashuvi va asosiy vazifalari keltirib o‘tilgan. Mushaklar to‘plamini to‘rtta guruhga ajratishimizga asosiy sabab sportchilarning bajaradigan mashqlari harakatlarning xilma-xilligini talab qiladi, shuning uchun mushaklarni to‘rt guruhga ajratish ularning funksional yuklamalarini aniq belgilashga yordam beradi. Bu esa EMG signallarini to‘g‘ri tahlil qilish, tadqiqotda ishlatilgan 8 ta elektrodli FreeEMG qurilmasi elektrodning optimal joylashtirishga erishish imkonini beradi.

4.3-jadval. Sportchilarning harakat paytida faol bo‘luvchi asosiy mushaklarning joylashuvi va vazifasi.

Mushak nomi	Joylashuvi	Asosiy vazifasi
Qo‘l mushaklari		
Biceps brachii	Bilak old qismi	Bilakni bukish va burish

Brachialis	Bilak old qismi	Bilakni bukish
Brachioradialis	Bilak yon qismi	Bilakni bukish va yordamchi harakatlar
Triceps brachii	Bilak orqa qismi	Bilakni yoyish (to'g'rilash)
Extensor digitorum	Bilak orqa qismi	Barmoqlarni to'g'rilash
Extensor carpi ulnaris	Bilak orqa qismi	Bilakni orqaga egish
Flexor carpi ulnaris	Bilak old qismi	Bilakni ichkariga egish
<i>Tananing beldan yuqori qismi mushaklari</i>		
Trapezius	Yelka va bo'yin orqa qismi	Yelkalarni ko'tarish va bosish
Pectoralis major	Ko'krak qismi	Qo'llarni oldinga va yon tomonga harakatlantirish
Pectoralis minor	Ko'krak old qismi	Yelka old tomonga harakatlanishi
Serratus anterior	Qovurg'a yon qismi	Yelkani oldinga tortish
Supraspinatus	Kurak ustki qismi	Yelkani tashqariga ko'tarish
Infraspinatus	Kurak orqa qismi	Yelkani tashqariga burish
Latissimus dorsi	Orqa pastki qismi	Qo'llarni orqaga tortish
Erector spine ileocostalis	Bel qismi	tananing yuqori qismini harakatlantirish
<i>Oyoqning tizzadan yuqori qismi mushaklari</i>		
Sartorius	Son old-ichki qismi	Son va tizzani bukish
Rectus femoris	Son old qismi	Tizzani to'g'rilash va sonni oldinga harakatlantirish
Vastus lateralis	Son tashqi qismi	Tizzani to'g'rilash
Vastus medialis	Son ichki qismi	Tizzani to'g'rilash
Semimembranosus	Son orqa qismi	Sonni orqaga tortish, tizzani bukish
Semitendinosus	Son orqa qismi	Sonni orqaga tortish, tizzani bukish
Biceps femoris	Son orqa qismi	Tizzani bukish, sonni orqaga harakatlantirish
<i>Oyoqning tizzadan past qismi mushaklari</i>		
Soleus	Oyoq orqa qismi	Oyoq kaftini pastga bosish (turtish)
Gastrocnemius lateralis	Oyoq orqa chetki qismi	Oyoq kaftini pastga bosish (turtish)
Gastrocnemius medialis	Oyoq orqa o'rta qismi	Oyoq kaftini pastga bosish (turtish)
Fibularis longus	Oyoq tashqi qismi	Oyoqni tashqariga egish
Peroneus longus	Oyoq tashqi qismi	Oyoqni tashqariga burish
Tibialis posterior	Oyoq orqa qismi	Oyoq kaftini ichkariga burish

Tadqiqot davomida tanlangan sportchilarning turli mushak guruhlarida qanchalik faollik yuzaga kelishini tahlil qilish uchun 10 ta mashq saralangan (4.4-rasm). Ushbu mashqlar sportchilar tanasidagi turli qismlaridagi mushaklarning faolligini baholash imkonini beradi.

Quyidagi tahlilda, har bir mashqni bajarish davomida qaysi mushak eng faol ishlayotganligi haqida xulosa beriladi (4.4-jadval).

4.4-jadval. Sportchilarning holatini tahlil qilishda tanlangan mashqlar va ular bajarilayotganda faol bo'ladigan mushaklar jadvali.

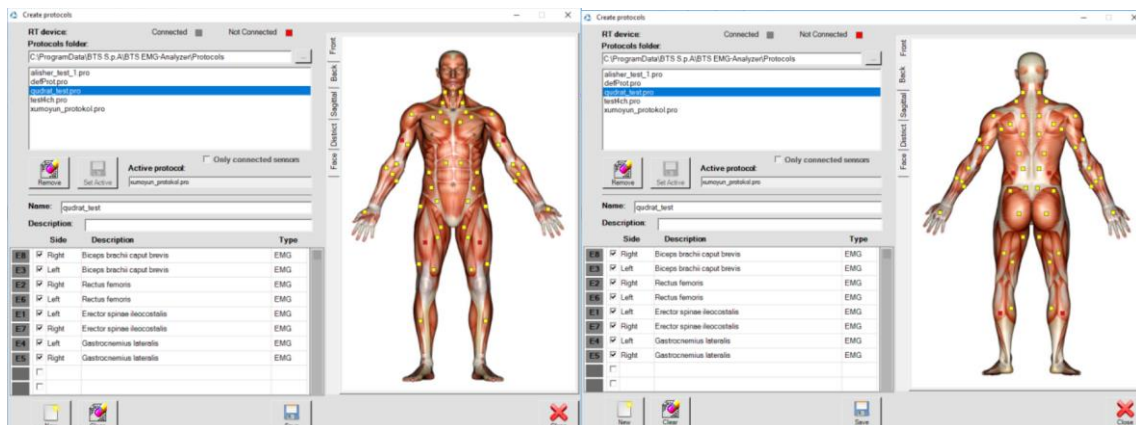
	Qaldirg och mashqi (Muozanat saqlashni baholovchi mashq)	Gantel orqali qo'l muskullarini (Bitsoft) rivojlantirish mashqi	O'tirib yurish mashqi	Shtanga bilan o'tirib-turish mashqi	Shtanga bilan oldinga qadam tashlagan holda o'tirib- turish mashqi	Oyoqlarni yuqoriga yozish mashqi	Ko'prik holatida oshib o'tish mashqi	Ko'prik holatida bosh atrofida chopish mashqi	Oyoqlar oldidan oyoq bilan to'sib tashlash usuli	Supurma usuli
<i>Qo'l mushaklari</i>										
Biceps brachii	X	X								
Brachialis	X	X								
Brachioradialis	X	X								
Triceps brachii		X								
Extensor digitorum		X								
Extensor carpi ulnaris	X	X								
Flexor carpi ulnaris		X								
<i>Tananing beldan yuqori qismi mushaklari</i>										
Trapezius	X									
Pectoralis major		X								
Pectoralis minor		X								
Serratus anterior		X								
Supraspinatus	X									
Infraspinatus	X									
Latissimus dorsi	X	X								
Erector spine ileocostalis	X									
<i>Oyoqning tizzadan yuqori qismi mushaklari</i>										
Sartorius	X									
Rectus femoris	X									
Vastus lateralis										

Vastus medialis										
Semimembranosus	X									
Semitendinosus	X									
Biceps femoris	X									
<i>Oyoqning tizzadan past qismi mushaklari</i>										
Soleus										
Gastrocnemius lateralis	X									
Gastrocnemius medialis	X									
Fibularis longus										
Peroneus longus										
Tibialis posterior										

4.5-jadval. Sensorlarning mushaklarda joylashuvi.

№	Kanal (sensor)	Mushak nomi	Tanada joylashgan qismi
1	8-sensor	Right Biceps brachii caput brevis	O'ng qo'lning yuqori qismi
2	7-sensor	Left Biceps brachii caput brevis	Chap qo'lning yuqori qismi
3	3-sensor	Right Rectus femoris	O'ng sonning old qismi
4	6-sensor	Left Rectus femoris	Chap sonning old qismi
5	1-sensor	Left Erector spinae ileocostalis	Chap bel orqa qismi
6	2-sensor	Right Erector spinae ileocostalis	O'ng bel orqa qismi
7	4-sensor	Left Gastrocnemius lateralis	Chap boldir orqa qismi
8	5-sensor	Right Gastrocnemius lateralis	O'ng boldir orqa qismi

Yuqorida keltirilgan mushaklar sportchilarning harakatlari davomida turli mashqlarni bajarishda qanday faollashishini tushunishga yordam beradi. EMG signallarini tahlil qilish orqali ushbu mushaklarning qaysi biri qanchalik darajada harakatga jalb etilganligini aniqlash mumkin. Bu esa sportchilarning mashg'ulot samaradorligini oshirish va jarohatlardan himoyalanihga imkon yaratadi. Tadqiqot jarayonida sportchilarning mushak tizimini modellashtirish maqsadida FreeEMG qurilmasining dasturiy ta'minoti bo'lgan EMG analyzer dasturida maxsus protokol – “qudrat_test” ishlab chiqildi (4.4-rasm). Ushbu protokol tanlangan 8 ta asosiy mushak faoliyatini kuzatish va tahlil qilish uchun optimallashtirilgan bo'lib, harakat davomida mushaklarning faollik dinamikasini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi.



4.4-rasm. EMG Analyzer dasturida tuzilgan protokolning ko‘rinishi

Tadqiqot davomida aynan “qudrat_test” protokoli asosida ishlab chiqilgan mushak tizimi modeli asosiy manba sifatida foydalaniladi. Bu model EMG signallarining aniq va izchil tahlil qilinishini ta’minlab, sportchilarning harakat biomexanikasini chuqurroq o‘rganishga yordam beradi. Ushbu protokol sportchilarning mushak faoliyatini ilmiy asosda modellashtirish uchun ishonchli va zaruriy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

§4.3. Yaratilgan dasturiy majmua arxitekturasi va ishlash prinsplari.

EMG signallari stoxastik ta’biatga ega, bunda signalni ma’lum bor o‘zgarishi qonuniyatga bo‘ysunmasligi mumkin. Ushbu signal dastlabki soniyalarda boshqacha, keyinchalik esa boshqacha qiymatlarni namoyon qilishi mumkin. Bu esa albatta mushaklarning charchoq va ta’sirchanlik xususiyatlariga bog‘liq.

Prezident Shavkat Mirziyoyev raisligida 13 fevral kuni olimpiya va paralimpiya harakatini yanada rivojlantirish, ommaviy sportni yangi bosqichga olib chiqish hamda aholi jismoniy faolligini oshirish chora-tadbirlari yuzasidan videoselektor yig‘ilishi o‘tkazildi. Ushbu yig‘ilishda mamlakat rahbari tomonidan sport federatsiya rahbarlariga mahallagacha tushib, yosh iqtidorlarni aniqlashi, bittadan sport maktabini tanlab baza qilishi va infratuzilmasini yaxshilash bo‘yicha topshiriqlar berildi. Sport vazirligiga bu maktablar uchun ilg‘or xorijiy tajriba va chuqur ilmga asoslangan metodika yaratish topshirildi.

Shu bilan birga, sportda raqamlashtirishni keng joriy qilish orqali iqtidorli sportchilarni topish, saralash va ularni tayyorlash bo‘yicha ham yangi tizim joriy qilish bo‘yicha topshiriqlar berildi. Buning

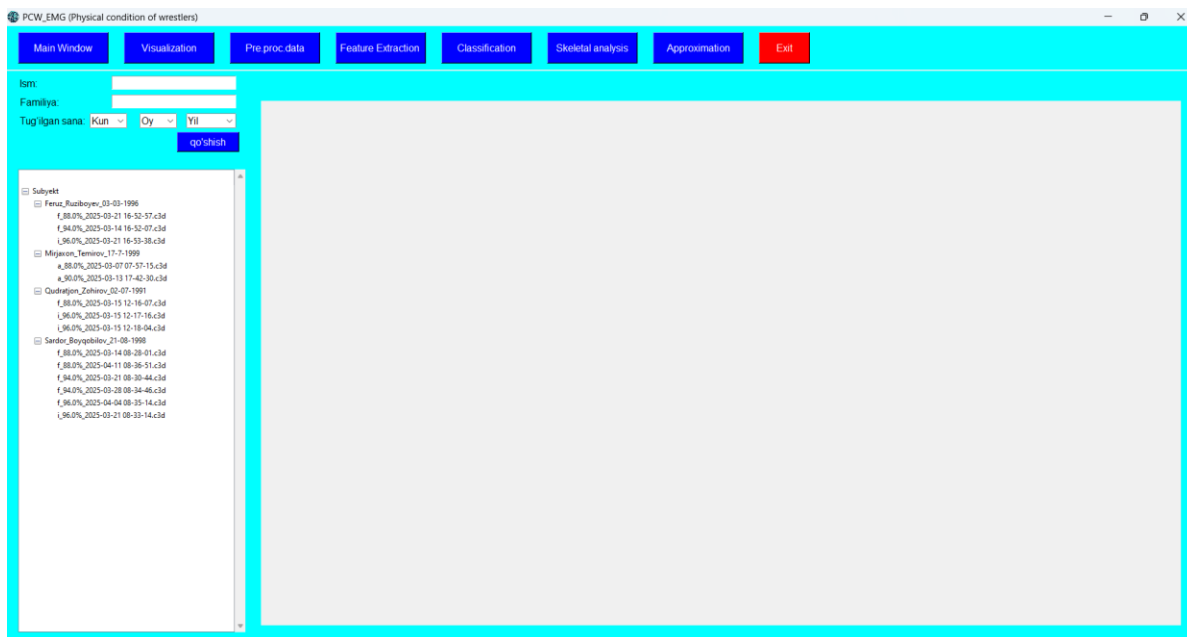
uchun alohida raqamli platforma ishga tushiriladi. Umumta'lim maktablarida o'quvchilarning u yoki bu sportga qobiliyati aniqlanib, elektron platformaga kiritiladi. Sport maktablari bu mezonlar asosida o'ziga yoshlarni tanlab, jismoniy va psixologik tayyorlab boradi. Sportchilarning kundalik natijalari, erishayotgan yutuqlari ham yagona elektron tizimga joylashtiriladi. Sport federatsiyalari ham eng yaxshi natija ko'rsatgan yoshlarni terma jamoa yig'inlariga chaqirib, ularni seleksiya qilib boradi. Terma jamoaga jalb qilingan yoshlar uchun jismoniy ko'rsatkichlarni monitoring qiladigan raqamlashgan tizim yaratiladi.

Natijada sportchilarning ko'rsatkichlari xorijiy yoki tor soha mutaxassislariga onlayn yuborilib, tavsiyalar olish imkoni yaratiladi.

Prezident tomonidan berilgan yuqoridagi topshiriqlarni amalga oshirish asnosida, ushbu loyihaning yakuniy natijasi sportchilarning jismoniy holatini tahlil qilish va operativ texnologiyalar asosida nazorat va monitoring qiluvchi dasturiy majmua yaratildi (4.5-rasm).

Dasturiy majmua 6 ta moduldan iborat bo'lib, har bir modul bir-birini mantiqan to'ldiradi. Dasturiy majmua Python tilida yozilgan, qulay interfeysga ega va foydalanuvchilar uchun qulay ko'rinishda yaratilgan. Dasturiy majmua nomi PCW_EMG (Physical condition of wrestlers – kurashchilarning jismoniy holati tahlili) deb nomlagan. Xar bir modul bo'yicha qisqacha tushuntirish berib o'tamiz:

- *Main window* – bu dasturiy majmuaning birinchi oynasi bo'lib, kurashchining ma'lumotlari kiritiladi. Kurashchi texnik usul va jismoniy mashqlarni bajarish davomida olingan EMG signal faylini ushbu dasturiy muhitga ro'yhatdan o'tkaziladi. Shu bilan birga, tegishli kurashchiga tegishli EMG signal qiymatlarini o'zida jamlagan .c3d fayl yuklanadi.

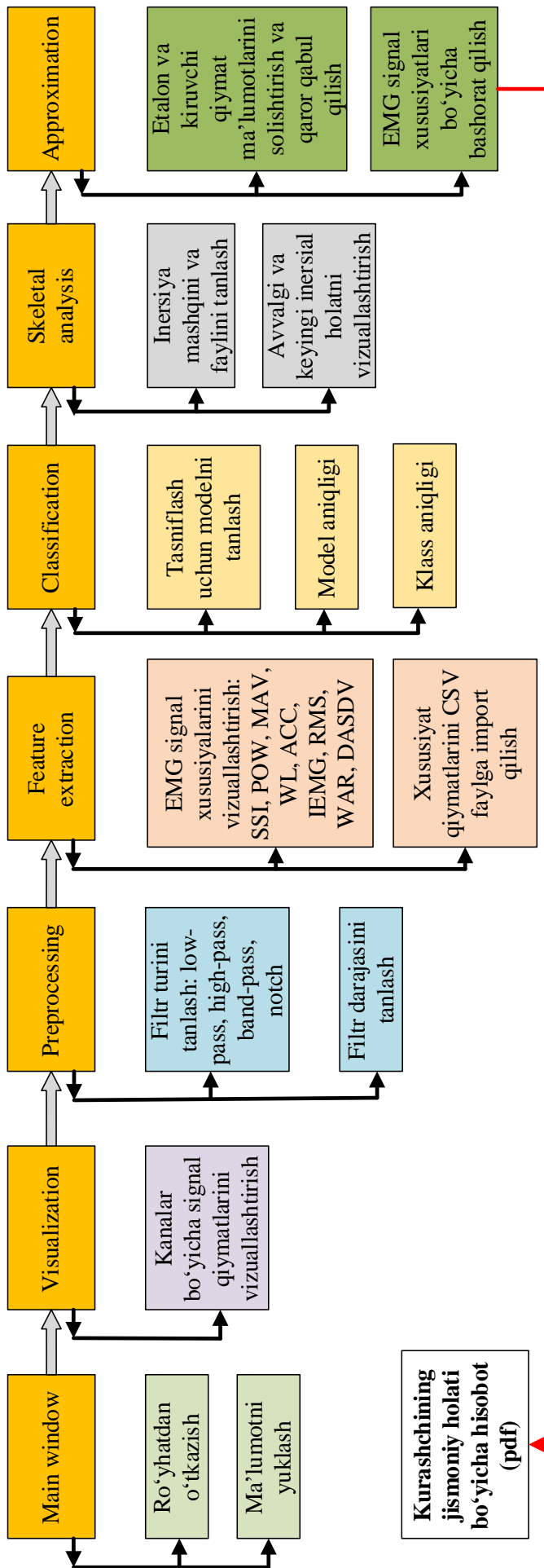


4.6-rasm. Dasturiy majmuaning MAIN WINDOW oynasi

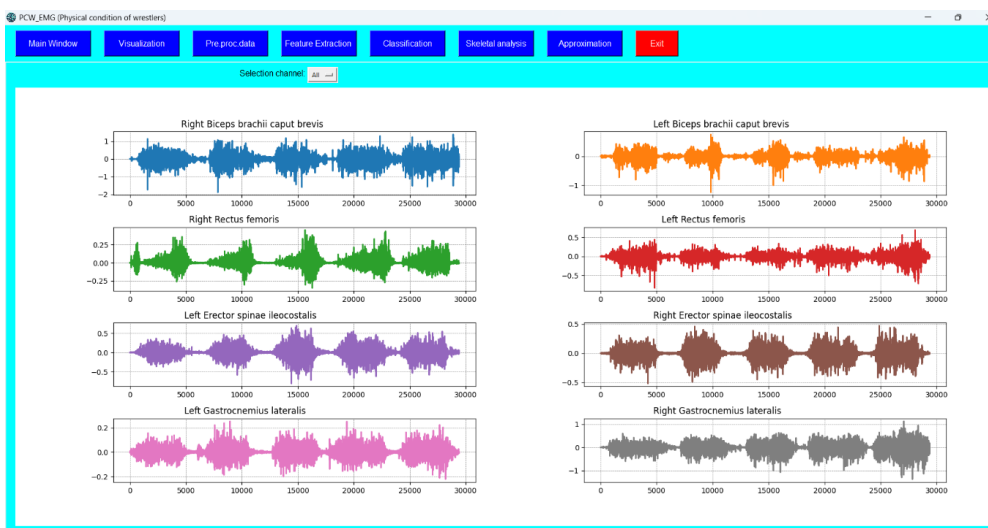
- *Visualition* – ushbu modul dasturiy majmuaning dastlabki moduli hisoblanadi. Modulda texnik usul va jismoniy mashqlarni bajarishdan oldin tananing 8 ta muskuliga FREEEMG sensorlari oʻrnatiladi. Ushbu sensorlar kurashchi maʼlum bir mashqlarni bajarishi davomida uning muskulidagi EMG signallarini yozib oladi va .c3d fayl xosil qiladi. Ushbu modul yaratilgan .c3d faylni yuklab oladi va xar bir kanal boʻyicha EMG signal qiymatlarini vizuallashtiradi. Bunda, vizual kuzatuv jarayonida tanlangan jismoniy mashq va texnik usulni bajarish davomida kurashchining qaysi muskullari juda aktiv, oʻrta aktiv va sust aktiv xolatlarni namoyon qilishini koʻrish mumkin boʻladi (4.7-rasm).

- *Preprocessing* – modulida esa olingan EMG signalini filtrlash ishlari amalga oshiriladi. Bizga ayonki, kurashchi aktiv holatda, yaʼni biror mashqni bajarish davomida tanasida va tashqi sharoitlarda signal sofligiga toʻsiq boʻluvchi omillar koʻplab topiladi. Shu sababli, signal ustidagi amallar va qarorlar ishonchli boʻlishi uchun signal sofligini taʼminlash maqsadida filtrlash ishlarini amalga oshirish kerak boʻladi. Dasturiy majmuada 4 xil turdagi (band-pass, low-pass, high-pass, notch) filtrlashni bajarish mumkin va xar bir filtrning darajasini (order) mustaqil tanlash mumkin (4.8-rasm).

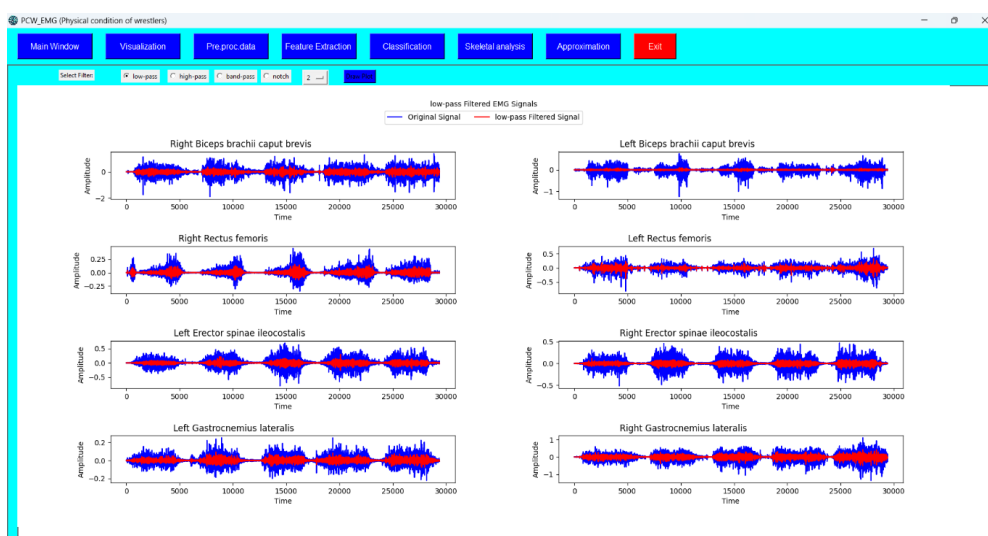
-



4.5-rasm. PCW_EMG dasturiy majmuasining tuzilmaviy ko'rinishi

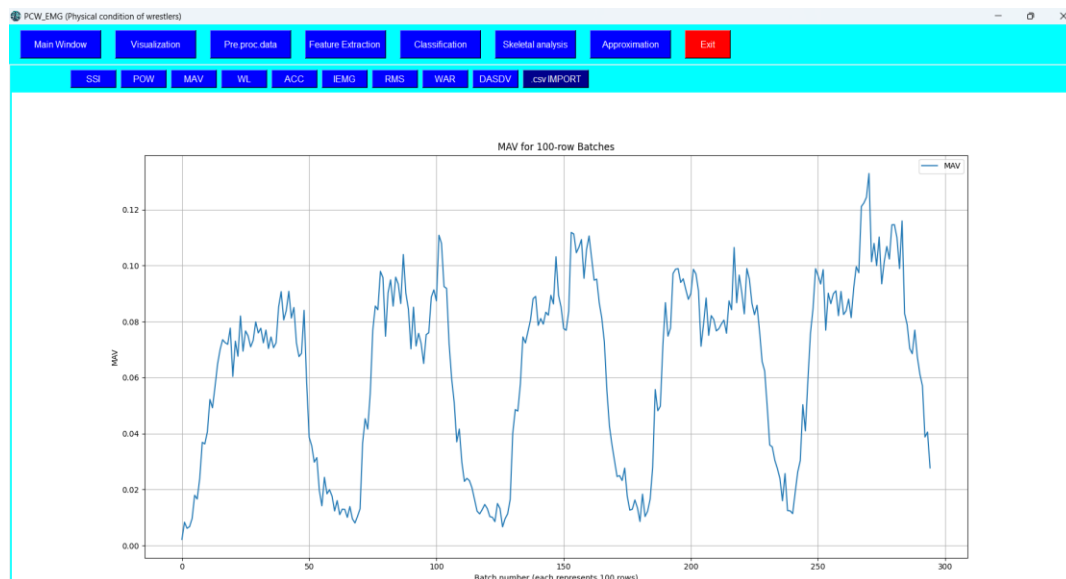


4.7-rasm. Dasturiy majmuaning VISUALITION moduli ko‘rinishi



4.8-rasm. Dasturiy majmuaning PREPROCESSING moduli ko‘rinishi

- *Feature-Extraction* – modulida olingan EMG signaliri xususiyatlarga ajratiladi va ajratilgan xususiyatlar .csv faylga import qilinadi. EMG signali murakkab va o‘zgaruvchan bo‘lib, uni tahlil qilinish tadqiqot yoki amaliy qo‘llanilish maqsadiga bog‘liq. Signal ishlov berilmagan holatda ko‘p miqdordagi ortiqcha ma‘lumotlarga ega bo‘ladi, shuning uchun uni tahlil qilish uchun muhim jihatlarni ajratib olish talab etiladi. Dasturiy majmuada EMG signalini 9 xususiyatga (Simple square integral (SSI), 4-Power (4POW), Mean absolute value (MAV), Waveform length (WL), Average amplitude change (ACC), Integrated EMG (IEMG), Root mean square (RMS), Variance of EMG(VAR), Difference absolute standard deviation (DASDV)) ajratish mumkin (4.9-rasm).



4.9-rasm. Dasturiy majmuaning FEATURE-EXTRACTION moduli ko‘rinishi

EMG signal xususiyatlarining har birining o‘ziga xos ahamiyati mavjud:

1. Simple Square Integral (SSI) – signalning energiya darajasini baholaydi va muskul faolligining kuchayishini ko‘rsatadi.

2. 4-Power (4POW) – signalning to‘rtinchi darajasi bo‘yicha quvvatini hisoblab, signal intensivligini aniqroq baholash imkonini beradi.

3. Mean Absolute Value (MAV) – signal amplitudasi bo‘yicha o‘rtacha absolyut qiymatini aniqlab, mushak faolligining umumiy darajasini ko‘rsatadi.

4. Waveform Length (WL) – signalning vaqt bo‘yicha umumiy uzunligini hisoblaydi va mushak faolligining o‘zgarish tezligini ifodalaydi.

5. Average Amplitude Change (ACC) – signal amplitudasining o‘zgarishlarini o‘rtacha hisoblab, mushak harakati dinamikasini baholaydi.

6. Integrated EMG (IEMG) – signal integralini hisoblab, umumiy faollik miqdorini ifodalaydi.

7. Root Mean Square (RMS) – signalning quvvat bilan bog‘liq statistik o‘rtacha qiymatini hisoblab, EMG signallarining umumiy intensivligini aks ettiradi.

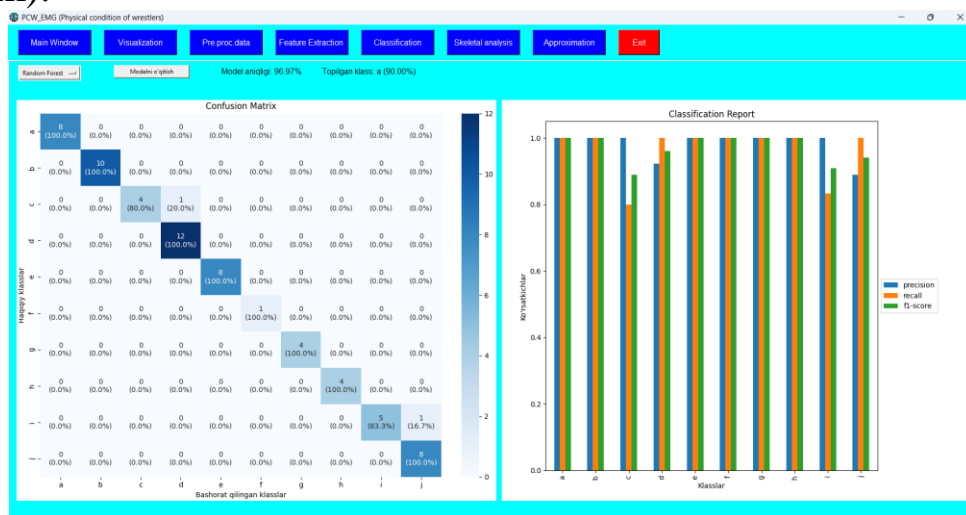
8. Variance of EMG (VAR) – signal dispersiyasini aniqlab, uning o‘zgaruvchanligi va shovqin darajasi haqida ma’lumot beradi.

9. Difference Absolute Standard Deviation (DASDV) – signal dispersiyasining o‘zgarishini baholab, signalning doimiylik darajasini tahlil qilish imkonini beradi.

• *Classification* – Mazkur modulda Feature-Extraction bosqichida ajratib olingan xususiyatlar asosida EMG signalini tasniflash amalga oshiriladi. Tasniflash modeli yordamida signallar tegishli klasslarga ajratilib, ularning aniqligi baholanadi. Dasturiy majmuada 5 xil tasniflash usuli qo‘llanilgan, ular:

1. Random Forest (RF)
2. k-Nearest Neighbors (kNN)
3. Logistic Regression
4. Neural Network (NN)
5. Support Vector Machine (SVM)

Dastur foydalanuvchiga ushbu modellar orasidan istalganini tanlash imkonini bergan bo‘lib, “modelni o‘qitish” tugmasi bosilganda, yuklangan EMG signallarida ajratilgan xususiyatlar asosida tanlangan tasniflagich modeli o‘qitiladi. O‘qitish jarayonidan so‘ng aniqlik (accuracy) ko‘rsatkichi hisoblanadi va natijalar confusion matrix va classification report ko‘rinishida taqdim etiladi (4.10-rasm).



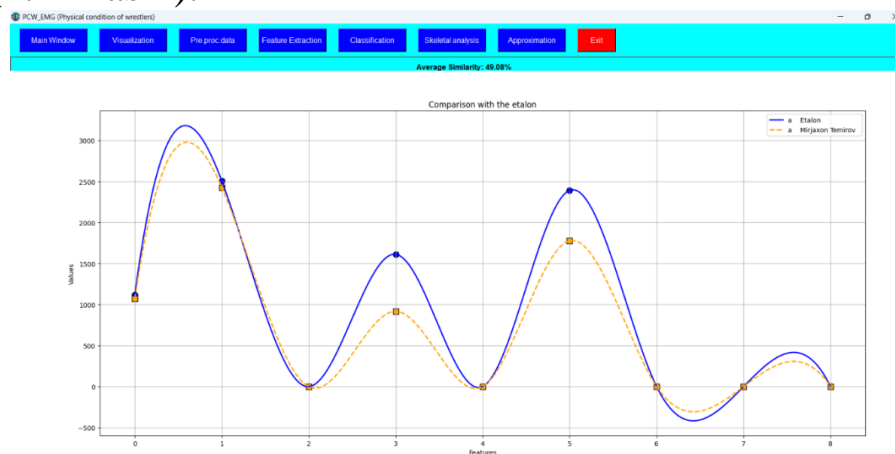
4.10-rasm. Dasturiy majmuaning CLASSIFICATION moduli ko‘rinishi

Bundan tashqari, yuklangan EMG signalining qaysi klassga tegishli ekani ham avtomatik tarzda aniqlanadi. Agar model tomonidan berilgan tasniflash aniqligi 56% dan past bo‘lsa, natijalar ishonchsiz deb baholanadi va ekranga “Klass topilmadi” degan xabar

- *Approksimatsiya* – Mazkur modulda sportchining EMG signaliga asoslangan 9 ta xususiyati oldindan shakllantirilgan etalon ma'lumotlari bilan taqqoslanadi. Etalon sifatida professional sportchilarning mushak signallaridan olingan xususiyatlarning eng yuqori qiymatlari qabul qilingan bo'lib, ular ma'lumotlar to'plami (dataset) asosida shakllantirilgan.

Approksimatsiya jarayonida har bir sportchining EMG signal xususiyatlari etalon bilan taqqoslanadi. Baholash jarayonida uch xil matematik yondashuv kosinus o'xshashligi, evklid masofasi va korrelatsiya koeffitsientidan foydalaniladi. Ushbu uchta ko'rsatkich hisoblab chiqilib, ularning o'rtacha qiymati sportchining o'rtacha o'xshashlik darajasi sifatida qabul qilinadi.

Grafik tasvirdagi ko'k chiziq etalon xususiyatlarni ifodalaydi, sariq nuqtali chiziq joriy sportchiga tegishli o'lchangan xususiyatlarni ko'rsatadi (4.12-rasm).



4.12-rasm. Dasturiy majmuaning APPROKMATSIYA moduli ko'rinishi

Korrelatsiya koeffitsienti (r) ikkita vektor o'rtasidagi bog'liqlik darajasini ifodalaydi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})(B_i - \bar{B})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}} \quad (4.1)$$

Kosinus o'xshashligi ($\cos(\theta)$) ikkita vektor orasidagi burchakni aniqlaydi va ularning yo'nalishi qanchalik mos kelishini baholaydi:

$$\cos(\theta) = \frac{A * B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (4.2)$$

Evklid masofasi (d) sportchi va etalon o'rtasidagi geometrik masofani ifodalaydi:

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2} \quad (4.3)$$

Evklid masofasini normalizatsiya qilish uchun quyidagi transformatsiya ishlatiladi:

$$S_E = \frac{1}{1 + d(A, B)} \quad (4.4)$$

Bu transformatsiya Evklid masofasi ortib borishi bilan natijani kamaytiradi, ya'ni masofa uzoq bo'lsa, o'xshashlik past bo'ladi.

Uchta usul natijalari asosida o'rtacha o'xshashlik quyidagicha hisoblanadi:

$$S_E = \frac{r + \cos(\theta) + S_E}{3} * 100\% \quad (4.5)$$

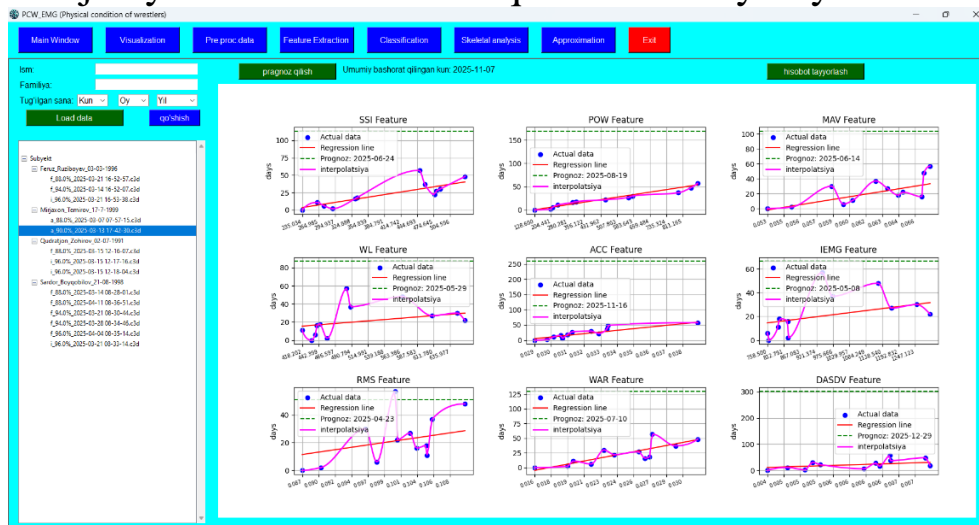
Bu yerda: $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ – sportchining EMG xususiyatlari vektori, $B = (B_1, B_2, \dots, B_n)$ – etalon EMG xususiyatlari vektori, \bar{A} va \bar{B} – mos ravishda sportchi va etalon xususiyatlarining o'rtacha qiymati, n – xususiyatlar soni.

Bu taqqoslash sportchining mushak faolligi va tayyorgarlik darajasini baholash imkonini beradi. Agar o'xshashlik yuqori bo'lsa, sportchining EMG xususiyatlari professional sportchilarnikiga yaqinligini bildiradi. Aksincha, past o'xshashlik esa mushak faolligi yetarli darajada emasligini yoki sportchining tayyorgarligi etalon sportchilarga nisbatan pastligini ko'rsatadi.

Ushbu modul sportchilarning mushak faolligini ilmiy asosda baholash, natijalarni tahlil qilish va mashg'ulotlar samaradorligini oshirish uchun muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

Modellar ishlatilgandan so'ng, EMG signallarining xususiyatlari asosida bashorat qilish amalga oshiriladi (4.13-rasm). Bashorat jarayonida sportchining EMG signallaridan olingan xususiyatlari mavjud etalon qiymatlar bilan taqqoslanadi. Modellar sportchining joriy mushak faolligi va xususiyatlarini tahlil qilib, uning qachon etalon darajaga yetishini prognoz qiladi. Bu jarayon uchun oldindan yuklangan va har biri 7 kunlik farq bilan olingan kamida to'rtta EMG ma'lumotlari ishlatiladi. Modellar ushbu ma'lumotlar asosida sportchining mashg'ulotlar davomida mushaklarida yuz berayotgan o'zgarishlarni baholaydi va uning optimal jismoniy tayyorgarlik

darajasiga qachon erishish pragnozi aniqlaydi. Natijada, sportchining jismoniy holatini yaxshilash strategiyalarini ishlab chiqish va trenirovka jarayonini samarali boshqarish imkoniyati yaratiladi.



4.13-rasm. Dasturiy majmuaning bashorat qilish bo‘limi

Bashorat qilish jarayoni chiziqli regressiya modeli asosida amalga oshiriladi. Bu usul sportchilarning mushaklaridan olingan EMG signallarining xususiyatlarini tahlil qilib, ularning etalon qiymatlarga qachon yetishini prognoz qiladi.

Oldindan yig‘ilgan va har biri 7 kunlik farq bilan olingan ma’lumotlar regressiya modeliga kiritiladi. Model ushbu ma’lumotlar asosida vaqt o‘tishi bilan xususiyatlarning o‘zgarish dinamikasini o‘rganadi va sportchining mashg‘ulot jarayoni davomida mushak faolligining etalon darajaga yetish vaqtini aniqlaydi.

Dastur ishlash jarayonining so‘ngida barcha modellar natijalari umumlashtirilib, kurashchining jismoniy holatining tahliliy hisoboti tayyorlanadi. Ushbu hisobot sportchining mushak faoligi, kinematik parametrlari va umumiy jismoniy tayyorgarlik darajasini baholash uchun mo‘ljallangan.

Hisobotda EMG signallari asosida hisoblangan xususiyatlar, kinematik o‘zgarishlar va bashorat qilingan natijalar jamlanadi. Shu bilan birga, sportchining etalon holatga yaqinligi, mashg‘ulotlar samaradorligi qay darajada ekanligi yoritib beriladi.

Bunday tahliliy yondashuv sportchining jismoniy imkoniyatlarini chuqur o‘rganish va individual mashg‘ulot dasturlarini optimallashtirish imkonini beradi.

adqiqot davomida aynan “qudrat_test” protokoli asosida ishlab chiqilgan

XULOSA

Ushbu monografiya sport kurashida sportchilarning biomexanik tahlili va monitoringini amalga oshirish, kurashchilarning mushak signallariga raqamli qayta ishlov berish usullari haqida bilimlar berilgan. Ushbu yo‘nalishda olib borilgan tadqiqotning mazmuni va yakunlariga tayangan holda, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Kurashning tarixi o‘rganilgan bo‘lib, sport kurashida texnik tayyorgarlikni ahamiyati va kurashchilarning texnik-taktik mahoratlarini oshirish uslubiyati tadqiq etilgan

2. Elektromiografiya signalining xususiyatlari, sportchining neyromushak tizimi, biosignallarni qayd qiluvchi qurilmalar tahlili, mushak signallarini tasniflashda foydalaniladigan sun‘iy intellekt usullari, mushak signallarini raqamli qayta ishlash usullari tahlil qilingan va o‘rganilgan.

3. Sportchining harakat parametrlari tahlil qilingan. Kurashchining eng asosiy harakatlaridan tashkil topgan usullaridan kelib chiqib aniq me‘yor va metodikalar ishlab chiqilgan.

4. Sport kurashida sportchilarning harakatlarini monitoring qiluvchi va bashoratlovchi dasturiy majmua yaratilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Гофуров А.У. —Курашчиларнинг техника тактик тайёргарлигини такомиллаштириш.: “Фан-спортга”, № 4., Т., 2016, Б.21-25.

2. Мирзанов Ш.С., Ишмухамедов Т.Р. Методика силовой подготовки юных белбогли курашистов.,Ж.: “Фан-спортга”, 2014.,Т., № 3., б.3-8

3. Артиков З.С. —Кураш билан шиғилланувчи спортчи талабалар вестибуллсоматик турғунликни оширишнинг афзаллиги. “Фан-спортга” ж. №4 2020. – Б. 35-37.

4. Мирзанов Ш.С., Белбоғли курашчиларда куч қобилиятини изокенитик машқлар ёрдамида ривожлантиришнинг баҳолаш методикаси. Монография «ЛЕССОН ПРЕСС» МЧЖ нашриёти, 2021 йил -130 б

5. Абдиев А.Н. Научно-педагогические основы формирования профессиональных умений тренера у студентов, специализирующихся в видах спортивных единоборств: Автореф. дис. ... д-ра. пед. наук. – Т., 2004. -51с.

6. Таймуратов А.Р. Курашчиларга хос куч турлари ва уларни ривожлантирувчи машқлар таснифи. Ж.:“Фан-спортга”, Т., 2016, №2, б.29-32.

7. Arslonov Q.P., - Milliy kurash turlari va uni o‘qitish texnologiyalari. O‘quv qo‘llanma. Toshkent “Turon Zamin Ziyo” 2014. – 204 b.

8. Абдуллаев Ш.А., Холматов А.И. Малакали курашчиларни тайёрлашнинг илмий – услубий асослари. Тошкент 2015 й. Услубий қўлланма. 60 бет

9. Abdullayev Sh.A., Xolmurodov L.Z.–Erkin kurash. O‘quv-uslubiy qo‘llanma. – Toshkent. “Ilmiy-texnika axboroti-press nashriyoti”, 2017 y.132-135 b

10. Абдуллаев Ш.А. Ёш курашчиларни тайёрлашнинг илмий-услубий асослари. / Ўқув-услубий қўлланма. Т., 2012, б.32-35

11.Ахмедов Х.Р. Ёш курашчиларни педагогик назорат қилиш асосида тренировка нагрукчаларини бошқариш услубияти (эркин кураш мисолида) пед. фан. ном. дисс. автореф. --Т., 2005. --16 б.

12.Багдасаров А.Ю. --Специфика построения соревновательной деятельности дзюдоистов высокого класса при использовании интервальной мышечной тренировки //кандидата Педагогических наук: дисс.автореф., ВАК ЎзР 13.00.04., Ташкент. УзГИФК. 2010. – 131 с

13.Гофуров А.У. --Курашчиларнинг техника тактик тайёргарлигини такомиллаштириш.: “Фан-спортга”ж, № 4., Т., 2016. – Б. 21-25.

14.Пулатов Ф.М. - Борьба самбо. Учебник. /-Т..УзГИФК, 2005 г. 360 б.

15.Kerimov F.A.– Sportda ilmiy tadqiqotlar. Darslik. Toshkent. “ZAR QALAM”, 2018. – 348 b.

16.Моисеев Н.М. - Структура процесса обучения двигательным действиям /Н.М.Моисеев//Теория и методика физической культуры (курс лекций): Учебное пособие.-СПб.:Изд-во СПбГАФК им.П.Ф.Лесгафта,1999.-б.95-98.

17.Ахматов М.С. Узлуксиз таълим тизимида оммавий курашнинг -соғломлаштириш ишларини самарали бошқариш. Монография. Т., ЎзДЖТИ, 2005. 278 б.

18.Мирзанов Ш.С. - Белбоғли кураш бўйича машғулот асослари. Тошкент – 2015 й. Ўқув қўлланма. 96 бет

19.Байтураев Э.И., Одилов Б.Б. – Самбо бўйича спорт педагогис маҳоратини ошириш. Ўқув қўлланма 2018 й. 66-б

20.Бакиев З.А. – Эркин кураш назарияси ва услубияти. Тошкент 2011 й. Ўқув қўлланма. 266 бет.

21.Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 2007. – 331 с.

22.Нелюбин В.В. - Класификация, систематика и терминалогия спортивной борьбы. Лекции . Л., 1974. 78с.

23.Веслов Блах. Инновационные технологии в подготовке единоборцев (самбо и дзюдо): Монография. М.: “Лица”, 2007. – 114 с.

24.Нелюбин В.В. - Развитие теории и практики классификаций тактико-технических действий в спортивной борьбе: Автореф. дис. п.ф.д/ В.В.Нелюбин: СПбГАФК им. П.Ф.Лесгафта.-СПб.,1999.-44 б.

25.Нуршин Ж.М., Саломов Р.С., Керимов Ф.А. Ўзбекча миллий курашнинг кураши. Т., 1993.

26.В.Н.Баранов., В.А.Акмашев., М.С.Бочков. Современные технологии обработки биомедицинских сигналов. Учебное пособие // Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 80с.

27.Б. Венегас, Разработка и исследование системы формирования сигналов управления для приводов устройств замещения утраченных функций на основе поверхностных миографических сигналов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ростов – 2018. ст.24.

28.Қ.Р.Зоҳиров, Биосигналларнинг турлари ва таъбиати. / “Ахборот- коммуникация технологияларини ривожлантириш шароитида инновациялар” мавзусидаги Республика миқёсидаги илмий-техник конференция, ТАТУ Қарши филиали, 2019 йил 15-17 апрель.

29.А.Тургунов, Ш.Норматов, Қ.Зоҳиров. Замонавий ахборот технологияларини тиббиётда қўллаш имкониятлари. Ахборот-коммуникация технологияларининг ривожланиш истиқболлари” мавзусидаги Республика миқёсидаги илмий-техник конференция, ТАТУ Қарши филиали, 2018 йил 20-21 апрель, 85-87.

30.Д.Аббасова. Электромиографическая оценка эффективности восстановления мимического нервно-мышечного аппарата при операциях на лице. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва – 2009. ст.20.

31. А.М.Турғунов, Қ.Р.Зоҳиров, В.А.Шарипова, В.О.Муҳтаров. The intellectual analysis of the state of cognitive and physical development of children on modern biotechnological equipment. Сборник научных статей XI Международной научно-технической конференции “Медэлектроника-2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии” Минск-2018. - С.275-279.

32. A. Feltane. Time-frequency based methods for non-stationary signal analysis with application to EEG signals. A dissertation for the degree of doctor of philosophy in electrical engineering, university of Rhode Island 2016. pp. 149. ProQuest Number:10102283.

33. Қ.Р.Зоҳиров. Биосигналларга асосланган бошқарув тизимларини ташкил этишда машинали ўқитиш алгоритмларидан фойдаланиш. “Actual problems and prospects of the development of intelligent information and communication systems IICS-2020”. Proceedings of the Scientific Online International Conference. Tashkent-2020.- P.170-171.

34. P. Vandenberg. Role of an aquatic and non-aquatic environment on trunk muscle activation. A thesis for the degree of master of science in Health and Human Movement, Utah State University Logan, Utah 2011. pp. 132. UMI Number: 1496404

35. Kamen G, Gabriel D. Essentials of electromyography. 2010: Human Kinetics. pp. 235.

36. А.М.Турғунов, Қ.Р.Зоҳиров. Биталино мобил курилмалари ёрдамида биосигналларни қайта ишлаш дастурий-техник воситалар яратиш. “Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва оптималлаштиришнинг долзарб муаммолари” Халқаро илмий-техникавий конференция маърузалари тўплами. Қарши-2017. - Б.149-152.

37. Lieber RL. Skeletal muscle structure, function, and plasticity. 2009: Lippincott Williams & Wilkins Baltimore. pp. 356.

38. D. Bautista. Electromyographic comparison of the front squat and overhead squat. A thesis for the Degree Master of Science in

Kinesiology Option in Exercise Science, California State University, Long Beach, August 2019, pp. 357. ProQuest Number: 22587110.

39. MacIntosh BR, Gardiner PF, McComas AJ. Skeletal muscle: form and function. 2006: Human kinetics. pp. 158.

40. M. Aubin. The Robotic Gait Simulator: A Dynamic Cadaveric Foot and Ankle Model for Biomechanics Research. A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, University of Washington, 2010. pp. 196. UMI Number: 3421552.

41. Қ.Р. Зоҳиров., Б.Н. Шарапова. Электромиография сигнални қайд қилишда сирт электродлари жойлашувининг таҳлили. “Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали, 2(4)/2018, 47-52.

42. Rosenberg, R., 1998. “The biofeedback pointer: EMG control of a two-dimensional pointer, Wearable Computers,” Digest of Papers. Second International Symposium on 19-20 Oct. 1998, pp. 162 – 163.

43. Tsenov G., Zeghib A.H., Palis F., Shoylev N., Mladenov V., 2006. “Neural Networks for Online Classification of Hand and Finger Movements Using Surface EMG signals,” Neural Network Applications in Electrical Engineering, 2006. NEUREL 2006. 8th Seminar on On, pp. 167-171.

44. Kyung Kwon Jung; Joo Woong Kim; Hyun Kwan Lee; Sung Boo Chung; Ki Hwan Eom, 2007. “EMG pattern classification using spectral estimation and neural network,” SICE, 2007 Annual Conference, pp. 1108 – 1111.

45. Ito T., Terao M.; Nagata J., Yoshida M., 2001. “Mouse cursor control system using EMG,” Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, vol. 2, pp. 1368 – 1369.

46. Eman M. El –Daydamony, Mona El- Gayar and Fatma Abou-Chadi, 2008. “A Computerized System for SEMG Signals Analysis and Classification,” National Radio Science Conference, 2008. NRSC 2008, pp. 1-7.

47. Tsuji T., Ichinobe H., Fukuda O. "A Maximum Likelihood Neural Network Based on a Log-Linearized Gaussian Mixture Model," Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, pp. 2479- 2484.

48. Fukuda O., Arita J. and Tsuji T. "An EMG-Controlled Omnidirectional Pointing Device Using a HMM-based Neural Network," Neural Networks, 2003. Proceedings of the International Joint Conference on, vol. 4, pp. 3195- 3200.

49. Nan Bu, Hamamoto T., Tsuji T. "FPGA implementation of a probabilistic neural network for a bioelectric human interface," Circuits and Systems, 2004. MWSCAS. The 2004 47th Midwest Symposium on, vol. 3, pp. 29-32.

50. Jong-Sung Kim, Huyk Jeong, Wookho Son, 2004. "A new means of HCI: EMG-MOUSE, Systems," Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on, vol. 1, pp. 100 – 104.

51. Mobasser Farid, Hashtrudi-Zaad Keyvan. "A Method for Online Estimation of Human Arm Dynamics," Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS'06. 28th Annual International Conference of the IEEE, pp. 2412 – 2416.

52. Wheeler K.R. "Device control using gestures sensed from EMG, Soft Computing in Industrial Applications," 2003. SMC /03. Proceedings of the 2003 IEEE International Workshop on, pp. 21 – 26.

53. Chan A., Kevin B. "Continuous Myoelectric Control for powered prostheses using Hidden Markov Models," IEEE Transactions on Biomedical Engineer, Vol. 52, pp. 123- 134.

54. Chen Xiang, Zhang Xu, Zhao Zhang-Yan, Yang Ji-Hai, Lantz Vuokko, Wang Kong-Qiao. Multiple Hand Gesture Recognition Based on Surface EMG Signal Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2007, ICBBE 2007, The 1st International Conference on, pp. 506 – 509.

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I BOB. KURASH TARIXI, TURLARI VA SPORTCHILARNING MAXSUS KUCH TAYYORGARLIGINI TASHKIL ETISH.....	6
§1.1. Kurash sport turning tarixi va turlari.....	6
§1.2. Sport kurashida texnik tayyorgarlikning ahamiyati	10
§1.3. Kurashchilarning texnik-taktik mahoratlarini oshirish uslubiyati	18
II BOB. ELEKTROMIOGRAFIYA SIGNALINING TA’BIATI	34
§2.1. Biosignallarning turlari va ularning xarakteristikalari	34
§2.2. Sportchining neyro-mushak tizimining tuzilishi.....	36
§2.3. Biosignallarni qayd qilishda foydalaniladigan portativ qurilmalar	43
§2.4. Sportchilarning skelet tizimlarini tahlil qiluvchi zamonaviy o‘lchov uskunalari tahlili.....	51
§2.5. Kurash sportchisining mushak signallarini tasniflashda foydalaniladigan sun’iy intellekt usullari tahlili	63
§2.6. Mushak signallarini raqamli qayta ishlash bosqichlari	74
III BOB. KURASHCHILARNING MUSHAK SIGNALLARINI QAYD QILISH VA TASNIFLASH	78
§3.1. Sportchilarning harakat parametrlarini tahlil qilish	78
§3.2. Kurashchilarning eng asosiy harakatlaridan tashkil topgan usullaridan kelib chiqib aniq me’yor va metodika ishlab chiqish	82
IV BOB. SPORT KURASHIDA SPORTCHILARNING HARAKATLARINI MONITORING QILISH DASTURIY MAJMUASI.....	94
§4.1. Sportning kurash turi bilan shug‘ullanuvchilarni skelet tizimining kinematik qiymatlarini chiqarib beruvchi dasturiy vosita.....	94
§4.2. Sportchining mushak tizimini modellashtirish	96
§4.3. Yaratilgan dasturiy majmua arxitekturasi va ishlash prinsplari.....	101
XULOSA	112
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YHATI.....	113

O‘QUV USLUBIY NASHR

ZOHIROV QUDRATJON RAFIQOVICH

**SPORT BIOMEXANIKASIDA
MA’LUMOTLARNI RAQAMLI QAYTA
ISHLASH USULLARI**

MONOGRAFIYA

Nashriyot litsenziyasi 062153. 07.02.2023 yil.

Terishga 09.03.2025 yilda berildi.

Bosishga 28.03.2025 yilda ruxsat etildi.

Bichimi 64x84 1/16. Shartli bosma tabog‘i 7.5.

Ofset usulida chop etildi. Times New Roman garniturasida.

50 nusxada. Buyurtma 052-BMW/25. Hajmi 120 bet. Erkin narxda.

“Big Makro World” MCHJ nashriyoti, 180100.

Qarshi shahri, Ko‘chabog‘ ko‘chasi, 17-uy

“Big Makro World” MCHJ bosmaxonasida bosildi.

Qarshi shahri, Beglar MFY, Ko‘chabog‘ ko‘chasi, 2/49-uy

Tel./faks: +998908680001