DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.06(206).10

Ільків О.С.
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики, кінезіології та кіберспорту,
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, м. Львів
https://orcid.org/0000-0003-0864-4794
Огірко І. В.
професор, доктор фіз.-мат. наук,
професор кафедри мультимедійних технологій,
Інституту поліграфії та медійних технологій
Національного університету "Львівська політехніка", м. Львів
https://orcid.org/0000-0003-1651-3612
Матвіїв В.І.
викладач кафедри інформатики, кінезіології та кіберспорту,
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, м. Львів
https://orcid.org/0000-0001-9418-0388

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ЦИФРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ФІЗИЧНІЙ КУЛЬТУРІ ТА СПОРТІ

У статті проаналізовано сучасні підходи до використання технологій штучного інтелекту для статистичного аналізу цифрових даних у галузі фізичної культури та спорту. Розглянуто можливості алгоритмів машинного та глибинного навчання для автоматизованого збору, обробки й інтерпретації відео-, трекінгових і біометричних даних спортсменів. Описано основні етапи формування аналітичної системи: попередню обробку даних, вибір інформативних характеристик, побудову класифікаційних і регресійних моделей та оцінювання їх ефективності. Наведено приклади використання штучного інтелекту у футболі, баскетболі та легкій атлетиці, зокрема для аналізу техніко-тактичних дій, прогнозування навантажень і ризиків травматизму. Показано, що застосування ШІ підвищує об'єктивність статистичного аналізу та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у тренувальному процесі. Окреслено перспективи подальших досліджень, пов'язані з розвитком відеоаналітики, використанням сенсорних технологій та впровадженням пояснюваних моделей штучного інтелекту у спортивну практику.

Ключові слова: *штучний інтелект; інформаційно-цифрова грамотність, глибинне навчання; спортивна аналітика; цифрові дані; статистичний аналіз.*

Ilkiv Oksana, Ohirko Ihor, Matviyiv Vasyl. Using Artificial Intelligence Capabilities for Statistical Analysis of Digital Data in Physical Culture and Sports. *The rapid development of digital technologies in sports and physical education has led to the accumulation of large volumes of data obtained from video recordings, wearable sensors, tracking systems, and various monitoring devices. The effective processing of these data requires modern analytical approaches capable of identifying hidden patterns and providing objective information for decision-making. In this context, artificial intelligence (AI) technologies have become an important tool for the analysis and interpretation of digital sports data.*

The purpose of this study is to examine the possibilities of applying artificial intelligence methods for the statistical analysis of digital information in physical culture and sports. Particular attention is paid to the integration of machine learning and deep learning algorithms into the processes of collecting, processing, and analyzing sports performance indicators. AI technologies allow automated feature extraction, classification of sports events, prediction of athletes' performance indicators, and identification of potential injury risks.

The study describes the main stages of the analytical workflow, including data preprocessing, feature engineering, development of classification and regression models, and evaluation of their effectiveness using statistical metrics. Examples of AI application in football, basketball, and athletics demonstrate the practical potential of intelligent data analysis for improving training and competitive activities.

The results indicate that the use of artificial intelligence significantly increases the efficiency and objectivity of statistical analysis in sports. AI-based analytical systems allow coaches and specialists to process large datasets faster, identify performance trends, and support evidence-based decision-making in the training process. Promising directions for further research include the development of computer vision systems, the integration of wearable technologies, and the implementation of explainable artificial intelligence (Explainable AI) methods in sports analytics.

Keywords: *artificial intelligence; information and digital literacy, deep learning; sports analytics; digital data; statistical analysis.*

Актуальність теми. У 2020 році в Україні було розроблено Концепцію розвитку штучного інтелекту, підготовлену Міністерством цифрової трансформації України та затверджену розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 р. № 1556-р [1]. Цей документ став ключовим інструментом інтеграції штучного інтелекту (ШІ) в

різні галузі суспільного життя, визначивши стратегічні напрями та механізми його реалізації як окремого державного пріоритету.

До зазначених процесів активно залучається і спортивна наука, яка за останнє десятиліття переживає еволюцію у галузі збору та обробки даних. Від позиційного трекінгу гравців до моніторингу — обсяги інформації зросли в рази. Традиційні статистичні методи дедалі менш придатні для оперативного аналізу великих та різнорідних наборів. У цьому контексті штучний інтелект стає ключовим інструментом для автоматизації отримання, обробки та інтерпретації результатів вимірювань у фізичній культурі і спорті, що дає змогу приймати обґрунтовані рішення в тренувальному процесі та під час змагань.

Постановка проблеми. Традиційні методи оцінювання рухової активності, що здебільшого спираються на візуальні спостереження спеціаліста, залишаються як фрагментарними, так і значною мірою суб'єктивними. Вони не дозволяють зафіксувати швидкоплинні мікроелементи рухів, які тривають частки секунди, та не забезпечують точного зіставлення з еталонними техніками. Останні часто існують лише у формі професійного досвіду або уявлень конкретного фахівця. До того ж візуальний підхід не дає змоги повноцінно оцінити механічні сили, що впливають на суглоби та взаємодіють із зовнішнім середовищем, а також проаналізувати динамічні та ергономічні характеристики виконання рухів. У зв'язку з цим виникає потреба у використанні об'єктивних інструментальних засобів, які забезпечують точний і комплексний аналіз людської рухової активності з метою її оптимізації та підвищення ефективності.

Аналіз літературних джерел. За останні роки кількість досліджень, присвячених використанню ШІ в галузі фізичної культури і спорту (ФКіС), значно зросла. У працях сучасних науковців дедалі більше уваги приділяється використанню технологій ШІ для статистичного аналізу цифрових даних у тренувальній та змагальній діяльностях спортсменів. Дослідження демонструють, що інтеграція ШІ у галузь ФКіС створює нові можливості для оптимізації тренувального процесу, оцінювання результативності спортсменів та прогнозування результатів.

У працях вітчизняних науковців підкреслюється системний вплив ШІ на аналіз результативності гравців, тактичне планування, прийняття управлінських рішень та профілактику травм, що виводить цифрову аналітику у спорті на новий рівень [2-9]. Українські дослідники [2-8] також наголошують на необхідності узагальнення міжнародного досвіду та розвитку методології аналізу даних у галузі ФКіС, використовуючи теоретичні й емпіричні методи дослідження, включно з аналізом, синтезом і порівнянням. Це дозволяє оцінити еволюцію впровадження систем ШІ у спорті й визначити напрями подальшої інтеграції цифрових технологій в Україні [2-8]. Окремі прикладні дослідження показують, що застосування алгоритмів ШІ у спортивних іграх (наприклад, у настільному тенісі) дають можливість автоматизувати збір та обробку статистичних даних, що підвищує об'єктивність оцінювання та ефективність аналізу техніко-тактичних дій спортсменів. Крім того, наукові праці українських дослідників визначають аналіз даних як ключовий напрям використання ШІ у спорті, поряд із прогнозуванням результатів та підтримкою управлінських рішень у галузі фізичної культури і спорту.

У зарубіжних публікаціях [10-13] проблематика статистичного аналізу цифрової інформації розглядається значно ширше — із використанням методів машинного навчання, комп'ютерного зору та обробки великих даних. Систематичні огляди показують, що моделі глибокого навчання забезпечують високу точність аналізу показників спортсменів (часто понад 90%), а сенсорні дані дозволяють відстежувати тренувальні навантаження та прогнозувати ризик травм у довгостроковій перспективі.

Міжнародні дослідження [10-13] також відзначають основні напрями застосування ШІ-аналізу у спорті: моделювання результативності, моніторинг фізичного та психічного стану спортсменів, аналіз соціальних медіа та тактичне відстеження дій команд. Важливу роль відіграють технології відеоаналітики та IoT-сенсорів, які дають змогу збирати великі масиви статистичних даних у реальному часі (GPS-трекінг, аналіз рухів), що значно розширює можливості післяматчевого аналізу та планування тренувань. Застосування комп'ютерного зору дозволяє автоматично отримувати нові метрики (наприклад, швидкість удару або параметри руху), що сприяє поглибленому статистичному аналізу технічних дій спортсменів.

Отже, узагальнення наукових джерел свідчить, що використання можливостей ШІ для статистичного аналізу цифрової інформації у спорті є одним із ключових напрямів сучасних досліджень. Його розвиток забезпечує підвищення точності обробки даних, розширення аналітичних інструментів та формування нових підходів до управління спортивною діяльністю на основі цифрових доказів.

Мета статті: Обгрунтувати та здійснити практичний аналіз застосування алгоритмів машинного та глибинного навчання для автоматизованого збору, обробки, аналізу і прогнозування ключових спортивних показників на основі відео-, трекінг- та біометричних даних.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні підходи до використання штучного інтелекту в спортивній аналітиці та охарактеризувати основні джерела і типи цифрових даних (відео, трекінг, біометрія).
2. **Дослідити моделі ШІ для аналізу рухової діяльності спортсменів** на основі алгоритмів машинного та глибинного навчання (Random Forest, XGBoost, SVM, CNN, LSTM, гібридні моделі) і здійснити оцінювання їх ефективності із застосуванням відповідних метрик точності та помилки.
3. Оцінити практичну ефективність використання штучного інтелекту у різних видах спорту.

Методи дослідження: аналіз наукової і методичної літератури, синтез інформації, порівняння різних підходів, а також демонстрація використання програмного забезпечення.

Об'єкт дослідження: Цифрова інформація, що генерується під час проведення спортивних змагань та тренувальних процесів, а саме:

- відеопотоки матчів і вправ;

- трекінгові дані позиціонування спортсменів (GPS, оптичні сенсори);
- біометричні сигнали (пульс, прискорення, кутові швидкості тощо).

Дослідження використання ШІ для аналізу даних сьогодні є одним із найбільш динамічних напрямів у науці як у світі, так і в Україні [2-9]. Світова спільнота зосереджена на переході від описової статистики до предиктивної (прогностичної) та прескриптивної (рекомендаційної) аналітики [11-13], зокрема:

- Гібридні моделі глибокого навчання: Дослідження показують, що архітектури типу CNN-LSTM (поєднання згорткових та рекурентних нейромереж) демонструють точність понад 90% у розпізнаванні рухів та прогнозуванні результатів у футболі, тенісі та баскетболі.
- Прогнозування травм: Моделі машинного навчання досягають 65% точності у передбаченні ризиків травмування, що дозволяє вчасно коригувати тренувальні плани.
- Тактичний аналіз: ШІ-системи (наприклад, Google DeepMind) аналізують поведінку гравців у режимі реального часу, оцінюючи стратегічну ефективність із точністю до 91,2%.
- Комп'ютерний зір: автоматичне вилучення метрик із відеопотоку замінює ручне кодування даних, забезпечуючи високу деталізацію дій кожного атлета.

В Україні наукові роботи фокусуються на інтеграції ШІ в систему підготовки атлетів та освітній процес тренерів, а саме:

- Біомеханіка та тренувальний процес: українські вчені досліджують використання комп'ютерного зору та біометрії для аналізу техніки виконання вправ у різних видах спорту.
- Єдиноборства: окремі праці (наприклад, у НФВВСУ) присвячені впровадженню цифрових інструментів для покращення підготовки в контактних видах спорту.
- Ігрові види: аналізуються можливості ШІ в настільному тенісі та інших іграх для прогнозування ігрових ситуацій.
- Освіта та менеджмент: ведуться дослідження щодо використання ШІ в підготовці майбутніх тренерів та автоматизації збору даних через мікрофреймворки (наприклад, Flask у поєднанні з бібліотеками Pandas та Scikit-Learn).

Для аналізу цифрової інформації в спорті дослідники використовують платформи та інструменти аналітики такі як:

- Системи відстеження: Hawk-Eye, InStat, Second Spectrum.
- Українські R&D центри: Компанії (наприклад WINSTARS.AI) розробляють кастомні рішення для предиктивної аналітики на основі Data Science.

Світові наукові тренди (Global Research) у дослідженнях зосереджені на переході від описової статистики до предиктивної (прогностичної) аналітики:

- Deep Learning для аналізу відео (Computer Vision): Дослідники (наприклад, у MIT та Стенфорді) використовують нейромережі для аналізу відеопотоку в реальному часі. ШІ розраховує вектори руху, кути нахилу суглобів та швидкість, що раніше було доступно лише в лабораторіях.
- Інтеграція даних з переносної електроніки (IoT): Вивчення кореляції між ЧСС, рівнем лактату та якістю сну за допомогою рекурентних нейронних мереж (RNN).
- Moneyball 2.0: У США активно досліджують використання ШІ для оцінки трансферної вартості та ризику травматизму гравців у професійних лігах (NBA, NFL).

Україна володіє потужним науковим потенціалом у галузях кібернетики та спортивної науки, що наразі проходять етап активної цифрової трансформації. Провідні заклади вищої освіти Львова формують синергію між теоретичними дослідженнями та практичним впровадженням технологій. Так у ЛДУФК імені Івана Боберського наукова група під керівництвом провідних фахівців (І. П. Заневського, О. С. Ільків, В. І. Матвіїва, О. Ю. Рибака, А. П. Власова) фокусується на вдосконаленні методики підготовки майбутніх спеціалістів. Основний акцент зміщено з простого збору даних на розвиток цифрової грамотності тренерів. Це дозволяє фахівцям не лише оперувати масивами цифр, а й професійно інтерпретувати їх для корекції тренувального процесу.

У Національному університеті «Львівська політехніка» зосереджені на технологічному аспекті роботи з даними. Науковці університету розробляють методи збору, попередньої обробки та статистичного аналізу великих масивів інформації. Особлива увага приділяється інтеграції алгоритмів ШІ, що дозволяє автоматизувати аналітичні процеси та підвищити точність прогнозів.

Системний підхід до інформаційної безпеки даних здійснюється і у Львівському національному університеті імені Івана Франка. В Національному університеті фізичного виховання і спорту (Київ) досліджують біомеханіку рухів та функціональний стан спортсменів за допомогою комп'ютерного моделювання.

У сучасному технологічному середовищі штучний інтелект став потужною трансформаційною силою. Його вплив поширився на галузі, які раніше вважалися недосяжними для автоматизації, зокрема на сферу фізичної культури та спорту (ФКіС). Ця галузь, відома своєю динамічністю та залежністю від людських навичок, сьогодні перебуває в авангарді цифрових змін завдяки активному впровадженню ШІ.

Сьогодні інтелектуальні алгоритми докорінно переосмислюють стратегії, методику тренувань та саму природу спортивних змагань. Інтеграція ШІ у спортивну індустрію — це не просто технологічне оновлення, а справжня революція у підготовці та виступах атлетів. В основі цієї трансформації лежать машинне навчання та прогнозне моделювання. Ці технології дозволяють:

Стирати межі фізичних можливостей: Аналіз біометричних даних у реальному часі допомагає оптимізувати навантаження.

Максимізувати безпеку: Алгоритми здатні передбачати ризики травмування ще до того, як вони стануть критичними.

Трансформувати стратегію: Використання великих даних (Big Data) дозволяє моделювати тисячі сценаріїв гри, забезпечуючи тактичну перевагу на полі.

Використання ШІ у прогнозному моделюванні істотно трансформує підходи до аналізу результативності спортсменів і профілактики травматизму. Сучасні алгоритми ШІ здатні опрацьовувати значні обсяги інформації, включаючи статистичні показники спортсменів, дані про попередні травми та дисциплінарні аспекти, з метою виявлення потенційних ризиків і прогнозування подальшої динаміки спортивних результатів. Такі моделі прогнозування стають важливим інструментом для тренерів і фахівців зі спортивної аналітики, оскільки дають змогу коригувати тренувальні програми та тактичні рішення з урахуванням імовірних загроз травматизму та можливостей підвищення ефективності виступів. У результаті формується більш системний підхід до управління підготовкою спортсменів, коли прийняття рішень ґрунтується на об'єктивних даних і аналітичних висновках.

Крім того, прогнозні системи дедалі частіше інтегруються з носимими цифровими пристроями, зокрема фітнес-трекерами та смарт-годинниками, оснащеними елементами ШІ. Такі пристрої забезпечують безперервний збір даних про рухову активність, біомеханічні параметри та рівень фізичного навантаження спортсменів. Інформація, отримана в режимі реального часу, дозволяє оперативно оцінювати функціональний стан організму та своєчасно коригувати тренувальні режими, що сприяє запобіганню перевтомі й зниженню ризику виникнення травм. Розглянемо їх.

Машинне навчання у спортивній аналітиці. Класифікаційні й регресійні алгоритми (Random Forest, SVM, XGBoost) застосовуються для прогнозування результатів змагань та індивідуальних показників атлетів [12].

Глибинне навчання та комп'ютерний зір. Конволюційні нейронні мережі (CNN) використовуються для автоматичного розпізнавання подій на відео (удари, паси, зіткнення), трекінгу позицій учасників гри [11; 12; 13].

Обробка сигналів від мобільних пристроїв (пристроїв, які спортсмени носять з собою або на собі. Рекурентні нейронні мережі (RNN, LSTM) та методи часових рядів оптимізовані для аналізу серцевого ритму, крокомірів, потужності бігу, що дозволяє прогнозувати ризики травм та оптимізувати навантаження [10; 11; 12].

Джерела та характеристики даних. Сюди входить:

1.Відеоаналітика:

Об'єкти дослідження: командні ігрові дисципліни (футбол, баскетбол) та індивідуальні змагання з легкої атлетики.

Технічні параметри запису: Роздільна здатність: Full HD (1920 \times 1080 пікселів). Частота кадрів: 25 к/с (fps). Стандарт стиснення: кодек H.264.

Тривалість матеріалів: варіюється від коротких фрагментів (від 5 хвилин для аналізу тактичних вправ) до повних записів матчів (90–120 хвилин).

Типи вхідних даних: необроблені (raw) відеопотоки в реальному часі та архівні відеокліпи з фіксацією ключових подій.

2.Трекінг-системи:

GPS-пристрої: частота вибірок 10 Hz, точність позиціонування ±1–2 м.

Оптичні сенсори (Vision-based): кількість камер — 6–12, частота кадрів 30 fps, локалізаційна похибка ≤ 0,5 м.

Дані: (x, y)-координати гравців і м'яча, швидкість, прискорення, напрям руху.

Трекінг у контексті спортивної аналітики — це технологія відстеження просторово-часових координат об'єктів (спортсмени, м'яч тощо) під час тренувань чи змагань. Завдяки GPS-пристроям, оптичним чи інфрачервоним камерам, акселерометрам та іншим сенсорам система «трекінгу» фіксує положення та рух об'єктів із високою частотою (10–200 Hz), що дає змогу реконструювати їх траєкторії, обчислити швидкість, прискорення й інші рухові характеристики. Український аналог терміну (найуживаніший переклад — відстеження (руху). Інші варіанти: супроводження руху, моніторинг (позицій), просторове позиціювання. У спортивній літературі найчастіше використовують саме «системи відстеження руху» або «GPS/відео-відстеження гравців».

3.Біометричні та рухові сенсори:

Акселерометри та гіроскопи: вбудовані у жилети й годинники, частота вибірок 100–200 Hz.

Пульсометри: оптичні датчики, частота вимірювань 1Hz, похибка вимірювання HR ≤ 3 уд/хв.

Додаткові сенсори: датчики потужності бігу (для легкоатлетів), температури тіла та вологості повітря.

Інфраструктура та програмне забезпечення:

- Мови програмування: Python (версія ≥ 3.8), R (версія ≥ 4.0).
- Бібліотеки:

Обробка відео та зображень: OpenCV, FFmpeg.

Моделі машинного навчання: scikit-learn, XGBoost.

Глибинне навчання: TensorFlow, Keras, PyTorch.

Аналіз часових рядів: tsfresh, pandas.

Візуалізація: Matplotlib, Plotly.

- Обчислювальні ресурси:

Сервер: CPU Intel Xeon Gold 6130, 32 ядра, 256 ГБ RAM.

GPU: NVIDIA Tesla V100 (32 ГБ VRAM).

Система зберігання: SSD RAID з пропускною здатністю 6 GB/s.

Процес підготовки даних до аналізу охоплює такі етапи:

1. Попередня обробка (Preprocessing):

Уніфікація частоти вибірок: Інтерполяція GPS та біометричних даних до 100 Hz за допомогою кубічних сплайнів. Вирівнювання часових міток відео- та сенсорних записів методом DTW (Dynamic Time Warping).

Фільтрація та очищення: Згладжування шумів у сигналах акселерометрів фільтром Баттерворта 4-го порядку, смугові частоти 0,5–20 Hz.

Видалення артефактів пульсу методом медіанного фільтра (вікно 5 точок).

Обробка пропущених даних:

До 5% пропусків — лінійна інтерполяція.

Понад 5 % — відкидання сегментів або повторне збирання даних.

2. Вилучення ознак (feature engineering):

Просторові ознаки (з трекінгу):

Миттєві швидкість і прискорення гравця.

Кути розвороту та зміни напрямку (коефіцієнт кривизни траєкторії).

Відстані між гравцями та зональна щільність розташування.

- Часові та біометричні ознаки:

Середній та максимальний пульс за інтервал.

Частота та амплітуда коливань акселерометричних сигналів.

Показники варіабельності серцевого ритму (HRV): SDNN, RMSSD.

- Відеоознаки (з CNN):

Ідентифікація гравця, положення тіла (pose estimation).

Визначення ключових подій (удар по воротах, пас, стрибок) через SSD- та YOLO-архітектури.

3. Побудова моделей: класифікаційні, регресійні, глибинні, гібридні.

a) Класифікаційні моделі:

Random Forest, XGBoost: прогноз «травма/не травма» за наборами біометричних та рухових ознак.

SVM з RBF-ядром: виявлення аномальних рухових патернів.

b) Регресійні моделі:

- Градієнтний бустинг: прогноз відстані, яку пробіжить гравець за гру; середнього навантаження (Player Load).

- Лінійна регресія з регуляризацією (Lasso, Ridge): моделювання залежності пульсу від швидкості та прискорення.

c) Глибинні моделі:

CNN (ResNet-50): класифікація відеоподій із точністю ≥ 90 %. LSTM та GRU: прогноз пульсу в майбутні 5 хвилин на основі історії даних за 1 хвилину.

d) Гібридні CNN+LSTM:

Просторово-часовий аналіз відеофрагментів для передбачення тактичних зміщень гравців. Для них навчання та валідація: розбиття даних: 70% — тренувальна вибірка, 15% — валідаційна, 15% — тестова. Крос-валідація: 5-кратна (stratified K-fold для дискретних міток). Сюди відносяться:

- Класифікація: accuracy, precision, recall, F1-score, ROC-AUC.
- Регресія: MAE, RMSE, R^2.
- Тюнінг гіперпараметрів: Grid Search та Bayesian Optimization (Optuna) для вибору глибини дерев, швидкості навчання, розміру батчу, кількості шарів мереж.

З вище сканого можемо зробити висновок, що застосування гібридних підходів є ефективним: використання класичних моделей для оперативної оцінки результатів та глибинних — для поглибленого аналізу й довгострокового прогнозування.

4.Реплікація та відтворюваність: Усі експерименти задокументовано у Jupyter Notebook із фіксованими seed-значеннями (random_state=42). Використано контейнеризацію (Docker) для забезпечення ідентичного середовища між дослідниками. Дані та код доступні за запитом відповідно до політики конфіденційності спортивних організацій.

Як приклад, покажемо застосування технологій ШІ для оцінювання технічних дій футболіста під час виконання удару по воротах, передачі м'яча або його перехоплення. Використання систем відеоаналізу та спеціалізованого програмного забезпечення [7; 8; 12] забезпечує отримання точних кількісних показників, які дозволяють детально дослідити техніку рухів спортсмена, визначити умови досягнення оптимального результату та виявити помилки або потенційно небезпечні пози, що можуть підвищувати ризик травмування.

Футбол:

1. Автоматичне виявлення ключових подій

Задача: розпізнавання моментів удару по воротах, передач, перехоплень у відеопотоці.

Підхід: архітектура SSD/ResNet-50; навчання на анотованих фрагментах із позначками подій.

Результати: точність детектування подій 92%, recall 89%, F1-score 90,5%.

Вплив: скорочення часу відеоаналітика на 70%, підвищення швидкості аналізу тактичних схем у реальному часі.

2. Прогнозування ризику травм

Задача: виявити вірогідність отримання м'язово-скелетних травм протягом наступних 7 діб.

Дані: часові ряди пульсу, прискорення, Player Load (інтегральний показник навантаження).

Модель: двошарова LSTM (64→32 нейрони) з регуляризацією Dropout 0,3.

Метрики: ROC-AUC=0,87; PR-AUC=0,81.

Використання: адаптація індивідуальних планів відновлення, зменшення кількості травм на 15% у сезоні.

Застосування технологій ШІ та методів прогнозного моделювання суттєво трансформує систему підготовки спортсменів і підвищення їхньої результативності, формуючи більш точний та аналітично обґрунтований підхід до спортивної діяльності, що ґрунтується на обробці даних.

Так, у баскетболі Національна баскетбольна асоціація (NBA) застосовує аналітичні інструменти на основі ШІ для скаутингу та оцінювання ігрової ефективності, що сприяє глибшому розумінню індивідуальних можливостей гравців і закономірностей розвитку ігрових ситуацій. У свою чергу, Національна футбольна ліга (NFL) використовує технології ШІ для аналізу відеоматеріалів матчів, удосконалення тактичних рішень і підвищення рівня фізичної підготовленості спортсменів.

Розглянемо приклади застосування технологій ШІ під час аналізу ігрових дій у баскетболі та результатів у легкій атлетиці, а також проаналізуємо отримані аналітичні дані.

Баскетбол:

1. Тактична кластеризація рухів

Задача: виявити повторювані тактичні схеми (off-ball рухи, «pick-and-roll»).

Метод: K-means із попередньою зменшувальною трансформацією PCA до 10 вимірів.

Результати: виділено 6 ключових шаблонів атаки та 4 шаблони захисту; точність класифікації ігрових моментів за шаблоном – близько 85%.

Застосування: автоматична побудова heatmap–візуалізацій, аналітика тренерів для удосконалення ігрових комбінацій.

2. Оцінка ефективності кидків

Задача: прогноз відсотка реалізації кидків залежно від позиції та тактичного контексту.

Модель: XGBoost (500 дерев, max_depth=6).

Ознаки: кут до кошика, відстань, тиск опонента (кількість гравців у радіусі 3 м), час на володіння м'ячем.

Метрики: MAE для відсотка реалізації – 4,2%.

Використання: коригування тренувальних вправ для індивідуальних баскетболістів, підвищення середнього відсотка кидків на 3%.

Легка атлетика:

1. Моделювання енергетичних витрат

Задача: передбачити енергетичні витрати на дистанції 5000м у бігу.

Метод: Gradient Boosting із tsfresh-означеннями (екстракція понад 300 часових ознак).

Результати: RMSE = 27ккал на кілометр; R^2 = 0,79.

Використання: індивідуальне планування темпу забігу, оптимізація поділу дистанції на інтервали.

2. Автоматичне коригування техніки

Задача: виявити відхилення в русі під час спринту (техніка розбігу).

Підхід: CNN + LSTM на основі відео з високою швидкістю кадрів (120 fps).

Результати: виявлення технічних помилок із точністю 88 %.

Використання: рекомендації для тренерів щодо корекції положення тулуба і довжини кроку.

Проведений аналіз вказує на класичну проблему гетерогенності даних у системах комп'ютерного зору та трекінгу. Коли вхідні сигнали надходять від різних сенсорів без попередньої уніфікації, це створює "шум", який критично впливає на точність аналітичних моделей. Тому розглянемо основні аспекти цієї проблеми детальніше:

А) Проблема варіативності (Hardware Variance). Різні моделі камер мають відмінні характеристики, які безпосередньо впливають на якість датасету:

Оптичні спотворення: Різні фокусні відстані та типи лінз (дисторсія).

Світлочутливість: Різний рівень шуму при однаковому освітленні.

Частота кадрів (FPS): Невідповідність у часових мітках трекінг-систем, що ускладнює синхронізацію.

Щоб нівелювати вплив обладнання, доцільно впровадити наступні кроки:

- Єдиний протокол калібрування: Використання стандартних паттернів (наприклад, "шахівниці") для визначення внутрішніх параметрів кожної камери.
- Нормалізація даних: Приведення всіх зображень/відео до єдиної роздільної здатності, колірного простору та частоти дискретизації перед етапом обробки.
- Метадані: Обов'язкове логування параметрів обладнання для кожної сесії збору даних, що дозволить моделі враховувати контекст зйомки.

Б) Баланс складності моделей та інтерпретованості: Глибинні мережі забезпечують вищу точність, проте погано пояснюють рішення («чорні ящики»); використання методів пояснюваності (SHAP, LIME) дозволяє візуалізувати вплив окремих ознак на прогноз, що підвищує довіру тренерів.

В) Обчислювальні й часові витрати: Обробка відео високої роздільності потребує GPU-кластерів; навчання моделей до 24 годин; впровадження edge-обчислень (наприклад, на енергоефективних модулях передають тільки витягнуті ознаки) знижує затримки в реальному часі.

Г) Інтеграція з існуючими системами: Потреба у REST-API для з'єднання аналітичного бекенда з тренерськими панелями та мобільними додатками; використання мікросервісної архітектури для масштабованості та легкого оновлення модулів.

З огляду на зростаюче використання технологій ШІ в галузі ФКіС, актуалізується необхідність розв'язання етичних і практичних питань, пов'язаних з їх упровадженням. Функціонування систем ШІ у цій галузі передбачає збирання та опрацювання значних обсягів персональних даних спортсменів, зокрема інформації про стан здоров'я, фізичні показники та результати діяльності. Тому, особливого значення набуває забезпечення належного рівня захисту конфіденційної інформації від можливих витоків або несанкціонованого доступу. Водночас важливим аспектом є питання поінформованої згоди: спортсмени повинні чітко усвідомлювати обсяг і мету збору їхніх даних та надавати добровільну згоду на їх використання, зокрема щодо таких аспектів:

- Конфіденційність біометричних даних спортсменів; необхідність дотримання GDPR/локальних законів про захист персональних даних.
- Усвідомлене використання результатів аналітики для покращення підготовки, а не для тиску чи дискримінації спортсменів.

Використання ШІ для статистичного аналізу в наукових дослідженнях в галузі ФКіС сьогодні перебуває на перетині піку технологічних очікувань та реальної трансформації спорту вищих досягнень. Важливо розділити глобальні тренди та специфічні українські можливості.

У світі спорт перетворюється на індустрію даних. Тут ШІ виступає не просто як калькулятор, а як стратег, зокрема:

- Deep Video Analytics (Комп'ютерний зір): Перехід від ручного запису статистики до автоматичного. ШІ-камери (як у системах Second Spectrum або Stats Perform) відстежують координати кожного гравця 25 разів на секунду, створюючи "математичне поле" гри.
- Цифрові двійники (Digital Twins): Створення віртуальної моделі серцево-судинної та опорно-рухової систем спортсмена. Це дозволяє симулювати навантаження в ШІ-середовищі, перш ніж давати його реальній людині.
- Когнітивна аналітика: Аналіз швидкості прийняття рішень. ШІ вираховує "інтелектуальний ККД" гравця, що прямо корелює з ідеями про ясність мислення під тиском.

Для України (таблиця 1) і, особливо для Львова, перспективи лежать у площині інтелектуального супроводу та безпеки, зокрема:

- Національна база біометричних даних: Створення єдиного реєстру (на базі мови R), що дозволить аналізувати розвиток юних спортсменів від школи до олімпійського резерву. Це шлях до об'єктивного відбору талантів.
- Спортивна валеологія: Використання ШІ для реабілітації ветеранів спорту та військових через адаптивні фізичні навантаження. Це соціально важливий напрям, де статистика рятує здоров'я.
- Кіберзахист спортивних досягнень: Розробка правових стандартів захисту цифрового профілю спортсмена. В умовах гібридних загроз "злам" статистики успішності атлета може бути формою диверсії.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця перспектив у світі та Україні

Напрям	Світовий фокус	Пріоритет України
Мета	Максимізація прибутку	Збереження людського капіталу
Технології	Сенсорна шкіра, "розумні" стадіони	Доступні мобільні ШІ-рішення для тренерів
Аналітика	Прогноз ринкової вартості гравців	Прогноз ризику травматизму та виснаження

Впровадження автоматизованих систем аналізу даних у тренувальний процес забезпечує істотну оптимізацію діяльності тренера, зокрема скорочення часу обробки інформації від 50% до 70%, що підвищує оперативність корекції навчальних впливів під час тренувань і змагань.

Інтеграція моделей прогнозування травматизму має важливе превентивне значення, оскільки сприяє зниженню частоти травм від 10% до 20%, що відповідає принципу збереження здоров'я спортсмена як ключовій педагогічній цінності фізичного виховання і спорту.

Доцільним є також застосування трансформерних архітектур для аналізу тривалих часових рядів і мультимодальних даних, що розширює можливості комплексної оцінки тренувальної діяльності.

Важливим напрямом є розвиток explainable AI (пояснюваного штучного інтелекту), який забезпечує прозорість рішень, підвищує довіру тренерів і спортсменів до цифрових систем та відповідає етичним стандартам діяльності. Доцільно розробити єдині стандарти збору та попередньої обробки результатів тестувань як основу об'єктивного моніторингу.

Висновки. Застосування технологій штучного інтелекту у галузі ФКіС охоплює широкий спектр напрямів, серед яких підвищення спортивної результативності, використання інтелектуальних систем у фітнес-індустрії, удосконалення методик тренувального процесу, а також оптимізація підходів до профілактики травматизму та відновлення спортсменів. Подальший розвиток цифрових технологій сприятиме ще глибшій інтеграції ШІ в різні аспекти спортивної діяльності, відкриваючи нові можливості для отримання аналітичних даних і впровадження інноваційних рішень, які раніше були складними або недосяжними.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з використанням технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR), інтегрованих із системами штучного інтелекту. Поєднання VR і AR із чат-ботами та персоналізованими

сервісами на основі ШІ сприятиме більшому залученню вболівальників, а також трансформуватиме форми взаємодії глядачів із улюбленими видами спорту та спортивними командами.

Література

1. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні: розпорядження Кабінету Міністрів України від 02 грудня 2020 р. № 1556-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua

2. Верітов О. І. Клопов Р. В., Конох А. П., Кириченко Н. В. Синергія штучного інтелекту, інноваційних технологій і ринкової економіки у розвитку сучасного спорту. Академічні візії. 2025. № 49. С.1–13. DOI: https://www.academyvision.org/index.php/av/article/view/2421

3. Ільків О.С., Матвіїв В.І., Ясінський А.М. «Комп'ютерна техніка і математична статистики» як засіб інноваційної компетентності у ЗВО галузі фізичної культури і спорту// Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2025. – Вип. 5К (191). – С. 89-96. DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k(191).18

4. Клопов Р. В., Клопова В. Перспективи штучного інтелекту в цифровій трансформації індустрії спорту. Фізичне виховання, спорт та здоров'я людини: досвід, проблеми, перспективи: матеріали Всеукр. наук-практ. конф. Київ, 2023. С. 254–259.

5. Огірко О. В., Огірко І. В. Морально-етичні принципи електронної освіти і штучного інтелекту. Успіхи і досягнення у науці. 2024. № 1(1). С. 454–467. DOI: https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-1(1)-454-467

6. Приходько В. В. Діалог зі штучним інтелектом про не розпочату реформу спорту в Україні та її ініціювання. Спортивна наука та здоров'я людини. 2025. № 1(13). С. 152–170. DOI: https://doi.org/10.28925/2664-2069.2025.113

7. Рибак О. Ю., Ільків О. С., Завацька Л. А., Рибак Л. І., Матвіїв В. І. Використання інформаційно-цифрових технологій при викладанні біомеханіки. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2025. Вип. 11(198). С. 177–185. DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.11(198).36

8. Rybak O., Skalski D. W., Rybak L., Tsyhanovska N. Aktualne zagadnienia pedagogiki, kultury fizycznej i bezpieczeństw. Starogard Gdański – Charków – Drohobycz, 2024. P. 118–148. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.12736552

9. Tishchenko V. O., Veritov O. I., Klopov R. V., Kvasnytsia O. Integration of artificial intelligence and information technologies in sports activities. Akademichni vizii. 2025. No. 44. P. 1–11. DOI: https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/2085

10. Drivet A. From the data to the statistical analysis of football: the case of the Italian serie A league. *Handbook of research on applied data science and artificial intelligence in business and industry*. Hershey, PA: IGI Global, 2021. P. 695–710. DOI: https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6985-6.ch027

11. Zhu C., Shao R., Zhang X., Gao S., Li B. Application of virtual reality based on computer vision in sports posture correction. Wireless Communications and Mobile Computing. 2022:1–15. DOI: https://doi.org/10.1155/2022/3719971

12. Eyüp Anıl Duman, Bahar Sennaroğlu, Gülfem Tuzkaya. A cluster analysis of basketball players for each of the five traditionally defined positions. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology.2021. https://doi.org/10.1177/17543371211062064

13. Keener M. M. The Triple-E Model: Advancing Equestrian Research with Perspectives from One Health. Animals. 2023. Vol. 13. No. 16. DOI: https://doi.org/10.3390/ani13162642

References

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). *Kontseptsiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini* [The concept of artificial intelligence development in Ukraine] (Order No. 1556-r). https://zakon.rada.gov.ua [in Ukrainian].

2. Veritov, O. I., Klopov, R. V., Konokh, A. P., & Kyrychenko, N. V. (2025). Synerhiia shtuchnoho intelektu, innovatsiinykh tekhnolohii i rynkovoi ekonomiky u rozvytku suchasnoho sportu [Synergy of artificial intelligence, innovative technologies and market economy in the development of modern sports]. *Akademichni vizii*, (49), 1–13. https://doi.org/10.5281/zenodo.14912421[in Ukrainian].

3. Ilkiv, O. S., Matviiv, V. I., & Yasinskyi, A. M. (2025). "Kompiuterna tekhnika i matematychna statystyka" yak zasib innovatsiinoi kompetentnosti u ZVO haluzi fizychnoi kultury i sportu ["Computer technology and mathematical statistics" as a means of innovative competence in higher education institutions of physical culture and sports]. *Scientific Journal of Mykhailo Drahomanov Ukrainian State University. Series 15*, (5K(191)), 89–96. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.05k(191).18[in Ukrainian].

4. Klopov, R. V., & Klopova, V. (2023). Perspektyvy shtuchnoho intelektu v tsyfrovii transformatsii industrii sportu [Prospects for artificial intelligence in the digital transformation of the sports industry]. *Physical education, sports and human health: experience, problems, prospects*, 254–259.

5. Ohirko, O. V., & Ohirko, I. V. (2024). Moralno-etychni pryntsypy elektronnoi osvity i shtuchnoho intelektu [Moral and ethical principles of electronic education and artificial intelligence]. *Uspikhy i dosiahnennia u nautsi*, (1(1)), 454–467. https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-1(1)-454-467[in Ukrainian].

6. Prykhodko, V. V. (2025). Dialoh zi shtuchnym intelektom pro ne rozpochatu reformu sportu v Ukraini ta yii initsiiuvannia [Dialogue with artificial intelligence about the uninitiated sports reform in Ukraine and its initiation]. *Sportyvna nauka ta zdorovia liudyny*, (1(13)), 152–170. https://doi.org/10.28925/2664-2069.2025.113[in Ukrainian].

7. Rybak, O. Yu., Ilkiv, O. S., Zavatska, L. A., Rybak, L. I., & Matviiv, V. I. (2025). Vykorystannia informatsiino-tsyfrovykh tekhnolohii pry vykladanni biomekhaniky [Using informational and digital technologies in teaching biomechanics]. *Scientific Journal of Mykhailo Drahomanov Ukrainian State University. Series 15*, (11(198)), 177–185. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.11(198).36[in Ukrainian].

8. Rybak, O., Skalski, D. W., Rybak, L., & Tsyhanovska, N. (2024). *Aktualne zagadnienia pedagogiki, kultury fizycznej i bezpieczeństw* [Current issues of pedagogy, physical culture and safety]. Starogard Gdański – Charków – Drohobycz. https://doi.org/10.5281/zenodo.12736552

9. Tishchenko, V. O., Veritov, O. I., Klopov, R. V., & Kvasnytsia, O. (2025). Integration of artificial intelligence and information technologies in sports activities. *Akademichni vizii*, (44), 1–11. https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/2085 [in Ukrainian].

10. Drivet, A. (2021). From the data to the statistical analysis of football: The case of the Italian Serie A League. In C. Castro & R. Valverde (Eds.), *Handbook of research on applied data science and artificial intelligence in business and industry* (pp. 695–710). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6985-6.ch027

11. Zhu, C., Shao, R., Zhang, X., Gao, S., & Li, B. (2022). Application of virtual reality based on computer vision in sports posture correction. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1–15. https://doi.org/10.1155/2022/3719971

12. Duman, E. A., Sennaroğlu, B., & Tuzkaya, G. (2021). A cluster analysis of basketball players for each of the five traditionally defined positions. *Journal of Sports Engineering and Technology*. https://doi.org/10.1177/17543371211062064

13. Keener, M. M. (2023). The Triple-E Model: Advancing Equestrian Research with Perspectives from One Health. *Animals*, 13(16). https://doi.org/10.3390/ani13162642

Стаття надійшла до редакції / Received 30.05.2026
Прийнята до друку / Accepted 15.06.2026
Опубліковано / Published 29.06.2026

DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.06(206).11

Кондратюк Я.О.аспірант
Житомирський державний університет імені Івана Франка
https://orcid.org/0009-0003-3900-0796

СИСТЕМНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУТБОЛУ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ: УПРАВЛІНСЬКИЙ, КАДРОВИЙ ТА СОЦІОКУЛЬТУРНИЙ АСПЕКТИ (2014–2024)

У статті проаналізовано стан футболу та систему підготовки футболістів в Україні, а також їх трансформацію у ретроспективному розрізі визначеного періоду з 2014 по 2024 рр.. Аналіз проведено у межах трьох основних аспектів: управлінського (менеджмент), кадрового (селекція та скаутинг) і соціокультурного. Безпосередньо увага приділена діяльності футбольних клубів «Динамо» (Київ), «Шахтар» (Донецьк), «Полісся» (Житомир) як найбільш показовим прикладам, що встановлюють основні закономірності розвитку професійного футболу в Україні. Здійснено огляд наукової літератури за обраною тематикою та суміжними напрямами, що є доцільним для дослідження багатокомпонентності викликів і завдань, які постають перед футбольними клубами на сучасному етапі. Через аналіз особливостей прогресу та регресу виявлено зміни у стратегічному плануванні й управлінні, селекційній діяльності, структурі кадрів, ціннісних засадах, а також визначено роль футболу в соціокультурному просторі. Методологічні засади дослідження ґрунтуються на аналізі наукової літератури та інтернет-джерел, застосуванні історико-логічного підходу до висвітлення подій і фактів, а також на методі аналізу конкретних ситуацій. Окреслено специфіку функціонування футбольних клубів, академій та шкіл в умовах кризи. Здійснено порівняльний аналіз діяльності обраних футбольних клубів у межах управлінського, кадрового та соціокультурних аспектів за такими критеріями функціонування, як стабільність менеджменту, стан інфраструктури, фінансова модель, скаутинг і селекція, діяльність академії й розвиток молоді, а також соціальна відповідальність. Сформульовано висновки щодо системної трансформації футболу в Україні, які обґрунтовують необхідність адаптації систем менеджменту, переорієнтації селекційної політики та посилення соціокультурної ролі футболу в умовах воєнного стану.

Ключові слова: *професійний футбол, менеджмент в спорті, війна, футбольна академія, стратегічне планування.*

Yaroslav Kondratiuk. System transformation of football in Ukraine within wartime: management, recruitment, social and cultural aspects (2014-2024).

This article analyses the state of football and the system for training footballers in Ukraine, as well as their evolution over the period from 2014 to 2024. The analysis is conducted within the framework of three main aspects: administrative (management), personnel (selection and scouting), and socio-cultural. Particular attention is paid to the activities of the football clubs 'Dynamo' (Kyiv), 'Shakhtar' (Donetsk) and 'Polissya' (Zhytomyr) as the most illustrative examples, which establish the main patterns of development in professional football in Ukraine. A review of the academic literature on the chosen topic and related fields has been carried out, which is appropriate given the multifaceted nature of the challenges and tasks facing football clubs at the present time. Through an analysis of the characteristics of progress and regression, changes have been identified in strategic planning and management, recruitment activities, personnel structure and value systems, and the role of football in the socio-cultural sphere has been determined. The methodological framework of the study is based on an analysis of academic literature and online sources, the application of a historical-logical approach to the presentation of events and facts, and the method of case study analysis. The study outlines the specific characteristics of how football clubs, academies, and schools operate in times of crisis. The specific characteristics of how football clubs, academies, and schools operate in