International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

वर्तमान परिवेश में क्रिकेट में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की भूमिका: एक समीक्षात्मक अध्ययन

रवि प्रसाद दीक्षित
शोधार्थी, शारीरिक शिक्षा विभाग,साबरमती विश्वविद्यालय, अहमदाबाद, गुजरात
डॉ. पंकज गायकवाड़
शोध पर्यवेक्षक: ,शारीरिक शिक्षा विभाग, साबरमती विश्वविद्यालय, अहमदाबाद, गुजरात

सारांश
वर्तमान समय में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (Artificial Intelligence—AI) ने खेल जगत, विशेष रूप से क्रिकेट, के विभिन्न आयामों में महत्वपूर्ण परिवर्तन किए हैं। क्रिकेट विश्लेषण, खिलाड़ी प्रदर्शन मूल्यांकन, रणनीति निर्माण, चोट जोखिम पूर्वानुमान, मैच परिणाम पूर्वानुमान, अंपायरिंग निर्णयों की सटीकता तथा दर्शकों के अनुभव को बेहतर बनाने में AI-आधारित तकनीकों का व्यापक उपयोग हो रहा है। प्रस्तुत समीक्षात्मक अध्ययन का उद्देश्य क्रिकेट में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के विभिन्न अनुप्रयोगों, उपलब्धियों, चुनौतियों तथा भविष्य की संभावनाओं का विश्लेषण करना है। इस अध्ययन में द्वितीयक स्रोतों पर आधारित साहित्य समीक्षा पद्धति अपनाई गई है, जिसके अंतर्गत वर्ष 2015 से 2025 के मध्य प्रकाशित शोध-पत्रों, पुस्तकों, प्रतिष्ठित जर्नलों तथा वैज्ञानिक डेटाबेस से प्राप्त अध्ययनों का विश्लेषण किया गया है। अध्ययन से स्पष्ट होता है कि मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग, कंप्यूटर विज़न, बिग डेटा एनालिटिक्स तथा प्रेडिक्टिव मॉडलिंग जैसी AI तकनीकों ने खिलाड़ी चयन, प्रदर्शन विश्लेषण, बॉल-ट्रैकिंग, नो-बॉल पहचान, चोटों की रोकथाम तथा टीम रणनीति निर्धारण की प्रक्रिया को अधिक वैज्ञानिक एवं सटीक बनाया है। साथ ही, निर्णय समीक्षा प्रणाली (DRS), स्वचालित वीडियो विश्लेषण तथा डेटा-आधारित प्रदर्शन मूल्यांकन ने कोचों, खिलाड़ियों एवं खेल प्रबंधन संस्थाओं को अधिक प्रभावी निर्णय लेने में सहायता प्रदान की है। यद्यपि AI के उपयोग से डेटा गोपनीयता, एल्गोरिदमिक पक्षपात, उच्च लागत तथा तकनीकी अवसंरचना जैसी चुनौतियाँ भी सामने आई हैं, फिर भी इसका प्रभाव क्रिकेट के भविष्य को अधिक तकनीक-संचालित, पारदर्शी एवं प्रतिस्पर्धी बनाने की दिशा में अत्यंत महत्वपूर्ण है। यह अध्ययन शोधकर्ताओं, खेल वैज्ञानिकों, प्रशिक्षकों तथा खेल प्रबंधन से जुड़े विशेषज्ञों के लिए उपयोगी संदर्भ सामग्री प्रदान करता है तथा क्रिकेट में AI के प्रभावी एवं उत्तरदायी उपयोग हेतु भविष्य के अनुसंधान की संभावित दिशाओं को भी रेखांकित करता है।
मुख्य शब्द: आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, क्रिकेट विश्लेषण, मशीन लर्निंग, प्रदर्शन पूर्वानुमान, कंप्यूटर विज़न

1. प्रस्तावना (Introduction)

1.1 अध्ययन की पृष्ठभूमि एवं वैचारिक संदर्भ

क्रिकेट को प्रायः "अनिश्चितताओं का खेल" कहा जाता रहा है। यह विशेषण जिस अप्रत्याशितता की ओर संकेत करता है, वही अप्रत्याशितता विरोधाभासी रूप से आँकड़ा-विज्ञान के लिए सर्वाधिक उर्वर भूमि

सिद्ध हुई है। कारण स्पष्ट है — क्रिकेट संभवतः विश्व का सर्वाधिक आँकड़ा-सघन (data-dense) खेल है। प्रत्येक गेंद एक स्वतंत्र, विवेच्य घटना है जिससे दर्जनों चर संबद्ध होते हैं: गेंदबाज़ की गति, गेंद की लंबाई एवं दिशा, स्विंग एवं सीम का कोण, पिच की स्थिति, बल्लेबाज़ की स्थिति एवं शॉट-चयन, क्षेत्ररक्षण-विन्यास, तथा परिणाम। एक पंचदिवसीय टेस्ट मैच में ऐसी लगभग 2,700 घटनाएँ अभिलेखित होती हैं।
आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (कृत्रिम बुद्धिमत्ता) से आशय उन संगणकीय प्रणालियों से है जो ऐसे कार्य संपादित करने में सक्षम हैं जिनके लिए पारंपरिक रूप से मानव बुद्धि आवश्यक मानी जाती थी — प्रतिरूप-पहचान (pattern recognition), पूर्वानुमान, निर्णयन, भाषा-बोधन एवं दृश्य-विश्लेषण। खेल के संदर्भ में इसकी तीन प्रमुख उपशाखाएँ विशेष महत्त्व रखती हैं: मशीन लर्निंग (अनुभव से स्वतः सीखने वाले एल्गोरिथम), कंप्यूटर विज़न (दृश्य-आँकड़ों का स्वचालित विश्लेषण) तथा गहन अधिगम (deep learning), जो बहुस्तरीय तंत्रिका-जाल के माध्यम से जटिल अरैखिक संबंधों को प्रतिरूपित करता है।
क्रिकेट में प्रौद्योगिकी का प्रवेश कोई नवीन घटना नहीं है। 1992 में तृतीय अंपायर की व्यवस्था, 2001 में हॉक-आई का प्रादुर्भाव तथा 2008–09 में निर्णय समीक्षा प्रणाली (DRS) का औपचारिक समावेश इस यात्रा के प्रमुख पड़ाव रहे हैं। किन्तु विगत एक दशक में जो परिवर्तन हुआ है वह मात्रात्मक नहीं, गुणात्मक है — प्रौद्योगिकी अब केवल विवादित निर्णयों की समीक्षा का उपकरण नहीं रह गई, वरन् वह रणनीति-निर्माण, नीलामी-मूल्यांकन, प्रशिक्षण-नियोजन एवं चोट-निवारण के केंद्र में स्थापित हो चुकी है।
भारतीय परिप्रेक्ष्य में यह विषय विशेष महत्त्व रखता है। भारत न केवल विश्व क्रिकेट का आर्थिक केंद्र है, अपितु वह वैश्विक सूचना-प्रौद्योगिकी सेवाओं का भी एक प्रमुख आधार है। IPL की फ्रैंचाइज़ियों ने आँकड़ा-विश्लेषण दलों में जो निवेश किया है, उसने घरेलू क्रिकेट-प्रबंधन की संस्कृति को मूल रूप से बदला है। तथापि इस रूपांतरण का लाभ अभी शीर्ष स्तर तक ही सीमित है — रणजी ट्रॉफी, आयु-वर्गीय क्रिकेट तथा जमीनी स्तर के प्रशिक्षण-केंद्र इस तकनीकी क्रांति से प्रायः अछूते हैं।

1.2 क्रिकेट में AI के प्रमुख अनुप्रयोग-क्षेत्र

वर्तमान परिवेश में क्रिकेट में AI के अनुप्रयोगों को चार व्यापक श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है, और यही वर्गीकरण प्रस्तुत समीक्षा का संरचनात्मक आधार भी है।
प्रथम — निर्णय-सहायता एवं अंपायरिंग। हॉक-आई की बहु-कैमरा प्रणाली गेंद के त्रिविमीय प्रक्षेप-पथ का पुनर्निर्माण करती है; अल्ट्राएज एवं स्निकोमीटर ध्वनि-तरंगों के विश्लेषण से बल्ले एवं गेंद के संपर्क का निर्धारण करते हैं; हॉट-स्पॉट अवरक्त (infrared) प्रतिबिंबन का प्रयोग करता है। इन सभी में प्रतिरूप-पहचान एवं प्रक्षेप-पथ अतिरेकीकरण (extrapolation) हेतु मशीन-लर्निंग एल्गोरिथम केंद्रीय भूमिका निभाते हैं। हाल के वर्षों में नो-बॉल की स्वचालित पहचान तथा प्रयोगात्मक स्तर पर स्वचालित LBW-निर्णयन भी विकसित हुए हैं।
द्वितीय — प्रदर्शन विश्लेषण एवं रणनीति-निर्माण। इसमें बल्लेबाज़ की कमज़ोरी-क्षेत्र (weak zone) पहचान, गेंदबाज़ी-आक्रमण का अनुकूलन, क्षेत्ररक्षण-विन्यास का प्रतिरूपण, तथा मैच-परिणाम एवं स्कोर का पूर्वानुमान सम्मिलित है। WASP (Winning and Score Predictor) तथा IPL नीलामी में प्रयुक्त खिलाड़ी-मूल्यांकन मॉडल इसी श्रेणी के उदाहरण हैं।
तृतीय — चोट-पूर्वानुमान एवं भार-प्रबंधन। GPS संवेदक, जड़त्वीय मापन इकाइयाँ (IMUs), हृदय-गति परिवर्तनशीलता (HRV) मॉनिटर तथा जैव-यांत्रिक विश्लेषण से प्राप्त सतत आँकड़ों को मशीन-

लर्निंग मॉडलों में समाहित कर चोट के जोखिम का पूर्वानुमान लगाया जाता है। तेज़ गेंदबाज़ों की काठ-कशेरुका (lumbar vertebrae) की तनाव-भंग चोटें इस क्षेत्र का सर्वाधिक अध्ययनित विषय हैं।

चतुर्थ — प्रसारण, दर्शक-अनुभव एवं व्यावसायिक अनुप्रयोग। स्वचालित हाइलाइट-निर्माण, बहुभाषी कमेंट्री का संश्लेषण, वास्तविक-समय ग्राफ़िक्स, वैयक्तिकृत सामग्री-अनुशंसा, फ़ैंटेसी क्रिकेट के अनुशंसा-तंत्र तथा भ्रष्टाचार-निरोधक इकाइयों द्वारा संदिग्ध सट्टेबाज़ी-प्रतिरूपों की पहचान — ये सभी AI-संचालित हैं।

1.3 समस्या-कथन एवं शोध-अंतराल

यद्यपि क्रिकेट में AI के अनुप्रयोग पर तकनीकी शोध की मात्रा विगत दशक में तीव्रता से बढ़ी है, तथापि इस साहित्य में कुछ स्पष्ट अंतराल विद्यमान हैं। प्रथम, अधिकांश अध्ययन अभियांत्रिकी अथवा संगणक-विज्ञान के परिप्रेक्ष्य से लिखे गए हैं और उनमें एल्गोरिथम की शुद्धता (accuracy) पर बल है, जबकि खेल-वैज्ञानिक अथवा प्रशिक्षण-व्यावहारिक निहितार्थों की विवेचना अत्यल्प है। द्वितीय, चारों अनुप्रयोग-क्षेत्रों को एक समेकित समीक्षा-ढाँचे में रखकर उनका तुलनात्मक मूल्यांकन करने वाला अध्ययन दुर्लभ है। तृतीय, हिन्दी अथवा अन्य भारतीय भाषाओं में इस विषय पर व्यवस्थित समीक्षा-साहित्य लगभग अनुपस्थित है, जबकि क्रिकेट का सर्वाधिक बड़ा उपभोक्ता-वर्ग इन्हीं भाषाओं में विमर्श करता है। चतुर्थ, AI के नैतिक, आर्थिक एवं समतामूलक आयामों — विशेषतः संसाधन-संपन्न एवं संसाधन-विहीन क्रिकेट-बोर्डों के बीच बढ़ती "डिजिटल खाई" — पर आलोचनात्मक विमर्श सीमित रहा है। यही अंतराल प्रस्तुत समीक्षा का औचित्य निर्मित करते हैं।

2. साहित्य समीक्षा (Literature Review)

2.1 निर्णय-सहायता, अंपायरिंग एवं कंप्यूटर विज़न

क्रिकेट में AI का सर्वाधिक दृश्यमान एवं जनसामान्य द्वारा परिचित अनुप्रयोग निर्णय समीक्षा प्रणाली (DRS) है। इस प्रणाली का तकनीकी हृदय हॉक-आई है, जो मैदान के चारों ओर स्थापित छह से दस उच्च-गति कैमरों (प्रायः 340 फ्रेम प्रति सेकंड) से प्राप्त द्विविमीय प्रतिबिंबों को त्रिकोणीकरण (triangulation) द्वारा त्रिविमीय निर्देशांकों में रूपांतरित करती है, तत्पश्चात् प्रक्षेप्य-गति के भौतिक समीकरणों एवं प्रतिरूप-अधिगम मॉडलों के संयोजन से गेंद के भावी पथ का अतिरेकीकरण करती है। Sharma और Verma (2020) ने इस प्रणाली की शुद्धता का स्वतंत्र मूल्यांकन प्रस्तुत करते हुए यह पाया कि नियंत्रित परिस्थितियों में प्रक्षेप-पथ पूर्वानुमान की औसत त्रुटि लगभग 5 से 8 मिलीमीटर के परास में रहती है। यही कारण है कि अंतर्राष्ट्रीय क्रिकेट परिषद (ICC) ने LBW निर्णयों में "अंपायर्स कॉल" की अवधारणा को बनाए रखा है — यह स्वीकारोक्ति कि सीमांत प्रकरणों में एल्गोरिथमिक अनिश्चितता को मानव निर्णय के पक्ष में हल किया जाना चाहिए।

अल्ट्राएज एवं स्निको जैसी श्रव्य-आधारित प्रणालियाँ स्टंप-माइक्रोफ़ोन से प्राप्त ध्वनि-तरंगों का समय-आवृत्ति विश्लेषण करती हैं। Bhattacharya et al. (2021) ने यह दर्शाया कि तंत्रिका-जाल आधारित वर्गीकारक बल्ले-गेंद संपर्क की ध्वनि-हस्ताक्षर को पैड अथवा भूमि-संपर्क से 92 प्रतिशत से अधिक शुद्धता के साथ पृथक कर सकते हैं।

नो-बॉल की स्वचालित पहचान इस क्षेत्र का एक उल्लेखनीय व्यावहारिक विकास है। परंपरागत रूप से यह निर्णय क्षेत्रीय अंपायर की दृष्टि पर निर्भर था, जिसमें त्रुटि-दर उल्लेखनीय रूप से उच्च थी। 2020 के उपरांत IPL सहित प्रमुख लीगों में कंप्यूटर-विज़न आधारित स्वचालित प्रणाली अपनाई गई, जिसमें

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

गेंदबाज़ के अग्र-पाद की स्थिति का फ्रेम-दर-फ्रेम विश्लेषण किया जाता है। Iyer और Menon (2022) ने इस प्रणाली के मूल्यांकन में पाया कि इससे निर्णय-विलंब में कमी आई तथा मानव त्रुटि में उल्लेखनीय ह्रास हुआ, यद्यपि अत्यधिक धूल अथवा प्रतिकूल प्रकाश-स्थितियों में प्रणाली की विश्वसनीयता घटती है। मुख्य आलोचना यह रही है कि हॉक-आई का पूर्वानुमान-भाग अंततः एक प्रतिरूपित अनुमान है, वास्तविक प्रेक्षण नहीं। स्विंग अथवा स्पिन की उस मात्रा को, जो संपर्क-बिंदु के पश्चात् घटित होती, प्रणाली भौतिक मॉडल के आधार पर अनुमानित करती है। यही अनिश्चितता "अंपायर्स कॉल" विवाद का मूल है और वह प्रश्न उठाती है कि क्या दर्शकों के समक्ष प्रस्तुत निश्चयात्मक ग्राफ़िक्स एल्गोरिथमिक अनिश्चितता को अनुचित रूप से छिपाते हैं।

तालिका 1: क्रिकेट में प्रयुक्त प्रमुख AI-आधारित निर्णय-सहायता एवं दृश्य-विश्लेषण प्रणालियाँ

प्रणाली	अंतर्निहित तकनीक	मुख्य अनुप्रयोग	प्रचालन शुद्धता (सन्निकट)	प्रमुख सीमा
हॉक-आई (Hawk-Eye)	बहु-कैमरा त्रिकोणीकरण + प्रक्षेप-पथ मॉडलिंग	LBW निर्णय, पिच-मानचित्र, बीटन-ट्रैक	त्रुटि ≈ 5–8 मिमी	संपर्कोत्तर पथ अनुमानित, प्रेक्षित नहीं
अल्ट्राएज / स्निको	श्रव्य संकेत प्रसंस्करण + तंत्रिका-जाल वर्गीकरण	काँटा (edge) पहचान, कैच अपील	≈ 90–94%	पृष्ठभूमि-शोर से संवेदनशीलता
हॉट-स्पॉट	अवरक्त तापीय प्रतिबिंबन	सूक्ष्म संपर्क की पहचान	≈ 88–92%	उच्च लागत, आर्द्रता से प्रभावित
स्वचालित नो-बॉल प्रणाली	कंप्यूटर विज़न + मुद्रा आकलन	अग्र-पाद उल्लंघन की पहचान	≈ 95–98%	प्रकाश एवं धूल पर निर्भर
पिच-विजन विश्लेषण	छवि विभाजन (segmentation) + CNN	पिच-अवस्था, दरार-वितरण आकलन	प्रायोगिक चरण	मानकीकृत सत्यापन का अभाव
खिलाड़ी-ट्रैकिंग प्रणाली	बहु-वस्तु ट्रैकिंग + गहन अधिगम	क्षेत्ररक्षण-विन्यास, गति-दूरी विश्लेषण	≈ 90–95%	भीड़-अवरोध (occlusion) की समस्या

नोट: शुद्धता-मान समीक्षित साहित्य एवं सार्वजनिक तकनीकी प्रतिवेदनों से संकलित सन्निकट परास हैं; निर्माता-कंपनियों द्वारा पूर्ण एल्गोरिथमिक विवरण सार्वजनिक न किए जाने के कारण स्वतंत्र सत्यापन सीमित है।

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

2.2 प्रदर्शन विश्लेषण, प्रतिभा-पहचान एवं परिणाम-पूर्वानुमान

प्रदर्शन-विश्लेषण के क्षेत्र में AI का प्रयोग दो स्तरों पर होता है — वर्णनात्मक (descriptive), जो घटित प्रदर्शन का सूक्ष्म विश्लेषण करता है, तथा पूर्वानुमानात्मक (predictive), जो भावी प्रदर्शन का आकलन करता है।

मैच-परिणाम पूर्वानुमान इस क्षेत्र का सर्वाधिक अध्ययनित उपविषय है। Kumar और Roy (2019) ने IPL के आँकड़ों पर विभिन्न वर्गीकारकों की तुलना करते हुए यह पाया कि रैंडम फ़ॉरेस्ट एवं ग्रेडिएंट बूस्टिंग आधारित मॉडल तार्किक प्रतिगमन की तुलना में उल्लेखनीय रूप से श्रेष्ठ प्रदर्शन करते हैं, विशेषतः जब टॉस-परिणाम, स्थल-विशिष्ट ऐतिहासिक प्रवृत्ति एवं खिलाड़ी-रूप (form) जैसे चरों को सम्मिलित किया जाता है।

Passi और Pandey (2018) का कार्य इस क्षेत्र में विशेष रूप से उद्धृत रहा है, जिसमें उन्होंने बल्लेबाज़ द्वारा बनाए जाने वाले रनों तथा गेंदबाज़ द्वारा लिए जाने वाले विकेटों के पूर्वानुमान हेतु पृथक-पृथक वर्गीकरण मॉडल विकसित किए। उनके निष्कर्ष के अनुसार रैंडम फ़ॉरेस्ट ने दोनों ही कार्यों में सर्वोत्तम शुद्धता प्रदर्शित की, तथा खिलाड़ी की निरंतरता (consistency) एवं स्थल-अनुकूलता जैसे व्युत्पन्न चर पूर्वानुमान-क्षमता को उल्लेखनीय रूप से बढ़ाते हैं।

गहन-अधिगम के आगमन ने इस क्षेत्र को नई दिशा दी है। चूँकि क्रिकेट के आँकड़े स्वभावतः अनुक्रमिक (sequential) होते हैं — प्रत्येक गेंद पूर्ववर्ती गेंदों के संदर्भ में अर्थ ग्रहण करती है — अतः पुनरावर्ती तंत्रिका-जाल (RNN) एवं दीर्घ-अल्पकालिक स्मृति (LSTM) संरचनाएँ विशेष रूप से उपयुक्त सिद्ध हुई हैं। Gupta और Srinivasan (2023) ने LSTM-आधारित मॉडल का प्रयोग करते हुए यह दर्शाया कि गेंद-दर-गेंद स्कोर-पूर्वानुमान में यह दृष्टिकोण पारंपरिक डकवर्थ-लुईस-स्टर्न पद्धति की तुलना में अधिक संवेदनशील एवं संदर्भ-सचेत परिणाम देता है।

प्रतिभा-पहचान एवं नीलामी-मूल्यांकन एक व्यावसायिक दृष्टि से अत्यंत महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग है। IPL की नीलामी में फ्रैंचाइज़ियाँ अब खिलाड़ी के मूल्य का आकलन बहु-चर प्रतिगमन एवं समूहन (clustering) मॉडलों के आधार पर करती हैं, जिनमें प्रदर्शन-आँकड़ों के साथ-साथ आयु, चोट-इतिहास, भूमिका-लचीलापन एवं दबाव-स्थितियों में प्रदर्शन जैसे चर सम्मिलित होते हैं। Ahmed और Khan (2021) ने इस दिशा में एक बहुउद्देश्यीय अनुकूलन ढाँचा प्रस्तुत किया जो बजट-सीमा के अंतर्गत संतुलित टीम-संयोजन का सुझाव देता है।

तथापि इन मॉडलों की कुछ अंतर्निहित सीमाएँ भी रेखांकित की गई हैं। सर्वप्रमुख यह कि क्रिकेट में अंतर्निहित यादृच्छिकता (stochasticity) अत्यधिक है — एक तेज़ कैच छूट जाना अथवा मौसम का हस्तक्षेप संपूर्ण पूर्वानुमान को निरर्थक बना सकता है। द्वितीय, ऐतिहासिक आँकड़ों पर प्रशिक्षित मॉडल विद्यमान पूर्वाग्रहों को पुनरुत्पादित करते हैं; यदि किसी शैली के खिलाड़ी को अतीत में कम अवसर मिले हैं, तो मॉडल उसे भविष्य में भी न्यून आँकेगा। तृतीय, T20 प्रारूप की तीव्र विकसनशीलता के कारण पाँच वर्ष पुराने आँकड़ों पर प्रशिक्षित मॉडल वर्तमान खेल-शैली का सटीक प्रतिनिधित्व नहीं कर पाते — यह समस्या साहित्य में "संकल्पना-विचलन" (concept drift) के नाम से जानी जाती है।

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

तालिका 2: प्रदर्शन-पूर्वानुमान हेतु प्रयुक्त प्रमुख मशीन-लर्निंग तकनीकों का तुलनात्मक विवरण

तकनीक	उपयुक्त कार्य	प्रमुख गुण	शुद्धता-परास	मुख्य सीमा
तार्किक प्रतिगमन	मैच-परिणाम का द्विआधारी पूर्वानुमान	सरल, व्याख्येय	≈ 60–68%	अरैखिक संबंध नहीं पकड़ता
निर्णय वृक्ष (Decision Tree)	खिलाड़ी-वर्गीकरण, नियम-निष्कर्षण	अत्यंत व्याख्येय	≈ 62–70%	अति-आसंजन (overfitting) की प्रवृत्ति
रैंडम फ़ॉरेस्ट	रन/विकेट पूर्वानुमान, परिणाम पूर्वानुमान	प्रबल, चर-महत्त्व दर्शाता है	≈ 72–85%	संगणकीय भार अधिक
SVM	शॉट-वर्गीकरण, गेंद-प्रकार पहचान	उच्च-विमीय आँकड़ों में प्रभावी	≈ 70–80%	बड़े आँकड़ा-समुच्चय में मंद
XGBoost / ग्रेडिएंट बूस्टिंग	बहु-चर परिणाम पूर्वानुमान	प्रायः सर्वोच्च शुद्धता	≈ 78–88%	प्राचल-समायोजन जटिल
LSTM / RNN	गेंद-दर-गेंद अनुक्रमिक पूर्वानुमान	समय-क्रम संदर्भ ग्रहण करता है	≈ 75–86%	विशाल प्रशिक्षण-आँकड़ा आवश्यक
CNN	वीडियो से शॉट एवं क्रिया-पहचान	दृश्य-प्रतिरूप में श्रेष्ठ	≈ 85–93%	अभिलेखन-कोण पर निर्भर

नोट: शुद्धता-परास विभिन्न अध्ययनों, आँकड़ा-समुच्चयों एवं प्रारूपों (टेस्ट/ODI/T20) में प्राप्त मानों का संश्लेषण है; प्रत्यक्ष तुलना में सावधानी अपेक्षित क्योंकि मूल्यांकन-प्रोटोकॉल भिन्न रहे हैं।

2.3 चोट-पूर्वानुमान, भार-प्रबंधन एवं जैव-यांत्रिकी

क्रिकेट में चोटों का आर्थिक एवं खेल-संबंधी व्यय अत्यधिक है, और इस क्षेत्र में AI का अनुप्रयोग संभवतः खिलाड़ी-कल्याण की दृष्टि से सर्वाधिक सार्थक है। तेज़ गेंदबाज़ इस दृष्टि से सर्वाधिक संवेदनशील समूह हैं: गेंद छोड़ते समय अग्र-पाद पर शरीर-भार के पाँच से आठ गुना तक का बल आरोपित होता है, और यह पुनरावृत्त भार काठ-कशेरुका की तनाव-भंग (lumbar stress fracture) का प्रमुख कारण बनता है।

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

इस क्षेत्र का सैद्धांतिक आधार तीव्र-दीर्घकालिक कार्यभार अनुपात (Acute:Chronic Workload Ratio, ACWR) की संकल्पना है, जिसे Gabbett (2016) ने व्यापक रूप से प्रतिष्ठित किया। इसके अनुसार जब हाल का प्रशिक्षण-भार दीर्घकालिक औसत की तुलना में एक निश्चित सीमा से अधिक बढ़ता है, तो चोट का जोखिम अरैखिक रूप से बढ़ जाता है। AI का योगदान इस संकल्पना को एक स्थिर सूत्र से आगे ले जाकर व्यक्ति-विशिष्ट, बहु-चर एवं गतिशील प्रतिरूपण में रूपांतरित करने में है।

Warren et al. (2018) ने पेशेवर तेज़ गेंदबाज़ों के आँकड़ों पर मशीन-लर्निंग मॉडलों का अनुप्रयोग करते हुए यह दर्शाया कि गेंदबाज़ी-भार के साथ-साथ पुनर्प्राप्ति-सूचकांक, निद्रा-गुणवत्ता एवं पूर्व चोट-इतिहास को सम्मिलित करने पर पूर्वानुमान-क्षमता उल्लेखनीय रूप से बढ़ती है। Tiwari और Deshmukh (2022) ने भारतीय घरेलू गेंदबाज़ों पर आधारित अध्ययन में समान प्रवृत्ति की पुष्टि की।

जैव-यांत्रिक विश्लेषण में कंप्यूटर-विज़न आधारित मुद्रा-आकलन एक क्रांतिकारी विकास सिद्ध हुआ है। परंपरागत रूप से गेंदबाज़ी-क्रिया का विश्लेषण प्रयोगशाला में परावर्तक चिह्नों (reflective markers) एवं महँगी गति-अभिग्रहण प्रणालियों से किया जाता था। अब OpenPose एवं समकक्ष गहन-अधिगम ढाँचों की सहायता से साधारण वीडियो से ही संधि-कोणों का आकलन संभव है। Patel और Mishra (2021) ने यह प्रदर्शित किया कि यह विधि गेंदबाज़ी-क्रिया की "मिश्रित क्रिया" प्रवृत्ति की पहचान में प्रयोगशाला-आधारित विधियों के निकट परिणाम देती है, जबकि इसकी लागत अत्यंत न्यून है — यह विकासशील देशों की जमीनी अवसंरचना के लिए विशेष रूप से महत्त्वपूर्ण निहितार्थ रखता है।

संदिग्ध गेंदबाज़ी-क्रिया (chucking) के आकलन में भी यही तकनीक प्रयुक्त होने लगी है, जहाँ कोहनी के विस्तार-कोण की 15-डिग्री सीमा का मापन अब जड़त्वीय संवेदकों एवं दृश्य-विश्लेषण के संयोजन से मैदान पर ही संभव है।

इस क्षेत्र की प्रमुख सीमा आँकड़ा-दुर्लभता (data scarcity) है। गंभीर चोटें सौभाग्यवश अपेक्षाकृत विरल घटनाएँ हैं, अतः प्रशिक्षण-आँकड़ों में वर्ग-असंतुलन (class imbalance) की समस्या उत्पन्न होती है, जिससे मॉडल उच्च समग्र शुद्धता तो दर्शाते हैं किन्तु वास्तविक चोट-प्रकरणों की पहचान में उनकी संवेदनशीलता सीमित रहती है। द्वितीय सीमा नैतिक है — यदि किसी एल्गोरिथम के जोखिम-आकलन के आधार पर खिलाड़ी को अनुबंध अथवा चयन से वंचित किया जाए, तो इसके गंभीर व्यावसायिक एवं विधिक निहितार्थ उत्पन्न होते हैं।

तालिका 3: चोट-पूर्वानुमान एवं भार-प्रबंधन में प्रयुक्त AI-अनुप्रयोगों का विवरण

अनुप्रयोग क्षेत्र	आँकड़ा-स्रोत	प्रयुक्त तकनीक	पूर्वानुमान क्षमता	प्रमुख चुनौती
काठ तनाव-भंग जोखिम	गेंदबाज़ी-भार, ACWR, चोट-इतिहास	रैंडम फ़ॉरेस्ट, लॉजिस्टिक मॉडल	AUC ≈ 0.70–0.82	चोट-प्रकरणों की विरलता
कंधा एवं भुजा अति-उपयोग	IMU संवेदक, थ्रो-गणना	SVM, ग्रेडिएंट बूस्टिंग	AUC ≈ 0.65–0.75	संवेदक-अनुपालन की समस्या

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

अनुप्रयोग क्षेत्र	आँकड़ा-स्रोत	प्रयुक्त तकनीक	पूर्वानुमान क्षमता	प्रमुख चुनौती
हैमस्ट्रिंग तनाव	GPS गति-आँकड़े, स्प्रिंट-भार	समूह विधियाँ (ensemble)	AUC ≈ 0.68–0.78	व्यक्ति-भिन्नता अधिक
गेंदबाज़ी-क्रिया विश्लेषण	वीडियो, मुद्रा-आकलन	CNN + OpenPose ढाँचा	संधि-कोण त्रुटि ≈ 3–6°	कैमरा-कोण एवं परिशुद्धता
थकान एवं पुनर्प्राप्ति निगरानी	HRV, निद्रा, स्व-प्रतिवेदित भार	अनुक्रमिक मॉडल (LSTM)	सहसंबंध r ≈ 0.6–0.75	स्व-प्रतिवेदन की व्यक्तिपरकता
वापसी-योग्यता निर्धारण	पुनर्वास-प्रगति, कार्यात्मक परीक्षण	निर्णय-समर्थन मॉडल	प्रायोगिक चरण	अल्प नमूना-आकार

नोट: AUC (Area Under the Curve) 0.5 से 1.0 के मध्य मापा जाता है, जहाँ 0.5 यादृच्छिक अनुमान तथा 1.0 पूर्ण पूर्वानुमान को दर्शाता है; 0.70 से अधिक मान सामान्यतः स्वीकार्य माने जाते हैं।

2.4 प्रसारण, दर्शक-अनुभव, व्यावसायिक अनुप्रयोग एवं नैतिक विमर्श

AI का चौथा प्रमुख क्षेत्र खेल के दर्शक-सम्मुख पक्ष से संबद्ध है। स्वचालित हाइलाइट-निर्माण इसका सर्वाधिक प्रचलित उदाहरण है, जिसमें कंप्यूटर-विज़न मॉडल दर्शकों की प्रतिक्रिया, कमेंटेटर की स्वर-तीव्रता, खिलाड़ियों की भाव-भंगिमा एवं स्कोर-परिवर्तन जैसे बहु-विधिक संकेतों के संयोजन से महत्त्वपूर्ण क्षणों की पहचान करते हैं। Rao और Chatterjee (2020) ने इस दिशा में एक बहु-विधिक ढाँचा प्रस्तुत किया जो मैच-समाप्ति के कुछ ही मिनटों के भीतर संक्षिप्त संस्करण तैयार कर सकता है।

बहुभाषी प्रसारण के क्षेत्र में स्वचालित वाक्-संश्लेषण एवं अनुवाद प्रौद्योगिकी ने भारत जैसे भाषायी-विविध देश में विशेष महत्त्व अर्जित किया है, जहाँ एक ही मैच का प्रसारण दर्जन भर से अधिक भाषाओं में किया जाता है।

खेल-सत्यनिष्ठा की दृष्टि से AI का एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग सट्टेबाज़ी-प्रतिरूपों की असंगति-पहचान है। ICC की भ्रष्टाचार-निरोधक इकाई अब ऐसी प्रणालियों का उपयोग करती है जो सट्टा-बाज़ार में असामान्य प्रवाह की पहचान कर संदिग्ध गतिविधियों को चिह्नित करती हैं।

तथापि इन सभी अनुप्रयोगों के साथ गंभीर नैतिक प्रश्न भी संलग्न हैं, जिन पर साहित्य में बढ़ता हुआ ध्यान केंद्रित हुआ है।

- **आँकड़ा-स्वामित्व एवं गोपनीयता:** खिलाड़ी के शारीरिक, जैविक एवं निष्पादन-संबंधी आँकड़े अत्यंत संवेदनशील हैं। प्रश्न यह है कि इन आँकड़ों का स्वामी कौन है — खिलाड़ी, फ्रैंचाइज़ी, बोर्ड अथवा प्रौद्योगिकी-प्रदाता? खिलाड़ी-संघों ने इस दिशा में स्पष्ट संविदात्मक ढाँचे की माँग उठाई है।
- **एल्गोरिथमिक पूर्वाग्रह:** ऐतिहासिक आँकड़ों पर प्रशिक्षित मॉडल अतीत के चयन-पूर्वाग्रहों को संहिताबद्ध कर सकते हैं, जिससे अपरंपरागत शैली के अथवा कम-प्रतिनिधित्व वाले क्षेत्रों के खिलाड़ी व्यवस्थित रूप से अवमूल्यित हो सकते हैं।

International Journal of Advanced Research and Multidisciplinary Trends (IJARMT)
An International Open Access, Peer-Reviewed Refereed Journal
Impact Factor: 6.4 Website: https://ijarmt.com ISSN No.: 3048-9458

- **अपारदर्शिता (ब्लैक-बॉक्स समस्या):** गहन-अधिगम मॉडलों की आंतरिक तर्क-प्रक्रिया प्रायः अव्याख्येय रहती है। जब कोई निर्णय किसी खिलाड़ी के कैरियर को प्रभावित करता है, तो व्याख्येयता (explainability) एक नैतिक अनिवार्यता बन जाती है — यही कारण है कि व्याख्येय AI (XAI) पर शोध का महत्त्व बढ़ रहा है।
- **संसाधन-असमानता:** उन्नत AI-अवसंरचना अत्यंत व्ययसाध्य है। इसका परिणाम यह है कि संपन्न बोर्ड एवं फ्रैंचाइज़ियाँ एक स्थायी विश्लेषणात्मक बढ़त प्राप्त कर लेती हैं, जबकि सहयोगी सदस्य-देश तथा भारत के ही अनेक राज्य-संघ इस दौड़ में पीछे छूट जाते हैं। यह "डिजिटल खाई" खेल की प्रतिस्पर्धात्मक समता के लिए दीर्घकालिक चुनौती है।
- **खेल के सौंदर्यबोध पर प्रभाव:** कुछ विद्वानों ने यह चिंता व्यक्त की है कि अत्यधिक आँकड़ा-निर्भरता खेल की सहजता एवं अंतर्ज्ञानात्मक सौंदर्य को क्षीण कर सकती है, तथा प्रशिक्षण को यांत्रिक अनुकूलन-अभ्यास में परिणत कर सकती है।

समेकित रूप से, साहित्य एक संतुलित निष्कर्ष की ओर संकेत करता है: AI उन क्षेत्रों में सर्वाधिक प्रभावी है जहाँ कार्य सुपरिभाषित, आँकड़ा-सघन एवं पुनरावृत्त हो — जैसे प्रक्षेप-पथ अभिकलन अथवा दृश्य-वर्गीकरण। इसके विपरीत, जहाँ निर्णय में मानवीय संदर्भ, मनोवैज्ञानिक अवस्था एवं दीर्घकालिक विवेक की भूमिका है — जैसे कप्तानी, नेतृत्व-चयन अथवा दबाव-प्रबंधन — वहाँ AI का योगदान अभी सहायक भूमिका तक ही सीमित है।

3. शोध पद्धति

प्रस्तुत अध्ययन में द्वितीयक स्रोतों पर आधारित समीक्षात्मक अनुसंधान पद्धति का उपयोग किया गया है। इस अध्ययन का मुख्य उद्देश्य वर्तमान परिवेश में क्रिकेट में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की भूमिका, उसके विभिन्न अनुप्रयोगों, लाभों, सीमाओं तथा भविष्य की संभावनाओं का समग्र एवं आलोचनात्मक विश्लेषण करना है। अध्ययन के लिए वर्ष 2015 से 2025 के मध्य प्रकाशित शोध-पत्रों, समीक्षा लेखों, पुस्तकों, सम्मेलन शोध-पत्रों तथा प्रतिष्ठित राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय शोध पत्रिकाओं में प्रकाशित साहित्य का चयन किया गया। आवश्यक सामग्री का संकलन गूगल स्कॉलर, स्कोपस, वेब ऑफ साइंस, आईईईई एक्सप्लोर, स्प्रिंगरलिंक, साइंसडायरेक्ट तथा टेलर एंड फ्रांसिस जैसे विश्वसनीय शैक्षणिक स्रोतों से किया गया। साहित्य के चयन में केवल उन अध्ययनों को सम्मिलित किया गया जिनमें क्रिकेट में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशीन अधिगम, गहन अधिगम, संगणकीय दृष्टि, खिलाड़ी प्रदर्शन विश्लेषण, मैच परिणाम पूर्वानुमान, खिलाड़ी चयन, चोट जोखिम आकलन तथा खेल विश्लेषण जैसे विषयों का वैज्ञानिक एवं प्रमाणिक अध्ययन किया गया था।

संकलित साहित्य का विश्लेषण वर्णनात्मक विश्लेषण तथा विषयवस्तु विश्लेषण पद्धति के माध्यम से किया गया। इस प्रक्रिया में विभिन्न शोधों के उद्देश्य, अनुसंधान विधि, प्रयुक्त तकनीकों, प्रमुख निष्कर्षों तथा उनकी सीमाओं का तुलनात्मक अध्ययन किया गया, जिससे विभिन्न अध्ययनों के मध्य समानताओं एवं भिन्नताओं की पहचान की जा सके। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोगों को खिलाड़ी प्रदर्शन विश्लेषण, अंपायर निर्णय सहायता, वीडियो एवं चित्र विश्लेषण, चोट पूर्वानुमान, टीम चयन, रणनीति निर्माण तथा आँकड़ा-आधारित निर्णय प्रणाली जैसे प्रमुख विषयगत वर्गों में विभाजित कर उनका व्यवस्थित मूल्यांकन किया गया। अंततः उपलब्ध साहित्य के आधार पर क्रिकेट में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के

वर्तमान योगदान, व्यावहारिक उपयोगिता, प्रमुख चुनौतियों तथा भविष्य में अनुसंधान की संभावित दिशाओं का समग्र एवं समीक्षात्मक विश्लेषण प्रस्तुत किया गया।

4. निष्कर्ष

वर्तमान परिवेश में क्रिकेट के क्षेत्र में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का उपयोग खेल के लगभग प्रत्येक महत्वपूर्ण पक्ष में उल्लेखनीय परिवर्तन लेकर आया है। प्रस्तुत समीक्षात्मक अध्ययन से स्पष्ट होता है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकों ने खिलाड़ी प्रदर्शन विश्लेषण, टीम चयन, मैच परिणाम पूर्वानुमान, चोट जोखिम आकलन, रणनीति निर्माण, अंपायरिंग निर्णयों की सटीकता तथा दर्शकों के अनुभव को अधिक प्रभावी, वैज्ञानिक और विश्वसनीय बनाया है। मशीन अधिगम, गहन अधिगम, संगणकीय दृष्टि, बड़े आँकड़ों के विश्लेषण तथा पूर्वानुमान आधारित मॉडल जैसी आधुनिक तकनीकों ने पारंपरिक खेल विश्लेषण को डेटा-आधारित निर्णय प्रणाली में परिवर्तित कर दिया है। निर्णय समीक्षा प्रणाली, बॉल-ट्रैकिंग, स्वचालित वीडियो विश्लेषण तथा खिलाड़ी कार्यभार की निगरानी जैसी प्रणालियों ने खेल की निष्पक्षता, पारदर्शिता और गुणवत्ता में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। अध्ययन से यह भी ज्ञात होता है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता केवल पेशेवर क्रिकेट तक सीमित नहीं है, बल्कि प्रशिक्षण, प्रतिभा पहचान, खेल प्रबंधन तथा खेल विज्ञान के क्षेत्र में भी इसकी उपयोगिता निरंतर बढ़ रही है। हालांकि, डेटा की गुणवत्ता, गोपनीयता, एल्गोरिद्मिक पक्षपात, उच्च तकनीकी लागत, विशेषज्ञ संसाधनों की आवश्यकता तथा तकनीकी अवसंरचना जैसी चुनौतियाँ इसके व्यापक और समान उपयोग में बाधा उत्पन्न करती हैं। इसलिए आवश्यक है कि भविष्य में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित प्रणालियों का विकास पारदर्शी, उत्तरदायी, सुरक्षित एवं नैतिक सिद्धांतों के अनुरूप किया जाए। साथ ही, खेल संगठनों, प्रशिक्षकों, खिलाड़ियों और शोधकर्ताओं के बीच तकनीकी जागरूकता तथा सहयोग को बढ़ावा दिया जाए ताकि इन तकनीकों का अधिकतम लाभ प्राप्त किया जा सके। समग्र रूप से कहा जा सकता है कि आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस क्रिकेट के भविष्य को अधिक सटीक, प्रतिस्पर्धी, वैज्ञानिक एवं तकनीक-संचालित बनाने में अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है तथा आने वाले वर्षों में इसकी उपयोगिता और प्रभाव निरंतर बढ़ने की प्रबल संभावना है।

5. भविष्य के शोध हेतु दिशा-निर्देश

1. **व्याख्येय AI (Explainable AI) का विकास:** क्रिकेट-विशिष्ट व्याख्येयता-ढाँचों का निर्माण एक तात्कालिक आवश्यकता है, जिससे मॉडल केवल पूर्वानुमान न दे वरन् यह भी स्पष्ट करे कि किन चरों ने उस पूर्वानुमान को कितना प्रभावित किया। SHAP एवं LIME जैसी विधियों का खेल-संदर्भ में अनुकूलन एक आशाजनक दिशा है।
2. **बहु-विधिक (multimodal) आँकड़ा-संलयन:** वीडियो, संवेदक, जैव-रासायनिक, मनोवैज्ञानिक एवं पर्यावरणीय आँकड़ों को एकीकृत करने वाले संलयन-मॉडल अभी अत्यल्प हैं। ऐसे मॉडल चोट-पूर्वानुमान एवं प्रदर्शन-आकलन दोनों की क्षमता को उल्लेखनीय रूप से बढ़ा सकते हैं।
3. **महिला क्रिकेट पर केंद्रित शोध:** समीक्षित साहित्य का अत्यधिक बहुमत पुरुष क्रिकेट पर आधारित है। महिला क्रिकेट की भिन्न जैव-यांत्रिक, शरीर-क्रियात्मक एवं भार-संबंधी विशेषताओं को ध्यान में रखते हुए पृथक मॉडलों का विकास आवश्यक है, अन्यथा पुरुष-आँकड़ों पर प्रशिक्षित मॉडल भ्रामक निष्कर्ष दे सकते हैं।

4. **जमीनी स्तर हेतु निम्न-लागत समाधान:** स्मार्टफ़ोन कैमरा एवं एज-कंप्यूटिंग पर आधारित हल्के मॉडलों का विकास, जो बिना महँगी अवसंरचना के गेंदबाज़ी-क्रिया विश्लेषण एवं तकनीकी प्रतिपुष्टि प्रदान कर सकें, भारतीय जमीनी क्रिकेट के लिए रूपांतरकारी सिद्ध हो सकते हैं।
5. **अनुदैर्ध्य एवं हस्तक्षेप-आधारित अध्ययन:** अधिकांश उपलब्ध शोध पूर्वव्यापी (retrospective) है। यह प्रदर्शित करने वाले नियंत्रित अध्ययन कि AI-आधारित हस्तक्षेप वास्तव में चोट-दर घटाते हैं अथवा प्रदर्शन सुधारते हैं, लगभग अनुपस्थित हैं और अत्यंत आवश्यक हैं।
6. **संकल्पना-विचलन का प्रबंधन:** T20 प्रारूप की तीव्र विकसनशीलता को देखते हुए स्वतः-अद्यतन (self-updating) एवं सतत-अधिगम (continual learning) मॉडलों पर शोध आवश्यक है, जो खेल-शैली में परिवर्तन के साथ स्वयं को समायोजित कर सकें।
7. **मानकीकृत आँकड़ा-समुच्चय एवं मूल्यांकन-मानदंड:** क्रिकेट-AI शोध हेतु सार्वजनिक, मानकीकृत बेंचमार्क आँकड़ा-समुच्चयों का निर्माण अनिवार्य है, अन्यथा विभिन्न अध्ययनों के परिणामों की तुलना वैज्ञानिक रूप से अवैध बनी रहेगी।
8. **नैतिक एवं विधिक ढाँचे का निर्माण:** खेल-आँकड़ा-शासन (sports data governance) पर अंतर्विषयक शोध — जिसमें विधि, नैतिकता, खेल-प्रबंधन एवं संगणक-विज्ञान के विद्वान सम्मिलित हों — इस क्षेत्र की एक गंभीर एवं उपेक्षित आवश्यकता है।

संदर्भ सूची

1. अहमद, एफ़., एवं खान, एस. (2021). फ्रेंचाइज़ी क्रिकेट लीगों में टीम चयन हेतु बहु-उद्देश्यीय अनुकूलन (ऑप्टिमाइज़ेशन) रूपरेखा। Journal of Sports Analytics, 7(3), 189–204.
2. भट्टाचार्य, एस., घोष, ए., एवं दत्ता, पी. (2021). डीप न्यूरल नेटवर्क का उपयोग करके क्रिकेट में एज डिटेक्शन हेतु ध्वनिक संकेतों (Acoustic Signals) का वर्गीकरण। International Journal of Computer Applications in Sport, 20(2), 45–58.
3. बंकर, आर. पी., एवं थबताह, एफ़. (2019). खेल परिणाम पूर्वानुमान के लिए मशीन लर्निंग रूपरेखा। Applied Computing and Informatics, 15(1), 27–33.
4. क्लाउडिनो, जे. जी., कैपेनेमा, डी. ओ., डी सूज़ा, टी. वी., सेराओ, जे. सी., मचाडो परेरा, ए. सी., एवं नासिस, जी. पी. (2019). टीम खेलों में चोट जोखिम आकलन एवं प्रदर्शन पूर्वानुमान हेतु कृत्रिम बुद्धिमत्ता के वर्तमान दृष्टिकोण: एक व्यवस्थित समीक्षा। Sports Medicine – Open, 5(1), 28.
5. गैबेट, टी. जे. (2016). प्रशिक्षण–चोट रोकथाम विरोधाभास: क्या खिलाड़ियों को अधिक समझदारी एवं अधिक कठिन प्रशिक्षण लेना चाहिए? British Journal of Sports Medicine, 50(5), 273–280.
6. गुप्ता, आर., एवं श्रीनिवासन, के. (2023). सीमित ओवरों के क्रिकेट में गेंद-दर-गेंद स्कोर पूर्वानुमान हेतु अनुक्रमिक डीप लर्निंग मॉडल। Journal of Sports Engineering and Technology, 237(2), 112–126.
7. अय्यर, आर., एवं मेनन, ए. (2022). कंप्यूटर विज़न का उपयोग करके क्रिकेट में नो-बॉल की स्वचालित पहचान: मैदान पर तैनाती का मूल्यांकन। International Journal of Performance Analysis in Sport, 22(4), 512–528.

8. कम्पाकिस, एस., एवं थॉमस, डब्ल्यू. (2015). मशीन लर्निंग का उपयोग करके इंग्लिश काउंटी ट्वेंटी-ओवर क्रिकेट मैचों के परिणामों का पूर्वानुमान। arXiv Preprint.
9. कुमार, एन., एवं रॉय, एस. (2019). इंडियन प्रीमियर लीग में मैच परिणाम पूर्वानुमान हेतु वर्गीकरण एल्गोरिदम का तुलनात्मक मूल्यांकन। International Journal of Data Science and Analytics, 8(3), 267–279.
10. कुमार, एस., एवं शर्मा, पी. (2021). क्रिकेट विश्लेषण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता: अनुप्रयोगों एवं चुनौतियों की एक व्यवस्थित समीक्षा। Journal of Sports Sciences and Technology, 12(1), 33–52.
11. मुखर्जी, एस. (2016). सर्वश्रेष्ठ टीम एवं कप्तान की पहचान: क्रिकेट मैचों का एक जटिल नेटवर्क दृष्टिकोण। Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 463, 428–438. https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.07.045
12. पासी, के., एवं पाण्डेय, एन. (2018). मशीन लर्निंग का उपयोग करके क्रिकेट में पूर्वानुमान की सटीकता में वृद्धि। International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process, 8(2), 19–36. https://doi.org/10.5121/ijdkp.2018.8203
13. पटेल, डी., एवं मिश्रा, वी. (2021). तेज़ गेंदबाज़ी की बायोमैकेनिकल (जैव-यांत्रिक) समीक्षा हेतु मार्कर-रहित (Markerless) पोज़ आकलन। Sports Biomechanics, 20(6), 701–718.
14. राव, एम., एवं चटर्जी, एस. (2020). क्रिकेट प्रसारणों में स्वचालित हाइलाइट निर्माण हेतु बहु-माध्यम (Multimodal) रूपरेखा। Multimedia Tools and Applications, 79(31), 22745–22766.
15. शर्मा, ए., एवं वर्मा, आर. (2020). क्रिकेट निर्णय समीक्षा प्रणाली (Decision Review System) में बॉल-ट्रैकिंग तकनीक की सटीकता का मूल्यांकन। Journal of Sports Technology and Engineering, 14(3), 155–170.
16. सिंह, टी., एवं कौर, एच. (2022). इंडियन प्रीमियर लीग के साक्ष्यों के आधार पर क्रिकेट नीलामी में खिलाड़ी मूल्यांकन हेतु मशीन लर्निंग दृष्टिकोण। Decision Support Systems for Sport Management, 5(2), 88–104.
17. तिवारी, ए., एवं देशमुख, पी. (2022). कार्यभार-आधारित मशीन लर्निंग मॉडल का उपयोग करके भारतीय घरेलू तेज़ गेंदबाज़ों में चोट जोखिम का पूर्वानुमान। Indian Journal of Sports Science and Physical Education, 12(1), 41–56.
18. वान एटवेल्डे, एच., मेंडोंसा, एल. डी., ले, सी., सेइल, आर., एवं टिशर, टी. (2021). खेलों में चोट पूर्वानुमान एवं रोकथाम के लिए मशीन लर्निंग विधियाँ: एक व्यवस्थित समीक्षा। Journal of Experimental Orthopaedics, 8(1), 27.
19. वॉरेन, ए., विलियम्स, एस., मैककेग, एस., एवं ट्रेवार्था, जी. (2018). इंग्लैंड एवं वेल्स क्रिकेट बोर्ड विकास कार्यक्रम के तेज़ गेंदबाज़ों में उच्च तीव्र (Acute):दीर्घकालिक (Chronic) कार्यभार का चोटों से संबंध। Journal of Science and Medicine in Sport, 21(1), 40–45.
20. विक्रमसिंघे, आई. (2022). क्रिकेट में मशीन लर्निंग के अनुप्रयोग: एक व्यवस्थित समीक्षा। Machine Learning with Applications, 10, 100435.