DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.06(193).35
УДК: 796.015.68:612.017

Хмельницька І. В.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент
доцент кафедри кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0003-0141-3301
Денисова Л. В.
доктор педагогічних наук, професор
професор кафедри кіберспорту та інформаційних технологій
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0002-7045-9912
Вишневецька В. П.
старший викладач кафедри кіберспорту та інформаційних технологій
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0001-9819-6467
Голованова Н. Л.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент
доцент кафедри кіберспорту та інформаційних технологій
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0002-8837-7501
Кузнєцов Г. О.
викладач кафедри кіберспорту та інформаційних технологій
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0009-0006-5670-3110
Костюченко О. М.
викладач кафедри кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0000-0003-4538-2498
Кардаков В. О.
викладач кафедри кінезіології та фізкультурно-спортивної реабілітації
Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ
https://orcid.org/0009-0008-5026-7746

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СПОРТІ

Штучний інтелект – одна з універсальних галузей інформатики, яка має велике майбутнє. Спорт – чудова сфера для застосування підходів до проектування штучного інтелекту як інструменту для прогнозування та визначення можливостей спортсменів. Стаття присвячена аналізу напрямів сучасного та перспективного використання штучного інтелекту у спорті. Численні дослідження в літературі описують вплив штучного інтелекту на гравців, уболівальників, засоби масової інформації, тренування, скаутинг, рекрутинг та всю спортивну спільноту, пов'язану зі спортом. Враховуючи швидке впровадження штучного інтелекту у відомих видах спорту, таких як бейсбол, теніс, футбол, американський футбол та баскетбол, існує нагальна потреба оцінити весь спектр його застосувань та наслідків. Наше дослідження дозволило систематизувати сучасне застосування штучного інтелекту у спорті за наступними напрямами: аналіз результативності гравців, тактичний аналіз, прийняття рішень, профілактика травм та керування гравцями, нейромережеве моделювання, спортивне прогнозування, спортивна журналістика, спорт у віртуальній реальності, залучення вболівальників. За яким би напрямом не використовувався штучний інтелект, очевидно, що спорт виграє від технологічної інтеграції.

Ключові слова: *машинне навчання, нейронна мережа, віртуальна реальнсть, моделювання, прийняття рішень, прогнозування.*

Khmelnitska Irene, Denysova Lolita, Vyshnevetska Viktoriia, Golovanova Nataliia, Kuznetsov Gennady, Kostiuchenko Olha, Kardakov Victor. Artificial intelligence in sports. *Artificial intelligence (AI) is one of the universal branches of computer science that has a great future. Sports are an excellent field for applying approaches to the design of artificial intelligence, where artificial intelligence is used as a useful tool for predicting and determining the capabilities of athletes. The article is devoted to the analysis of the directions of current and promising use of artificial intelligence in sports. We used the following research methods: systematic content analysis of scientific and methodological literature and Internet data. Numerous studies in the literature describe the impact of artificial intelligence on players and potential future players, fans, media, training, scouting, recruiting and the entire sports community associated with sports. In recent years, the sports sector has particularly embraced the potential of artificial intelligence not only as a tool, but also as an innovative solution that can rethink how to play and manage sports. Given the rapid adoption of AI in popular sports such as baseball, tennis, soccer, football, and basketball, there is an urgent need to assess the full range of its applications and implications. Our study has allowed us to systematize the current*

application of AI in sports in the following areas: player's performance analysis, tactical analysis, decision-making, injury prevention and player management, neural network modelling, sports forecasting, sports journalism, sports in virtual reality and fan engagement. AI-based analytics can revolutionize sports journalism, broadcasting, and strategy development by offering deeper understanding and real-time information processing. Best practices demonstrate the effectiveness of model characteristics of athlete's technique in the process of their selection and training using artificial neural networks. Thus, AI is revolutionizing the world of sports for coaches and players and significantly affects the sports experience of spectators. Whatever direction artificial intelligence is used, sports will benefit from technological integration.

Keywords: *machine learning, neural network, virtual reality, modeling, decision making, forecasting.*

Постановка проблеми. Штучний інтелект (ШІ) – одна з універсальних галузей інформатики, яка має велике майбутнє. Спорт – чудова сфера для застосування підходів до проектування ШІ, де ШІ використовується як корисний інструмент для прогнозування та визначення можливостей спортсменів. Численні дослідження в літературі описують вплив ШІ на гравців та потенційних майбутніх гравців, уболівальників, ЗМІ, тренування, скаутинг, рекрутинг та всю спортивну спільноту, пов'язану зі спортом [1-5, 7-9]. Протягом останніх років спортивний сектор особливо сприйняв потенціал ШІ не лише як інструменту, а й як інноваційного рішення, яке може переосмислити те, як грати та управляти в спорті. Історично спортивний сектор значною мірою покладався на статистику та кількісний аналіз. Однак, завдяки міждисциплінарному підходу ШІ, існує вищий рівень складності в тому, як розробляються ігри, тренуються гравці та залучається аудиторія. Щоб перевірити гіпотезу про те, що ШІ стане невід'ємним компонентом у спорті, а інтеграція ШІ у спорт призведе до значного покращення результативності гравців, запобігання травмам та залучення аудиторії, ми зорієнтували наше дослідження на аналізі існуючої літератури та емпіричних результатів.

Аналіз літературних джерел. A.C. Lapham & R.M. Bartlett визначили важливу роль, яку комп'ютер відіграє в розвитку експериментальної та теоретичної спортивної біомеханіки. Вони проаналізували еволюцію ролі штучного інтелекту в сучасну епоху, коли ШІ використовується для статистичного моделювання, симуляції та оптимізації. У цій статті вони зосередилися на прийнятті рішень за допомогою ШІ за допомогою різних методів, спостережень та порівнянь, пов'язаних з біомеханічним дослідженням спортивної результативності [12]. H. Novatchkov & A. Baca проілюстрували потенціал методів штучного інтелекту (ШІ) у спорті на прикладі силових тренувань. Вони оцінили схему, що використовується для вправ на силових тренажерах. Дані були отримані за допомогою датчиків сили, прикріплених до тренажерів. Отримані хороші прогностичні результати свідчать про життєздатність та ефективність методів ШІ в автоматичній оцінці вправ на силових тренажерах та наданні оперативних порад спортсменам [15]. H. Yang із співавторами досліджували прогнозування спортивної результативності на основі генетичного алгоритму та штучної нейронної мережі. Дані були зібрані за допомогою анкетування та тестування фізичних якостей приблизно 1000 осіб. De Silva із співавторами досліджували, яку роль відіграє прийняття рішень в ігрових ситуаціях і як це впливає на результат гри. Для покращення прийняття рішень було впроваджено ШІ у співпраці з відомим футбольним клубом «Челсі». Цей ШІ базується на імітаційному навчанні, що означає, що він навчається у експертів та намагається інтерпретувати найкраще рішення та результат з можливих альтернатив [19]. Команда Google Brain представила нове середовище симуляції футболу Google Research Football для оцінки різних алгоритмів підтримки гравців. R. Kidd досліджував застосування ШІ мадридською компанією Oloclip для того, щоб допомогти клубам та гравцям приймати найкращі рішення, але не з метою усунення людського прийняття рішень, а для допомоги їм. Автор дійшов висновку, що клуби, які не погоджуються на це, втрачають велику можливість для ефективного та результативного розвитку [11]. M. Ahmed проаналізував потенціал ШІ у прийнятті рішень щодо переходу футбольних гравців з одного клубу до іншого та їхню потенційну цінність у майбутньому. Згідно з дослідженням, для ідентифікації гравця та його цінності найкраще підходить алгоритм навчання K-найближчого сусіда [1]. M. S. Jha констатував, що ШІ та машинне навчання дозволяють швидше та краще приймати рішення у світі спорту. Він зробив висновок, що алгоритми на базі ШІ матимуть ще більшу цінність для гравців та тренерського штабу у наданні конкретної інформації про стиль гри та схеми команди суперника, стратегію, яка використовувалася в попередніх матчах, плюси та мінуси кожного суперника, тактику їхніх найкращих гравців у складних ситуаціях [8]. C. Carling із співавторами проаналізували використання технологій, починаючи від GPS і закінчуючи технологією автоматизованого відстеження за допомогою камер для збору даних. Це дослідження чітко вказало на особливий профіль для кожної окремої тактичної позиції [4]. Kelly і співавтори вказали на заяву FIFA, яка зобов'язує кожну команду на турнірі мати два комп'ютерні планшети для збору даних, оцінки рішень та реагування на взаємодію на полі. В результаті цього, на відміну від відеоаналізу раніше зіграних ігор, команди отримують доступ до інформації та аналітики в режимі реального часу [9]. За допомогою систем глибокого навчання дослідники з Вашингтонського університету, Facebook та Google створили систему, яка відображає футбольне відео з YouTube у трьох вимірах за допомогою пристроїв доповненої реальності (AR) або 3D-переглядачів з використанням технологій штучного інтелекту та голограм. Система глибокого навчання агрегувала та сортувала дані для накладання позицій та створення зображення для 3D-дисплеїв у футбольному матчі [10].

Враховуючи швидке впровадження ШІ у відомих видах спорту, таких як бейсбол, теніс, футбол, американський футбол та баскетбол, існує нагальна потреба оцінити весь спектр його застосувань та наслідків.

Мета статті – проаналізувати напрями сучасного та перспективного використання штучного інтелекту у спорті.

Методи дослідження: системний контент-аналіз науково-методичної літератури і даних мережі Інтернет.

Виклад основного матеріалу дослідження. Шахи, і особливо перша перемога комп'ютера над чемпіоном світу в 1997 році Гаррі Каспаровим, є прикладом високого потенціалу. Слід зазначити, що такі досягнення тісно пов'язані з постійним зростанням обчислювальної потужності, що є важливою особливістю та перевагою сучасного інформаційно-технологічного середовища.

Наше дослідження дозволило систематизувати сучасне застосування штучного інтелекту у спорті за наступними напрямами:

1. ***Аналіз результативності гравців.*** Штучний інтелект може аналізувати ігрові кадри, щоб відстежувати рухи гравців, визначати сильні та слабкі сторони, а також надавати дані про показники результативності гравців. Ці дані можна використовувати для адаптації режимів тренувань та розробки ігрових стратегій. Вивчаючи дані суперника, ШІ можна використовувати для оцінки стратегій, які можуть суттєво допомогти у виборі та, зрештою, виграші найкращої команди для конкретної гри. Ціль не в тому, щоб створити заміну тренерам, а в тому, щоб створити інструмент для допомоги тренеру.

2. ***Тактичний аналіз.*** Програми ШІ збирають інформацію про тактику та рухи, що дозволяє набагато ширше вивчати суперників і не лише готуватися до матчів, передбачаючи можливі реакції суперника, але й приймати рішення в режимі реального часу. ШІ може аналізувати стратегії суперника та виявляти тактичні слабкі сторони та можливості, надаючи тренерам інформацію для покращення ігрових планів. У 2024 році у рамках партнерства британської компанії Google DeepMind із футбольним клубом «Ліверпуль» запущено інноваційний проект – систему TacticAI, яка використовує технологію генеративного штучного інтелекту для надання експертам тактичної інформації, зокрема про кутові удари. Завдяки використанню штучного інтелекту, дані, що стосуються відстеження кінцівок і м'яча, забезпечують автоматичне сповіщення суддів відеоматчу про офсайд. Задля впевненості судді відеоматчу мають вручну перевірити ці дані, а рефері на полі повинен підтвердити рішення. Точки позиційних даних, які використовуються для прийняття рішення, генеруються у вигляді 3D-анімації [2].

3. ***Прийняття рішень.*** Штучний інтелект допомагає суддям приймати точні рішення, особливо за допомогою таких технологій, як напівавтоматичне виявлення офсайду VAR (Video assistant referee) – систему відеодопомоги арбітрам, яку було впроваджено на Чемпіонаті світу з футболу 2022. Система VAR – це перше використання відеотехнологій для прийняття точніших рішень у футболі. Ця технологія передбачає використання дванадцятьох спеціальних камер, встановлених під дахами стадіонів для відстеження руху м'яча. Разом з тим відстежуються до 29 точок даних кожного гравця 50 разів на секунду. Ці зібрані точки даних включають усі кінцівки та виступи тіла гравця, що мають відношення до правила офсайда. Точно визначати момент паса дозволяє м'яч Al Rihla. Усередині м'яча розміщено спеціальну систему підвіски від фірми Adidas. Вона містить інерційний датчик руху з частотою 500 Гц, що надсилає дані 500 разів на секунду. Датчик забезпечує безпрецедентне розуміння кожного елемента руху м'яча та живиться від акумуляторної батареї. Технологія працює непомітно для гравців і не впливає на переміщення м'ячів.

Хоча VAR офіційно прийнято FIFA для допомоги польовому судді, той факт, що ШІ також може замінити суддів бічної лінії, не дуже далекий від реальності. В недалекому майбутньому футбольні вболівальники звикнуть бачити робота – лінійного суддю, тому що ШІ не схильний до людських помилок. Роботи будуть краще судити, тому що ШІ зможе приймати рішення ефективніше та швидше, ніж людина [14].

4. ***Профілактика травм та керування гравцями.*** Системи на базі ШІ можуть контролювати здоров'я гравців, виявляти втому або стрес і рекомендувати коригування тренувань або харчування. Завдяки обробці даних ШІ, клуби можуть контролювати своїх гравців, щоб зменшити ризик травм. Технології штучного інтелекту можуть точніше прогнозувати та запобігати спортивним травмам шляхом аналізу фізіологічних та біомеханічних даних у режимі реального часу. Вимірюється зовнішнє навантаження: пройдена відстань, прискорення тощо та внутрішнє навантаження: біомаркери, метаболіти тощо і кожне рішення підкріплюється безпрецедентною інформацією [2].

5. ***Нейромережеве моделювання.*** Досвід передової практики свідчить про ефективність використання модельних характеристик техніки найсильніших спортсменів у процесі їх відбору та підготовки за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ). Сьогодні футбольні команди можуть використати нейронні мережі для виявлення закономірностей, які не може помітити тренер. Нейромережу можна навчити на даних про конкретну команду та її склад, щоб передбачати, як гравці будуть реагувати в різних ситуаціях на полі. Такий алгоритм зможе прогнозувати наслідки тактичних змін або того, як, наприклад, гратиме суперник у випадку, якщо ключовий гравець залишить поле через травму. Нейромережа також могла б використовуватися у футболі для прогнозування того, як той чи інший гравець битиме пенальті. Ще один варіант використання нейромереж полягає в оцінці впливу конкретних дій гравців у тій чи іншій ситуації на кінцевий результат. Така інформація є корисною для післяматчевого аналізу.

Необхідно зазначити, що дослідження з використання ШНМ у спорті представлені в основному англомовними авторами. Із вітчизняних науковців потрібно відмітити дослідження Д. Хуртика, який вперше використав моделювання техніки у лижних гонках за допомогою нейронних мереж. У результаті дослідження обґрунтовано використання нейромережевого моделювання у процесі вдосконалення техніки лижників високої кваліфікації. Нейронні мережі багатошарового персептрона було розроблено як модель швидкості загального центру маси лижника в циклі попеременного двокрокового ходу і як радіально-базисної функції – в циклі одночасного безкрокового ходу [7]. С. Совенко на основі нейронних мереж розробив багатофункціональні біомеханічні моделі елементів технічних дій легкоатлетів, які спеціалізуються у спортивній ходьбі. Моделі враховують інформативні антропометричні та біомеханічні характеристики техніки атлетів, які впливають на досягнення високих спортивних результатів [17].

6. ***Спортивне прогнозування.*** Це одна з галузей, яка вимагає високої точності прогнозування через значну кількість грошей, задіяних у ставках. Крім того, менеджери клубів та власники шукають моделі класифікації, щоб зрозуміти та сформулювати стратегії, необхідні для виграшу матчів. Ці моделі базуються на численних ігрових факторах, таких як результати минулих матчів, інформації про те, чи гратиметься матч вдома чи на виїзді, про останні трансфери гравців, останні зміни тренера та персоналу. Проблема полягає в тому, що коли людина передбачає результат матчу, на її рішення впливають такі фактори, як уподобання людини в командах, сприйняття людиною певних гравців у команді тощо. Дослідження Bunker & Thabtah показують, що на рішення може впливати навіть колір екіпіровки команди [3]. Одним із

найбільш практичних застосувань для прогнозування майбутніх матчів, таких як футбол чи крикет, є проект студентів Great Learning «Прогнозування результатів матчів IPL з крикету за допомогою методів штучного інтелекту».

ШІ став асоціюватися з футболом для прогнозування результатів матчів. Завдяки аналізу великих обсягів даних алгоритми машинного навчання можуть передбачати успіх футбольних ігор та їх невдачі. Зараз фахівці з обробки даних використовують ШІ, щоб допомогти командам розробляти точкові сценарії та аналітичні втручання [2]. Розумні алгоритми на основі ШІ здатні імітувати широкий спектр подій. Ця функція допомагає футбольним аналітикам аналізувати інформацію, отриману в результаті симуляцій. Такі спостереження допоможуть приймати рішення щодо того, що відбуватиметься на полі. Це, фактично, допомагає тренерам робити обґрунтований вибір щодо гравців, плануючи майбутню гру.

Існує кілька підходів, за якими штучний інтелект може допомогти в прогнозуванні матчів. Один із них – це опосередковані краудсорсингові дані. Ринки прогнозування, такі, як біржа ставок, дозволяють клієнтам робити ставки на результат окремих подій. Інший підхід полягає у використанні відкритого доступу до даних про минулі матчів та методів машинного навчання для прогнозування ймовірностей результатів матчів [2]. Сайти ставок використовують гібридний підхід краудсорсингу даних, поєднуючись з методами, заснованими на даних, які збалансовують ризики з обох сторін ставки. Рішення на основі штучного інтелекту та дані моніторингу використовуються для підтримки цих ринків прогнозування, особливо на ринках, де немає достатньо можливостей для збору інформації від цільової аудиторії. Один спосіб зробити це – розрахувати ймовірність виграшу. Ймовірність виграшу широко використовується для медіа-цілей майже у всіх видах спорту. Поточне обмеження на виграш базується на ймовірності перемоги середньої команди в заданій матчевій ситуації. Компанія Stats Perform, яка займається ШІ у спорті, використовує моделі для створення компактних представлень з конкретними суперниками та гравцями, щоб покращити ефективність прогнозів [2].

Спортивна аналітика традиційно спирається на дані про матчі та рахунок. Аналогічно, ці прогнози можна робити в режимі реального часу під час гри. Наприклад, використовуючи дані відстеження, можна передбачити в грі у теніс, хто з більшою ймовірністю набере наступне очко в нічиєму рахунку. У футболі також можна передбачити, хто буде наступним гравцем, який візьме м'яч після пасу, або де буде наступний удар у ворота [5].

7. ***Спортивна журналістика.*** Технології ШІ пропонують великий потенціал для покращення журналістики сьогодні, особливо дозволяючи репортерам обробляти великі обсяги даних за обмежений час, створювати та автоматично передавати новини зі структурованих даних. Аналітика на основі ШІ може революціонізувати спортивну журналістику, телерадіомовлення та розробку стратегій, пропонуючи глибше розуміння та обробку інформації в режимі реального часу. Використовуючи можливості обробки природної мови, ШІ може повністю змінити обличчя журналістики. Наприклад, таке програмне забезпечення, як Wordsmith, може обробляти спортивні події і створювати підсумок за день [16]. Системи ШІ можуть автоматично вибирати правильний кут камери для перегляду на екранах глядачів. Отже, ШІ революціонізує світ спорту для тренерів та гравців і суттєво впливає на спортивний досвід глядачів.

8. ***Спорт у віртуальній реальності.*** Технологія віртуальної реальності стає все більш досконалою завдяки комп'ютерному апаратному та програмному забезпеченню та технологіям інтеграції віртуального світу, які можуть динамічно імітувати реальний світ. Завдяки встановленню зв'язку у режимі реального часу між людиною та віртуальним світом технологія віртуальної реальності використовується у спортивних тренуваннях. Вона практикується та відіграє важливу роль у розвитку змагальних видів спорту [18]. Використовуючи VR-гарнітури, спортсмени з усього світу тепер можуть змагатися один з одним віртуально.

9. ***Залучення вболівальників.*** Щоб впоратися зі зростанням бюджетів та амбітними трансферними цілями, команди підвищують ціни на свої квитки на матчі та абонементи. Зростання цін на квитки є серйозною проблемою для вболівальників спорту, що ускладнює для них відвідування стадіонів у щотижневі матчі. Це часто призводить до того, що трибуни стадіону залишаються напівпорожніми під час передбачуваних матчів команди. Команди можуть створити базу даних з такими змінними, як попередня відвідуваність, складність матчу, середня відвідуваність, ціни на квитки, особливі події (такі як перший та останній матчі сезону, День подарунків, перший матч після зимового трансферного вікна тощо) та інші подібні змінні [6]. Після створення бази даних клуби можуть використовувати ШІ для прогнозування ефективних цін на квитки завчасно. ШІ може надавати вболівальникам статистику в режимі реального часу про основні моменти та інший цікавий контент для покращення вражень від гри.

Згідно зі звітом MarketsandMarkets, очікується, що річний темп зростання світового ринку ШІ у спорті буде на рівні 29,8% з 2021 по 2026 рік [13]. У звіті зазначається, що зростання популярності спорту та зростання попиту на персоналізований досвід є рушійною силою зростання ринку. В іншому звіті Grand View Research, Inc. також прогнозується, що річний темп зростання світового ринку спортивної аналітики буде на рівні 18,1% з 2021 по 2028 рік [6]. У звіті констатуються зростаюче використання передових технологій у спорті та зростаюча увага до аналізу результатів гравців як ключових рушійних сил зростання ринку.

Висновки. Штучний інтелект та машинне навчання досягли значного успіху у сфері спорту за останні роки. Напрями застосування ШІ включають тренерську роботу та суддівство з використанням віртуальної реальності та штучного інтелекту, показники результативності гравців, динаміку спортивної журналістики, моделі прогнозування матчів, комплексний спортивний аналіз, запобігання травмам, симуляційні ігри, механізми селекції для об'єктивної оцінки здібностей гравців та виявлення потенційних талантів, управління гравцями та підвищення залученості вболівальників. Зокрема, застосування технології нейронних мереж в спортивних дисциплінах зі стереотипними рухами дає можливість прогнозувати спортивний результат, а також істотно підвищує ефективність тренувального процесу за рахунок індивідуального підходу, точної біомеханічної оцінки техніки основного рухової дії і прийняття об'єктивно обґрунтованого раціонального рішення по його корекції. За яким би напрямом не використовувався штучний інтелект, очевидно, що спорт виграє від технологічної інтеграції.

Перспективи подальших досліджень повязані з визначенням підходів та методів штучного інтелекту, які використовуються для дослідження спортивної результативності та ризику травм в окремих видах спорту, таких як футбол і баскетбол.

References

1.Ahmed, M. Can artificial intelligence modelling approaches assist football clubs in identifying transfer targets, while maintaining a fair transfer market using player performance data? (Doctoral dissertation, Cardiff Metropolitan University), 2016.

2.Arastey G. M. Artificial Intelligence (AI) in Sports, 2021. https://www.sportperformanceanalysis.com/article/artificial-intelligence-ai-in-sports

3.Bunker R. P., Tabtah F. Machine Learning Framework for Sports Performance Prediction, Applied Computing and Computer Science, 2019, Vol 15, Issue 1, 27-33, ISSN 2210-8327, DOI:10.1016/j.aci.2017.09.005

4.Carling C., Bradley P., McCall A. & Dupont G. Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team, Journal of Sports Sciences, 2016, 34(24), 2215-2223.

5.De Silva V., Caine M., Skinner J., Dogan S., Kondoz A., Peter T. & Smith B. Player tracking data analytics as a tool for physical performance management in football: A case study from Chelsea football club academy, Sports, 2018, 6 (4), 130.

6.Grand View Research, Inc. Sports Analytics Market Size, Share & Trends Analysis Report by Component (Software, Services), by Application (Performance Analysis, Player Tracking, Fan Engagement), by Deployment Model, by End-use, and Segment Forecasts, 2021-2028. 2021. Retrieved from https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/sports-analytics-market

7.Imas Y., Khmelnitska I., Khurtyk D., Korobeynikov G., Spivak M., Kovtun V. Neural network modelling of diagonal stride technique of highly qualified skiers with hearing impairments. Journal of Physical Education and Sport, 2018. 18 Supplement, issue 2, Art 181, pp. 1217–1222. https://doi.org/10.7752/jpes.2018.s2181

8.Jha M. S. Can artificial intelligence (AI) win football & others sports matches. 2019. Retrieved from https://www.mygreatlearning.com/blog/artificial-intelligence-can-win-football-matches/

9. Kelly V. G., Leveritt M. D., Brennan C. T., Slater G. J., & Jenkins D. G. Prevalence, knowledge and attitudes relating to β-alanine use among professional footballers, Journal of science and medicine in sport, 2017. 20(1), 12-16.

10. Khmelnitska I., Lisenchuk G., Bogatyrev K., Zhigadlo G., Krupenya S., Zaloylo V. Features of modern motion capture systems. Sport Science Spectrum. 2024; 2: 14–19. https://doi.org/10.32782/spectrum/2024-2-3

11. Kidd R. Man vs Machine: Is Soccer Ready for AI? Retrieved from https://www.forbes.com/sites/robertkidd/2019/08/02/man-vs-machine-is-soccer-ready-for-artificial-intelligence/

12. Lapham A.C. & Bartlett R.M. The use of artificial intelligence in the analysis of sports performance: A review of applications in human gait analysis and future directions for sports biomechanics, Journal of Sports Sciences, 1995, 13:3, 229-237, DOI: 10.1080/02640419508732232

13. MarketWatch. Sports AI Market Worth USD 2.97 Billion by 2026 - Exclusive Report by MarketsandMarkets. Retrieved from https://www.marketwatch.com/press-release/sports-ai-market-worth-usd-297-billion-by- 2026-exclusive-report-by-marketsandmarkets-2021-03-12

14. Minh D., Wang H. X., Li Y. F. & Nguyen T. N. Explainable artificial intelligence: A comprehensive review. Artificial Intelligence Review, 2022, 55, 1-66. https://doi.org/10.1007/s10462-021-10088-y

15. Novachkov H. & Baka A. Artificial intelligence in sports in the example of strength training. Journal of Sports Science and Medicine, 2013:12(1), 27-37.

16. Smith R. AI and its Transformative Role in Sports Journalism and Broadcasting. 2021

17. Sovenko S., Vynohradov V., Edeliev O., Popov S. Characteristics of the technical action model for athletes specializing in race walking within the long-term development system. *Journal of Physical Education and Sport*. 2025. Vol. 25, No. 1. P. 21–29. URL: https://doi.org/10.7752/jpes.2025.01003.

18. Wang J. Research on the Application of Virtual Reality Technology in Competitive Sports, Procedia Engineering, 2012, Vol 29, Page 3659-3662, ISSN 1877-7058, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.548.

19. Yang H., Hua T., Gao S., Xu B., Tang Z., Xu J., Jin H., Srinivasan V. Dynamic Noise Preference Optimization for LLM Self-Improvement via Synthetic Data. arXiv preprint arXiv:2502.05400, 2025