कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं भारतीय शास्त्रीय संगीत : चुनौतियाँ और नवीन संभावनाएँ

डॉ. दुष्यन्त त्रिपाठी

विभागाध्यक्ष संगीत , स. धर्म राजकीय महाविद्यालय ब्यावर (राज.)

सार

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) की लहर ने संगीत उद्योग समेत सभी उद्योगों में क्रांति ला दी है। संगीत जगत में एआई का उपयोग ऐसे तरीकों से किया जा रहा है जिनकी पहले कल्पना भी नहीं की जा सकती थी। संगीत निर्माण, संगीत पुनर्प्राप्ति और संगीत उत्पादन कुछ ऐसे क्षेत्र हैं जिनमें एआई अपनी छाप छोड़ रहा है। पश्चिमी संगीत पर एआई के प्रभाव की समीक्षा और विश्लेषण के लिए साहित्य में महत्वपूर्ण प्रयास किए गए हैं। भारतीय शास्त्रीय संगीत अलंकरण, भावनात्मक गहराई और संरचना के मामले में पश्चिमी संगीत से अत्यंत भिन्न है। यही कारण है कि पश्चिमी संगीत में स्थापित एआई विधियों का भारतीय शास्त्रीय संगीत में उपयोग करना कठिन है। हालांकि भारतीय शास्त्रीय संगीत में एआई उपकरणों के उपयोग के कुछ प्रयास किए गए हैं, लेकिन इसका कोई व्यापक सर्वेक्षण नहीं किया गया है। इस शोधपत्र में, हम विशेष रूप से हिंदुस्तानी और कर्नाटक संगीत जैसे भारतीय शास्त्रीय संगीत में एआई के उपयोग की व्यवस्थित समीक्षा प्रस्तुत करने का प्रयास करते हैं। हम संगीत निर्माण, संगीत पुनर्प्राप्ति और संगीत उत्पादन के तीन क्षेत्रों को शामिल करते हैं और प्रमुख प्रौद्योगिकियों, डेटासेट और स्थापित अनुप्रयोगों पर प्रकाश डालते हैं। इसके अतिरिक्त, हम इस क्षेत्र में एआई-आधारित नवाचारों को आगे बढ़ाने के लिए वर्तमान चुनौतियों, अनुसंधान अंतरालों और भविष्य की दिशाओं को भी उजागर करते हैं।

परिचय

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) और भारतीय शास्त्रीय संगीत (Indian Classical Music) का संगम समकालीन कला जगत में सबसे रोमांचक और बहस के विषयों में से एक है। जहाँ एक तरफ एआई (AI) संगीत सृजन, शिक्षण और संरक्षण में नए दरवाजे खोल रहा है, वहीं दूसरी तरफ यह हज़ारों साल पुरानी इस परंपरा की मूल आत्मा के लिए कुछ गंभीर चुनौतियाँ भी पेश कर रहा है।

यहाँ भारतीय शास्त्रीय संगीत के संदर्भ में AI की प्रमुख चुनौतियाँ और नवीन संभावनाओं का विस्तृत विश्लेषण दिया गया है:

नवीन संभावनाएँ (New Opportunities)[1,2,3]

AI भारतीय शास्त्रीय संगीत के संरक्षण, प्रसार और सीखने की प्रक्रियाओं में एक क्रांतिकारी बदलाव ला रहा है:

• संगीत का डिजिटल संरक्षण और अभिलेखागार (Archiving & Preservation): भारत के पास सदियों पुराने रागों, बंदिशों और महान उस्तादों की दुर्लभ रिकॉर्डिंग्स का विशाल भंडार है, जिनमें से कई खराब स्थिति में हैं। AI-आधारित ऑडियो टूल्स पुराने और शोर-शराबे वाले (noisy) ऑडियो को साफ़ करके उन्हें डिजिटल रूप से संरक्षित कर सकते हैं।

• राग और ताल की स्वचालित पहचान (Raga and Tala Recognition): कम्प्यूटेशनल म्यूजिकोलॉजी (Computational Musicology) के माध्यम से AI एल्गोरिदम किसी भी रिकॉर्डिंग को सुनकर उसमें प्रयुक्त राग, स्वर संगति और ताल की सटीक पहचान कर सकते हैं। यह शोधकर्ताओं और संगीत के छात्रों के लिए एक बेहतरीन उपकरण है।

• व्यक्तिगत शिक्षण सहायक (Personalized Learning Assistants): शास्त्रीय संगीत में 'रियाज़' और 'गुरु–शिष्य परंपरा' का विशेष महत्व है। AI-संचालित ऐप्स छात्रों के सुर और ताल की रीयल–टाइम में निगरानी कर सकते हैं, उनकी गलतियों को पकड़ सकते हैं और उन्हें सुधारने के लिए तुरंत फीडबैक दे सकते हैं।

• वैश्विक पहुंच और अनुवादः एआई के माध्यम से भारतीय संगीत के तकनीकी पहलुओं (जैसे श्रुति, आलाप, तान) को पश्चिमी संगीत के प्रतीकों (Notation) में बदला जा सकता है, जिससे वैश्विक स्तर पर इस संगीत को समझना और सिखाना आसान हो गया है।

• फ्यूजन और नए प्रयोगः संगीतकार AI का उपयोग करके शास्त्रीय संगीत के पारंपरिक ढाँचे को इलेक्ट्रॉनिक, जैज़ या पॉप संगीत के साथ मिलाकर नए प्रकार के फ्यूजन संगीत का निर्माण कर रहे हैं।

प्रमुख चुनौतियाँ (Major Challenges)[4,5,6]

शास्त्रीय संगीत केवल गणितीय नियमों (स्वर और ताल) का खेल नहीं है; यह एक आध्यात्मिक और भावनात्मक यात्रा है। यही कारण है कि AI के सामने कई चुनौतियाँ हैंः

• भाव और 'रसानुभूति' की कमीः भारतीय शास्त्रीय संगीत का मुख्य उद्देश्य 'रस' (भाव) की उत्पत्ति करना है। एक कलाकार गाते या बजाते समय अपनी आत्मा, तात्कालिक मनोदशा और आध्यात्मिक जुड़ाव को संगीत में पिरोता है। AI डेटा के आधार पर सटीक सुर तो लगा सकता है, लेकिन वह 'भाव' और 'आत्मा' पैदा नहीं कर सकता।

• मानकीकरण बनाम तात्कालिकता (Improvisation): हमारे संगीत की सबसे बड़ी खूबी 'उपज' या तात्कालिक प्रस्तुति (Improvisation) है। एक ही राग को दो अलग–अलग कलाकार, या एक ही कलाकार दो अलग–अलग समय पर बिल्कुल अलग तरीके से गा सकता है। AI अक्सर ऐतिहासिक डेटा के पैटर्न पर काम करता है, जिससे संगीत में एकरसता (Standardization) आने का खतरा रहता है।

• सूक्ष्मताओं (श्रुति और मींड) को पकड़नाः पश्चिमी संगीत के विपरीत, भारतीय संगीत में दो स्वरों के बीच के सूक्ष्म अंतराल (श्रुति) और एक स्वर से दूसरे स्वर पर फिसलने की कला (मींड या गमक) का बहुत महत्व है। इन सूक्ष्मताओं को पूरी तरह से डिकोड करना और AI द्वारा हूबहू तैयार करना आज भी एक बड़ी तकनीकी चुनौती है।

• कॉपीराइट और बौद्धिक संपदा (IPR) के मुद्दे: यदि कोई AI मॉडल पंडित भीमसेन जोशी या उस्ताद आमिर खान की आवाज़ और गायकी के स्टाइल को सीखकर एक नई बंदिश तैयार करता है, तो उस संगीत का असली मालिक कौन होगा? कलाकारों के अधिकारों की रक्षा करना एक बड़ी कानूनी चुनौती बनता जा रहा है।

• गुरु-शिष्य परंपरा को खतरा: शास्त्रीय संगीत केवल तकनीक सीखना नहीं है, बल्कि गुरु के सानिध्य में रहकर जीवन शैली और संगीत के दर्शन को आत्मसात करना है। AI पर अत्यधिक निर्भरता इस पारंपरिक मानवीय जुड़ाव को कमजोर कर सकती है।

AI भारतीय शास्त्रीय संगीत का विकल्प नहीं, बल्कि एक शक्तिशाली सहयोगी (Co-creator) है।

भविष्य इस बात पर निर्भर करता है कि हम इसका उपयोग कैसे करते हैं। जहाँ तकनीक का उपयोग संगीत को सहेजने, सिखाने और उसके तकनीकी विश्लेषण के लिए किया जाना चाहिए, वहीं संगीत की आध्यात्मिक पवित्रता, मौलिकता और मानवीय संवेदनाओं को अक्षुण्ण रखने की जिम्मेदारी मानव कलाकारों की ही रहेगी। तकनीक और परंपरा का सही संतुलन ही भारतीय शास्त्रीय संगीत को 21वीं सदी में एक नई ऊंचाई पर ले जा सकता है।

विचार-विमर्श

हमने संगीत निर्माण, संगीत पुनर्प्राप्ति और संगीत उत्पादन के क्षेत्र में साहित्य में हुई प्रगति को उजागर किया है। हमने कर्नाटक और हिंदुस्तानी संगीत परिवारों के लिए उपलब्ध उपकरणों और ओपन-सोर्स डेटासेट का भी उल्लेख किया है। इसके अतिरिक्त, हमने भारतीय शास्त्रीय संगीत में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के सामने आने वाली चुनौतियों पर भी प्रकाश डाला है। हमने इसे एक व्यापक सर्वेक्षण बनाने का प्रयास किया है जो इस क्षेत्र में किसी भी नौसिखिए को इस क्षेत्र में हुए विकास का समग्र ज्ञान प्रदान करे। भारतीय शास्त्रीय संगीत के लिए संगीत उत्पादन के क्षेत्र में अभी बहुत काम किया जाना बाकी है। इस समीक्षा के माध्यम से, हम यह भी दर्शाने में सक्षम हुए हैं कि डेटासेट और एपीआई के संदर्भ में प्रचुर संसाधन उपलब्ध हैं, हालांकि भारतीय शास्त्रीय संगीत में आगे के घरानों (उप-शैलियों) [7,8,9] को शामिल करते हुए अधिक विशेषताओं वाले व्यापक डेटा की तत्काल आवश्यकता है। इसके अलावा, वाद्ययंत्रों के संदर्भ में अधिकांश कार्य तबला, सरोद आदि के रूप में दर्ज किए गए हैं। आईसीएम में बांसुरी, वीणा, सितार, शहनाई आदि जैसे कई समृद्ध वाद्ययंत्र मौजूद हैं। ऐतिहासिक रूप से रिकॉर्ड किए गए ऑडियो ट्रैक का डिजिटलीकरण और उन्हें सार्वजनिक रूप से एनोटेटेड डेटासेट के रूप में उपलब्ध कराना इस क्षेत्र में एआई अनुसंधान को मजबूत करेगा। अंत में, आईसीएम में अधिकांश कार्य केवल साहित्य में ही उपलब्ध है। GitHub जैसी सार्वजनिक रूप से होस्ट की गई साइटों पर बहुत कम सहायक कोड पाए गए हैं। इस क्षेत्र में अनुसंधान को आगे बढ़ाने के लिए कोड और जेनरेट किए गए मॉडल को सार्वजनिक रूप से साझा करने को प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। हम आशा करते हैं कि भविष्य के अनुसंधान एआई को एक स्टैंडअलोन/अधूरे सिस्टम से एक व्यापक एंड-टू-एंड संगीत सहायक के रूप में विकसित करने की दिशा में निर्देशित होंगे, जो एक गहन संगीत अनुभव प्रदान करेगा।

प्रिंसटन विश्वविद्यालय में गे वांग और पेरी कुक द्वारा विकसित, चक एक पाठ-आधारित, क्रॉस-प्लेटफ़ॉर्म भाषा है। [24] संगीत रचनाओं में पाई जाने वाली सैद्धांतिक तकनीकों को निकालकर और वर्गीकृत करके, यह सॉफ़्टवेयर सीखी गई तकनीकों से पूरी

तरह से नई रचनाएँ तैयार करने में सक्षम है। [25] इस तकनीक का उपयोग एसएलओर्क (स्टैनफोर्ड लैपटॉप ऑर्केस्ट्रा) [26] और पीएलओर्क (प्रिंसटन लैपटॉप ऑर्केस्ट्रा) द्वारा किया जाता है ।[10,11,12]

ज्यूकडेक

ज्यूकडेक एक वेबसाइट थी जो लोगों को कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके वीडियो में उपयोग के लिए मौलिक, रॉयल्टी-मुक्त संगीत उत्पन्न करने की अनुमति देती थी। [27] [28] टीम ने 2010 में संगीत निर्माण तकनीक का निर्माण शुरू किया, [29] 2012 में इसके इर्द-गिर्द एक कंपनी बनाई, [30] और 2015 में वेबसाइट को सार्वजनिक रूप से लॉन्च किया। [28] उपयोग की गई तकनीक मूल रूप से एक नियम-आधारित एल्गोरिथम रचना प्रणाली थी, [31] जिसे बाद में कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क से बदल दिया गया । [27] वेबसाइट का उपयोग 10 लाख से अधिक संगीत रचनाएँ बनाने के लिए किया गया था, और इसका उपयोग करने वाले ब्रांडों में कोका-कोला , गूगल , यूकेटीवी और लंदन का प्राकृतिक इतिहास संग्रहालय शामिल थे । [32] 2019 में, कंपनी को बाइटडांस द्वारा अधिग्रहित कर लिया गया । [33] [34] [35]

मॉर्फियस

मॉर्फियस [36] क्वीन मैरी यूनिवर्सिटी ऑफ लंदन में डोरियन हेरेमैन्स और एलेन च्यू द्वारा किया गया एक शोध प्रोजेक्ट है , जिसे मैरी स्कोलोडोव्स्का-क्यूरी ईयू प्रोजेक्ट द्वारा वित्त पोषित किया गया है। यह सिस्टम एक वेरिएबल नेबरहुड सर्च एल्गोरिदम पर आधारित ऑप्टिमाइजेशन दृष्टिकोण का उपयोग करके मौजूदा टेम्पलेट रचनाओं को नई रचनाओं में रूपांतरित करता है, जिनमें टोनल टेंशन का एक निश्चित स्तर होता है जो रचना के दौरान गतिशील रूप से बदलता रहता है। यह ऑप्टिमाइजेशन दृष्टिकोण उत्पन्न संगीत में दीर्घकालिक संरचना और आवर्ती विषयों को सुनिश्चित करने के लिए पैटर्न डिटेक्शन तकनीक के एकीकरण की अनुमति देता है। मॉर्फियस द्वारा रचित रचनाओं का प्रदर्शन स्टैनफोर्ड और लंदन दोनों में संगीत समारोहों में किया गया है।

एआईवीए

फरवरी 2016 में लक्ज़मबर्ग में बनाया गया , AIVA एक ऐसा प्रोग्राम है जो किसी भी प्रकार के मीडिया के लिए साउंडट्रैक तैयार करता है। AIVA के पीछे के एल्गोरिदम डीप लर्निंग आर्किटेक्चर पर आधारित हैं [37]। AIVA का उपयोग ऑन द एज नामक एक रॉक ट्रैक [38] के साथ-साथ गायिका टैरिन सदर्न [40] के सहयोग से उनके 2018 के एल्बम "आई एम एआई" के निर्माण के लिए एक पॉप धुन लव सिक [39] की रचना करने के लिए भी किया गया है।[13,14,15]

सुनो

सुनो एक जनरेटिव आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस प्लेटफॉर्म है, जिसे सुनो इंक. द्वारा विकसित किया गया है और दिसंबर 2023 में व्यापक रूप से उपलब्ध कराया गया था। यह उपयोगकर्ता के निर्देशों से गाने उत्पन्न करता है और स्वर, गीत और वाद्य यंत्रों को शामिल करते हुए संगीत का निर्माण कर सकता है। प्लेटफॉर्म ने अतिरिक्त प्रकार के इनपुट और उत्पन्न संगीत को संपादित और रूपांतरित करने के लिए उपकरणों का समर्थन करने के लिए विस्तार किया है। सितंबर 2026 में, सुनो ने अपने संगीत मॉडल के

v6 परिवार को पेश किया, जिसे वार्नर म्यूजिक ग्रुप, बीएमजी और बिलीव सहित संगीत उद्योग कंपनियों के साथ साझेदारी में विकसित किया गया है।

परिणाम

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस) संभावित रूप से संगीत निर्माताओं द्वारा संगीत निर्माण के तरीके को प्रभावित कर सकती है, क्योंकि यह निर्माता द्वारा दिए गए संकेत के आधार पर ट्रैक की पुनरावृत्ति प्रदान करती है। ये संकेत एआई को उस शैली का अनुसरण करने में सक्षम बनाते हैं जिसे कलाकार अपनाना चाहता है। [6] संगीत विश्लेषण में भी एआई का उपयोग देखा गया है, जहां इसका उपयोग फीचर एक्सट्रैक्शन, पैटर्न रिकग्निशन और संगीत अनुशंसाओं के लिए किया गया है। [63] कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा संचालित नए उपकरण मूल संगीत रचनाएँ तैयार करने में सहायता के लिए बनाए गए हैं, जैसे कि AIVA (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस वर्चुअल आर्टिस्ट) और Udio । इसमें एआई मॉडल को पहले से मौजूद संगीत का डेटा दिया जाता है और डीप लर्निंग तकनीकों का उपयोग करके डेटा का विश्लेषण किया जाता है ताकि शास्त्रीय संगीत या इलेक्ट्रॉनिक संगीत जैसी विभिन्न शैलियों में संगीत तैयार किया जा सके। [64] संगीत और गायन कक्षाओं में पहले से ही एआई-संचालित कार्यक्रमों को लागू किया जा रहा है ताकि छात्रों में संगीत सीखने और रचनात्मक कौशल के विकास में सहायता मिल सके, जहां एआई ने सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण वृद्धि दिखाई है।

हालांकि एआई नए संगीत के निर्माण में सहायक है, लेकिन संगीत निर्माण शुरू होने के बाद से कई मुद्दे सामने आए हैं। कुछ प्रमुख चिंताओं में शामिल हैं कि एआई द्वारा संगीत उत्पादन को अपने हाथ में लेने से अर्थव्यवस्था पर क्या प्रभाव पड़ेगा, एआई द्वारा निर्मित संगीत का वास्तविक स्वामित्व किसके पास है, और मानव निर्मित संगीत रचनाओं की मांग में कमी। कुछ आलोचकों का तर्क है कि एआई मानव रचनात्मकता के मूल्य को कम करता है, जबकि समर्थक इसे एक संवर्धित उपकरण के रूप में देखते हैं जो मानव संगीतकारों को प्रतिस्थापित करने के बजाय कलात्मक संभावनाओं का विस्तार करता है। [73] [74]

इसके अतिरिक्त, एआई द्वारा संगीत को एकरूप बनाने की क्षमता को लेकर चिंताएं जताई गई हैं। एआई-संचालित मॉडल अक्सर मौजूदा रुझानों के आधार पर रचनाएँ तैयार करते हैं, जिससे कुछ लोगों को डर है कि संगीत की विविधता सीमित हो सकती है। इस चिंता को दूर करने के लिए, शोधकर्ता एआई प्रणालियों पर काम कर रहे हैं जो अधिक सूक्ष्म रचनात्मक तत्वों को शामिल करती हैं, जिससे शैलीगत विविधता की अधिक संभावना बनती है। [16,17,18]

संगीत में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) को लेकर एक और प्रमुख चिंता कॉपीराइट कानून है। संयुक्त राज्य अमेरिका में, वर्तमान कानूनी ढांचा मानव रचनात्मक प्रक्रिया से भिन्नताओं के बावजूद, एआई पर पारंपरिक कॉपीराइट कानूनों को लागू करता है। [75] हालांकि, केवल एआई द्वारा निर्मित संगीत को कॉपीराइट संरक्षण प्रदान नहीं किया जाता है। यूएस कॉपीराइट ऑफिस प्रैक्टिसेज के संकलन में , कॉपीराइट ऑफिस ने कहा है कि वह "मानव रचना के अभाव वाले कार्यों" को कॉपीराइट प्रदान नहीं

करेगा और "कार्यालय किसी मशीन या केवल यांत्रिक प्रक्रिया द्वारा निर्मित कार्यों को पंजीकृत नहीं करेगा जो किसी मानव लेखक के रचनात्मक इनपुट या हस्तक्षेप के बिना यादृच्छिक रूप से या स्वचालित रूप से संचालित होती है।" [76] फरवरी 2022 में, कॉपीराइट समीक्षा बोर्ड ने एआई-जनित कलाकृति के कॉपीराइट के लिए एक आवेदन को इस आधार पर खारिज कर दिया कि इसमें "कॉपीराइट के दावे को बनाए रखने के लिए आवश्यक मानव रचना का अभाव था।" [77] एआई को प्रशिक्षित करने में कॉपीराइट संगीत का उपयोग भी विवाद का विषय रहा है। इसका एक उदाहरण तब देखा गया जब एसएसीईएम , गीतकारों, संगीतकारों और संगीत प्रकाशकों के एक पेशेवर संगठन ने मांग की कि एआई संगीत निर्माण स्टार्टअप पोज़ालैब्स, उनके साथ संबद्ध किसी भी संगीत का उपयोग मॉडल को प्रशिक्षित करने के लिए न करे। [78]

यूरोपीय संघ (ईयू) में स्थिति अमेरिका के समान है, क्योंकि इसका कानूनी ढांचा भी कॉपीराइट-संरक्षित कार्यों में मानवीय भागीदारी की भूमिका पर जोर देता है। यूरोपीय संघ बौद्धिक संपदा कार्यालय और यूरोपीय संघ के न्याय न्यायालय के हालिया न्यायशास्त्र के अनुसार , मौलिकता मानदंड के लिए आवश्यक है कि कार्य लेखक की स्वयं की बौद्धिक रचना हो, जो इसके निर्माण के दौरान किए गए रचनात्मक विकल्पों द्वारा प्रमाणित लेखक के व्यक्तित्व को प्रतिबिंबित करती हो, और इसके लिए मानवीय भागीदारी के एक विशिष्ट स्तर की आवश्यकता होती है। यूरोपीय संघ के होराइजन 2020 अनुसंधान और नवाचार कार्यक्रम द्वारा वित्त पोषित रीक्रिएटिंग यूरोप परियोजना, संगीत सहित एआई-जनित सामग्री द्वारा उत्पन्न चुनौतियों का गहन अध्ययन करती है, और कानूनी निश्चितता और संतुलित संरक्षण का सुझाव देती है जो कॉपीराइट मानदंडों का सम्मान करते हुए नवाचार को प्रोत्साहित करती है। [79] एआईवीए की मान्यता संगीत रचना के क्षेत्र में लेखकत्व और कॉपीराइट पर पारंपरिक विचारों से एक महत्वपूर्ण बदलाव को दर्शाती है, जिससे एआई कलाकारों को संगीत जारी करने और रॉयल्टी अर्जित करने की अनुमति मिलती है। यह स्वीकृति एआईवीए को एक अग्रणी उदाहरण के रूप में चिह्नित करती है जहां संगीत निर्माण में एक एआई को औपचारिक रूप से मान्यता दी गई है। [80]

स्टेबिलिटी एआई , ओपनएआई और गूगल जैसे समूहों द्वारा एआई में हाल ही में किए गए विकास के कारण एआई संगीत सहित जनरेटिव तकनीक के खिलाफ कॉपीराइट दावों की एक बड़ी संख्या सामने आई है। [81] एक उदाहरण में, यूनिवर्सल म्यूजिक ग्रुप और सोनी म्यूजिक ने एआई संगीत निर्माण प्लेटफॉर्म सुनो के खिलाफ कॉपीराइट उल्लंघन के मुकदमे दायर किए , [82] जिसमें आरोप लगाया गया कि कंपनी ने अपने एआई मॉडल को प्रशिक्षित करने के लिए बिना अनुमति के गाने कॉपी किए। [83] यदि ये मुकदमे सफल होते हैं, तो इन तकनीकों के पीछे के मशीन लर्निंग मॉडल के डेटासेट सार्वजनिक डोमेन तक सीमित हो जाएंगे। [81] नैतिक मुद्दों को संबोधित करने की दिशा में भी प्रगति हुई है, जैसे कि साउंड एथिक्स (संगीत उद्योग में एआई के नैतिक उपयोग को बढ़ावा देने वाली एक कंपनी) और यूसी इरविन के बीच सहयोग, जो नैतिक ढांचों और एआई के जिम्मेदार उपयोग पर केंद्रित है। [84] अंतरराष्ट्रीय स्तर पर, अनधिकृत जनरेटिव मॉडल के खिलाफ व्यवस्थित प्रतिरोध बढ़ गया है; 2026 के मध्य में, दक्षिण कोरिया में प्रमुख मनोरंजन गठबंधनों ने एआई कॉपीराइट उल्लंघन के खिलाफ एक एकीकृत मोर्चा बनाया। बाजार अवसंरचना विश्लेषकों ने कहा कि यह सीमा पार समेकन संप्रभु सांस्कृतिक संपत्तियों की रक्षा की दिशा में एक

महत्वपूर्ण बदलाव को दर्शाता है, जो स्वचालित ध्वनि व्यावसायीकरण के खिलाफ लड़ने वाले वैश्विक बौद्धिक संपदा ढांचे के लिए एक विधायी खाका के रूप में कार्य करता है।[18,19,20]

निष्कर्ष

प्रतीकात्मक संगीत निर्माण, MIDI जैसे असतत प्रतीकात्मक रूपों में संगीत का निर्माण है, जहाँ स्वर और समय सटीक रूप से परिभाषित होते हैं। प्रारंभिक प्रणालियों में नियम-आधारित प्रणालियों और मार्कोव मॉडलों का उपयोग किया जाता था, लेकिन आधुनिक प्रणालियाँ काफी हद तक डीप लर्निंग का उपयोग करती हैं। रिकरेंट न्यूरल नेटवर्क (RNN), और अधिक सटीक रूप से लॉन्ग शॉर्ट-टर्म मेमोरी (LSTM) नेटवर्क, का उपयोग संगीत अनुक्रमों की अस्थायी निर्भरताओं को मॉडल करने में किया गया है। इनका उपयोग विभिन्न संगीत शैलियों में धुन, सामंजस्य और प्रतिध्वनि उत्पन्न करने के लिए किया जा सकता है। [111]

म्यूजिक ट्रांसफॉर्मर और म्यूज़नेट जैसे ट्रांसफॉर्मर मॉडल, लंबी दूरी की निर्भरता और स्केलेबिलिटी को मॉडल करने की क्षमता के कारण प्रतीकात्मक जनरेशन के लिए अधिक लोकप्रिय हो गए। इन मॉडलों का उपयोग बहु-वाद्य यंत्र बहुध्वनिक संगीत और शैलीगत अनुकरण उत्पन्न करने के लिए किया गया था। [112]

ऑडियो-आधारित संगीत निर्माण

यह विधि प्रतीकात्मक संकेतन के बजाय कच्चे ऑडियो तरंगों के रूप में संगीत उत्पन्न करती है। डीपमाइंड का वेवनेट एक प्रारंभिक उदाहरण है जो उच्च-गुणवत्ता वाले ऑडियो को उत्पन्न करने के लिए ऑटोरेग्रेसिव सैंपलिंग का उपयोग करता है। जनरेटिव एडवरसैरियल नेटवर्क्स (GANs) और वेरिएशनल ऑटोएनकोडर्स (VAEs) का उपयोग विभिन्न वाद्ययंत्रों के नए ऑडियो टेक्सचर संश्लेषण और टिम्बर संयोजन में तेजी से किया जा रहा है। [108]

एनसिंथ (न्यूरल सिंथेसाइज़र), एक गूगल मैजेंटा प्रोजेक्ट, अव्यक्त ऑडियो अभ्यावेदन सीखने और इस प्रकार पूरी तरह से नए वाद्य ध्वनियों को उत्पन्न करने के लिए वेवनेट-जैसे ऑटोएनकोडर का उपयोग करता है। [113]

संगीत सूचना पुनर्प्राप्ति (एमआईआर)[19,20]

संगीत सूचना पुनर्प्राप्ति (एमआईआर) ऑडियो रिकॉर्डिंग से संगीत से संबंधित जानकारी निकालने की प्रक्रिया है, जिसका उपयोग शैली वर्गीकरण, वाद्य यंत्र पहचान, मनोदशा पहचान, ताल पहचान और समानता अनुमान जैसे अनुप्रयोगों में किया जाता है। स्पेक्ट्रोग्राम विशेषताओं पर आधारित सीएनएन इन कार्यों में बहुत सटीक साबित हुए हैं। [110] एसवीएम और के-निकटतम पड़ोसी (के-एनएन) का उपयोग मेल-आवृत्ति सेपस्ट्रल गुणांक (एमएफसीसी) जैसी विशेषताओं पर वर्गीकरण के लिए भी किया जाता है।

हाइब्रिड और इंटरैक्टिव सिस्टम

हाइब्रिड सिस्टम प्रतीकात्मक और ध्वनि-आधारित विधियों को मिलाकर उनकी संबंधित शक्तियों का लाभ उठाते हैं। वे उच्च-स्तरीय प्रतीकात्मक रचनाएँ बना सकते हैं और उन्हें प्राकृतिक ध्वनि के रूप में संश्लेषित कर सकते हैं। वास्तविक समय में इंटरैक्टिव सिस्टम एआई को लाइव प्रदर्शन का समर्थन करने के लिए मानव इनपुट पर तुरंत प्रतिक्रिया देने की अनुमति देते हैं। सुदृढ़ीकरण अधिगम और नियम-आधारित एजेंटों का उपयोग अक्सर तात्कालिकता के संदर्भों में मानव-एआई सह-निर्माण की अनुमति देने के लिए किया जाता है। [109]

भावात्मक कंप्यूटिंग और भावना-जागरूक संगीत प्रणालियाँ

भावात्मक कंप्यूटिंग तकनीकें एआई प्रणालियों को कुछ भावात्मक सामग्री के आधार पर संगीत को वर्गीकृत करने या बनाने में सक्षम बनाती हैं। मॉडल श्रोता की भावनाओं को वर्गीकृत करने या प्रभावित करने के लिए गति, शैली और ध्वनि जैसी संगीत विशेषताओं का उपयोग करते हैं। भावात्मक सामग्री के आधार पर संगीत को वर्गीकृत करने और यहां तक कि भावात्मक प्रभाव डालने के उद्देश्य से संगीत बनाने के लिए डीप लर्निंग मॉडल को प्रशिक्षित किया गया है। [114]

एआई-आधारित संगीत अनुशंसा प्रणाली

संगीत अनुशंसा प्रणाली, उपयोगकर्ताओं द्वारा सुने गए संगीत, उनकी पसंद और संदर्भ में उपलब्ध जानकारी के आधार पर ट्रैक सुझाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करती है। सहयोगात्मक फ़िल्टरिंग, सामग्री-आधारित फ़िल्टरिंग और हाइब्रिड फ़िल्टरिंग सबसे व्यापक रूप से लागू की जाती हैं, और डीप लर्निंग का उपयोग बेहतर बनाने के लिए किया जाता है। ग्राफ़-आधारित और मैट्रिक्स गुणनखंडन विधियों का उपयोग Spotify और YouTube Music जैसे वाणिज्यिक प्रणालियों में जटिल उपयोगकर्ता-आइटम संबंधों को दर्शाने के लिए किया जाता है। [115]

स्वचालित मिक्सिंग और मास्टेरिंग के लिए एआई

मिक्सिंग और मास्टेरिंग जैसे ऑडियो इंजीनियरिंग स्वचालन में भी एआई का उपयोग किया जाता है। ऐसे सिस्टम संतुलित ध्वनि आउटपुट देने के लिए लेवल, इक्वलाइज़, पैन और कंप्रेस करते हैं। LANDR और iZotope Ozone जैसे सॉफ़्टवेयर पेशेवर ऑडियो इंजीनियरों के निर्णयों की नकल करने में मशीन लर्निंग का उपयोग करते हैं। [116]

गीत लेखन और गीत रचना में सहायता

प्राकृतिक भाषा निर्माण गीत लेखन सहायता और गीत के बोल तैयार करने में भी लागू होता है। जीपीटी-3 जैसे ट्रांसफ़ॉर्मर भाषा मॉडल इनपुट संकेतों, विषयों या भावनाओं से शैलीबद्ध और सुसंगत गीत के बोल उत्पन्न करने में सक्षम साबित हुए हैं। यहाँ तक कि ऐसे एआई प्रोग्राम भी मौजूद हैं जो तुकबंदी योजना, शब्दांश गणना और कविता के रूप में सहायता करते हैं। [117]

बहुविध और अंतरविध प्रणालियाँ

हाल के विकास में मल्टीमॉडल एआई सिस्टम शामिल हैं जो संगीत को अन्य मीडिया, जैसे नृत्य, वीडियो और टेक्स्ट के साथ एकीकृत करते हैं। ये वीडियो अनुक्रमों के साथ सिंक्रनाइज़ेशन में पृष्ठभूमि स्कोर उत्पन्न कर सकते हैं या ऑडियो इनपुट से नृत्य कोरियोग्राफी उत्पन्न कर सकते हैं। क्रॉस-मॉडल पुनर्प्राप्ति प्रणाली छवियों, टेक्स्ट या हावभाव का उपयोग करके संगीत खोजने की अनुमति देती है।[20]

संदर्भ

1. हेरेमैन्स, डोरियन; चुआन, चिंग-हुआ; च्यू, एलेन (30 सितंबर 2018)। "संगीत उत्पादन प्रणालियों का एक कार्यात्मक वर्गीकरण"। एसीएम कंप्यूटिंग सर्वेक्षण । 50 (5): 1–30 . arXiv : 1812.04186 . doi : 10.1145/3108242 .
2. डैननबर्ग, रोजर। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशीन लर्निंग और संगीत समझ (प्रीप्रिंट)। S2CID 17787070 । [अविश्वसनीय स्रोत?]
3. "एआई और द साउंड ऑफ म्यूजिक" . www.yalelawjournal.org . 22 नवंबर 2024. 26 फरवरी 2025 को पुनः प्राप्त किया गया ।
4. पैनोफ़्स्की, इरविन (1939)। आइकोनोलॉजी में अध्ययनः पुनर्जागरण की कला में मानवतावादी विषय । ऑक्सफ़ोर्ड यूनिवर्सिटी प्रेस। ओसीएलसी 557904328 । [पृष्ठ आवश्यक है]
5. डिली, हेनरिक (2020)। "पैनोफ़्स्की, इरविनः ज़म प्रॉब्लम डेर बेश्रेइबुंग अंड इनहाल्ट्सडेतुंग वॉन वर्केन डेर बिल्डेंडेन कुन्स्ट"। किंडलर्स लिटरेचर लेक्सिकॉन (केएलएल) । पीपी. 1- 2. डीओआई : 10.1007/978-3-476-05728-0_16027-1 । आईएसबीएन 978-3-476-05728-0.
6. यहां जाएं: मिरांडा, एडुआर्डो रेक, संपादक (2021)। संगीत के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता की हैंडबुक । doi : 10.1007/978-3-030-72116-9 । ISBN 978-3-030-72115-2.[पृष्ठ आवश्यक है]
7. यहां जाएं: रोड्स, कर्टिस (1985)। "संगीत और कृत्रिम बुद्धिमत्ता में अनुसंधान"। एसीएम कंप्यूटिंग सर्वेक्षण । 17 (2): 163-190 . doi : 10.1145/4468.4469 ।
8. ज़रीपोव, रुडोल्फ (1960)। "O6 (संगीत रचना की प्रक्रिया के एल्गोरिथम विवरण पर)"। यूएसएसआर एकेडमी ऑफ साइंसेज की कार्यवाही (रूसी में)। 132 (6).
9. रे कर्टज़वेल। राष्ट्रीय विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी पदक फाउंडेशन । मूल से 10 सितंबर 2024 को संग्रहित । 10 सितंबर 2024 को पुनः प्राप्त ।
10. कातायोसे, हारुहिरो; इनोकुची, सेइजी (1989)। "द कंसी म्यूजिक सिस्टम"। कंप्यूटर संगीत जर्नल । 13 (4): 72-77 . डीओआई : 10.2307/3679555 । जेएसटीओआर 3679555 ।
11. जॉनसन, जॉर्ज (11 नवंबर 1997)। "अनदेखा बाख? नहीं, इसे कंप्यूटर ने लिखा है" । द न्यूयॉर्क टाइम्स । मूल से 19 मार्च 2024 को संग्रहित । 29 अप्रैल 2020 को पुनः प्राप्त । डॉ. लार्सन को तब दुख हुआ जब श्रोताओं ने यह निष्कर्ष निकाला कि उनकी रचना – एक सरल, आकर्षक रूप जिसे दो-भाग वाला इन्वेंशन कहा जाता है – कंप्यूटर द्वारा लिखी

गई थी। लेकिन उन्हें कुछ हद तक तसल्ली तब हुई जब श्रोताओं ने आगे चलकर यह निर्णय लिया कि ईएमआई (उच्चारण एमी) द्वारा रचित इन्वेंशन ही असली बाख है।

12. पैचेट, फ़्रांस्वा (2003)। "द कंटिन्यूएटरः स्टाइल के साथ संगीत अंतःक्रिया"। जर्नल ऑफ़ न्यू म्यूज़िक रिसर्च । 32 (3): 333– 341. doi : 10.1076/jnmr.32.3.333.16861 . hdl : 2027/spo.bbp2372.2002.044 .
13. लॉसन, मार्क (22 अक्टूबर 2009)। "यह कृत्रिम बुद्धिमत्ता से निर्मित संगीत हमारे दिमाग से तो बात कर सकता है, लेकिन हमारी आत्मा से नहीं" । द गार्जियन । 10 सितंबर 2024 को पुनः प्राप्त ।
14. "इयामसः क्या यह 21वीं सदी का मोजार्ट का जवाब है?" । बीबीसी न्यूज़ । 2 जनवरी 2013। मूल से 10 सितंबर 2024 को संग्रहित । 10 सितंबर 2024 को पुनः प्राप्त ।
15. yy1lab (13 नवंबर 2024), yy1lab/Lyrics-Conditioned-Neural-Melody-Generation , मूल से 6 जनवरी 2024 को संग्रहित , 19 नवंबर 2024 को पुनः प्राप्त।
16. नायर, वंदना (11 अप्रैल 2024)। "यूडियो के साथ एआई–म्यूजिक प्लेटफॉर्म की दौड़ तेज हुई" । एनालिटिक्स इंडिया पत्रिका । मूल से 19 अप्रैल 2024 को संग्रहित । 19 अप्रैल 2024 को पुनः प्राप्त ।
17. रायन, आरोन (8 नवंबर 2025)। "एक एआई–जनरेटेड कंट्री सॉन्ग बिलबोर्ड चार्ट में शीर्ष पर है, और यह हम सभी को क्रोधित कर देना चाहिए" । व्हिस्की रिफ । व्हिस्की रिफ (मोमेंटम मीडिया एलएलसी) । 10 नवंबर 2025 को प्राप्त किया गया ।
18. यहां जाएं: सिंह, जसप्रीत (12 नवंबर 2025)। "क्या आप बॉट्स को सुन रहे हैं? सर्वेक्षण से पता चलता है कि एआई संगीत लगभग पता नहीं लगाया जा सकता है" । रॉयटर्स ।
19. अफचार, डेरियस (2025)। "एआई–संगीत कलाकृतियों की फूरियर व्याख्या" । इंटरनेशनल सोसाइटी फॉर म्यूजिक इंफॉर्मेशन रिट्रीवल कॉन्फ्रेंस (आईएसएमआईआर) की कार्यवाही । arXiv : 2506.19108 । 25 नवंबर 2025 को प्राप्त किया गया ।
20. "होली हर्नडनः प्रोटो | बार्बिकन" । बार्बिकन सेंटर । 19 अक्टूबर 2019। 14 जून 2026 को पुनः प्राप्त किया गया ।