

Adabiyotlar ro'yxati

1. Бабаджанов Э. С., Самандаров Б. С. Қорамол касаллик белгилари билан сенсорлараро алоқалар //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2022. – №. 3. – С. 64-67.
2. Самандаров Б. С., Гелдибаев Б.Е., Олламберганов Ф.Ф., Гулмирзаева Г. А. Чорва фермаларининг радиочастотали идентификациялаш тизими инфратузилмасини лойиҳалаш //Digital Transformation and Artificial Intelligence. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 68-72.
3. Самандаров Б. С., Гулмирзаева Г. А. Использование методов компьютерного зрения на основе машинного обучения для обнаружения кожных заболеваний в животноводческих комплексах //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 47. – С. 809-812
4. He H., Garcia E. A. Learning from imbalanced data //IEEE Transactions on knowledge and data engineering. – 2009. – V. 21. – №. 9. – P. 1263-1284.
5. Japkowicz N., Stephen S. The class imbalance problem: A systematic study //Intelligent data analysis. – 2002. – V. 6. – №. 5. – P. 429-449.
6. Samandarov B. S., Geldibayev B. Y. Chorva komplekslarida kasalliklarni erta aniqlashda sinflashtirish algoritmlarini joriy qilish masalasi //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 47. – С. 777-780.
7. Geldibayev B.Y., Ollamberganov F.F. Sog'in sigirlarda oqsoqlikni erta aniqlashning mashinali o'qitishga asoslangan algoritmi // O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Qoraqalpog'iston Bo'limi Axborotnomasi. – 2024. – Т. 276. – №.3. – B. 7 14.
8. Mazurowski M. A., Habas P.A., Zurada J.M. va bosh. Training neural network classifiers for medical decision making: The effects of imbalanced datasets on classification performance //Neural networks. – 2008. – V. 21. – №. 2-3. – P. 427-436.
9. Al-Hashem M. A., Alqudah A. M., Qananwah Q. Performance evaluation of different machine learning classification algorithms for disease diagnosis //International Journal of E-Health and Medical Communications (IJEHMC). – 2021. – V. 12. – №. 6. – P. 1-28.

MUSHAK BIOSIGNALLARIGA ISHLOV BERISH ORQALI SPORTCHILARNING CHARCHOQLARINI BAHOLASHDA SUN'IY INTELLEKT ALGORITMLARINI TAHLIL QILISH

Xoldorov Shohruhmirzo Imomali o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Sun'iy intellekt kafedrası katta o'qituvchisi
taxiclass6381@gmail.com

Anotatsiya: Sportchilarning jismoniy holatini, jumladan, charchoq darajasini aniq baholash optimal mashg'ulotlarni rejalashtirish, yuqori natijalarga erishish va jarohatlanish xavfini kamaytirish uchun muhim ahamiyatga ega. Mushak biosignallari, xususan, elektromiografiya (EMG), mushaklarning faolligi va charchoqlari haqida qimmatli ma'lumotlarni taqdim etadi. So'nggi yillarda sun'iy intellekt (SI) usullari ushbu biosignallarni tahlil qilish va charchoqni avtomatik tarzda baholash uchun kuchli vositaga aylandi. Ushbu maqola EMG signallariga asoslangan holda sportchilarning charchoqlarini baholashda turli sun'iy intellekt (SI) algoritmlarining samaradorligini tahlil qilishga qaratilgan.

Kalit so'zlar: sport, biosignal, charchoq, elektromiografiya, sun'iy intellekt, EMG.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОЦЕНКЕ УТОМЛЕНИЯ СПОРТСМЕНА ПОСРЕДСТВОМ ОБРАБОТКИ МЫШЕЧНЫХ БИОСИГНАЛОВ

Аннотация: Точная оценка физического состояния спортсменов, включая уровень утомляемости, имеет важное значение для планирования оптимальных тренировок, достижения высоких результатов и снижения риска травм. Мышечные биосигналы, в частности электромиография (ЭМГ), предоставляют ценную информацию о мышечной активности и утомляемости. В последние годы методы искусственного интеллекта (ИИ) стали мощным инструментом для анализа этих биосигналов и автоматической оценки утомления. Целью данной статьи является анализ эффективности различных алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) при оценке утомляемости спортсменов на основе сигналов ЭМГ.

Ключевые слова: спорт, биосигнал, утомление, электромиография, искусственный интеллект, ЭМГ.

ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN ASSESSING ATHLETE FATIGUE THROUGH PROCESSING MUSCLE BIOSIGNALS

Abstract: Accurate assessment of athletes' physical condition, including fatigue level, is essential for optimal training planning, achieving high performance, and reducing the risk of injury. Muscle biosignals, in particular electromyography (EMG), provide valuable information about muscle activity and fatigue. In recent years, artificial intelligence (AI) methods have become a powerful tool for analyzing these biosignals and automatically assessing fatigue. This article aims to analyze the effectiveness of various AI algorithms in assessing athlete fatigue based on EMG signals.

Keywords: sport, biosignal, fatigue, electromyography, artificial intelligence, EMG.

Elektromiografiya (EMG) skelet mushaklarining qisqarishi natijasida hosil bo'ladigan elektr faolligini o'lchash usuli bo'lib, neyromushak faolligini aks ettiradi. Bu signallar mushak to'qimalarida nerv impulslariga javoban yuzaga keladigan motor birlik harakat potentsiallarining (MUAP) yig'indisidir. EMG signallarini ikki asosiy usulda qayd etish mumkin: teri yuzasiga elektrodni joylashtirish orqali (yuza EMG yoki sEMG) yoki igna elektrodini to'g'ridan-to'g'ri mushakka kiritish orqali (igna EMG). Sport fanida va reabilitatsiyada sEMG o'zining noinvazivligi, ya'ni teriga shikast yetkazmasdan qo'llanilishi mumkinligi sababli keng qo'llaniladi. Bu usul sportchilarni muntazam ravishda, klinik sharoitlarni talab qilmasdan va noqulaylik tug'dirmasdan kuzatib borish imkonini beradi, bu esa igna EMG yoki biokimyoviy testlar kabi invaziv usullardan afzalligidir. sEMG signallarining odatdagi kuchlanish diapazoni 50 mV dan 100 mV gacha, chastota tarkibi esa asosan 10 Hz dan 500 Hz gacha bo'lgan oraliqda bo'ladi.

Mushak charchog'i odatda jismoniy mashqlar natijasida mushakning maksimal kuch yoki quvvat ishlab chiqarish qobiliyatining vaqtinchalik pasayishi sifatida ta'riflanadi. Bu murakkab hodisa bo'lib, uning mexanizmlari (markaziy va periferik) bajarilayotgan vazifaning turiga va intensivligiga bog'liq. Periferik charchoq ko'pincha mushak tolalarida metabolitlar (masalan, laktat, vodorod ionlari) to'planishi va ion muvozanatining (masalan, kaliy) o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, bu mushak tolalarining qo'zg'aluvchanligi va qisqarish mexanizmlariga ta'sir qiladi. Charchoq rivojlanishi bilan sEMG signalida xarakterli o'zgarishlar kuzatiladi: signal amplitudasi (masalan, RMS - O'rtacha Kvadratik Qiymat, iEMG - Integrallangan EMG) odatda ortadi, bu qo'shimcha motor birliklarining jalb qilinishi yoki mavjudlarining faollashuv darajasining oshishi

bilan izohlanadi. Shu bilan birga, signalning spektral chastotalari (masalan, MDF - Median Chastota, MNF - O'rtacha Chastota) odatda pasayadi, bu asosan mushak tolalarining o'tkazuvchanlik tezligining (MFCV) kamayishi bilan bog'liq.

Sun'iy intellekt (SI), xususan, mashinani o'rganish (Machine Learning - ML) algoritmlari, sport fanini o'zgartirmoqda. SI murakkab ma'lumotlar to'plamlarini, shu jumladan EMG kabi biosignallarni tahlil qilish orqali ish qobiliyati, yuklama boshqaruvi, jarohatlanishni bashorat qilish va charchoqni baholash bo'yicha yangi imkoniyatlar yaratmoqda. SI inson tomonidan sezilmaydigan nozik qonuniyatlarni aniqlashga, shaxsiylashtirilgan mashg'ulot rejalarini tuzishga va real vaqt rejimida qayta aloqani ta'minlashga qodir. Tayanch Vektor Mashinasi (SVM), Neyron Tarmoqlar (NN), K-Eng Yaqin Qo'shnilar (KNN) va Tasodifiy O'rmon (RF) kabi maxsus algoritmlar EMG belgilariga asoslanib charchoq holatlarini tasniflash uchun keng qo'llaniladi.

SI ning qo'llanilishi oddiy tasniflashdan tashqariga chiqib, bashoratli modellash (charchoq boshlanishini yoki jarohatlanish xavfini oldindan aytish) va real vaqt rejimida ishlaydigan adaptiv tizimlar tomon siljimoqda. Bu retrospektiv tahlildan proaktiv boshqaruvga o'tishni anglatadi, bu esa sportchilarni boshqarishda muhim qadamdir.

Tayanch vektor mashinasi (Support Vector Machine) nazorat ostida o'rganish algoritmi bo'lib, turli sinflarga mansub ma'lumotlar nuqtalarini optimal ravishda ajratuvchi gipertekislikni topish orqali tasniflash (va regressiya) uchun samarali hisoblanadi. Chiziqsiz ma'lumotlarni qayta ishlash uchun turli yadrolardan (masalan, chiziqli, polinomial, radial asos funktsiyasi - RBF) foydalanishi mumkin. SVM yaxshi ishlashi, barqarorligi va nisbatan soddaligi tufayli EMG asosida charchoqni tasniflash uchun keng qo'llaniladi. Ko'pincha, ayniqsa samarali dastlabki ishlov berish va belgilarni tanlash bilan birgalikda yuqori aniqlikka erishadi. PSO-SVM kabi variantlari ham mavjud.

Chuqur o'rganish modellarining (CNN, LSTM) tobora ko'proq qo'llanilishi xom yoki minimal ishlov berilgan signallardan avtomatik ravishda belgilarni ajratib olish tendentsiyasini aks ettiradi, bu esa qo'lda yaratilgan belgilarga bo'lgan ehtiyojni kamaytirishi mumkin. Biroq, bu ko'pincha yuqori hisoblash xarajatlari bilan birga keladi va o'qitish uchun kattaroq ma'lumotlar to'plamini talab qiladi.

K-eng yaqin qo'shnilar (KNN) charchoq va yurish tahlili kabi turli EMG tasniflash vazifalarida qo'llaniladi.

Tasniflagichlarning ishlashini baholash uchun keng qo'llaniladigan metrikalar quyidagilardir:

- aniqlik (accuracy): to'g'ri tasniflangan namunalar umumiy sonining ulushi.
- aniq nisbat (Precision): ijobiy deb bashorat qilingan namunalar orasida haqiqiy ijobiyning ulushi.
- qamrov (recall / sensitivity): haqiqiy ijobiy namunalarning qanchasi to'g'ri aniqlanganligining ulushi.
- F1-baho (F1-score): aniq nisbat va qamrovning garmonik o'rtachasi, ayniqsa nomutanosib ma'lumotlar to'plamlari uchun foydali.
- roc egri chizig'i ostidagi maydon (auc): Sinflar o'rtasidagi ajralish qobiliyatining o'lchovi.
- maxsuslik (specificity): haqiqiy manfiy namunalarning qanchasi to'g'ri aniqlanganligining ulushi.
- o'rtacha absolyut xatolik (MAE), o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE), korrelyatsiya: charchoqni regressiya asosida bashorat qilish yoki signallarni taqqoslash uchun ishlatiladi.

Адабиётлар рўйхати

1. Electromyography (EMG) | Johns Hopkins Medicine, <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/electromyography-emg>
2. Shair EF, Ahmad SA, Marhaban MH, Mohd Tamrin SB, Abdullah AR. EMG Processing Based Measures of Fatigue Assessment during Manual Lifting. Biomed Res Int. 2017;2017:3937254. doi: 10.1155/2017/3937254. Epub 2017 Feb 19. PMID: 28303251; PMCID: PMC5337807.
3. A. Qakhkharov, S. Kholdorov, N. Atadjanova, S. Davletova and N. Khayitov, "Analysis of methods and algorithms for feature extraction of biosignals of muscle activity," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670012.
4. Makhkamov, B., Shukurov, K., Kakhkharov, A., Kholdorov, S., Mamajonov, D. (2025). Analysis of Fatigue Characteristics in Muscle Groups Using the FREEEMG 1000. In: Bradford, P.G., Gadsden, S.A., Koul, S.K., Ghatak, K.P. (eds) Proceedings of IEMTRONICS 2024. IEMTRONICS 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1229. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4780-1_7
5. Shukurov, K., Mirjamolov, M., Kholdorov, S., Malikova, N. (2025). Enhancing Paralympic Athlete Performance: Kinematic Analysis and Computer Information Systems for Optimal Training Load Adjustment. In: Bradford, P.G., Gadsden, S.A., Koul, S.K., Ghatak, K.P. (eds) Proceedings of IEMTRONICS 2024. IEMTRONICS 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1228. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4784-9_29
6. Shokhrukhmirzo Kholdorov and Nafisa Tolibova. SPECTRAL ANALYSIS OF MUSCLE ACTIVITY - AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION. SCIENCE AND INNOVATION, INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL VOLUME 2 ISSUE 11 NOVEMBER 2023. UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337. –P. 248-256. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10246250>
7. A'lokhon Kakhkharov, Kamoliddin Shukurov and Shokhrukhmirzo Kholdorov. SCIENCE AND INNOVATION, INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL VOLUME 2 ISSUE 11 NOVEMBER 2023. UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337. –P. 240-247. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10244614>
8. Raez MB, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. Biol Proced Online. 2006;8:11-35. doi: 10.1251/bpo115. Epub 2006 Mar 23. Erratum in: Biol Proced Online. 2006;8:163. doi: 10.1251/bpo124. PMID: 16799694; PMCID: PMC1455479.
9. <https://www.debutinfotech.com/blog/ai-in-sports-analytics>

DO‘KON TOVARLARINI AVTOMATLASHTIRISHNING ZAMONAVIY YONDOSHUVLARI

Raimov Ibrohim Shokir o‘g‘li

Jizzax shahridagi Qozon (Volgabo‘yi) federal universiteti filiali 4-kurs talabasi

Raimovibrohim65@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqola “Do‘kon tovarlarini hisobga olish va sotishni avtomatlashtirish” mavzusiga bag‘ishlangan bo‘lib, zamonaviy texnologiyalardan foydalanib tijorat jarayonlarini optimallashtirish muammosini qarashni o‘z ichiga oladi. Ishda