DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

KIBERSPORTCHILARNING PSIXOFIZIOLOGIK HOLATINI SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA BAHOLASH

Mamatjonova D.X., *2-kurs magistrant,*
Axborot texnologiyalari fanlari,
E-mail: dmamatjonova205@gmail.com
Sambhram universiteti

Annotatsiya. *Maqolada kibersportchilarning mashg'ulot va musobaqa jarayonidagi psixofiziologik holatini real vaqt rejimida kuzatish hamda individual qo'llab-quvvatlash tavsiyalarini shakllantirishga mo'ljallangan sun'iy intellektga asoslangan dasturiy tizim konsepsiyasi bayon etiladi. Tizim yurak urish tezligi (HR), terining elektr faolligi (EDA), klaviatura faolligi va reaksiya vaqti kabi turli manbalardan olingan ko'rsatkichlarni birgalikda tahlil qilishga asoslanadi. Ma'lumotlarni normallashtirish, shartli vaznli indeksni hisoblash, vaqt qatorlarini LSTM modeli yordamida tahlil qilish va model sifatini baholash yondashuvlari ko'rib chiqiladi. Maqoladagi vazn koeffitsiyentlari va sonli hisob-kitoblar usulni tushuntirish uchun shartli ravishda berilgan bo'lib, real tajriba natijalari hisoblanmaydi. Koeffitsiyentlarni kelgusida empirik ma'lumotlar va mustaqil validatsiya asosida aniqlash zarurligi ta'kidlanadi.*

Abstract. *This article outlines the concept of an artificial intelligence-based software system designed for real-time monitoring of the psychophysiological state of esports athletes during training and competitive events, as well as for generating individualized supportive recommendations. The system relies on the integrated multimodal analysis of parameters gathered from diverse sources, including heart rate (HR), electrodermal activity (EDA), keystroke dynamics, and reaction time. Methodological frameworks for data normalization, conditional weighted index calculation, time-series forecasting via Long Short-Term Memory (LSTM) neural networks, and model performance evaluation are examined. The weighting coefficients and numerical values presented in the study are illustrative for procedural demonstration rather than empirical experimental findings. The necessity of calibrating these parameters through extensive empirical data collection and rigorous independent validation in future research is emphasized.*

Аннотация. *В статье изложена концепция программной системы на основе искусственного интеллекта, предназначенной для мониторинга психофизиологического состояния киберспортсменов в режиме реального времени в процессе тренировок и соревнований, а также для формирования индивидуальных рекомендаций. Система базируется на комплексном анализе разнородных биометрических и поведенческих показателей, таких как частота сердечных сокращений (ЧСС), электродермальная активность (ЭДА), клавиатурная динамика и время реакции. Рассмотрены подходы к нормализации данных, вычислению условного взвешенного индекса, анализу временных рядов с помощью модели долгой краткосрочной памяти (LSTM) и оценке точности модели. Весовые коэффициенты и численные расчеты приведены в качестве иллюстративных данных для демонстрации методики и не являются результатами натурного эксперимента. Подчеркивается необходимость последующего уточнения параметров на основе эмпирических измерений и независимой валидации.*

Kalit so'zlar: *kibersport, psixofiziologik holat, sun'iy intellekt, LSTM, real vaqt monitoringi, yurak urish tezligi, terining elektr faolligi, reaksiya vaqti, individual tavsiyalar.*

Keywords: *esports, psychophysiological state, artificial intelligence, LSTM, real-time monitoring, heart rate, electrodermal activity, reaction time, personalized recommendations.*

Ключевые слова: *киберспорт, психофизиологическое состояние, искусственный интеллект, LSTM, мониторинг в реальном времени, частота сердечных сокращений, электродермальная активность, время реакции, индивидуальные рекомендации.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

Kirish. Kibersportdagi natijadorlik texnik mahorat va strategik fikrlash bilan bir qatorda diqqatni uzoq vaqt saqlash, tez qaror qabul qilish, bosim sharoitiga moslashish va charchoqni boshqarish bilan ham bog‘liq. Uzoq mashg‘ulotlar yoki muhim musobaqalar davomida fiziologik qo‘zg‘alish, reaksiya vaqtining o‘zgarishi hamda boshqaruv harakatlaridagi beqarorlik kuzatilishi mumkin. Biroq bitta fiziologik yoki xulq-atvor ko‘rsatkichi sportchining psixologik holatini mustaqil ravishda ishonchli aniqlash uchun yetarli emas.

Shu sababli bir nechta manbadan olingan ma’lumotlarni birgalikda tahlil qiladigan, vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni hisobga oladigan va foydalanuvchiga ehtiyotkor tavsiyalar beradigan dasturiy tizim konsepsiyasi dolzarb hisoblanadi. Bunday tizim klinik tashxis vositasi sifatida emas, balki kuzatuv ko‘rsatkichlaridagi o‘zgarishlarni aniqlash va dam olish, tanaffus yoki mashg‘ulot yuklamasini qayta ko‘rib chiqish kabi umumiy tavsiyalarni taklif etuvchi yordamchi vosita sifatida qaraladi.

Tizim arxitekturasi va metodologiya

Kiruvchi ma’lumotlar. Taklif qilinayotgan tizim to‘rtta asosiy ko‘rsatkichdan foydalanishi mumkin: yurak urish tezligi (HR, zarba/minut), terining elektr faolligi (EDA, odatda mikrosimensda), klaviatura faolligi (belgilangan vaqt oralig‘ida hisoblangan faollik ko‘rsatkichi) va reaksiya vaqti (millisekund). Amaliy tatbiqda har bir signalning o‘lchash qurilmasi, namuna olish chastotasi, vaqt belgisi, yetishmayotgan qiymatlarni qayta ishlash tartibi va o‘lchash sharoitlari hujjatlashtirilishi lozim.

Ma’lumotlarni normallashtirish

Turli birliklarda o‘lchanadigan xususiyatlarni umumiy diapazonga keltirish uchun min–max normallashtirishdan foydalanish mumkin:

$$z_i = (x_i - x_min) / (x_max - x_min).$$

Bu yerda x_i dastlabki qiymat; x_min va x_max tegishli xususiyatning tanlangan ma’lumotlar to‘plamidagi minimal va maksimal qiymatlari. z_i esa [0; 1] oralig‘idagi normallashtirilgan qiymatdir. Agar x_max = x_min bo‘lsa, nolga bo‘lishning oldini olish uchun xususiyat alohida qayta ishlanadi. Amaliy modelda normallashtirish parametrlari faqat o‘qitish to‘plamidan hisoblanib, validatsiya va test to‘plamlariga o‘zgartirmasdan qo‘llanadi.

Shartli vaznli indeks

Ko‘rsatkichlarni tushunarli shaklda birlashtirish uchun quyidagi shartli indeksdan foydalanish mumkin:

$$S = w_1 z_{HR} + w_2 z_{EDA} + w_3 z_{KB} + w_4 z_{RT}$$
$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1; \quad w_i \geq 0$$

bu yerda z_{HR}, z_{EDA}, z_{KB} va z_{RT} mos ravishda *HR, EDA*, klaviatura faolligi va reaksiya vaqtining normallashtirilgan qiymatlari; w_i vazn koeffitsiyentlari. Faqat hisoblash usulini ko‘rsatish uchun HR vazni 0,30, *EDA* vazni 0,25, klaviatura faolligi vazni 0,15 va reaksiya vaqti vazni 0,30 deb olinadi. Ularning yig‘indisi birga teng.

Mazkur vaznlar ilmiy jihatdan tasdiqlangan universal koeffitsiyentlar emas. Ular ushbu maqolada shartli qiymatlar sifatida ishlatiladi. Real sharoitda har bir ko‘rsatkichning hissasi ishtirokchilardan yig‘ilgan ma’lumotlar, mustaqil baholash mezonlari, statistik model va validatsiya orqali aniqlanishi lozim. Shuningdek, barcha ko‘rsatkichlarning yuqori qiymati bir xil ma’noni anglatmasligi mumkin: masalan, reaksiya vaqtining ortishi va klaviatura faolligining ortishi alohida talqin qilinadi. Shu sababli xususiyatlarni indeksga kiritishdan oldin ularning yo‘nalishi va ma’nosi asoslanishi kerak.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

LSTM modeli

LSTM (Long Short-Term Memory) vaqt qatorlaridagi ketma-ket bog‘lanishlarni o‘rganishga mo‘ljallangan takrorlanuvchi neyron tarmoq arxitekturasidir. Har bir vaqt oynasi uchun tizim quyidagi xususiyatlar vektorini shakllantirishi mumkin: $X_t = [z_{HR}, z_{EDA}, z_KB, z_RT]$. Model bitta o‘lchovni alohida ko‘rib chiqish o‘rniga, ketma-ket vaqt oynalaridagi o‘zgarishlarni tahlil qilib, oldindan belgilangan sinflarga tegishlilik ehtimolini chiqarishi mumkin.

Misol tariqasida, chiqish sinflari “past”, “o‘rta” va “yuqori kuzatuv signali” deb belgilanishi mumkin. Bu atamalar klinik yoki psixologik tashxisni bildirmaydi; ular faqat model o‘qitilgan mezonlarga mos keluvchi kuzatuv toifalaridir. Ko‘p sinfli tasniflashda cross-entropy yo‘qotish funksiyasidan foydalanish mumkin:

$$L = -(1/N) \sum_{n=1}^{N} \sum_{k=1}^{K} y_{nk} \log(p_{nk})$$

bu yerda: N - o‘quv namunalarining soni;

K - sinflar soni;

y_{nk} - haqiqiy sinf yorlig‘i;

p_{nk} - model n-namunaning k-sinfga tegishli bo‘lishiga bergan ehtimol. Modelni o‘qitish uchun ishonchli yorliqlar va yetarli hajmdagi turli sharoitlarni qamrab olgan ma’lumotlar zarur.

Tizimning ishlash oqimi

Taklif qilinayotgan arxitektura sensorlar va o‘yin jarayonidan ma’lumot yig‘ish, ularni tekshirish va tozalash, normallashtirish, vaqt oynalarini shakllantirish, LSTM modeli orqali baholash, natijalarni interfeysda ko‘rsatish hamda umumiy qo‘llab-quvvatlash tavsiyalarini berish bosqichlaridan iborat. API qatlami dasturiy komponentlar o‘rtasida ma’lumot almashishni, ma’lumotlar bazasi esa ruxsat etilgan kuzatuvlar va model natijalarini saqlashni ta’minlashi mumkin. Ma’lumotlarni yig‘ishdan oldin ishtirokchining xabardor roziligi olinishi, maxfiylik talablari va saqlash muddati belgilanishi zarur.

Shartli sonli misol

Quyidagi qiymatlar formulalarning ishlashini tushuntirish uchun tuzilgan va real kibersportchilar ustida o‘tkazilgan tajriba natijasi emas. Besh vaqt oynasi uchun shartli dastlabki ma’lumotlar keltiriladi:

1-jadval

Kibersportchilarning psixofiziologik holatini baholashda foydalaniladigan ko‘rsatkichlar va ularning xususiyatlari

Oyna	HR (zarba/min)	EDA (μS)	Klaviatura faolligi	Reaksiya vaqti (ms)
1	72	3	4	220
2	78	4	5	230
3	90	6	7	280
4	105	9	9	350
5	115	11	10	420

4-oyna uchun HR qiymati quyidagicha normallashtiriladi. HR bo‘yicha x_min = 72 va x_max = 115:

$$z_HR = (105 - 72) / (115 - 72) = 33 / 43 \approx 0{,}767$$

Qolgan ko‘rsatkichlar uchun:

$$z_{EDA} = (9 - 3) / (11 - 3) = 6 / 8 = 0{,}750$$
$$z_{KB} = (9 - 4) / (10 - 4) = 5 / 6 \approx 0{,}833$$

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

$$z_{RT} = (350 - 220) / (420 - 220) = 130 / 200 = 0{,}650$$

Demak, normallashtirilgan vektor $X_4 = [0{,}767; 0{,}750; 0{,}833; 0{,}650]$. Shartli vaznlar bilan indeks:

$$S_4 = 0{,}30 \cdot 0{,}767 + 0{,}25 \cdot 0{,}750 + 0{,}15 \cdot 0{,}833 + 0{,}30 \cdot 0{,}650$$
$$S_4 \approx 0{,}2301 + 0{,}1875 + 0{,}1250 + 0{,}1950 = 0{,}7376 \approx 0{,}738$$

Tanlangan shartli vaznlar va ko‘rsatilgan min–max chegaralar asosida indekslar quyidagicha chiqadi:

2-jadval

Kibersportchining psixofiziologik holatini baholash bo‘yicha hisoblash natijalari

Oyna	Indeks S	Faqat misol uchun talqin
1	0,000	Past indeks
2	0,113	Past indeks
3	0,384	Past indeks
4	0,738	Yuqori indeks
5	1,000	Yuqori indeks

Agar faqat namuna sifatida $S < 0{,}40$ “past”, $0{,}40 \le S < 0{,}70$ “o‘rta”, $S \ge 0{,}70$ “yuqori” deb olinsa, to‘rtinchi va beshinchi oynalar yuqori indeksga kiradi. Ushbu chegaralar ham shartli bo‘lib, klinik yoki ilmiy jihatdan tasdiqlangan mezon emas. Vaznli indeks tushuntirish uchun qulay soddalashtirilgan ko‘rsatkich bo‘lib, LSTM modelining o‘rnini to‘liq bosmaydi.

Vazn koeffitsiyentlarini kelgusida empirik aniqlash

Vazn koeffitsiyentlarini ilmiy asoslash uchun kelgusida alohida empirik tadqiqot o‘tkazish rejalashtiriladi. Dastlab, turli tajriba sharoitlarida kibersportchilardan HR, EDA, klaviatura faolligi va reaksiya vaqti bo‘yicha ma’lumotlar yig‘iladi. Shu bilan birga, psixologik zo‘riqish yoki subyektiv holatni mustaqil baholash uchun mos psixometrik vositalar va oldindan belgilangan tajriba protokoli qo‘llanadi. Ishtirokchilar soni, tanlash mezonlari, o‘lchash sharoitlari va ma’lumot yig‘ish tartibi tadqiqot boshlanishidan avval aniqlanadi.

Keyingi bosqichda ma’lumotlar sifat nazoratidan o‘tkaziladi, yetishmayotgan qiymatlar tekshiriladi va xususiyatlar normallashtiriladi. Har bir ko‘rsatkichning bashoratga qo‘shgan hissasi logististik regressiya yoki ma’lumot xususiyatiga mos boshqa statistik/mashinaviy o‘qitish modeli yordamida baholanishi mumkin. Tanlangan yondashuvga qarab, muhimlik qiymatlari normallashtirilib, vaznlar hisoblanadi. Masalan, manfiy bo‘lmagan muhimlik qiymatlari I_i mavjud bo‘lsa:

$$w_i = I_i / \Sigma_j I_j$$

Bu formula faqat tegishli muhimlik qiymatlari mazkur usulda normallashtirishga yaroqli bo‘lganida qo‘llanadi. Regressiya koeffitsiyentlari, SHAP qiymatlari va boshqa muhimlik o‘lchovlari bir-biriga teng tushuncha emas, shuning uchun ularni tanlash va talqin qilish usuli alohida asoslanishi lozim.

Model kross-validatsiya va imkon qadar mustaqil test to‘plami yordamida tekshiriladi. Ma’lumotlarni ajratishda bir ishtirokchining kuzatuvlari o‘qitish va test to‘plamlariga bir vaqtning o‘zida tushib qolmasligi kerak; bu modelning yangi ishtirokchilarga umumlashishini xolisroq baholashga yordam beradi. Tasniflash sifati accuracy bilan birga precision, recall, F1-score, confusion matrix va zarur bo‘lsa ROC-AUC kabi metrikalar yordamida baholanadi. Ko‘rsatkichlarning barqarorligi va noaniqligi ham tahlil qilinadi.

Tadqiqot yakunida 0,30; 0,25; 0,15 va 0,30 shartli vaznlari empirik ravishda aniqlangan koeffitsiyentlar bilan solishtiriladi. Agar yangi vaznlar mustaqil validatsiyada barqaror natija bersa, ular yangilangan modelga kiritilishi mumkin. Aks holda, dastlabki vaznlar faqat metodik

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

namuna sifatida qoldiriladi. Shu tariqa koeffitsiyentlarning asoslanganligi ularning yig‘indisi birga tengligidan emas, balki ma’lumotlar, metodologiya va validatsiya natijalaridan kelib chiqib baholanadi.

Tasniflash sifatini baholash

Tasniflash modelini baholashda faqat accuracy ko‘rsatkichiga tayanish yetarli bo‘lmasligi mumkin, ayniqsa sinflar soni nomutanosib bo‘lsa. Quyidagi hisob ikki sinfli shartli misoldir va LSTM modelining real natijasi emas. TP = 18, FP = 4, FN = 2 va TN = 76 deb olinsin.

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$
$$\text{Accuracy} = (18 + 76) / 100 = 0{,}94 = 94\%$$
$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) = 18 / 22 \approx 0{,}818 = 81{,}8\%$$
$$\text{Recall} = TP / (TP + FN) = 18 / 20 = 0{,}90 = 90\%$$
$$F1 = 2 \cdot (\text{Precision} \cdot \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}) \approx 0{,}857 = 85{,}7\%$$

Ushbu misolda accuracy 94%, precision 81,8%, recall 90% va F1 taxminan 85,7% bo‘ladi. Bu raqamlarni haqiqiy tajriba natijasi sifatida keltirish uchun belgilangan real ma’lumotlar to‘plami, sinflar ta’rifi, o‘qitish/testga ajratish tartibi va takrorlanadigan tajriba protokoli talab etiladi.

Javob vaqtini hisoblash

Real vaqt rejimida ishlaydigan tizim uchun hisoblash kechikishi ham muhim. N ta o‘lchov bo‘yicha o‘rtacha kechikish quyidagicha hisoblanadi:

$$T_avg = (1/N) \Sigma_{i=1}^{N} T_i$$

Shartli ravishda o‘nta o‘lchov 110, 120, 115, 130, 105, 125, 118, 112, 122 va 123 ms bo‘lsin. Ularning yig‘indisi 1180 ms, demak T_avg = 1180 / 10 = 118 ms. Bu qiymat ham amalda o‘lchangan natija emas. Haqiqiy sinovda o‘rtacha qiymat bilan birga mediana, 95-persentil kechikishi, qurilma konfiguratsiyasi va ma’lumot yig‘ishdan natijani ko‘rsatishgacha bo‘lgan umumiy vaqt ham qayd etilishi kerak.

Hisoblash murakkabligi va amaliy cheklovlar

Oddiy kuzatuvlarni bir martalik qayta ishlash bosqichi ma’lumotlar soniga nisbatan chiziqli O(n) murakkablikka ega bo‘lishi mumkin. Biroq bu bahoni butun LSTM tizimiga tatbiq etib bo‘lmaydi. LSTM hisoblash xarajati vaqt ketma-ketligi uzunligi, kiruvchi xususiyatlar soni, yashirin qatlam o‘lchami, qatlamlar soni va apparat resurslariga bog‘liq.

Tizimning asosiy cheklovlari sensor shovqini, yetishmayotgan qiymatlar, individual fiziologik farqlar, o‘yin turi va vaziyatining ta’siri, ishonchli yorliqlarni belgilash murakkabligi hamda modelning yangi foydalanuvchilarga umumlashishidir. Shu sababli real sharoitda sinov o‘tkazish, foydalanuvchi roziligini olish, ma’lumotlarni himoyalash va natijalarni tibbiy tashxis sifatida ko‘rsatmaslik muhim hisoblanadi.

Muhokama. Ko‘p manbali kuzatuvlar bitta ko‘rsatkichga tayanishga qaraganda holat o‘zgarishlarini kengroq tavsiflashi mumkin. Masalan, yurak urish tezligining ortishi musobaqadagi hayajon, jismoniy holat yoki boshqa omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin; shuning uchun uni reaksiya vaqti va xulq-atvor belgilaridan ajratib talqin qilish kerak. LSTM vaqt bo‘yicha naqshlarni o‘rganishga mos bo‘lsa-da, uning natijalari ma’lumot sifati, yorliqlarning ishonchliligi, mustaqil test va kalibrlashga bog‘liq.

Kelgusidagi tadqiqotlarda ishtirokchilarni tanlash mezonlari, tajriba sharoitlari va mustaqil baholash tartibi oldindan belgilanadi. Natijalar tegishli ishonch oralig‘i bilan berilishi, turli sinflar bo‘yicha xatolar tahlil qilinishi va modelning turli ishtirokchilarda ishlashi tekshirilishi lozim.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.110

Tavsiyalar umumiy va xavfsiz bo‘lishi, foydalanuvchiga ularni qabul qilish yoki rad etish imkonini berishi kerak.

Xulosa. Maqolada kibersportchilarning psixofiziologik holatini real vaqt rejimida kuzatish uchun sun’iy intellektga asoslangan dasturiy tizim konsepsiyasi bayon qilindi. Tizim yurak urish tezligi, terining elektr faolligi, klaviatura faolligi va reaksiya vaqtini birlashtirish, ma’lumotlarni normallashtirish, vaqt ketma-ketliklarini LSTM modeli bilan tahlil qilish va ehtiyotkor qo‘llab-quvvatlash tavsiyalarini shakllantirish imkoniyatiga ega bo‘lishi mumkin.

Maqolada keltirilgan 0,30; 0,25; 0,15 va 0,30 vazn koeffitsiyentlari hamda sonli misollar faqat metodikani tushuntirish uchun shartli ravishda ishlatildi. Ular ilmiy jihatdan tasdiqlangan universal qiymatlar emas. Koeffitsiyentlarni empirik asoslash uchun real ma’lumotlarni yig‘ish, mustaqil mezonlar bilan solishtirish, statistik yoki mashinaviy o‘qitish modeli yordamida baholash va mustaqil validatsiya o‘tkazish zarur. Shu bosqichlar amalga oshirilgandan keyingina modelning ishonchliligi va amaliy qo‘llash imkoniyati haqida asoslangan xulosa chiqarish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Leis, O., & Lautenbach, F. (2020). Psychological and physiological stress in non-competitive and competitive esports settings: A systematic review. Psychology of Sport and Exercise, 51, 101738. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101738

2. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

3. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model. International Organization for Standardization.

4. ISO 9241-210:2019. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization.