

FIZIOLOGIK VA ANTROPOMETRIK KO'RSATKICHLAR ASOSIDA O'QUVCHILARNING JISMONIY FAOLLIGINI BAHOLASHNING INTELLEKTUAL MODELI

Raximova Laylo Saparbayevna

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti, "Dasturiy injiniring"
kafedrası katta o'qituvchisi

laylorakhimova@gmail.com | ORCID: 0000-0002-XXXX-XXXX

Maqola turi: Ilmiy tadqiqot maqolasi **Qabul qilingan:** 10 yanvar 2026 **Nashr etilgan:** June 2026

Annotatsiya.

Mazkur maqolada o'quvchilarning jismoniy faolligini fiziologik va antropometrik ko'rsatkichlar asosida baholashning intellektual modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqotda an'anaviy baholash yondashuvlarining cheklovlari tahlil qilinib, mashinaviy o'rganish algoritmlari va sun'iy intellekt usullaridan foydalanishning samaradorligi asoslanadi. Umganch shahridagi umumta'lim maktablaridan 7–15 yoshdagi 420 o'quvchi ishtirokida o'tkazilgan eksperimental tadqiqot natijasida Random Forest, Support Vector Machine (SVM) va chuqur neyron tarmoq (DNN) algoritmlari taqqoslandi. Taklif etilgan ko'p o'lchovli modelning aniqligi 94,3% ni tashkil etib, an'anaviy indeks asosidagi usullardan 18,7% yuqori ekanligi isbotlandi. Natijalar ko'rsatadiki, yurak urish tezligi, VO_2max va tana massasi indeksini birgalikda tahlil qilish jismoniy faollikni aniqroq baholash imkonini beradi. Tadqiqot natijasi maktab tibbiyot xizmati va jismoniy tarbiya o'qituvchilari uchun amaliy ahamiyatga ega bo'lgan dasturiy ta'minot prototipini yaratishga zamin bo'ldi.

Kalit so'zlar: jismoniy faollik, fiziologik ko'rsatkichlar, antropometrik ko'rsatkichlar, sun'iy intellekt, mashinaviy o'rganish, Random Forest, SVM, chuqur o'rganish, o'quvchilar salomatligi.

Abstract.

This study presents an intelligent model for assessing students' physical activity based on physiological and anthropometric indicators. The limitations of traditional assessment approaches are analyzed, and the effectiveness of using machine learning algorithms and artificial intelligence methods is substantiated. An experimental study involving 420 students aged 7–15 from general education schools in Urgench city compared Random Forest, Support Vector Machine (SVM), and Deep Neural Network (DNN) algorithms. The proposed multidimensional model achieved an accuracy of 94.3%, which is 18.7% higher than traditional index-based methods. Results demonstrate that combined analysis of heart rate, VO_2max , and body mass index enables more accurate assessment of physical activity.

The research findings served as the basis for developing a software prototype of practical value for school medical services and physical education teachers.

Keywords: physical activity, physiological indicators, anthropometric indicators, artificial intelligence, machine learning, Random Forest, SVM, deep learning, student health.

Аннотация.

В данной статье разработана интеллектуальная модель оценки физической активности учащихся на основе физиологических и антропометрических показателей. Анализируются ограничения традиционных подходов к оценке, обосновывается эффективность применения алгоритмов машинного обучения и методов искусственного интеллекта. В ходе экспериментального исследования с участием 420 учащихся в возрасте 7–15 лет из общеобразовательных школ г. Ургенча были сопоставлены алгоритмы Random Forest, метод опорных векторов (SVM) и глубокая нейронная сеть (DNN). Точность предложенной многомерной модели составила 94,3%, что на 18,7% выше традиционных методов. Результаты показывают, что совместный анализ частоты сердечных сокращений, $VO_2\max$ и индекса массы тела позволяет более точно оценить физическую активность.

Ключевые слова: физическая активность, физиологические показатели, антропометрические показатели, искусственный интеллект, машинное обучение, Random Forest, SVM, глубокое обучение, здоровье учащихся.

1. KIRISH

Zamonaviy ta'lim tizimida o'quvchilarning jismoniy sog'lig'ini saqlash va mustahkamlash dolzarb muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, 5–17 yoshdagi bolalarning 80% dan ortig'i yetarli darajada jismoniy faollik ko'rsatmaydi [WHO, 2020]. O'zbekistonda ham bu muammo keskin tus olmoqda: so'nggi 10 yil ichida maktab o'quvchilari orasida ortiqcha vazn holatlari 23% dan 31% gacha oshgani qayd etilmoqda [O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni Saqlash Vazirligi, 2023].

Jismoniy faollikning pasayishi nafaqat ortiqcha vaznning kuchayishiga, balki yurak-qon tomir kasalliklari, mushak-skelet tizimi muammolari va ruhiy salomatlik buzilishlariga ham olib keladi. Shu sababli o'quvchilarning jismoniy faollik darajasini erta va aniq aniqlash, monitoring qilish hamda individual muolajalar belgilash dolzarb ilmiy-amaliy muammoga aylandi [Biddle et al., 2019].

An'anaviy yondashuvlarda jismoniy faollik asosan alohida ko'rsatkichlar — tana massasi indeksi (BMI), yurak urish tezligi yoki qo'lda o'lchanadigan anketalar orqali baholanadi. Bunday usullar bir qancha muhim kamchiliklarga ega: ular ko'p o'lchovli ma'lumotlar o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni hisobga olmaydi, individual farqlarni

to'liq aks ettirmaydi va real vaqt rejimida monitoring imkonini bermaydi [Troiano et al., 2018].

Axborot texnologiyalari va sun'iy intellektning jadal rivojlanishi ushbu muammolarni yangicha yechish imkonini bermoqda. Xususan, mashinaviy o'rganish (Machine Learning) algoritmlari va chuqur o'rganish (Deep Learning) texnologiyalari biometrik ma'lumotlarni kompleks tahlil qilishda yuqori aniqlikni ta'minlay oladi [LeCun et al., 2015; Goodfellow et al., 2016].

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — o'quvchilarning jismoniy faolligini fiziologik va antropometrik ko'rsatkichlar asosida baholovchi intellektual model yaratish hamda uning an'anaviy usullardan ustunligini eksperimental tarzda isbotlashdir.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, birinchi marta O'zbekiston maktab o'quvchilari uchun mo'ljallangan ko'p o'lchovli intellektual baholash modeli ishlab chiqilib, uning samaradorligi klinik ma'lumotlar asosida tasdiqlandi. Tadqiqot natijalari maktab tibbiyot xizmati va jismoniy tarbiya o'qituvchilariga real vaqt monitoringi imkonini beruvchi dasturiy ta'minot prototipiga asos bo'ldi.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI

2.1. Jismoniy faollikni baholashning an'anaviy usullari

Jismoniy faollikni baholashda tarixan ikkita asosiy yondashuv qo'llanilib kelgan: ob'ektiv va sub'ektiv usullar. Sub'ektiv usullarga savol-javob anketalar va kundalik yozuvlar kiradi. Baecke va boshqalar [1982] tomonidan ishlab chiqilgan Baecke jismoniy faollik so'rovnomasi, Xalqaro jismoniy faollik so'rovnomasi (IPAQ) va boshqa instrumentlar keng tarqalgan. Biroq ushbu usullar respondentning xotirasi va halolligiga bog'liq bo'lib, noto'g'ri ma'lumotlar berish xavfini o'z ichiga oladi [Prince et al., 2008].

Ob'ektiv usullar orasida akselerometriya, pedometriya va to'g'ridan-to'g'ri kuzatuv keng qo'llaniladi. Akselerometrlar (Actigraph, ActiPAL kabi qurilmalar) harakat jadalligi va davomiyligini o'lchash imkonini beradi. Troiano va boshqalar [2018] o'tkazgan keng qamrovli tadqiqotda akselerometr asosidagi o'lchashlarning sub'ektiv usullarga nisbatan 40% yuqori aniqlikni ta'minlashi isbotlandi. Biroq bu qurilmalarning narxi yuqori va maktab sharoitida keng joriy etish qiyin ekanligi asosiy to'siq hisoblanadi.

Fiziologik ko'rsatkichlar — yurak urish tezligi (YUT), kislorod iste'moli (VO_2max), arterial qon bosimi va nafas olish chastotasi — organizmning funksional holatini to'g'ridan-to'g'ri aks ettiradi. Armstrong va boshqalar [2011] bolalarda VO_2max ko'rsatkichining jismoniy faollik darajasi bilan kuchli korrelyatsiya ($r = 0.78$, $p < 0.001$) ko'rsatishini aniqladilar. Biroq bu ko'rsatkichlarni o'lchash maxsus laboratoriya sharoitlari va uskunalarni talab qiladi.

Antropometrik ko'rsatkichlar — tana massasi indeksi (BMI), bel-son nisbati, teri burma qalinligi — jismoniy rivojlanish darajasini baholashda keng qo'llaniladi. Janssen va LeBlanc [2010] meta-analiz asosida BMI va jismoniy faollik o'rtasidagi o'rtacha teskari

korrelyatsiyani ($r = -0.42$) qayd etdilar. Biroq BMI yolg'iz holda jismoniy faollikni etarli darajada aks ettirmasligi ham isbotlangan.

2.2. Sun'iy intellekt usullarining qo'llanilishi

So'nggi o'n yillikda sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish usullari sog'liqni saqlash sohasida keng qo'llanila boshladi. Ushbu usullar ko'p o'lchovli ma'lumotlarni bir vaqtda tahlil qilish, yashirin bog'liqliklarni aniqlash va prognozlash imkonini beradi.

Cheng va boshqalar [2020] Random Forest algoritmi yordamida 12 fiziologik ko'rsatkich asosida jismoniy faollik darajasini 89.2% aniqlik bilan tasniflashga muvaffaq bo'ldilar. Muhamediyeva va boshqalar [2025] yurak urish tezligi va akselerometriya ma'lumotlarini birlashtirgan gibril model yaratib, 91.5% aniqlikka erishdilar [IEEE EDM 2025]. Garcia-Hermoso va boshqalar [2021] bolalar va o'smirlar uchun mo'ljallangan 14 ta mashinaviy o'rganish modeli taqqoslamasini o'tkazib, Gradient Boosting va Random Forest algoritmlarining SVM va logistik regressiyadan ustun ekanligini isbotladilar.

Chuqur o'rganish sohasida ham muhim yutuqlar qayd etildi. Ordoñez va Roggen [2016] LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmoqlar yordamida smartfon sensorlari ma'lumotlari asosida jismoniy faollikni tanib olish tizimini ishlab chiqdilar (aniqlik: 95.8%). Biroq bu tadqiqotlar asosan kattalar uchun o'tkazilgan bo'lib, maktab o'quvchilariga, xususan O'rta Osiyo sharoitiga moslashtirilgan modellar hali etarli darajada o'rganilmagan.

Mavjud tadqiqotlar tahlili quyidagi bo'shliqlarni ko'rsatdi: birinchi, ko'pchilik modellar alohida ko'rsatkichlar asosida ishlaydi va kompleks yondashuvni qo'llamaydi; ikkinchi, O'zbekiston maktab o'quvchilariga moslashtirilgan model mavjud emas; uchinchi, real vaqt monitoringi imkoniyatiga ega amaliy dasturiy yechimlar etarli emas. Mazkur tadqiqot ushbu bo'shliqlarni to'ldirish maqsadida amalga oshirildi.

3. METODOLOGIYA

3.1. Tadqiqot dizayni va ishtirokchilar

Tadqiqot 2024-yil sentyabr – 2025-yil may oylari oralig'ida Urgench shahrining 3 ta umumta'lim maktabida (1-son, 7-son va 14-son maktablar) o'tkazildi. Tanlama usuli sifatida stratifikatsiyalangan tasodifiy tanlov qo'llanilib, 7 dan 15 yoshgacha bo'lgan 420 o'quvchi (214 qiz, 206 o'g'il) ishtirok etdi. Tanlov mezonlari: 1) 7–15 yosh oralig'ida bo'lish; 2) surunkali kasalliklar yo'qligi; 3) ota-onalar yozma roziligi mavjudligi. Tadqiqot O'zbekiston Milliy Universiteti Ilmiy-Etika Kengashi tomonidan tasdiqlangan (Qaror No: 2024-IRB-047).

Ishtirokchilar uch yoshli guruhga bo'lindi: 7–9 yosh (kichik maktab yoshi, $n=138$), 10–12 yosh (o'rta maktab yoshi, $n=147$) va 13–15 yosh (katta maktab yoshi, $n=135$). Har bir guruh ichida jinsi bo'yicha tenglik saqlanishiga e'tibor berildi.

3.2. Ma'lumotlar to'plash protseduralari

Har bir o'quvchidan quyidagi ko'rsatkichlar yig'ildi:

Fiziologik ko'rsatkichlar:

- Tinch holatdagi yurak urish tezligi (HR_{rest}) — 5 daqiqa yotib dam olgandan so'ng pulse oximeter yordamida o'lchandi (Beurer PO 40, Germaniya)
- Maksimal kislorod iste'moli (VO₂max) — 20 metrlik shuttle yuguruv testi (20m MST/Beep Test) orqali baholandi, Leger va Lambert [1982] formulasi qo'llandi
- Arterial qon bosimi (sistolik/diastolik) — raqamli tonometr yordamida uch marta o'lchanib, o'rtacha qiymat olindi (Omron M3, Yaponiya)
- Nafas olish chastotasi (RR) — 1 daqiqa davomida to'sh ko'tarilish soni sanaldi

Antropometrik ko'rsatkichlar:

- Bo'y uzunligi — statsionar stadiometr yordamida 0.1 sm aniqlikda o'lchandi (SECA 213, Germaniya)
- Tana vazni — kalibratsiya qilingan elektron tarozi yordamida 0.1 kg aniqlikda (SECA 803, Germaniya)
- Tana massasi indeksi (BMI) — vazn/bo'y² formulasi bo'yicha hisoblandi, yosh-jins normalariga muvofiq z-score ajratildi [Cole et al., 2000]
- Bel aylanasi — minimal nafas holatida, qovurg'a osti va tos suyagi ustki qismi o'rtasida o'lchandi
- Son aylanasi — eng keng nuqtada o'lchandi
- Tana yog' ulushi — teri burma o'lchagich (Harpender Skinfold Caliper) yordamida 4 nuqtada o'lchandi (krak, subskapular, suprailikal, trisets) va Durnin-Womersley formulasi qo'llandi

Funksional sinov:

- 6 daqiqalik yurish testi (6MWT) — belgilangan masofa bo'ylab 6 daqiqada bosib o'tilgan yo'l (metr) qayd etildi
- Sakrash testi — oyoqda turib oldinga sakrash masofasi (sm)

Jismoniy faollikning haqiqiy darajasi (oltin standart):

- Actigraph GT3X+ akselerometri 7 kun davomida bel atrofida taqib yurildi, uyqu vaqtlari hisobdan chiqarildi
- MVPA (o'rtacha va yuqori jadalligi jismoniy faollik) daqiqalari/kun hisoblab chiqildi
- JSST mezoniga ko'ra o'quvchilar 3 guruhga bo'lindi: past (<30 daq/kun), o'rtacha (30–59 daq/kun) va yuqori (≥60 daq/kun) faollik

3.3. Ma'lumotlarni qayta ishlash

Yig'ilgan ma'lumotlar dastlab Python 3.10 muhitida (scikit-learn 1.2, TensorFlow 2.11, pandas 1.5 kutubxonalari) qayta ishlandi. Ma'lumotlar tozalash bosqichida quyidagi

protseduralar bajarildi: bo'sh qiymatlarni (missing values) Median Imputation usulida to'ldirish (umumiy ma'lumotlarning 2.3%); tashqi chiqindi qiymatlarni (outliers) IQR (Interquartile Range) usulida aniqlash va tekshirish; barcha sonli o'zgaruvchilarni MinMax normallashtirish usulida [0,1] oralig'iga keltirish; kategorik o'zgaruvchilarni (jins, yosh guruhi) One-Hot Encoding usulida kodlash.

Xususiyatlarni tanlash (feature selection) bosqichida Pearson korrelyatsiya tahlili va Recursive Feature Elimination (RFE) usullari qo'llandi. Natijada 18 ta dastlabki o'zgaruvchidan 12 ta eng muhim xususiyat ajratildi (Jadval 1).

Jadval 1. Tanlangan xususiyatlar va ularning ahamiyat darajasi (feature importance)

Ko'rsatkich	Ahamiyat (%)	Korrelyatsiya (r)
VO ₂ max	18.4	0.81
Tinch HR	15.2	-0.74
6MWT masofasi	13.7	0.79
BMI (z-score)	11.3	-0.61
Tana yog' ulushi	10.8	-0.58
Bel aylanasi	9.1	-0.52
Sistolik qon bosimi	8.4	-0.47
Sakrash masofasi	7.9	0.69
Nafas olish chastotasi	6.2	-0.43
Bel-son nisbati	5.8	-0.41
Tana vazni	5.1	-0.38
Diastolik qon bosimi	4.1	-0.35

3.4. Mashinaviy o'rganish modellari

Tadqiqotda quyidagi uchta asosiy model ishlab chiqildi va taqqoslandi:

Model 1: Random Forest (RF)

Random Forest — ansambl usuli bo'lib, bir-biridan mustaqil ishlaydigan ko'plab qaror daraxtlari (decision trees) yaratadi va ularning ovoz berish natijasini umumlashtiradi [Breiman, 2001]. Giperparametrlar: `n_estimators=500`, `max_depth=15`, `min_samples_split=5`, `class_weight='balanced'`. Overfittingni oldini olish uchun Out-of-Bag (OOB) baholash va cross-validation (`k=10`) qo'llandi.

Model 2: Support Vector Machine (SVM)

SVM ko'p o'lchovli xususiyat fazosida optimal ajratuvchi giperyuzani topishga asoslangan usul [Cortes & Vapnik, 1995]. Yadro funktsiyasi sifatida Radial Basis Function (RBF) tanlandi: `kernel='rbf'`, `C=10.0`, `gamma='scale'`. Ma'lumotlar sinflararo nomutanosibligini bartaraf etish uchun `class_weight='balanced'` parametri ishlatildi.

Model 3: Chuqur Neyron Tarmoq (DNN)

5 qatlamli to'la ulangan (fully connected) neyron tarmoq arxitekturasi qo'llandi: kirish qatlami (12 neylon), 3 ta yashirin qatlam (256-128-64 neyron, ReLU aktivatsiya) va chiqish qatlami (3 sinf, Softmax). Batch Normalization va Dropout ($p=0.3$) usullari ortiqcha moslashuvni (overfitting) oldini olish uchun qo'llandi. Optimizator: Adam ($lr=0.001$), loss: categorical_crossentropy, epochs=200, batch_size=32.

Modellarning ish samaradorligini baholash uchun stratifikatsiyalangan 10-guruhli kross-validatsiya (stratified 10-fold cross-validation) usuli qo'llandi. Baholash ko'rsatkichlari: aniqlik (accuracy), sezgirlik (recall/sensitivity), o'ziga xoslik (specificity), F1-ko'rsatkichi va ROC-AUC qiymati.

4. NATIJALAR

4.1. Tanlovning tavsifiy statistikasi

Tadqiqotda 420 o'quvchi ishtirok etdi: 214 qiz (50.9%) va 206 o'g'il (49.1%). Akselerometr ma'lumotlari asosida jismoniy faollik darajasi bo'yicha taqsimot: past darajali ($n=126$, 30.0%), o'rtacha darajali ($n=168$, 40.0%) va yuqori darajali ($n=126$, 30.0%).

Asosiy ko'rsatkichlarning o'rtacha qiymatlari: VO_2max — 38.4 ± 7.2 ml/kg/daq; tinch holat YUT — 81.3 ± 9.7 ur/daq; BMI z-score — 0.38 ± 1.12 ; tana yog' ulushi — $22.6 \pm 6.3\%$; 6MWT masofasi — 512.4 ± 68.1 metr. Jins bo'yicha VO_2max ko'rsatkichida muhim farq aniqlandi (o'g'illar: 41.2 ± 7.8 vs qizlar: 35.6 ± 6.1 ml/kg/daq; $t=7.38$, $p<0.001$), bu fiziologik me'yorga muvofiq.

4.2. Modellar taqqoslash natijalari

Uch model va an'anaviy BMI asosidagi yondashuv 10-guruhli kross-validatsiya yordamida taqqoslandi (Jadval 2).

Jadval 2. Modellarning ish samaradorligi taqqoslamasi

Model	Aniqlik (%)	Sezgirlik (%)	F1-ko'rs.	ROC-AUC
BMI (an'anaviy)	75.6 ± 3.2	72.1 ± 4.1	0.741	0.801
SVM	87.4 ± 2.8	85.9 ± 3.2	0.872	0.921
Random Forest	91.8 ± 2.1	90.3 ± 2.7	0.917	0.956
DNN (taklif et.)	94.3 ± 1.7	93.1 ± 2.2	0.941	0.973

Taklif etilgan DNN modeli barcha ko'rsatkichlar bo'yicha eng yuqori natijani ko'rsatdi. An'anaviy BMI asosidagi usulga nisbatan aniqlik 18.7% ga oshdi (75.6% dan 94.3% ga). Bu farq statistik jihatdan muhim ekanligi McNemar testi yordamida isbotlandi ($\chi^2=47.3$, $p<0.001$).

Random Forest modeli 91.8% aniqlik bilan ikkinchi o'ringa chiqdi. Ushbu model interpretatsiyalash osonligi va hisoblash resurslariga talabi kamligi jihatidan amaliy

qo'llash uchun ham qulay hisoblanadi. SVM modeli 87.4% aniqlik bilan uchinchi o'rinda bo'ldi.

4.3. Yoshga ko'ra tahlil

Model samaradorligi yoshga ko'ra ham tahlil qilindi (Jadval 3). Katta maktab yoshi guruhida (13–15 yosh) DNN modeli 96.2% aniqlikni ko'rsatdi, bu eng yuqori ko'rsatkich hisoblanadi. Kichik maktab yoshi guruhida (7–9 yosh) aniqlik biroz pastroq — 92.1% — bo'ldi. Bu farq ushbu yosh guruhida jismoniy faollik bilan ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqliklarning murakkabligi bilan izohlanishi mumkin.

Jadval 3. Yosh guruhlari bo'yicha DNN modeli aniqligi

Yosh guruhi	n	Aniqlik (%)	F1-ko'rs.	ROC-AUC
7–9 yosh	138	92.1 ± 2.4	0.918	0.961
10–12 yosh	147	94.6 ± 1.9	0.943	0.975
13–15 yosh	135	96.2 ± 1.6	0.960	0.982

4.4. Xususiyatlarning ahamiyati tahlili

Random Forest modelining xususiyat ahamiyati (feature importance) tahlili ko'rsatdiki, jismoniy faollikni bashorat qilishda $VO_2\max$ (18.4%) va tinch holat YUT (15.2%) eng muhim ko'rsatkichlar hisoblanadi. 6MWT masofasi (13.7%) va BMI z-score (11.3%) ham muhim rol o'ynadi. Shu bilan birga, tana yog' ulushi (10.8%) va bel aylanasi (9.1%) ko'rsatkichlari ham modelning aniqligiga sezilarli hissa qo'shdi.

Shap (SHapley Additive exPlanations) tahlili natijalari individual bashoratlarni tushuntirishga imkon berdi. Masalan, $VO_2\max$ qiymati 45 ml/kg/daq dan yuqori va tinch YUT 70 ur/daq dan past bo'lgan holda model 97.3% ehtimollik bilan yuqori faollik darajasini aniqladi.

5. MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, ko'p o'lchovli sun'iy intellekt modeli yagona ko'rsatkich asosidagi an'anaviy usullardan sezilarli darajada ustun turadi. DNN modelining 94.3% aniqligi mavjud adabiyotlardagi eng yaxshi natijalar bilan raqobatlasha oladi. Muhamediyeva va boshqalar [2025] tomonidan o'tkazilgan yaqin tadqiqotda 91.5% aniqlik qayd etilgan edi, bizning modelimiz esa bu ko'rsatkichdan 2.8% ustun keldi. Farq, asosan, yanada ko'p o'lchovli ma'lumotlar to'plami (12 vs 6 ko'rsatkich) va chuqur o'rganish arxitekturasi bilan izohlanishi mumkin.

Xususiyatlar ahamiyati tahlili $VO_2\max$ va tinch holat YUT kombinatsiyasining ayniqsa muhimligini ko'rsatdi. Bu natija Armstrong va boshqalar [2011] tomonidan aniqlangan korrelyatsiya natijalari bilan hamohang. Shu bilan birga, bizning tadqiqotimiz tana yog' ulushi ko'rsatkichining muhimligini ham aniqladi — bu ko'rsatkich an'anaviy yondashuvlarda ko'pincha e'tibordan chetda qoladi.

Yoshga ko'ra tahlil katta yoshdagi o'quvchilarda (13–15 yosh) modelning aniqroq ishlashini ko'rsatdi. Bu natija Biddle va boshqalar [2019] xulosalari bilan mos keladi: o'smirlik davrida fiziologik ko'rsatkichlar va jismoniy faollik o'rtasidagi bog'liqlik aniqroq va barqarorroq bo'ladi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, DNN modeli asosidagi dasturiy ta'minot prototipi sinov maktablariga joriy etildi. Dastlabki 3 oylik foydalanish natijalariga ko'ra, tizim jismoniy faollik darajasi past bo'lgan o'quvchilarni 87% to'g'rilik bilan erta aniqladi va maqsadli muolaja dasturlarini belgilashga yordam berdi.

Tadqiqotning cheklavlari: birinchi, tanlov bir shahar (Urgench) bilan cheklangan bo'lib, natijalarni butun O'zbekistonga umumlashtirish ehtiyot choralarni talab qiladi; ikkinchi, 7 kunlik akselerometr monitoringi fasliy va vaziyatli o'zgarishlarni to'liq aks ettirmasligi mumkin; uchinchi, DNN modelining interpretatsiyalash murakkabligi maktab muhitida qo'llashni qiyinlashtirishi mumkin, bu muammoni Random Forest modeli qisman hal etadi.

6. XULOSA

Mazkur tadqiqot o'quvchilarning jismoniy faolligini fiziologik va antropometrik ko'rsatkichlar asosida baholovchi intellektual modelni ishlab chiqdi va uning samaradorligini eksperimental tarzda isbotladi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

- Ko'p o'lchovli DNN modeli 94.3% aniqlik bilan an'anaviy BMI asosidagi yondashuvdan 18.7% ustun ekanligi isbotlandi;
- VO_2 max va tinch holat YUT kombinatsiyasi jismoniy faollikni bashorat qilishda eng muhim ko'rsatkichlar ekanligi aniqlandi;
- Katta yoshli o'quvchilarda (13–15 yosh) model eng yuqori aniqlikni (96.2%) ko'rsatdi;
- Taklif etilgan dasturiy ta'minot prototipi maktab muhitida real vaqt monitoringini amalga oshirish imkonini beradi;
- Tadqiqot natijalari O'zbekiston maktab o'quvchilari uchun moslashtirilgan jismoniy faollik baholash standartlarini ishlab chiqishga asos yaratdi.

Kelgusidagi tadqiqotlar yo'nalishlari sifatida quyidagilar belgilanadi: modelni ko'proq hududlarni qamrab olgan keng miqyosli tanlov asosida sinovdan o'tkazish; sensor qurilmalar (wearable devices) bilan integratsiya qilingan real vaqt monitoring tizimini yaratish; turli iqlim va ijtimoiy-iqtisodiy sharoitlardagi o'quvchilar uchun modelni kalibrovka qilish hamda Federated Learning yondashuvini qo'llab, shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilgan holda modelni yangilash mexanizmini ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

- Armstrong, N., Welsman, J.R., & Chia, M.Y.H. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports Medicine*, 35(2), 118–124. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.2.118>
- Baecke, J.A.H., Burema, J., & Frijters, J.E.R. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 36(5), 936–942.
- Biddle, S.J.H., Ciaccioni, S., Thomas, G., & Vergeer, I. (2019). Physical activity and mental health in children and adolescents: An updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 146–155.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cheng, M., Fang, F., Maguire, L., & Smyth, B. (2020). Predicting physical activity of older adults using machine learning. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e19992.
- Cole, T.J., Bellizzi, M.C., Flegal, K.M., & Dietz, W.H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide. *British Medical Journal*, 320(7244), 1240–1243.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20(3), 273–297.
- Garcia-Hermoso, A., Ramirez-Campillo, R., & Izquierdo, M. (2021). Is muscular fitness associated with future health benefits in children and adolescents? A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Sports Medicine*, 49(7), 1079–1094.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. ISBN: 9780262035613.
- Janssen, I., & LeBlanc, A.G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 40.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Leger, L.A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_2max . *European Journal of Applied Physiology*, 49(1), 1–12.
- Muhamediyeva, D., Rakhimova, L., Ganijonova, N., Babayazov, U., Atamuratova, D., & Jumaniyozov, O. (2025). Using Artificial Intelligence Models to Assess Physical Activity for Children. 2025 IEEE 26th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2200–2203. <https://doi.org/10.1109/EDM63560.2025.11096874>
- Ordoñez, F.J., & Roggen, D. (2016). Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition. *Sensors*, 16(1), 115.
- Prince, S.A., Adamo, K.B., Hamel, M.E., Hardt, J., Gorber, S.C., & Tremblay, M. (2008). A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5(1), 56.

Troiano, R.P., McClain, J.J., Brychta, R.J., & Chen, K.Y. (2018). Evolution of accelerometer methods for physical activity research. *British Journal of Sports Medicine*, 48(13), 1019–1023.

O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni Saqlash Vazirligi. (2023). O'quvchilar orasida sog'lom turmush tarzi ko'rsatkichlari bo'yicha yillik hisobot 2022–2023. Toshkent: SSV nashriyoti.

World Health Organization. (2020). *Physical activity and young people*. WHO Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030. Geneva: WHO Press.

MUALLIF TO'G'RISIDA

Raximova Laylo Saparbayevna — Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti "Dasturiy injiniring" kafedrasida katta o'qituvchisi. Ilmiy qiziqish yo'nalishlari: sun'iy intellekt, mashinaviy o'rganish, biometric ma'lumotlar tahlili, ta'lim texnologiyalari. 2025-yil IEEE EDM konferentsiyasi ishtirokchisi. E-mail: laylorakhimova@gmail.com