Journal of Information and Communication Technology

Volume 17, Issue 65, Special Issue on "Artificial Intelligence and data analytics", October 2025, pp 125-150

Application of Artificial Intelligence in the Art of Music: A Systematic Review

Majid Akhshabi[1*]

[1] Faculty Member of Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 14 August 2024, Revised: 05 October 2024, Accepted: 07 February 2025
Paper type: Review

Abstract

Despite its relatively short lifespan, which began around 1960 by John McCarthy, artificial intelligence technology has made significant inroads into almost all fields, including the art of music and leading to remarkable advancements. This study aims to understand and introduce the applications of artificial intelligence in music by systematically reviewing the literature on artificial intelligence and its applications in the art of music. To achieve this goal, five major research and practical areas of artificial intelligence in music have been considered. Subsequently, information from all relevant scientific documents related to these five areas has been extracted from the Scopus citation database and in each of the five areas, the countries and universities that published the most articles, along with the top authors, were identified and introduced. Additionally, the temporal trend of publishing scientific documents related to each area was determined, and subsequently, the various AI methods and algorithms that have been used in each of the areas, along with their corresponding articles, were identified and introduced. Finally, it was concluded that deep learning is transforming and improving results across all areas, leading to a quantitative growth in scientific research in the field of music. Furthermore, generative AI has achieved remarkable growth in the realm of music production. Finally, the challenges and future research topics across various fields were also examined and presented. The creation of suitable datasets for different areas will shape the future development of AI applications in the art of music and This will ultimately lead to more desirable and broadly adopted applications of artificial intelligence.

Keywords: Artificial Intelligence, Music, Music generation, Deep learning.

[*] Corresponding Author's email: majidakhshabi@pnu.ac.ir

دوفصلنامه
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

سال هفدهم، شماره ۶۵، مهر ۱۴۰۴، شمارهٔ ویژهٔ «هوش مصنوعی و تحلیل داده»، صفحه ۱۲۵ الی ۱۵۰

کاربرد هوش مصنوعی در هنر موسیقی: بررسی نظام‌مند

مجید اخشابی[1*]

[1] عضو هیأت علمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۹

نوع مقاله: مروری

چکیده

فناوری هوش مصنوعی علی‌رغم عمر کوتاهش که از حدود سال ۱۹۶۰ توسط جان مک‌کارتی آغاز شد، تقریبا به تمامی عرصه‌ها ازجمله هنر موسیقی ورود جدی داشته و موجب شگفتی‌های بسیار شده است. پژوهش حاضر با هدف شناخت و معرفی کاربردهای هوش مصنوعی در موسیقی، به بررسی نظام‌مند ادبیات موضوع هوش مصنوعی و کاربردهای آن در هنر موسیقی می‌پردازد. برای نیل به این هدف ابتدا پنج حوزه پرکاربرد تحقیقاتی و کاربردی هوش مصنوعی در موسیقی مدنظر قرار گرفت. سپس اطلاعات تمامی اسناد علمی مرتبط با این پنج حوزه از پایگاه استنادی اسکوپوس استخراج شد و در هر یک از پنج حوزه، کشورها و دانشگاه‌هایی که بیشترین مقالات را چاپ کرده‌اند به همراه نویسندگان برتر مورد شناسایی و معرفی واقع شدند. علاوه بر این روند زمانی چاپ اسناد علمی مرتبط با هر حوزه نیز تعیین گردید و در ادامه روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف هوش مصنوعی که در هر یک از حوزه‌ها مورداستفاده قرار گرفته‌اند نیز به همراه مقالات متناظر مشخص و معرفی شدند. درنهایت چنین استنتاج گردید که یادگیری ژرف در تمامی حوزه‌ها در حال تغییر و بهبود نتایج بوده و سبب رشد کمی پژوهش‌های علمی در حوزه موسیقی شده است. علاوه بر این هوش مصنوعی مولد در حیطه تولید موسیقی رشد چشمگیری را رقم زده است. در پایان چالش‌ها و موضوعات آینده تحقیقاتی حوزه‌های مختلف نیز مورد بررسی و معرفی قرار گرفت. تهیه مجموعه دادگان مناسب برای حوزه‌های مختلف، توسعه کاربردهای هوش مصنوعی را در آینده هنر موسیقی رقم خواهد زد و کارکردهای مطلوب تر و مقبول تری از هوش مصنوعی را سبب خواهد شد.

کلیدواژگان: هوش مصنوعی، موسیقی، تولید موسیقی، یادگیری ژرف.

* رایانامهٔ نویسنده مسؤول: majidakhshabi@pnu.ac.ir

۱- مقدمه

هوش مصنوعی[1] یک فناوری چندرشته‌ای است که قابلیت یکپارچه‌سازی شناخت، تشخیص احساسات، تعامل انسان با کامپیوتر، ذخیره‌سازی داده‌ها و تصمیم‌گیری را دارد. در این تلفیق می‌توان بیش از بیست زیر شاخه برای هوش مصنوعی برشمرد که از بین آنها یادگیری ماشین[2]، شناخت الگو[3]، پردازش زبان طبیعی[4]، رباتیک[5]، سامانه‌های خُبره[6]، شبکه‌های عصبی[7]، منطق فازی[8] و الگوریتم ژنتیک[9]، از جمله مهم‌ترین آنها هستند [۱]. در سال‌های اخیر، هوش مصنوعی به سرعت توسعه یافته و سبک زندگی افراد را تغییر داده است. در این زمینه بسیاری از کشورها سیاست‌های ترجیحی و از پیش تعیین شده‌ای را در جهت به کارگیری این فناوری معرفی و تقویت کرده‌اند تا در دور جدیدی از رقابت‌های بین‌المللی پیشگام باشند. هدف هوش مصنوعی، الهام گرفتن از هوش طبیعی و شناخت بهتر هوش انسان، در جهت تولید نرم‌افزارها و خلق و توسعه دستگاهی است که بتواند فکر کند، ببیند، بشنود، راه برود، صحبت کند و حتی احساس کند. به‌عبارتی حقیقت عمده هوش مصنوعی، توسعه عملکردهای رایانه‌ای مشابه عملکردهای هوش انسانی است [۲].

امروزه به دلیل گسترش روز افزون دانش و پیچیده‌تر شدن فرآیند تصمیم‌گیری و حل مسئله، بهره‌گیری از سامانه‌های هوش مصنوعی، اهمیت بیشتری پیدا کرده است [۳]. هوش مصنوعی قادر است تا رفتارهایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی، نظیر درک شرایط پیچیده، شبیه‌سازی فرآیندهای فکری و شیوه‌های استدلالی انسان و پاسخ موفق به آن، یادگیری و توانایی کسب دانش و استدلال را برای حل مسائل داشته باشد [۴]. در این زمینه برنامه نویسی هوش مصنوعی بر سه مهارت شناختی؛ یادگیری، استدلال و اصلاح فرآیندهای حل مسئله به روش دستیابی به داده‌ها و ایجاد قوانینی برای چگونگی تبدیل داده‌ها به اطلاعات عملی، تمرکز دارد [۵]. از دیگر ویژگی‌های اساسی هوش مصنوعی، عمدتاً می‌توان به حرکات ربات‌ها، تشخیص زبان، تشخیص تصویر، پردازش زبان طبیعی و سیستم خبره- برنامه‌های کامپیوتری که قضاوت و رفتار یک متخصص را شبیه‌سازی می-کنند اشاره کرد که هدف آن کشف ماهیت هوش و استفاده از آن برای توسعه یک ماشین هوشمند با قدرت تجزیه و تحلیل، تفکر، قضاوت و حتی ادراک؛ مشابه مغز انسان است. با ظهور نظریه کارکردگرایی ذهن که با رشد و پیشرفت برق آسای رایانه‌ها در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ همراه بود، در سال ۱۹۵۶ عده‌ای از پژوهشگران برای تشکیل یک علم جدید در دانشگاه دارتموث ایالات متحده، گرد هم آمده بودند. آنان برای اولین بار در سال ۱۹۵۶، در کنفرانسی در این دانشگاه، به طور رسمی اصطلاح «هوش مصنوعی» را پیشنهاد کردند [۶]. این نخستین گام تحقیق و مطالعه در چگونگی شبیه‌سازی فعالیت‌های هوشمند انسان بود. با این حال آنچه امروزه بعنوان هوش مصنوعی مطرح است از حوالی سال ۱۹۶۰ توسط جان مک کارتی بوجود آمد. او هوش مصنوعی را به سه نوع پردازش دسته‌بندی کرد: فیزیکی، بیولوژیکی و روان‌شناختی. وی اظهار داشت طراحی سیستم‌های هوشمند، خود یک وظیفه‌ی شناختی است، سیستمی که مدام می‌تواند خود را بهتر کند. گرچه از وی به‌عنوان پدر علم و دانش تولید ماشین‌های هوشمند یاد می‌شود، اما ظهور این رشته علمی را دهه ۵۰ میلادی و زمانی عنوان می‌کنند که آلن تورینگ[10] این سوال را مطرح کرد که آیا ماشین می‌تواند فکر کند؟ تورینگ در مقاله‌ای با عنوان «ماشین محاسبه‌ای و هوشمند» در سال ۱۹۵۰ در نشریه ذهن[11]، موضوعی را مطرح کرد که امروز آن را آزمون تورینگ می‌خوانند. پس از آن که تورینگ مسئله اندیشیدن و آگاهی را برای ماشین مطرح کرد، این نظریه در بسیاری از حلقه‌ها و مراکز علمی مطرح و به آن توجه بسیار شد. در سال ۱۹۶۱، نیز ماروین مینسکی در همان دانشگاه، مقاله‌ای با عنوان «گام‌هایی به سوی هوش مصنوعی» چاپ کرد. از سال ۱۹۹۳ تاکنون، هوش مصنوعی به نقاط عطف بزرگی دست یافته است [۷].

در زمینه هنر نیز محققان بسیاری سعی کرده‌اند از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برای یادگیری سبک‌های هنرمندان و آثار موجود، جهت ترسیم خودکار این آثار با محتوای جدید و خلاقانه استفاده کنند. هنر به عنوان یکی از ابزارهای اولیه سازگاری، همواره در خدمت نیازهای کمال‌جویی، زیبا طلبی، تسکین آلام و سختی‌های زندگی بشر بوده است و موسیقی، شکلی از هنر می‌باشد که احساس، عاطفه و ادراک انسان را با کلام یا بی‌کلام منتقل می‌کند. موسیقی همچون زبان‌های رایج دنیا، نوعی بیان است که مناطق خاصی را در مغز فعال می‌کند که درک آن

[1] Artificial Intelligence (AI) Technology
[2] Machine Learning
[3] Pattern Recognition
[4] Natural Language Processin
[5] Robotic
[6] Expert System
[7] Neural Network
[8] Fuzzy Logic
[9] Genetic Algorithm
[10] Turing, A.
[11] Mind Journals

نیازمند آموزش است. موسیقی به راحتی می‌تواند مسیر روشن و لذت‌بخشی را فراروی هنرآموزان به دور از هرگونه سختی و مرارت و رنج طاقت فرسا بگستراند و آن‌ها را به سوی سرچشمه خلاقیت رهنمون سازد [۸]. در زمینه‌ی کاربرد هوش مصنوعی در هنر بسیاری از مکانیسم‌های دخیل در تولید موسیقی هنوز ناشناخته هستند و بعضی دیگر نیز آن‌چنان پیچیده‌اند که ابزارهای رایانه‌ای فعلی با وجود رشد و تحولی چشمگیر در مدت زمانی کوتاه، قادر به مدیریت آن‌ها نیستند [۹].

نخستین اقدامات کاربرد کامپیوتر در ساخت قطعات موسیقی توسط مورالس مانزارانس در سال ۱۹۷۰ انجام شد. وی سامانه‌ای به نام SICIB[1] را توسعه داد که ساخت موسیقی را بر اساس حرکات بدن نوازنده انجام می‌داد. این سیستم اطلاعات را از سنسورهای متصل به بدن نوازنده می‌گرفت و بی‌درنگ براساس اطلاعات دریافتی موسیقی متناسب را ایجاد می‌کرد. یکی دیگر از این سامانه‌ها، EMI[2] است که توسط دیوید کوب در سال ۱۹۸۹ ابداع شد که موسیقی را بر اساس سبک آهنگساز می‌سازد [۱۰]. اما این الگوریتم‌ها به لحاظ نُت به نُت بودن و تفاوت خوشایندی موسیقی ساخته شده با موسیقی طبیعی، کاملاً قابل تشخیص توسط سیستم شنوایی انسان نیست و در معرض خطا است [۱۱]. از این رو، ساخت موسیقی نوآورانه‌ای که برای انسان مطلوب باشد یکی از چالش‌های مهم استفاده از هوش مصنوعی در موسیقی است. از طرفی امروزه حجم مطالعات دانشگاهی با سرعتی بالا و روز افزون پیش می‌رود به طوریکه هر ۱۰ سال حجم دانش در یک حوزه دو برابر می‌گردد. لذا مرور این حجم از دانش با روش‌های مناسب و در یک زمینه منتخب موجب شناسایی شکاف‌های دانش در آن حوزه و ایجاد ایده‌های تحقیقاتی جدید می‌شود [۱۲]. در این جهت پژوهش حاضر با هدف مرور نظام‌مند در مطالعات کاربردی هوش مصنوعی در هنر موسیقی انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند راهگشای انجام تحقیقات سودمند پژوهشگران خلاق و علاقه‌مند در این حوزه باشد.

۲- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات توصیفی-تحلیلی است که با توجه به روش اجرا، مروری نظام‌مند در زمینه کاربرد هوش مصنوعی در هنر موسیقی است. شکل ۱ مراحل کلی پژوهش را نشان می‌دهد که در ادامه هر مرحله تشریح و نتایج هر یک مشخص خواهد شد.

شکل ۱. مراحل اصلی پژوهش

۲-۱- استخراج حوزه‌های کاربردی

برای بررسی استفاده از هوش مصنوعی در هنر موسیقی می‌توان از مفهوم بازیابی اطلاعات موسیقی[3] استفاده کرد. علی‌رغم اینکه این مفهوم یک زمینه تحقیقاتی چندرشته‌ای است که از علوم مختلفی مانند موسیقی‌شناسی، علوم کامپیوتر، مهندسی صدا و یادگیری ماشین بهره می‌برد اما تمامی موارد کاربرد هوش مصنوعی در هنر موسیقی را می‌توان ذیل این موضوع بررسی کرد.

بازیابی اطلاعات موسیقی بر تحلیل، پردازش و بازیابی اطلاعات موسیقی تمرکز دارد. هدف اصلی MIR، فراهم کردن ابزارها و روش‌هایی است که به ما امکان می‌دهد تا اطلاعات مفیدی از داده‌های موسیقی استخراج کنیم و آن‌ها را به طور مؤثر و کارآمد مدیریت کنیم. این اطلاعات می‌تواند شامل ویژگی‌های صوتی، ساختارهای موسیقایی، متن ترانه‌ها، و اطلاعات فراداده‌ای نظیر نام هنرمند، آلبوم و سبک موسیقی باشد.

به طور کلی، حوزه تحقیقاتی بازیابی اطلاعات موسیقی (MIR) در درجه اول به استخراج و استنتاج ویژگی‌های معنادار از موسیقی ونمایه‌سازی موسیقی با استفاده از این ویژگی‌ها، مربوط می‌شود. علاوه بر این توسعه طرح‌های جستجو و بازیابی مختلف (به عنوان مثال، جستجوی مبتنی بر محتوا، سیستم‌های توصیه موسیقی، یا رابط‌های کاربری برای مرور مجموعه‌های موسیقی بزرگ)، نیز شامل MIR می‌شود [۱۳]. حتی مواردی مانند تولید موسیقی[4] نیز در دامنه MIR می‌گنجد. چرا که برای تولید اصوات مختلف ابتدا باید با استفاده از پردازش موسیقی اطلاعات مورد نیاز استخراج گردد و سپس با استفاده از روش‌های مختلف مبتنی بر هوش مصنوعی به تولید اصوات پرداخت.

همانطور که مشخص است دامنه حوزه‌های کاربردی MIR گسترده بوده و موارد زیادی را شامل می‌شود. با بررسی ادبیات موضوع، پنج حوزه به عنوان حوزه‌های اصلی تحقیقاتی و کاربرد هوش مصنوعی در هنر موسیقی شناسایی شد که در ادامه معرفی می‌شوند.

[1] - Sistema Interactivo De Composicion Improvisacion Para Bailarines
[2] - Experiments In Music Intelligence
[3] Music Information Retrieval (MIR)
[4] Music Generation

۲-۲- دسته‌بندی موسیقی

دسته‌بندی موسیقی[1] یکی از کاربردهای مهم و جذاب در زمینه بازیابی اطلاعات موسیقی است. هدف از دسته‌بندی موسیقی، شناسایی قطعات موسیقی بر اساس ویژگی‌های مختلف آن اعم از ژانر، سازها، هنرمند، دوره زمانی، احساسات(و یا هر ویژگی دیگری که بتوان آن را به صورت کمی و کیفی تحلیل کرد) می‌باشد. در این فرآیند با اختصاص یک یا چند برچسب، قطعات موسیقی را براساس ویژگی‌های مشخص آن‌ها در گروه‌های مختلف دسته‌بندی می‌کنند. این برچسب‌ها می‌توانند ژانر (مانند جاز، راک، کلاسیک)، هنرمند، یا هر ویژگی دیگری باشند که به کمک آن‌ها می‌توان قطعات موسیقی را دسته‌بندی و متمایز نمود. طبقه‌بندی صحیح موسیقی می‌تواند به بهبود و سهولت تجربه کاربری در سامانه‌های پخش موسیقی و سرویس‌های توصیه‌گر کمک کند.

۲-۳- سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی[2]

این سامانه‌ها با استفاده از اطلاعاتی که از رفتار کاربران و ویژگی‌های موسیقی‌ها به دست می‌آورند، موسیقی‌های مشابه را پیشنهاد می‌کنند. هدف اصلی این سامانه‌ها، شخصی‌سازی تجربه کاربری و افزایش رضایت کاربران است. پیشنهادها می‌توانند بر اساس سابقه شنیداری کاربران، ویژگی‌های موسیقی و تعاملات اجتماعی باشند. سیستم‌های توصیه‌گر به طور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

توصیه‌گرهای مبتنی بر محتوا[3]: این سامانه‌ها براساس ویژگی‌های خود موسیقی (مانند ژانر، تمپو، ملودی) پیشنهادهایی ارائه می‌دهند. برای مثال، اگر کاربری به شنیدن موسیقی‌های با ریتم تند علاقه‌مند باشد، سیستم‌های مبتنی بر محتوا، موسیقی‌هایی با ویژگی‌های موردنظررا پیشنهاد می‌دهند.

۲-۳-۱- **توصیه‌گرهای مبتنی بر کاربر[4]**: این سامانه‌ها براساس رفتار و ترجیحات کاربران مشابه پیشنهاد ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، اگر دو کاربر ترجیحات مشابهی داشته باشند، موسیقی‌هایی که یکی از آن‌ها گوش داده است به دیگری پیشنهاد می‌شود. این روش نیز به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود: توصیه‌گر مشارکتی مبتنی بر کاربر، که در آن پیشنهاد موسیقی بر اساس شباهت بین کاربران و توصیه‌گر مشارکتی مبتنی بر مورد، که پیشنهاد موسیقی بر اساس شباهت بین خود موسیقی‌ها صورت می‌پذیرد.

۲-۳-۲- **توصیه‌گرهای ترکیبی**: این توصیه‌گرها سعی در استفاده از مزایای هر دو روش گفته شده، یعنی مبتنی بر ترجیهات کاربر و مبتنی بر محتوا دارند.

۲-۴- جداسازی منابع(اصوات تشکیل دهنده) موسیقی[5]

یک حوزه مهم و پیچیده در پردازش سیگنال‌های صوتی است که هدف آن تفکیک اجزای مختلف یک قطعه موسیقی به منابع صوتی جداگانه است. به طور ساده، این فرآیند تلاش می‌کند تا سازهای مختلف و صدای خواننده را از یکدیگر جدا کند. این فناوری در کاربردهای مختلفی از جمله میکس و مسترینگ، بازسازی و بازآفرینی موسیقی، حذف نویز، و همچنین در زمینه‌های تحقیقاتی و آموزشی استفاده می‌شود. دو زیرمجموعه مهم این حوزه عبارتند از:

۲-۴-۱- **شناسایی سازهای موسیقی[6]**: این فرآیند که نقشی اساسی در حوزه آموزش سازهای موسیقی دارد با پردازش سیگنال‌های صوتی مرتبط است و هدف آن تشخیص و شناسایی نوع سازهای موسیقی از روی سیگنال صوتی آنها است. این فرآیند می‌تواند در کاربردهای مختلفی مانند سیستم‌های توصیه‌گر موسیقی، تحلیل موسیقی، ویرایش و میکس موسیقی و حتی در توسعه اپلیکیشن‌های آموزشی مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۴-۲- **شناسایی هنرمندان موسیقی[7]**: هدف از این فرآیند، تشخیص و شناسایی هنرمند یا گروه موسیقی از روی سیگنال صوتی آهنگ‌ها است. این فناوری در کاربردهای مختلفی از جمله سیستم‌های توصیه‌گر موسیقی، پایگاه‌های داده موسیقی، ویرایش و مدیریت محتوا، و حتی در اپلیکیشن‌های آموزشی و تحلیلی استفاده می‌شود.

همانطور که مشخص است برای حوزه جداسازی منابع موسیقی پردازش سیگنال‌های صوتی نقشی اساسی ایفا می‌کند.

۲-۴-۳- **رونویسی خودکار[1]**: این حوزه در برگیرنده مجموعه فعالیت‌هایی است که به استخراج مؤلفه‌هایی از یک قطعه

[1] Music Classification
[2] Music Recommender Systems
[3] Content Based
[4] User Based
[5] Music Source Separation
[6] Music Instrument Recognition
[7] Music Artist Recognition

موسیقی منتج می‌شود. این حوزه دو زیرمجموعه مهم دارد که در ادامه تشریح می‌گردد:

۲-۴-۳-۱- رونویسی خودکار موسیقی[2]: که در آن سیگنال‌های صوتی موسیقی به نت‌های موسیقی یا نمادهای قابل خواندن توسط انسان تبدیل می‌شوند. این فرآیند به ویژه در زمینه‌های مختلف از جمله تجزیه و تحلیل موسیقی، آموزش موسیقی، تولید نت‌های موسیقی، و همچنین در فرایندهای تحقیقاتی و خلاقانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴-۳-۲- رونویسی خودکار ترانه آهنگ‌ها[3]: در این فرآیند متن آهنگ‌ها از سیگنال‌های صوتی استخراج می‌شود. این فناوری کاربردهای گسترده‌ای در حوزه ایجاد زیرنویس برای نماهنگ، جستجوی مبتنی بر متن در کتابخانه‌های موسیقی و تحلیل محتوا دارد. در این فرآیند علاوه بر روش پردازش سیگنال‌های صوتی باید از روش‌های پردازش زبان طبیعی[4] نیز استفاده کرد.

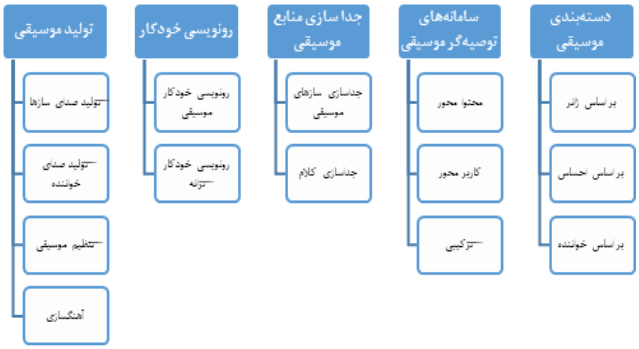
۲-۵- تولید موسیقی

تولید موسیقی یکی از حوزه‌های هیجان‌انگیز در ترکیب هنر و هوش مصنوعی است که شامل استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های یادگیری ماشین برای ساخت قطعات موسیقی به صورت خودکار است. این فناوری امکان تولید موسیقی‌های جدید و منحصربه‌فرد را با کمترین دخالت انسانی فراهم می‌کند و در کاربردهای مختلفی از جمله صنعت موسیقی، تولید محتوای دیجیتال و حتی در آموزش موسیقی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۲ حوزه‌های مورد بررسی این مقاله را نشان می‌دهد.

۲-۶- استخراج کلمات کلیدی برای جستجو

در اولین مرحله از فرآیند استخراج اسناد علمی مرتبط با هوش مصنوعی و هنر موسیقی نیاز به استخراج کلمات کلیدی برای جستجوی اسناد است. کلمات و عبارات مرتبط با هر یک از حوزه‌های معرفی شده در شکل ۲ به صورت جداگانه برای استخراج اسناد علمی استفاده شده است. جدول ۱ فهرست کلمات کلیدی استفاده شده در تحقیق حاضر را نمایش می‌دهد.



شکل ۲. حوزه‌های مورد بررسی مقاله حاضر

جدول ۱. کلمات و عبارات مورد استفاده در جستجوی اسناد

موضوع	کلمات کلیدی
دسته‌بندی موسیقی	“Music classification”, “music genre classification”, “music Emotion classification”, “music artist classification”, “music genre Recognition”, “music Emotion Recognition”
سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی	“MUSIC Recommender Systems”, “music recommendation”, "Collaborative Filtering" and "music recommendation", "Content based" AND "music recommendation", "Content oriented" AND "music recommendation"
جداسازی منابع موسیقی	“Music Source Separation”, “Music Instrument Recognition”, “Music Artist Recognition”, “Musical Instrument Recognition”, “Music Recognition”
رونویسی خودکار	“Automatic Music Transcription”, “Automatic Lyric “AI” AND “Lyric Transcription”, AI” ,Transcription” AND “music Transcription”
تولید موسیقی	“Music Generation”, "AI" AND "Music composition", "Artificial intelligence " AND "Music composition", "automatic music arrangement", "artificial intelligence" AND "Singing", "AI" AND "Singing", “Musical Instrument generation”

۲-۷- استخراج اطلاعات آماری اسناد علمی از منابع معتبر

مطابق با کلمات کلیدی مشخص شده در جدول ۱، جستجو در پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس معتبر صورت پذیرفت. فرآیند جستجو به این شکل بود که اگر در عنوان اسناد، چکیده و یا در بین کلمات کلیدی اسناد، هر یک از عبارات جدول ۱ وجود داشت تمامی اطلاعات اسناد از جمله عنوان، کلمات کلیدی، چکیده، اطلاعات مرتبط با نشریه و یا کنفرانس، اطلاعات نویسندگان و سایر اطلاعات همچون سال انتشار اسناد استخراج شده است. در جدول ۲ تعداد اولیه اسناد مرتبط با هر موضوع بر اساس کلمات کلیدی جدول ۱ و نیز بعد از حذف عناوین تکراری مشخص شده است.

[1] Automatic Transcription
[2] Automatic Music Transcription
[3] Automatic Lyric Transcription
[4] National Languages Processing

جدول ۲. مجموع مقالات استخراج شده

موضوع	مجموع اسناد	مجموع اسناد بعد از حذف عناوین تکراری
دسته‌بندی موسیقی	۱۹۳۲	۱۷۲۳
سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی	۲۹۹۶	۱۶۷۶
جداسازی منابع موسیقی	۱۰۱۴	۸۶۱
رونویسی خودکار	۳۶۶	۳۶۵
تولید موسیقی	۱۴۵۷	۱۳۰۵
مجموع	۷۷۶۵	۵۹۳۰

در مرحله بعد تمامی ۵۹۳۰ سند مجدداً از منظر عدم تکرار بررسی شدند ودر نهایت ۵۹۰۳ مقاله در تمامی موضوعات شناسایی شدند.

۳- تحلیل اطلاعات اسناد

در ادامه مقاله اطلاعات استخراج شده از اسناد علمی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی فراوانی اسناد بر اساس نوع، روند زمانی چاپ اسناد، کشورهای برتر، دانشگاه‌ها و نویسندگان برتر مواردی است که به صورت آماری از اسناد مورد نظر استخراج گردید. علاوه بر این روش‌ها و الگوریتم‌های به کار گرفته در هر یک از موضوعات به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته و چالش‌های به کارگیری هوش مصنوعی نیزدر هر یک از موضوعات شناسایی شد.

۳-۱- فراوانی اسناد بر اساس نوع

در این بخش بر اساس نوع، اسناد شناسایی شده در موضوعات مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۳ نتایج حاصل نمایش داده شده است.

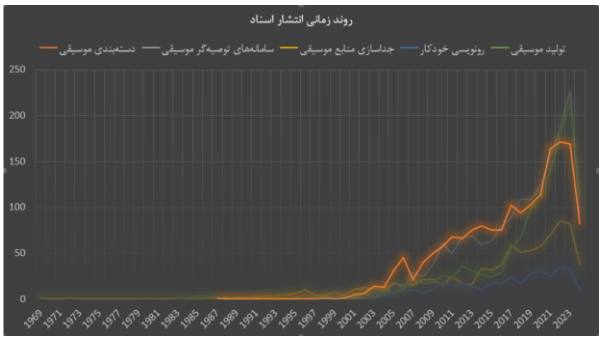
جدول ۳. فراوانی اسناد بر اساس نوع سند

نوع سند	دسته‌بندی موسیقی	سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی	جداسازی منابع موسیقی	رونویسی خودکار	تولید موسیقی
سند داده[1]	۱	۰	۰	۱	۱
اصلاحیه[2]	۲	۵	۱	۰	۱
کتاب	۳	۶	۴	۱	۴
سلب اعتبار شده[3]	۶	۶	۱	۰	۵
فصل کتاب[4]	۲۹	۴۸	۱۱	۷	۲۷
سرمقاله[5]	۰	۲	۰	۰	۲
یادداشت علمی[6]	۰	۰	۱	۰	۱
مقاله مروری کنفرانسی	۹۵	۱۳۵	۳۲	۱۰	۷۰
مقاله مروری مجلات	۱۴	۱۵	۷	۴	۱۱
مقاله پژوهشی کنفرانسی	۱۰۷۴	۱۰۲۷	۵۲۷	۲۴۳	۸۲۷
مقاله پژوهشی مجلات	۴۹۹	۴۳۲	۲۷۷	۹۹	۳۵۶

با توجه به جدول ۲، بیش از ۶۸ درصد از اسناد را مقالات مروری و پژوهشی کنفرانس‌ها دربر می‌گیرد. هم‌چنین حدود ۹۰ درصد از اسناد، شامل مقالات پژوهشی اعم از کنفرانسی و مجله‌ای می‌باشند.

۳-۲- روند زمانی چاپ اسناد

در شکل ۳ روند انتشار اسناد در موضوعات مختلف نمایش داده شده است. در نمودارهای نمایش‌داده شده در شکل ۳، اسناد سال ۲۰۲۵ حذف شده‌اند زیرا تعداد آن‌ها بسیار اندک بود. در خصوص مقالات مرتبط با سال ۲۰۲۴ نیز از آنجا که هنوز چند ماهی از این سال باقی است مسلم است که بر تعداد مقالات و اسناد این سال اضافه خواهد شد.



شکل ۳. روند زمانی چاپ اسناد مرتبط با دسته‌بندی موسیقی

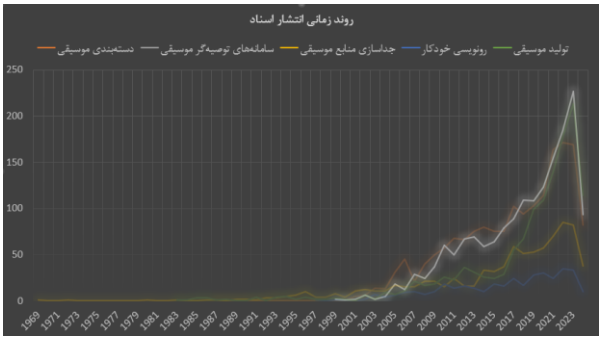
قدیمی‌ترین سند که در گروه موضوعی جداسازی منابع موسیقی قرار دارد مربوط به مقاله‌ای با عنوان «تشخیص موسیقی» است که در سال ۱۹۶۹ و به نویسندگی دیانا دوایچ چاپ شده است. در این مقاله یک روش مبتنی بر شبکه‌عصبی برای تشخیص انتزاعاتی مشخص از موسیقی پیشنهاد شده است [۱۴]. از این مقاله می‌توان به عنوان اولین مقاله کاربردی هوش مصنوعی در هنر موسیقی نام برد. اولین مقاله در حوزه آهنگسازی مربوط به سال ۱۹۷۲ است که در نتیجه یک پروژه تحقیقاتی در دانشگاه استنفورد و توسط جیمز اندرسون مورر به چاپ رسیده است. در این مقاله یک برنامه کامپیوتری برای تولید یک قطعه موسیقی کوتاه توسعه داده شده و نتایج آن بررسی شده است [۱۵].

از سال ۱۹۶۹ تا سال ۱۹۸۵ تک مقالاتی در حوزه هوش مصنوعی و هنر موسیقی به چاپ رسیده است. به نحوی که تعداد کل مقالات در این سال‌ها از سالی ۲ عدد تجاوز نمی‌کرد. ذکر این نکته در این جا ضروری است که این بازه زمانی با عنوان زمستان هوش مصنوعی شناخته می‌شود و تعداد کم مقالات منتشر شده در این بازه می‌تواند معلول همین علت باشد.

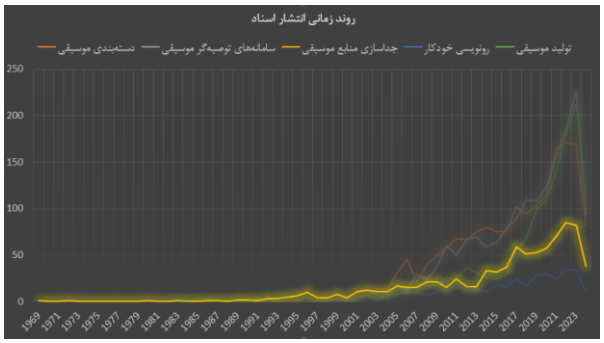
از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۰۰ میلادی شاهد رشد اندکی در اسناد منتشر شده هستیم. عمده اسنادی که در این بازه منتشر شده‌اند در حوزه‌های آهنگسازی و تلاش‌های مرتبط با حوزه جداسازی منابع موسیقی است. اولین مقاله در حوزه دسته‌بندی موسیقی نیز در این بازه زمانی یعنی در سال ۱۹۸۷ به نگارش درآمد. البته هدف اصلی مقاله مدنظر در حوزه آموزش موسیقی بود و نه ارائه مدلی برای دسته‌بندی موسیقی؛ اما برای نیل به همین هدف نیز نویسندگان ناچار به بکارگیری روشی برای دسته‌بندی بودند [۱۶]. با این وجود موضوع دسته‌بندی موسیقی از سال ۲۰۰۰ به طور جدی مورد بررسی قرار گرفت که تعداد مقالات و روش‌های ارائه شده از این سال به بعد به طور محسوسی افزایش یافته است. همانطور که پیش از این نیز گفته شد، یکی از مهم‌ترین کاربردهای دسته‌بندی موسیقی در سامانه‌های توصیه‌گر است. روند انتشار مقالات حوزه سامانه‌های توصیه‌گر نیز از سال ۱۹۹۹ و با مقاله ده‌رور وهمکارانش که ارائه مدلی توصیه‌گر و مبتنی بر محتوا در حوزه موسیقی بود آغاز شد. سایمون دیکسون در سال ۱۹۹۷ اولین مقاله در حوزه رونویسی خودکار را ارائه داد [۱۷].

از سال ۲۰۰۰ به بعد، موضوع سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی را می‌توان به عنوان جذاب‌ترین حوزه پژوهشی از بین حوزه‌های مورد بررسی در مقاله قلمداد کرد که از سال ۲۰۰۹ شاهد رشد قابل توجه اسناد مرتبط با این حوزه هستیم. حوزه رونویسی خودکار نیز در تمام روند زمانی حالت یکسانی را داشته است و کمترین استقبال را در میان پژوهشگران داشته است. اما حوزه‌ای که می‌توان از آن به عنوان داغ‌ترین حوزه پژوهشی در سال‌های اخیر یاد کرد، حوزه تولید موسیقی است. مطالعات پژوهشی حوزه تولید موسیقی اگرچه از سال ۱۹۷۲ آغاز و از سال ۱۹۸۳ استمرار بیشتری داشته است، اما رشد بسیار زیادی را از سال ۲۰۱۷ در این حوزه شاهد هستیم به نحوی که تعداد اسناد پژوهشی منتشر شده از سال ۲۰۱۷ تا نیمه سال ۲۰۲۴، ۳ برابر کل اسناد مرتبط از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۶ است. علت این رشد چشم‌گیر در پیشرفت و توسعه مدل‌های هوش مصنوعی مولد و الگوریتم‌های یادگیری ژرف است.

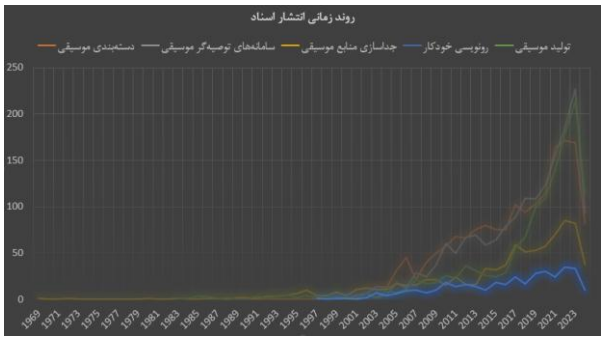
بررسی نسبت اسناد منتشر شده در سال ۲۰۲۴ و ۲۰۲۳ نیز نشان می‌دهد که موضوع تولید موسیقی نسبت به سایر موضوعات وضعیت بهتری را دارا است و تا ماه هفتم سال ۲۰۲۴، نسبت اسناد منتشر شده نسبت به ۲۰۲۳، ۵۳ درصد است. در حالی که این نسبت برای موضوع دسته‌بندی موسیقی ۴۸ درصد، برای سامانه‌های توصیه‌گر ۴۶ درصد، برای رونویسی خودکار ۳۰ درصد است. این نسبت حتی از تجمیع اسناد نیز که ۴۹ درصد است نیزبیشتر است. از منظر تعداد نیز موضوع تولید موسیقی بیشترین تعداد اسناد منتشر شده در سال ۲۰۲۴ را دارد.



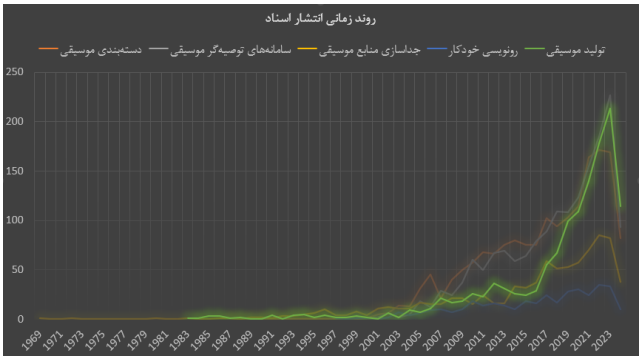
روند زمانی چاپ اسناد مرتبط با سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی



روند زمانی چاپ اسناد مرتبط با جداسازی منابع موسیقی



روند زمانی چاپ اسناد مرتبط با رونویسی خودکار



روند زمانی چاپ اسناد مرتبط با تولید موسیقی

شکل ۴. روند زمانی چاپ اسناد

۳-۳- کشورهای برتر

با بررسی وابستگی‌های سازمانی مرتبط با نویسندگان اسناد مورد بررسی ۱۰ کشور برتر در هر یک از موضوعات مرتبط با بازیابی اطلاعات موسیقی استخراج شدند. جدول ۴ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. در کنار چین و آمریکا که به عنوان سردمداران هوش مصنوعی در جهان شناخته می‌شوند، کشور هندوستان نیز در بین برترین کشورها جایگاه مناسبی دارد.

جدول ۴. کشورهای برتر در موضوعات مورد بررسی

دسته‌بندی موسیقی		سامانه‌های توصیه‌گر		جداسازی منابع موسیقی		رونویسی خودکار		تولید موسیقی	
کشور	تعداد مقالات	کشور	تعداد مقالات	کشور	تعداد مقالات	کشور	تعداد مقالات	کشور	تعداد مقالات
چین	۳۲۷	چین	۲۸۱	چین	۱۵۱	انگلستان	۴۷	چین	۲۷۲
هندوستان	۱۷۸	هندوستان	۲۵۵	آمریکا	۷۸	چین	۳۰	آمریکا	۱۵۴
آمریکا	۹۸	آمریکا	۱۵۰	اسپانیا	۷۵	آمریکا	۲۷	هندوستان	۹۳
آلمان	۵۸	ژاپن	۷۷	آلمان	۴۷	ژاپن	۲۴	انگستان	۷۶
انگلستان	۵۶	انگلستان	۵۲	کانادا	۴۳	اسپانیا	۲۰	ژاپن	۵۸
کانادا	۴۵	اتریش	۴۸	هندوستان	۴۳	هندوستان	۱۷	ایتالیا	۴۵
برزیل	۴۳	اسپانیا	۴۵	ژاپن	۳۶	ایتالیا	۱۶	فرانسه	۴۱
ژاپن	۴۱	آلمان	۴۲	انگلستان	۲۹	فرانسه	۱۴	اسپانیا	۲۹
اسپانیا	۴۰	ایتالیا	۳۶	فرانسه	۲۳	سنگاپور	۱۳	کانادا	۲۸
لهستان	۳۷	برزیل	۳۱	لهستان	۱۷	آلمان	۱۲	آلمان	۲۳

۳-۴- دانشگاه‌های برتر

با بررسی وابستگی‌های سازمانی مرتبط با نویسندگان اسناد مورد بررسی ۱۰ دانشگاه برتر در هر یک از موضوعات مرتبط با بازیابی اطلاعات موسیقی استخراج شدند. جدول ۵ نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول ۵. دانشگاه‌های برتر در موضوعات مورد بررسی

دسته‌بندی موسیقی		سامانه‌های توصیه‌گر		جداسازی منابع موسیقی		رونویسی خودکار		تولید موسیقی	
دانشگاه	تعداد نویسنده	دانشگاه	تعداد نویسنده	دانشگاه	تعداد نویسنده	دانشگاه	تعداد نویسنده	دانشگاه	تعداد نویسنده
ملی تایوان	۳۵	یوهانس کپلر آلمان	۳۹	آلیکانته اسپانیا	۴۷	کوئین مری لندن انگلستان	۵۰	کوئین مری لندن انگلستان	۳۵
چینهوا چین	۲۵	چجیانگ چین	۲۳	مک گیل کانادا	۴۳	کیوتو ژاپن	۱۰	ارتباطات چین	۲۸
ارتباطات چین	۲۵	پمپئو فابرا اسپانیا	۲۱	ایندیانا آمریکا	۲۵	ملی سنگاپور	۱۰	کارنگی ملون آمریکا	۱۹
گدانسک لهستان	۲۵	کالیفرنیا	۲۰	چارلز چک	۱۴	آلیکانته اسپانیا	۱۰	کالیفرنیا آمریکا	۱۸
پمپئو فابرا اسپانیا	۲۲	چینهوا چین	۱۸	لیدز انگلستان	۱۱	راچستر آمریکا	۸	چینهوا چین	۱۷
جاداوپور هند	۱۵	ملی چنگ کونگ تایوان	۱۳	پلی‌تکنیک والنسیا اسپانیا	۱۱	فناوری و طراحی سنگاپور	۶	یورک کانادا	۱۴
کویمبرا پرتغال	۱۴	ریتسومیکان ژاپن	۱۲	جان هاپکینز آمریکا	۱۰	ویکتوریا کانادا	۶	فناوری و طراحی سنگاپور	۱۴
اوزاکا ژاپن	۱۳	بولزانو ایتالیا	۱۲	لندن انگلستان	۱۰	فلورانس ایتالیا	۶	پست و تلکام پکن چین	۱۲
ملی سنگاپور	۱۲	ملی سئول کره جنوبی	۱۱	ملی سئول کره جنوبی	۱۰	فناوری تامپره فنلاند	۶	واسدا ژاپن	۱۲
ارسطو تسالونیکی یونان	۱۲	ارسطو تسالونیکی یونان	۱۲	فناوری ورشو لهستان	۹	ملی سئول کره جنوبی	۵	ملی سنگاپور	۱۰

نکته‌ای که در بررسی دانشگاه‌های برتر قابل توجه است این است که در کشورهای چین و آمریکا، شاهد تعدد دانشگاه‌هایی هستیم که در حوزه هوش مصنوعی و موسیقی فعالیت می‌کنند. این تعدد در هندوستان نیز وجود دارد اما نمی‌توان دانشگاه شاخصی را در این حوزه مشاهده کرد؛ ضمن اینکه در موضوعات جدیدتر و داغ‌تر دانشگاه‌های هندوستان فعالیت کمتری دارند. در کشورهایی نظیر اسپانیا، سنگاپور، ژاپن و کره جنوبی این مطالعات به صورت متمرکز در چند دانشگاه محدود صورت گرفته است.

در حوزه تولید موسیقی به عنوان داغ‌ترین موضوع، فعالیت دانشگاه‌های چین، آمریکا و انگلستان نسبت به سایر کشورها بسیار بیشتر است و دانشگاه‌های کشور سنگاپور در این زمینه در حال رشد می‌باشند.

۳-۵- نویسندگان برتر

با بررسی نویسندگان مقالات در موضوعات مورد بررسی برترین نویسندگان که در هر حوزه بیشترین مقاله منتشر شده را داشتند شناسایی و در جدول ۶ نمایش داده شده‌اند. لازم به توضیح است که برخی از نویسندگان در مقالات مختلف وابستگی سازمانی متفاوتی را ذکر کرده‌اند. به همین دلیل ممکن است برخی نویسندگان تعداد بیشتری مقاله نسبت به سازمان وابسته اصلی خود داشته باشند.

جدول ۶. نویسندگان برتر در موضوعات موردبررسی

دسته‌بندی موسیقی			
نام	تعداد مقالات	نام	تعداد مقالات
هی سیون یانگ[۱]	۴۵	هومر چن[۲]	۲۱
ایگور واتولکین[۳]	۱۸	بوزنا کوستک[۴]	۱۷
فابیان گویون[۵]	۱۲	باب ال استرام[۶]	۱۱
کیم هیونگ گوگ[۷]	۱۱	یو چینگ لین[۸]	۱۱
الساندرو ال کوریخ[۹]	۱۰	کارلوس ان سیلا[۱۰]	۱۰
سامانه‌های توصیه‌گر			
نام	تعداد مقالات	نام	تعداد مقالات
مارکوس شدی[۱۱]	۳۶	فرانچسکو ریچی[۱۲]	۱۴
دیتمار جناخ[۱۳]	۱۱	پیتر نس[۱۴]	۱۰
کاترین وربرت[۱۵]	۱۰	ریشاب مهروتا[۱۶]	۱۰
آرتور فلکسر[۱۷]	۹	یوچنگ جین[۱۸]	۹
آرتو لحتینمی[۱۹]	۹	ایمان کامه‌خوش[۲۰]	۸
جداسازی منابع موسیقی			
نام	تعداد مقالات	نام	تعداد مقالات
جرج کالو زاراگوزا[۲۱]	۶۵	ایچیرو فوجیناگا[۲۲]	۴۰

[1] Yi-Hsuan Yang
[2] Homer Chen
[3] Igor Vatolkin
[4] Bozena Kostek
[5] Fabien Gouyon
[6] Bob L. Sturm
[7] Hyoung-Gook Kim
[8] Yu-Ching Lin
[9] Alessandro L. Koerich
[10] Carlos N Silla
[11] Markus Schedl
[12] Francesco Ricci
[13] Dietmar Jannach
[14] Peter Knees
[15] Katrien Verbert
[16] Rishabh Mehrotra
[17] Arthur Flexer
[18] Yucheng Jin
[19] Arto Lehtiniemi
[20] Iman Kamehkhosh
[21] Jorge Calvo-Zaragoza
[22] Ichiro Fujinaga

گابریل ویگلنسونی[1]	۱۳	آنا روبلو[2]	۱۲
دیوید ریزو[3]	۱۲	رافائل کریستوفر[4]	۱۲
لورنت پوگین[5]	۱۱	خوزه جی والرو ماس[6]	۱۱
فرانسیسکو کاستلانوس[7]	۱۱	جیم اس کاردوسو[8]	۱۱
رونویسی خودکار			
نام	تعداد مقالات	نام	تعداد مقالات
امانوئل بنتوس[9]	۳۴	سیمون دیکسون[10]	۱۷
سو لی[11]	۱۴	مارک دی پلامبلی[12]	۱۱
ژیائو دوان[13]	۷	جرج کالو زاراگوزا	۷
اندرو مکلید[14]	۷	آنسی کالپوری[15]	۷
یی وانگ[16]	۶	اورت سباستین[17]	۶
تولید موسیقی			
نام	تعداد مقالات	نام	تعداد مقالات
هی سیون یانگ	۱۷	گاس ژیا[18]	۱۳
دورین هرمانس[19]	۱۳	فرانبیوس پاچت[20]	۱۲
چی فانگ هوانگ[21]	۱۲	ژئائوبینگ لی[22]	۱۰
دارل کانکلین[23]	۹	سیمون کولتن[24]	۸
کونگ جین[25]	۸	دانکن ویلیامز[26]	۸

[1] Gabriel Vigliensoni
[2] Ana Rebelo
[3] David Rizo
[4] Christopher Raphael
[5] Pugin, Laurent
[6] Jose J.Valero-Mas
[7] Francisco J. Castellanos
[8] Jaime S.Cardoso
[9] Emmanouil Benetos
[10] Simon Dixon
[11] Li Su
[12] Mark D. Plumbley
[13] Zhiyao Duan
[14] Andrew Mcleod
[15] Anssi Klapuri
[16] Ye Wang
[17] Sebastian Ewert
[18] Gus Xia
[19] Dorien Herremans
[20] Fran√ßois Pachet
[21] Chih-Fang Huang
[22] Xiaobing Li
[23] Darrell Conklin
[24] Simon Colto
[25] Cong Jin
[26] Duncan Williams

۳-۶- الگوریتم‌ها و روش‌های مورد استفاده

در این بخش از مقاله به بررسی روش‌های مورد استفاده در هر یک از پنج موضوع مدنظر مقاله پرداخته می‌شود. در هر یک از موضوعات روش‌هایی که در مقالات مختلف مورد استفاده قرار گرفته معرفی و نقاط قوت و ضعف هر یک به اختصار بیان شده است. علاوه بر این مقالاتی که در هر یک از موضوعات از روش‌های مدنظر استفاده کرده‌اند مشخص شده‌اند. برای انتخاب مقالات شرایط زیر در نظر گرفته شده است:

۱. مقالات از سال ۲۰۱۰ میلادی به بعد باشند.
۲. مقالات از نوع پژوهشی مجلات و پژوهشی کنفرانسی باشند.
۳. الگوریتم، مدل یا چارچوبی برای موضوع مورد بررسی در مقاله توسعه داده شده باشند.
۴. مقالات پژوهشی کنفرانسی یا برای سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ باشند و یا میزان ارجاع به آن‌ها حداقل ۱۰ ارجاع و در مواردی که برای مثال به دلیل جدید بودن حوزه، میزان ارجاعات پایین است حداقل پنج ارجاع باشد.

۳-۷- روش‌های مورد استفاده در دسته‌بندی موسیقی

با بررسی مقالات گوناگون مرتبط با دسته‌بندی موسیقی، عمده روش‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این حوزه در جدول ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۷. بررسی روش‌های مورد استفاده در دسته‌بندی موسیقی

روش	مزایا	معایب	مقالات
شبکه‌های بیزین (Bayesian)	پیاده‌سازی آسان و مناسب برای مجموعه دادگان بزرگ و با ابعاد بالا	فرض اصلی استقلال بین ویژگی‌هاست که این فرض همیشه دقیق نیست.	[۱۸ – ۲۴]
K نزدیکترین همسایه	تفسیر پذیری، درک و پیاده‌سازی آسان و دقت مناسب	وابستگی به تعداد همسایگان، زمان محاسبه و اجرای بالا	[۲۵ – ۲۶]
رگرسیون (Regression)	درک و تفسیرپذیری آسان	یافتن روابط بین متغیرها در همه مسائل به سادگی ممکن نیست.	[۲۷ – ۳۱]
درخت تصمیم (Decision Tree)	سهولت درک و تفسیر	بیش‌برازش و تغییرات شدید به هنگام تغییر جزئی در دادگان	[۳۲ – ۳۴]
جنگل تصادفی (Random Forest)	عملکرد بهتر نسبت به درخت تصمیم در حل مشکل بیش‌برازش	پیچیدگی بسیار زیاد	[۳۵ – ۳۸]
ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machines)	مناسب برای مدیریت داده‌های غیر خطی و مجموعه دادگان بزرگ و با ابعاد بالا	برای داده‌هایی با نویز زیاد عملکرد مناسبی ندارد	[۳۹ – ۴۷]
شبکه عصبی کانولوشن (Convolutional Neural Network)	مناسب برای مجموعه دادگان بزرگ و عملکرد خوب در انواع سیگنال‌های صوتی	پیچیدگی در تفسیرپذیری و نیاز به مقادیر بالای داده‌های برچسب‌گذاری شده	[۴۸ – ۵۷]
شبکه عصبی بازگشتی (Recurrent Neural Network)	مناسب برای مدیریت سیگنال‌های صوتی با طول زمانی متغیر	پیچیدگی در آموزش و نیاز به مقادیر بالای داده‌های برچسب‌گذاری شده	[۵۸ – ۶۲]
شبکه عصبی LSTM (Long-Short Term Memory Neural Network)	مشکل حافظه شبکه عصبی بازگشتی را حل کرده و محوشدگی اطلاعات ندارد	پیچیدگی بالا، پیچیدگی تنظیم پارامتر و مصرف بالای حافظه که نیازمند زمان بالا برای آموزش است.	[۶۳ – ۶۸]
روش‌های ترکیبی	استفاده از ظرفیت روش‌های مختلف جهت رفع مشکل دیگری و بهبود نتایج	تعمیم‌پذیری روش برای استفاده در سایر زمینه‌ها محل تشکیک است.	[۶۹ – ۷۸]

۳-۸- روش‌های مورد استفاده در سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی

با بررسی مقالات گوناگون مرتبط با سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی، عمده روش‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این حوزه در جدول ۸ نمایش داده شده است.

۳-۹- روش‌های مورد استفاده در جداسازی منابع موسیقی

با بررسی مقالات گوناگون مرتبط با جداسازی منابع موسیقی، عمده روش‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این حوزه در جدول ۹ نمایش داده شده است.

۳-۱۰- روش‌های مورد استفاده در رونویسی خودکار

با بررسی مقالات گوناگون مرتبط با رونویسی خودکار، عمده روش‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این حوزه در جدول ۱۰ نمایش داده شده است.

۳-۱۱- روش‌های مورد استفاده در تولید موسیقی

با بررسی مقالات گوناگون مرتبط با تولید موسیقی، عمده روش‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در این حوزه در جدول ۱۱ نمایش داده شده است.

جدول ۸. بررسی روش‌های مورد استفاده در سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی

روش	مزایا	معایب	مقالات
فیلترینگ مشارکتی[1]	امکان شخصی‌سازی توصیه‌ها با استفاده از رصد رفتاری مخاطب	مشکل شروع سرد[2] و نیز مشکل در کار با داده‌های خنک[3]	[۷۹ – ۸۹]
مبتنی بر محتوا	امکان توصیه بر اساس ویژگی‌های خاص موسیقی	عدم درنظر گرفتن ترجیحات کاربران	[۹۰ – ۱۰۰]
یادگیری ژرف	استخراج و یادگیری الگوهای پیچیده در سیگنال‌های صوتی	نیاز به مقادیر بالای داده‌های برچسب‌گذاری شده	[۱۰۱ – ۱۱۸]
تجزیه ماتریس[4]	مدیریت داده‌ها در حجم بالا	زمان محاسبه و اجرای بالا	[۱۱۹ – ۱۲۱]
روش‌های ترکیبی	استفاده از نقاط قوت روش‌ها	پیچیدگی بالا	[۱۲۲ – ۱۴۱]

جدول ۹. بررسی روش‌های مورداستفاده در جداسازی منابع موسیقی

روش	مزایا	معایب	مقالات
یادگیری ژرف	انعطاف در مدل‌سازی ساختار موسیقی‌های چند صدایی و پیچیده	نیاز به منابع محاسباتی بسیار بالا و دادگان متنوع و حجیم	[۱۴۲ – ۱۶۷]
مدل‌های مخفی مارکوف (Hidden Markov Model)	مدیریت حجم زیادی از داده‌ها	مشکل در مدل‌سازی موسیقی‌های چند صدایی	[۱۶۸ – ۱۷۶]
ماشین بردار پشتیبان	امکان مدیریت دادگان با ابعاد نسبتا بالا	کارایی کاهش در موسیقی‌هایی با اجزای ناشناس	[۱۷۷ – ۱۸۲]

جدول ۱۰. بررسی روش‌های مورد استفاده در رونویسی خودکار

روش	مزایا	معایب	مقالات
یادگیری ژرف	مدیریت حجم زیادی از داده‌ها، نمایش بهتر ویژگی‌های پیچیده موسیقی	نیاز به مقادیر بالای داده‌های برچسب‌گذاری شده و منابع محاسباتی زیاد	[۱۸۳ – ۲۱۱]
مدل‌های مخفی مارکوف	مدیریت حجم زیادی از داده‌ها، عملکرد مناسب در مدل‌سازی الگوهای متوالی	مشکل در مدل‌سازی ساختارهای پیچیده موسیقی	[۲۱۲ – ۲۲۵]
ماشین بردار پشتیبان	عملکرد مؤثر در مدیریت داده‌های سری زمانی و انعطاف‌پذیر در تطبیق عبارات موسیقی	مستعد خطا در مدل‌سازی موسیقی و محدودیت در تعداد ویژگی‌ها	[۲۲۶ – ۲۲۹]

[1] Collaborative Filtering
[2] Cold start
[3] Data sparsity
[4] Matrix Factorization

جدول ۱۱. بررسی روش‌های مورداستفاده در تولید موسیقی

روش	مزایا	معایب	مقالات
الگوریتم‌های تکاملی (Evolutionary Algorithms)	امکان بهینه‌سازی کیفیت خروجی با تعریف تابع ارزیابی مناسب	استحکام و تعمیم‌پذیری پایین	[۲۳۰ – ۲۳۷]
شبکه عصبی بازگشتی	عملکرد مناسب در تولید موسیقی به شکل متوالی	مشکل بیش‌برازش	[۲۳۸ – ۲۴۴]
شبکه عصبی LSTM	افزایش زمان خروجی تولیدی،	پیچیدگی تعریف و تنظیم پارامتر	[۲۴۵ – ۲۵۸]
شبکه خودرمزنگار متغیر (Variational Autoencoder)	عملکرد مناسب در تولید داده‌های متنوع و با کیفیت	پیچیدگی زیاد و تنوع پایین خروجی نسبت به شبکه‌های مولد تخاصمی	[۲۵۹ – ۲۶۶]
مبدل (Transformer)	بهترین گزینه برای تولید موسیقی طولانی و عملکرد مناسب در تولبد داده‌های متوالی	پیچیدگی زیاد و امکان تولید موسیقی با کیفیت پایین	[۲۶۷ – ۳۰۱]
شبکه‌های مولد تخاصمی (Generative Adversarial Network)	عملکرد خوب در تولید موسیقی‌های جدید	آموزش دشوار و عدم اطمینان از کیفیت موسیقی خروجی	[۳۰۲ – ۳۱۰]
زنجیره مارکوف (Markov Chain)	عملکرد مناسب در تولید بر اساس الگوی خاص و توالی مشخص	عدم اطمینان از تولید خروجی جدید و متنوع	[۳۱۱ – ۳۱۹]
روش‌های ترکیبی	تنوع و کیفیت بالای خروجی	پیچیدگی زیاد، نیاز به منابع محاسباتی بالا و تعمیم‌پذیری پایین	[۳۲۰ – ۳۴۸]

۳-۱۲- چالش‌های به‌کارگیری هوش مصنوعی در هنر موسیقی

در این بخش به بررسی چالش‌های استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی در هر یک از موضوعات پنجگانه مورد بررسی در این مقاله پرداخته می‌شود.

چالش‌اصلی **دسته‌بندی موسیقی**، ابعاد گسترده ویژگی‌های موسیقی‌هاست که فرآیند آموزش مدل‌های دسته‌بندی را پیچیده و مشکل می‌سازد. تغییرپذیری سیگنال موسیقی و فقدان مجموعه داده‌های موسیقی برچسب‌دار دیگر چالش بزرگ این حوزه است. به‌علاوه، عدم استانداردسازی ژانرها، سبک‌ها و احساسات و حالات موسیقی نیز می‌تواند دسته‌بندی موسیقی را به چالش بکشد.

علیرغم موفقیت هوش مصنوعی در **سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی**، چندین چالش دیگرهنوز باید برطرف شود. یکی از چالش‌های اصلی مشکل شروع سرد است، که زمانی رخ می‌دهد که یک سیستم نمی‌تواند برای کاربران جدیدی که هنوز سابقه شنیداری ارائه نکرده‌اند، توصیه‌هایی ارائه دهد. البته این چالش در روش‌های مبتنی بر محتوا برطرف شده اما ممکن است عدم درنظر گرفتن ترجیحات کاربران سبب کاهش کارایی توصیه‌گر شود. روش‌های ترکیبی پاسخ نسبتاً مناسبی می‌دهند اما این روش‌ها نیز همچون روش‌های مبتنی بر کاربر یا مبتنی بر محتوا دچار چالش مقیاس‌پذیری سیستم با افزایش تعداد کاربران و آهنگ‌ها می‌شوند. در نهایت، موضوع تنوع در توصیه‌ها وجود دارد که برای اطمینان از اینکه کاربران در معرض سبک‌ها و ژانرهای مختلف موسیقی قرار می‌گیرند، ضروری است.

درخصوص **جداسازی منابع موسیقی**، چندصدایی‌ها چالش اساسی هستند. هم‌چنین عدم شناسایی سازهای گوناگون نیز چالش دیگری است که این حوزه با آن روبه‌روست. وجود طیف وسیع سازها در موسیقی‌های نواحی و مناطق مختلف و عدم وجود تعداد کافی داده برای هر یک از این سازها شناسایی سیگنال‌های مربوط به آن‌ها را در موسیقی‌های مختلف با مشکل مواجه کرده است. تشخیص آواهای گوناگون و موارد خلاقانه‌ای چون بیت‌باکس از دیگر چالش‌های مهم این حوزه است.

در حوزه **رونویسی خودکار**، چالش‌ها شبیه به حوزه جداسازی منابع موسیقی است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها موسیقی‌هایی چند صدایی و دارای چندین ساز است. این چالش توسط چالش دیگری تشدید می‌شود و آن نبود تعداد کافی داده برچسب‌گذاری شده برای سازهای گوناگون است. علاوه بر این در موسیقی‌های دارای سرعت‌های متغیر و تغییرات زیاد زیری و بمی صدا استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در رونویسی با مشکل مواجه می‌شود. علاوه بر موارد فوق زبان‌ها، لهجه‌ها و گویش‌های مختلف امکان شناسایی و رونوشت خودکار اشعار موسیقی را دشوار می‌کند.

یکی از چالش‌های اصلی در**تولید موسیقی**، موضوع منحصر به فردی و تنوع است. این امر مستلزم درک عمیق تئوری و آهنگسازی موسیقی و توانایی درک ماهیت سبک‌های مختلف موسیقی است. علاوه بر این، نیاز به مقادیر زیادی داده برچسب‌گذاری شده از چالش‌های دیگر به‌کارگیری هوش مصنوعی در تولید موسیقی است. دیگر چالش پیش رو ارزیابی کیفیت موسیقی تولید شده است. هم‌چنین چالش مهم و اساسی دیگر موضوع مالکیت معنوی و مسائل مرتبط با آن است که آینده هوش مصنوعی در موسیقی تحت شعاع این موردقرار میگیرد.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در میان حوزه‌های متعدد کاربرد هوش مصنوعی در هنر موسیقی، پنج حوزه دسته‌بندی موسیقی، سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی، جداسازی منابع موسیقی، رونویسی خودکار و تولید موسیقی بیشترین سهم را میان تحقیقات علمی داشته که در این مقاله این پنج حوزه به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت.

در میان این پنج حوزه، تولید موسیقی و سامانه‌های توصیه‌گر نسبت به سایر حوزه‌ها رشد بیشتری داشته و مطالعات بیشتری را به خود جلب نموده است. در حوزه تولید موسیقی در دو سال اخیر به علت توسعه مدل‌های هوش مصنوعی مولد رشد چشمگیری در مطالعات و پژوهش‌های علمی دیده می‌شود. درخصوص سامانه‌های توصیه‌گر موسیقی روند رشد مقالات از حدود سال ۲۰۱۰ آغاز شده است. به طور کلی سامانه‌های توصیه‌گر در این زمان رشد مناسبی داشته و به طبع آن در حیطه موسیقی نیز این روند مشاهده می‌شود.

استفاده از روش‌های مبتنی بر یادگیری ژرف در تمامی حوزه‌ها رو به افزایش است و در تولید موسیقی مبدل‌ها و هوش مصنوعی مولد نقشی اساسی ایفا می‌کنند.

در حوزه دسته‌بندی موسیقی در آینده، تحقیقات می‌تواند بر روی توسعه روش‌هایی متمرکز شود که با تعداد بالای ویژگی‌ها بتوانند مدلسازی نموده و تغییرات سیگنال‌های موسیقی را کنترل کنند. علاوه بر این دسته‌بندی موسیقی‌ها در زبان‌ها، فرهنگ‌ها و مناطق گوناگون احتمالاً در سال‌های آینده افزایش خواهد یافت. برای پیشرفت این حوزه اجماع و استانداردسازی در ژانرها، سبک‌ها و... می‌تواند کمک شایان توجهی کند.

درخصوص سامانه‌های توصیه‌گر، ادغام سایر داده‌ها نظیراستخراج علایق شخص از رسانه‌های اجتماعی یا ویژگی‌های شخصیتی و ... می‌تواند توصیه‌هایی شخصی‌سازی‌شده‌تری ارائه کند. این حوزه روندی رو به رشد دارد و محققان همچنان به دنبال کشف روش‌هایی برای بهبود توصیه‌ها هستند که یادگیری ژرف و ترکیب آن با روش‌های مرسوم، از داغ‌ترین موضوعات در این حوزه است.

حوزه جداسازی منابع موسیقی، نیاز به مجموعه دادگان مناسب برای سازهای گوناگون و جمع‌آوری و برچسب‌زنی این دادگان دارد که می‌تواند از موضوعات بسیار مهم برای مطالعات آینده باشد. در ایران نیز این موضوع می‌تواند حوزه تحقیقاتی جذابی باشد، چرا که تنوع سازهای موسیقی ایرانی زیاد است و تهیه مجموعه دادگان مرتبط با آن‌ها توسط افرادی به غیر از هنرمندان ایرانی که به خوبی با این سازها آشنا هستند، کمی غیرمعقول به نظر می‌آید.

حوزه رونویسی خودکار نیز نیاز به مجموعه دادگان دارد؛ دادگانی که نه تنها برای سازهای گوناگون، بلکه برای موسیقی‌های گوناگون با تنوع ضرب‌آهنگ‌های متفاوت و برای موسیقی‌ها با زبان‌ها، لهجه‌ها و گویش‌های مختلف باید تهیه گردد. علاوه بر این توسعه و انطباق مدل‌های مختلف برای کار بر روی این داده‌ها نیز از موضوعات پژوهشی است که می‌تواند در آینده پیگیری شود.

تولید موسیقی موضوع چالش برانگیز و رو به رشدی است که پیش‌بینی می‌شود روند تحقیقات در چند سال آینده بر روی ارائه مدل‌ها و روش‌های جدید برای تولید اصوات مختلف و تولید موسیقی تمرکز داشته باشد. تمرکز بر مدل‌های هوش مصنوعی مولد سعی در حل مشکل تنوع موسیقی تولید شده خواهد داشت. اما یکی از موضوعات مهم که می‌تواند در پژوهش‌های آتی مد نظر قرار گیرد، مسئله مالکیت معنوی و هم‌چنین مسئله جعل عمیق است. درنهایت تهیه مجموعه دادگان مناسب برای حوزه‌های مختلف، توسعه کاربردهای هوش مصنوعی را در آینده هنر موسیقی رقم خواهد زد و کارکردهای مطلوب‌تر و مقبول‌تری از هوش مصنوعی را سبب خواهد شد.

مراجع

[۱] کلاته، رحمانی و چهارده چریکی، معصومه. "هوش مصنوعی و کاربرد آن در حسابداری مالی"، کنکاش، صص ۱۳۵-۱۴۰. ۱۳۸۹.

[۲] حشمدار، اکرم، کردی، مراد، "بررسی اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی در کارکردهای منابع انسانی"، فصلنامه پژوهش‌های معاصر در علوم مدیریت و حسابداری، سال چهارم، شماره ۱۲، بهار۱۴۰۱.

[۳] زیودار، زهره، "کاربرد تکنیک‌های هوش مصنوعی در حوزه حسابداری و مالی"، فصلنامه رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری، سال ششم، شماره ۸۴، صص ۱۵۷۲-۱۵۵۷، ۱۴۰۱.

[۴] ترابی، علیرضا، احمدی‌زاد، آرمان و اصغرنیا، مرتضی، "فرصتها و چالشها و روندهای جهانی فناوری تنظیم گری (مرور مبانی نظری)"، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره ۸، صص ۳-۱۶، ۱۴۰۱.

[۵] استخریان، امیررضا و آزرم، الهام، "مرور سیستماتیک مطالعات مرتبط با هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در شرکت‌های کوچک و متوسط (SME)"، اولین کنفرانس بین المللی برق و کامپیوتر، مکانیک و هوش مصنوعی، ۱۴۰۰.

[۶] کارکن بیرق، حبیب، "نگرش انتقادی به مسئه هوش مصنوعی"، نشریه ذهن، شماره ۳۷، صص ۵۹-۸۴، ۱۳۸۸.

[۷] بافنده، علی و شمول، داوود، "هوش مصنوعی و کاربرد آن در مدیریت"، فروغ تدبیر، سال ششم، شماره ۱۵، صص ۴۴-۴۹، ۱۳۸۷.

[۸] اخشابی، مجید و درتاج، فریبرز، "شناسایی متغیرهای میانجی در رابطه میان آموزش موسیقی و افزایش خلاقیت، فصلنامه علمی پژوهشی علوم روانشناختی، شماره ۲۱، صص ۸۶۶-۸۵۳، ۱۴۰۱.

[۹] نصیری مفخم، فریا و روغنی‌زاده، راضیه، "ساخت هوشمند موسیقی با الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جهش یکنواخت موتیف"، فصلنامه هوش محاسباتی در مهندسی برق، دوره ۵، شماره ۴، صص ۱۰۲ – ۸۵، ۱۳۹۳.

[10] G. Papadopoulos, and G. Wiggins, “AI Methods for Algorithmic Composition: A Survey, a Critical view and Future Prospects”, AISB Symposium on Musical Creativity, Edinburgh, UK, 1999.

[11] B. Johanson, and R. Poli, R, “GP-Music: An Interactive Genetic Programming System for Music Generation with Automated Fitness Raters”, Genetic Prog. Proc. of the Third Annual Conf. CSRP, 1998.

[12] N. Lazar, and K. Chithra, “Comprehensive bibliometric mapping of publication trends in the development of Building Sustainability Assessment Systems”, Environment, Development and Sustainability, 23(4), 4899–4923, 2021.

[13] J. S. Downie, “Music information retrieval”, Annual review of information science and technology, 37(1), 295-340, 2003.

[14] D. Deutsch, “Music recognition”, Psychological Review, 76(3), 300–307, 1969.

[15] J. A. Moorer. “Music and computer composition”, Commun, ACM 15(2), 104–113, 1972.

[16] D. Gregory, and W. L. Sims, “Music Preference Analysis with Computers”, Journal of Music Therapy, 24(4), 203–212, 1987.

[17] S. Dixon, “Beat induction and rhythm recognition”, In: Sattar, A. (eds) Advanced Topics in Artificial Intelligence, AI 1997, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, 1342, 1997.

[18] X. Liu. “Research on Music Genre Recognition Based on Improved Naive Bayes Algorithm”, Mobile Information Systems, 2022(1), 1909928, 2022.

[19] T. Ren, F. Wang, and H. Wang, “A sequential naive Bayes method for music genre classification based on transitional information from pitch and beat”, Statistics and Its Interface, 13(3), 361-371, 2020.

[20] D. S. Rahardwika, E. H. Rachmawanto, C.A. Sari, C. Irawan, D. P. Kusumaningrum, and S.L. Trusthi, “Comparison of SVM, KNN, and NB classifier for genre music classification based on metadata”, In 2020 international seminar on application for technology of information and communication (iSemantic), 12-16. 2020.

[21] R. Malheiro, R. Panda, P. Gomes, and R.P. Paiva, “Emotionally-relevant features for classification and regression of music lyrics”, IEEE Transactions on Affective Computing, 9(20), 240-254, 2016.

[22] J. Bai, K. Luo, J. Peng, J. Shi, Y. Wu, L. Feng, ... and Y. Wang, “Music emotions recognition by cognitive classification methodologies”, In 2017 IEEE 16th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI* CC), 121-129, 2017.

[23] F. Kurniawan, “Automatic music classification for Dangdut and campursari using Naïve Bayes”, In Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 1-6, 2011.

[24] Z. Fu, G. Lu, K. M. Ting, and D. Zhang, “Learning naive Bayes classifiers for music classification and retrieval”, In 2010 20th international conference on pattern recognition, 4589-4592, 2010.

[25] R. Rajan, and B. S. Mohan, “Distance Metric Learnt Kernel-Based Music Classification Using Timbral Descriptors”, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 35(13), 2151014, 2021.

[26] M. Sudarma, M, and I. G. Harsemadi, “Design and analysis system of KNN and ID3 algorithm for music classification based on mood feature extraction”, International Journal of Electrical and Computer Engineering, 7(1), 486, 2017.

[27] Y. Li, X. Li, Z. Lou, and C. Chen, “Long short-term memory-based music analysis system for music therapy”, Frontiers in Psychology, 13, 928048, 2022.

[28] L. Wang, H. Zhu, X. Zhang, S. Li, and W. Li, “Transfer learning for music classification and regression tasks using artist tags”, In Proceedings of the 7th Conference on Sound and Music Technology (CSMT) Revised Selected Papers, 81-89. Springer Singapore, 2020.

[29] D. H. Lee, J. W. Park, and Y. S. Seo, “Multiple Regression-Based Music Emotion Classification Technique”, KIPS Transactions on Software and Data Engineering, 7(6), 239-248, 2018.

[30] K. Choi, G. Fazekas, M. Sandler, and K. Cho, “Convolutional recurrent neural networks for music classification”, In 2017 IEEE International conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP), 2392-2396, 2017.

[31] Y. Deng, Y. Lv, M. Liu, and Q. Lu, “A regression approach to categorical music emotion recognition”, In 2015 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC), 257-261, 2015.

[32] H. Wu, and L. Zhu, Adaptive classification method of electronic music based on improved decision tree, International Journal of Arts and Technology, 15(1), 1-12, 2024.

[33] V. Pavan, A. S. Vickram, and R. Dhanalakshmi, “Efficient prediction of music genre using support vector machine and decision tree”, In AIP Conference Proceedings, AIP Publishing, 2853(1), 2024.

[34] G. M. Bressan, B. C. de Azevedo, and E. A. S. Lizzi, “A decision tree approach for the musical genres classification”, Applied Mathematics & Information Sciences, 11(6), 1703-1713, 2017.

[35] V. Pavan, and R. Dhanalakshmi, “Performance evaluation of music genre prediction system using convolutional neural network and random forest”, In AIP Conference Proceedings, AIP Publishing, 2853(1), 2024.

[36] Z. Dai, and X. Huang, “Electronic Dance Music Classification Based on Machine Learning Methods”, In 2022 International Conference on Electronics and Devices, Computational Science (ICEDCS), IEEE, 351-354, 2022.

[37] S. V. Thambi, K. T. Sreekumar, C. S. Kumar, C. S. and P. R. Raj, “Random forest algorithm for improving the performance of speech/non-speech detection”, In 2014 First International Conference on Computational Systems and Communications (ICCSC), IEEE, 28-32, 2014.

[38] A. Gómez de Silva Garza, and E. Herrera González, "Music Style Analysis Using the Random Forest Algorithm", In DS 73-2 Proceedings of the 2nd International conference on Design Creativity, 2, 343-350, 2012.

[39] C. Wang, and X. Geng, "Simulation of music style classification model based on support vector machine algorithm", In Sixth International Conference on Intelligent Computing, Communication, and Devices (ICCD 2023), SPIE, 12703, 266-272, 2023.

[40] M. Xiang, "Music Vocal Spectrum Classification Model based on Improved SVM Algorithm", In 2022 International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS), IEEE, 1244-1247, 2022.

[41] E. Egivenia, G. Ryanie Setiawan, S. Shania Mintara, and D. Suhartono, "Classification of explicit music content based on lyrics, music metadata, and user annotation", In Proceedings of the 6th International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology, 265-270, 2021.

[42] X. Wang, "Research on recognition and classification of folk music based on feature extraction algorithm", Informatica, 44(4), 2020.

[43] B. A. Achar, N. D. Aiyappa, B. Akshaj, M. N. Thippeswamy, and N. Pillay, "Activity-Based Music Classifier: A Supervised Machine Learning Approach for Curating Activity-Based Playlists", In Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications: ERCICA 2018, 2, 185-198, 2019.

[44] F. Mahardhika, H. L. H. S. Warnars, and Y. Heryadi, "Indonesian's dangdut music classification based on audio features", In 2018 Indonesian association for pattern recognition international conference (INAPR), IEEE, 99-103, 2018.

[45] B. K. Khonglah, and S. M. Prasanna, "Speech/music classification using vocal tract constriction aspect of speech", In 2015 Annual IEEE India Conference (INDICON), IEEE, 1-6, 2015.

[46] C. Lim, and J. H. Chang, "Enhancing support vector machine-based speech/music classification using conditional maximum a posteriori criterion", IET signal processing, 6(4), 335-340, 2012.

[47] C. Lim, S. R. Lee, and J. H. Chang, "Efficient implementation of an SVM-based speech/music classifier by enhancing temporal locality in support vector references", IEEE Transactions on Consumer Electronics, 58(3), 898-904, 2012.

[48] Y. Yuan, and J. Liu, "Music Classification and Identification Based on Convolutional Neural Network", Computer-Aided Design and Applications, 21(S18), 205–221, 2024.

[49] S. K. Mahanta, N. J. Basisth, E. Halder, A. F. U. R. Khilji, and P. Pakray, "Exploiting cepstral coefficients and CNN for efficient musical instrument classification", Evolving Systems, 1-13, 2023.

[50] W. B. Zulfikar, Y. A. Gerhana, A. Y. P. Almi, D. S. A. Maylawati, and M. I. Al Amin, "Mood of Song Detection Using Mel Frequency Cepstral Coefficient and Convolutional Neural Network with Tuning Hyperparameter", In 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), IEEE, 1-6, 2023.

[51] W. Peng, Y. Tang, and Y. Ouyang, "Design of Computer-Aided Music Generation Model Based on Artificial Intelligence Algorithm", In International Conference on Computational Finance and Business Analytics, Cham: Springer Nature Switzerland, 229-237, 2023.

[52] S. Li, and Y. Sung, "MelodyDiffusion: chord-conditioned melody generation using a transformer-based diffusion model", Mathematics, 11(8), 1915, 2023.

[53] J. Zhang, "Music feature extraction and classification algorithm based on deep learning", Scientific Programming, 2021(1), 1651560, 2021.

[54] A. Arronte Alvarez, and F. Gómez, "Motivic pattern classification of music audio signals combining residual and LSTM networks", International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 6(6), 208–214, 2021.

[55] W. Bian, J. Wang, B. Zhuang, J. Yang, S. Wang, and J. Xiao, "Audio-based music classification with DenseNet and data augmentation", In PRICAI 2019: Trends in Artificial Intelligence: 16th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Cuvu, Yanuca Island, Fiji, August 26-30, 2019, Proceedings, Part III 16, 56-65, 2019.

[56] Y. M. Costa, L. S. Oliveira, and J. C. N. Silla, "An evaluation of convolutional neural networks for music classification using spectrograms", Applied soft computing, 52, 28-38, 2017.

[57] C. Senac, T. Pellegrini, F. Mouret, and J. Pinquier, "Music feature maps with convolutional neural networks for music genre classification", In Proceedings of the 15th international workshop on content-based multimedia indexing, 1-5, 2017.

[58] K. K. Khine, and C. Su, "Acoustic Scene Classification Using Deep C-RNN Based on Log Mel Spectrogram and Gammatone Frequency Cepstral Coefficients Features", In 2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence For Internet of Things (AIIoT), IEEE, 1-6, 2024.

[59] Q. He, "A Music Genre Classification Method Based on Deep Learning", Mathematical Problems in Engineering, 2022(1), 9668018, 2022.

[60] H. Mukherjee, A. Dhar, M. Ghosh, S. M. Obaidullah, K. C. Santosh, S. Phadikar, and K. Roy, "Music chord inversion shape identification with LSTM-RNN", Procedia Computer Science, 167, 607-615, 2020.

[61] J. Jakubik, "Evaluation of gated recurrent neural networks in music classification tasks", In Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 38th International Conference on Information Systems Architecture and Technology–ISAT 2017: Part I, Springer International Publishing, 27-37, 2018.

[62] W. Zhao, Y. Zhou, Y. Tie, and Y. Zhao, "Recurrent neural network for MIDI music emotion classification", In 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), IEEE, 2596-2600, 2018.

[63] J. Yi, Y. Zhu, J. Xie, and Z. Chen, "Cross-modal variational auto-encoder for content-based micro-video background music recommendation", IEEE Transactions on Multimedia, 25, 515-528, 2021.

[64] R. A. Sadek, A. A. Khalifa, and M. M. Elfattah, "Detecting digital stimulant music using bidirectional deep long short term memory", In 2021 9th international Japan-Africa conference on electronics, communications, and computations (JAC-ECC), IEEE, 150-154, 2021.

[65] S. Deepak, and B. G. Prasad, "Music Classification based on Genre using LSTM", In 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), IEEE, 985-991, 2020.

[66] A. Ycart, and E. Benetos, "Learning and evaluation methodologies for polyphonic music sequence prediction with LSTMs", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 28, 1328-1341, 2020.

[67] S. I. Kang, and S. Lee, Improvement of speech/music classification for 3GPP EVS Based on LSTM, Symmetry, 10(11), 605, 2018.

[68] R. J. M. Quinto, R. O. Atienza, and N. M. C. Tiglao, "Jazz music sub-genre classification using deep learning", In TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference, IEEE, 3111-3116, 2017.

[69] Z. Li, Q. Huang, X. Yang, Q. Chen, and L. Zhang, "Automatic Composition System Based on Transformer-XL", Applied Sciences, 14(13), 5765, 2024.

technique", In Networking Communication and Data Knowledge Engineering, Springer Singapore, 1, 267-278, 2018.

[88] H. Y. Chang, S. C. Huang, and J. H. Wu, "A personalized music recommendation system based on electroencephalography feedback", Multimedia Tools and Applications, 76, 19523-19542, 2017.

[89] J. Chen, Y. Liu, and D. Li, "Dynamic group recommendation with modified collaborative filtering and temporal factor", Int. Arab J. Inf. Technol., 13(2), 294-301, 2016.

[90] H. Magadum, H. K. Azad, and H. Patel, "Music recommendation using dynamic feedback and content-based filtering", Multimedia Tools and Applications, 1-20, 2024.

[91] J. Patel, A. A. Padaria, A. Mehta, A. Chokshi, J. D. Patel, and R. Kapdi, "ConCollA-A Smart Emotion-based Music Recommendation System for Drivers", Scalable Computing: Practice and Experience, 24(4), 919-939, 2023.

[92] Y. Mao, G. Zhong, H. Wang, and K. Huang, "Music-CRN: An efficient content-based music classification and recommendation network", Cognitive Computation, 14(6), 2306-2316, 2022.

[93] A. Niyazov, E. Mikhailova, and O. Egorova, "Content-based music recommendation system", In 2021 29th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), IEEE, 274-279, 2021.

[94] N. Yadav, A. Kumar Singh, and S. Pal, "Improved self-attentive Musical Instrument Digital Interface content-based music recommendation system", Computational Intelligence, 38(4), 1232-1257, 2022.

[95] M. Garanayak, S. K. Nayak, K. Sangeetha, T. Choudhury, and S. Shitharth, "Content and Popularity-Based Music Recommendation System", International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD), 13(7), 1-14, 2022.

[96] F. Narducci, M. De Gemmis, and P. Lops, "A general architecture for an emotion-aware content-based recommender system", In Proceedings of the 3rd Workshop on Emotions and Personality in Personalized Systems, 3-6, 2015.

[97] M. Soleymani, A. Aljanaki, F. Wiering, and R. C. Veltkamp, "Content-based music recommendation using underlying music preference structure" In 2015 IEEE international conference on multimedia and expo (ICME), IEEE, 1-6, 2015.

[98] B. Stasiak, and M. Papiernik, "Melody-based approaches in music retrieval and recommendation systems", In Multimedia Services in Intelligent Environments: Recommendation Services, Heidelberg: Springer International Publishing, 125-153, 2013.

[99] D. Bogdanov, M. Haro, F. Fuhrmann, A. Xambó, E. Gómez, and P. Herrera, "Semantic audio content-based music recommendation and visualization based on user preference examples", Information Processing & Management, 49(1), 13-33, 2013.

[100] D. Bogdanov, and H. Boyer, "How much metadata do we need in music recommendation?: A subjective evaluation using preference sets", In Klapuri A, Leider C, editors. 12th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2011); 2011 Oct 24-28; Miami, USA. Montréal: ISMIR; 2011. p. 97-102. International Society for Music Information Retrieval (ISMIR), 2011.

[101] G. B. Mohan, R. P. Kumar, S. Korrayi, M. Harshitha, B. S. S. Chaithanya, K. Saiteja, and G. V. Rohan, "Emotion-Based Music Recommendation System-A Deep Learning Approach", In 2024 Second International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ICETITE), IEEE, 1-7, 2024.

[102] C. Li, and X. Zuo, "Classical music recommendation algorithm on art market audience expansion under deep learning", Journal of Intelligent Systems, 33(1), 20230351, 2024.

[70] P. Kaushik, S. P. S. Rathore, K. Chahal, S. Saraf, G. S. Chauhan, and P. Kumar, "RhythmQuest: Unifying Indian Music Classification and Prediction with Hybrid Deep Learning Techniques", In 2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI), IEEE, 2, 1-6, 2024.

[71] M. Ashraf, F. Abid, I. U. Din, J. Rasheed, M. Yesiltepe, S. F. Yeo, and M. T. Ersoy, "A hybrid cnn and rnn variant model for music classification", Applied Sciences, 13(3), 1476, 2023.

[72] J. Wang, "Research on the Integration Path of College Vocal Music Teaching and Traditional Music Culture Based on Deep Learning", Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 2023.

[73] J. Dai, "Intelligent Music Style Classification System Based on K-Nearest Neighbor Algorithm and Artificial Neural Network", In 2022 IEEE International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA), IEEE, 531-543, 2022.

[74] Y. Yi, X. Zhu, Y. Yue, and W. Wang, "Music genre classification with LSTM based on time and frequency domain features", In 2021 IEEE 6th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS), IEEE, 678-682, 2021.

[75] M. Ashraf, G. Geng, X. Wang, F. Ahmad, and F. Abid, "A globally regularized joint neural architecture for music classification", IEEE Access, 8, 220980-220989, 2020.

[76] C. Chen, and Q. Li, "A multimodal music emotion classification method based on multifeature combined network classifier", Mathematical Problems in Engineering, 2020(1), 4606027, 2020.

[77] H. Tang, and N. Chen, "Combining CNN and broad learning for music classification", IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 103(3), 695-701, 2020.

[78] Q. D. A. P. Bayu, S. Suyanto, and A. Arifianto, "Hierarchical SVM-kNN to classify music emotion", In 2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 5-10, 2019.

[79] C. Wu, "Music Therapy Music Selection Based on Big Data Analysis", Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 9(1), 2024.

[80] C. Yin, "Application of Recommendation Algorithms Based on Social Relationships and Behavioral Characteristics in Music Online Teaching", International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT), 19(1), 1-18, 2024.

[81] H. Chen, "Music Transcription Based on Deep Learning", Proceedings of 2023 International Conference on New Trends in Computational Intelligence, NTCI 2023, 62–65, 2024.

[82] L. Tian, and F. Liu, "Design of Music Heritage Database System Based on Collaborative Filtering Algorithm", In Advances in Artificial Intelligence, Big Data and Algorithms, IOS Press, 438-443, 2023.

[83] Y. Niu, "Collaborative Filtering-Based Music Recommendation in Spark Architecture", Mathematical Problems in Engineering, 2022(1), 9050872, 2022.

[84] J. Sun, "Personalized music recommendation algorithm based on spark platform", Computational Intelligence and Neuroscience, 2022(1), 7157075, 2022.

[85] M. Lu, and F. Deng, "[Retracted] Application of Collaborative Filtering and Data Mining Technology in Personalized National Music Recommendation and Teaching", Security and Communication Networks, 2021(1), 3140341, 2021.

[86] Ning, Hui, Li, Qian, "Personalized Music Recommendation Simulation Based on Improved Collaborative Filtering Algorithm", Complexity, 6643888, 2020.

[87] M. Sunitha, and T. Adilakshmi, "Music recommendation system with user-based and item-based collaborative filtering

[103] H. Liu, and C. Zhao, "A Deep Learning Algorithm for Music Information Retrieval Recommendation System", Computer-Aided Design and Applications, 21(S13), 1–16, 2024.

[104] N. Narkhede, S. Mathur, A. Bhaskar, and M. Kalla, M, "Music genre classification and recognition using convolutional neural network", Multimedia Tools and Applications, 1-16, 2024.

[105] A. Kumble, S. Medatati, and A. Bhatt, "Emotion-Based Music Recommendation", In International Conference on Advanced Computational and Communication Paradigms, Singapore: Springer Nature Singapore, 147-155, 2023.

[106] C. Kumar, M. Kumar, and A. Jindal, "Session-based song recommendation using recurrent neural network", In Machine Intelligence Techniques for Data Analysis and Signal Processing: Proceedings of the 4th International Conference MISP 2022, Singapore: Springer Nature Singapore, 1, 719-728, 2023.

[107] P. Linlin, "Tchaikovsky music recommendation algorithm based on deep learning", Mobile Information Systems, 2022(1), 1265451, 2022.

[108] J. Xia, "Construction and implementation of music recommendation model utilising deep learning artificial neural network and mobile edge computing", International journal of grid and utility computing, 13(2-3), 183-194, 2022.

[109] H. Gao, "Automatic recommendation of online music tracks based on deep learning", Mathematical Problems in Engineering, 2022(1), 5936156, 2022.

[110] S. Wang, C. Xu, A. S. Ding, and Z. Tang, "A novel emotion-aware hybrid music recommendation method using deep neural network", Electronics, 10(15), 1769, 2021.

[111] J. W. Chang, C. Y. Chiou, J. Y. Liao, Y. K. Hung, C. C. Huang, K. C. Lin, and Y. H. Pu, "Music recommender using deep embedding-based features and behavior-based reinforcement learning", Multimedia Tools and Applications, 1-28, 2021.

[112] L. Danyang, and G. Mingxin, "Music Recommendation Method Based on Multi-Source Information Fusion". Data Analysis and Knowledge Discovery, 5(2), 94-105, 2021.

[113] S. R. Chavare, C. J. Awati, and S. K. Shirgave, "Smart recommender system using deep learning", In 2021 6th international conference on inventive computation technologies (ICICT), IEEE, 590-594, 2021.

[114] S. Joshi, T. Jain, and N. Nair, "Emotion based music recommendation system using LSTM-CNN architecture", In 2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), IEEE, 01-06, 2021.

[115] A. Elbir, and N. Aydin, "Music genre classification and music recommendation by using deep learning", Electronics Letters, 56(12), 627-629, 2020.

[116] A. Ferraro, D. Bogdanov, J. Yoon, K. Kim, and X. Serra, X. "Automatic playlist continuation using a hybrid recommender system combining features from text and audio", In Proceedings of the ACM Recommender Systems Challenge, 1-5, 2018.

[117] H. T. Zheng, J. Y. Chen, N. Liang, A. K. Sangaiah, Y. Jiang, and C. Z. Zhao, "A deep temporal neural music recommendation model utilizing music and user metadata", Applied Sciences, 9(4), 703, 2019.

[118] S. Oramas, O. Nieto, M. Sordo, and X. Serra. "A deep multimodal approach for cold-start music recommendation", In Proceedings of the 2nd workshop on deep learning for recommender systems, 32-37, 2017.

[119] A. H. Nabizadeh, A. M. Jorge, S. Tang, and Y. Yu, "Predicting user preference based on matrix factorization by exploiting music attributes", In Proceedings of the ninth international c* conference on computer science & software engineering, 61-66, 2016.

[120] A. Vall, M. Skowron, P. Knees, and M. Schedl, "Improving Music Recommendations with a Weighted Factorization of the Tagging Activity", In ISMIR, 65-71, 2015.

[121] M. S. Reddy, and T. Adilakshmi, "Music recommendation system based on matrix factorization technique-SVD", In 2014 international conference on computer communication and informatics, IEEE, 1-6, 2014.

[122] S. V. Reddy, V. R. Krishna, R. J. Sapkal, J. Dhanke, S. P. Waghmare, and K. Kumar, "A cutting-edge artificial intelligence paradigm for entertainment-infused music recommendations", Entertainment Computing, 51, 100717, 2024.

[123] S. Mukhopadhyay, A. Kumar, D. Parashar, and M. Singh, "Enhanced Music Recommendation Systems: A Comparative Study of Content-Based Filtering and K-Means Clustering Approaches", Revue d'Intelligence Artificielle, 38(1), 2024.

[124] M. Nuo, X. Han, and Y. Zhang, "Contrastive learning-based music recommendation model", In International Conference on Neural Information Processing, Singapore: Springer Nature Singapore, 370-382, 2023.

[125] V. Omowonuola, B. Wilkerson, and S. Kher, "Hybrid Context-Content Based Music Recommendation System", In Proceedings of the Future Technologies Conference, Cham: Springer International Publishing, 121-132, 2022.

[126] J. P. Verma, P. Bhattacharya, A. S. Rathor, J. Shah, and S. Tanwar, "Collaborative filtering-based music recommendation in view of negative feedback system", In Proceedings of Third International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security: IC4S 2021, Singapore: Springer Nature Singapore, 447-460, 2022.

[127] T. Zhang, and S. Liu, "[Retracted] Hybrid Music Recommendation Algorithm Based on Music Gene and Improved Knowledge Graph", Security and Communication Networks, 2022(1), 5889724, 2022.

[128] P. Magron, and C. Févotte, "Neural content-aware collaborative filtering for cold-start music recommendation", Data Mining and Knowledge Discovery, 36(5), 1971-2005, 2022.

[129] J. Singh, and V. K. Bohat, "Neural network model for recommending music based on music genres", In 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), IEEE, 1-6, 2021.

[130] M. Pulis, and J. Bajada, "Siamese Neural Networks for Content-based Cold-Start Music Recommendation", In Proceedings of the 15th ACM Conference on Recommender Systems, 719-723, 2021.

[131] A. N. Arnold, and S. Vairamuthu, "Music recommendation using collaborative filtering and deep learning", Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng. (IJITEE), 8(7), 964-968, 2019.

[132] F. Fessahaye, L. Perez, T. Zhan, R. Zhang, C. Fossier, R. Markarian, ... and P. Oh, "T-recsys: A novel music recommendation system using deep learning", In 2019 IEEE international conference on consumer electronics (ICCE), IEEE, 1-6, 2019.

[133] D. Ayata, Y. Yaslan, and M. E. Kamasak, "Emotion based music recommendation system wearable physiological sensors", IEEE transactions on consumer electronics, 64(2), 196-203, 2018.

[134] P. Darshna, "Music recommendation based on content and collaborative approach & reducing cold start problem", In 2018 2nd international conference on inventive systems and control (ICISC), IEEE, 1033-1037, 2018.

[135] J. H. Su, W. Y. Chang, and V. S. Tseng, "Effective social content-based collaborative filtering for music recommendation", Intelligent Data Analysis, 21(S1), S195-S216, 2017.

[136] D. Sánchez-Moreno, A. B. G. González, M. D. M. Vicente, V. F. L. Batista, and M. N. M. García, "A collaborative filtering method for music recommendation using playing coefficients for

[152] H. Liu, L. Xie, J. Wu, and G. Yang, “Channel-wise subband input for better voice and accompaniment separation on high resolution music”, arXiv preprint arXiv:2008.05216, 2020.

[153] C. Lordelo, E. Benetos, S. Dixon, S. Ahlbäck, and P. Ohlsson, “Adversarial unsupervised domain adaptation for harmonic-percussive source separation”, IEEE Signal Processing Letters, 28, 81-85, 2020.

[154] B. Bhattarai, Y. R. Pandeya, and J. Lee, “Parallel stacked hourglass network for music source separation”, IEEE Access, 8, 206016-206027, 2020

[155] V. S. Kadandale, J. F. Montesinos, G. Haro, and E. Gómez, “Multi-channel u-net for music source separation”, In 2020 IEEE 22nd international workshop on multimedia signal processing (MMSP), IEEE, 1-6, 2020.

[156] E. Manilow, G. Wichern, P. Seetharaman, and J. Le Roux, “Cutting music source separation some Slakh: A dataset to study the impact of training data quality and quantity”, In 2019 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA), IEEE, 45-49, 2019.

[157] O. Slizovskaia, L. Kim, G. Haro, and E. Gomez, “End-to-end sound source separation conditioned on instrument labels”, In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 306-310, 2019.

[158] P. Seetharaman, G. Wichern, S. Venkataramani, and J. Le Roux, “Class-conditional embeddings for music source separation”, In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 301-305, 2019.

[159] F. Lluís, J. Pons, and X. Serra, “End-to-end music source separation: Is it possible in the waveform domain?”, Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH, 2019-September, 4619–4623, 2018.

[160] R. Kumar, Y. Luo, and N. Mesgarani, “Music Source Activity Detection and Separation Using Deep Attractor Network”, In Interspeech, 347-351, 2018.

[161] Z. C. Fan, Y. L. Lai, and J. S. R. Jang, “SVSGAN: singing voice separation via generative adversarial network”, In 2018 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP), IEEE, 726-730, 2018.

[162] Y. Luo, Z. Chen, J. R. Hershey, J. Le Roux, and N. Mesgarani, “Deep clustering and conventional networks for music separation: Stronger together”, In 2017 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP), IEEE, 61-65, 2017.

[163] P. Chandna, M. Miron, J. Janer, and E. Gómez, “Monoaural audio source separation using deep convolutional neural networks”, In Latent Variable Analysis and Signal Separation: 13th International Conference, LVA/ICA 2017, Grenoble, France, February 21-23, 2017, Proceedings 13, Springer International Publishing, 258-266, 2017.

[164] M. Miron, J. Janer Mestres, and E. Gómez Gutiérrez, “Generating data to train convolutional neural networks for classical music source separation”, In Lokki T, Pätynen J, Välimäki V, editors. Proceedings of the 14th Sound and Music Computing Conference; 2017 Jul 5-8; Espoo, Finland. Aalto: Aalto University, 227-33, 2017.

[165] S. I. Mimilakis, K. Drossos, T. Virtanen, and G. Schuller, G. “A recurrent encoder-decoder approach with skip-filtering connections for monaural singing voice separation”, In 2017 IEEE 27th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP), IEEE, 1-6, 2017.

[166] M. Miron, J. Janer Mestres, and E. Gómez Gutiérrez, “Monaural score-informed source separation for classical music using convolutional neural networks”, In Hu X, Cunningham SJ, artists and users”, Expert Systems with Applications, 66, 234-244, 2016.

[137] R. Cheng, and B. Tang, “A music recommendation system based on acoustic features and user personalities”, In Trends and Applications in Knowledge Discovery and Data Mining: PAKDD 2016 Workshops, BDM, MLSDA, PACC, WDMBF, Auckland, New Zealand, April 19, 2016, Revised Selected Papers, Springer International Publishing, 20, 203-213, 2016.

[138] X. Wang, and Y. Wang, “Improving content-based and hybrid music recommendation using deep learning”, In Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia, 627-636, 2014.

[139] J. Kim, K. Kim, K. H. You, and J. H. Lee, “An approach for music recommendation using content-based analysis and collaborative filtering”, International Information Institute (Tokyo), Information, 15(5), 1985, 2012.

[140] C. Musto, G. Semeraro, P. Lops, M. De Gemmis, and F. Narducci, “Leveraging social media sources to generate personalized music playlists”, In E-Commerce and Web Technologies: 13th International Conference, EC-Web 2012, Vienna, Austria, September 4-5, 2012. Proceedings 13, Springer Berlin Heidelberg, 112-123, 2012.

[141] N. Hariri, B. Mobasher, and R. Burke, “Using social tags to infer context in hybrid music recommendation”, In Proceedings of the twelfth international workshop on Web information and data management, 41-48, 2012.

[142] G. Richard, P. Chouteau, and B. Torres, “A fully differentiable model for unsupervised singing voice separation”, In ICASSP 2024-2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 946-950, 2024.

[143] T. Zhang, “Application of Unet-SE-Bisru Algorithm for Music Signal Processing in Music Source Separation”, Scalable Computing: Practice and Experience, 25(4), 2960-2972, 2024.

[144] M. Schwabe, and M. Heizmann, “Improved Separation of Polyphonic Chamber Music Signals by Integrating Instrument Activity Labels”, IEEE Access, 11, 42999-43007, 2023.

[145] K. Schulze-Forster, G. Richard, L. Kelley, C. S. Doire, and R. Badeau, “Unsupervised music source separation using differentiable parametric source models”, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 31, 1276-1289, 2023.

[146] Y. Zhu, K. Olszewski, Y. Wu, P. Achlioptas, M. Chai, Y. Yan, and S. Tulyakov, “Quantized gan for complex music generation from dance videos”, In European Conference on Computer Vision, Cham: Springer Nature Switzerland, 182-199, 2022.

[147] J. Luo, X. Yang, S. Ji, and J. Li, “MG-VAE: deep Chinese folk songs generation with specific regional styles”, In Proceedings of the 7th Conference on Sound and Music Technology (CSMT) Revised Selected Papers, Springer Singapore, 93-106, 2020.

[148] R. Zhang, J. Bai, X. Guan, and Q. Li, “Music Source Separation Method Based on Unet Combining SE and BiSRU”, Huanan Ligong Daxue Xuebao/Journal of South China University of Technology (Natural Science), 49(11), 2021.

[149] T. P. Chen, and L. Su, “Attend to Chords: Improving Harmonic Analysis of Symbolic Music Using Transformer-Based Models”, Trans. Int. Soc. Music. Inf. Retr., 4(1), 1-13, 2021.

[150] H. S. Choi, J. Lee, and K. Lee, “Spec2spec: Towards the general framework of music processing using generative adversarial networks”, Acoustical Science and Technology, 41(1), 160-165, 2020.

[151] S. Tahmasebi, T. Gajęcki, and W. Nogueira, “Design and evaluation of a real-time audio source separation algorithm to remix music for cochlear implant users, 2020, Frontiers in Neuroscience, 14, 434, 2020.

[182] S. Kolozali, M. Barthet, G. Fazekas, and M. Sandler, “Automatic ontology generation for musical instruments based on audio analysis”, IEEE transactions on audio, speech, and language processing, 21(10), 2207-2220, 2013.

[183] B. Bhattarai, and J. Lee, “Korean Pansori Vocal Note Transcription Using Attention-Based Segmentation and Viterbi Decoding”. Applied Sciences, 14(2), 492, 2024.

[184] E. Hulme, D. Marshall, K. Sidorov, and A. Jones, “Acoustic Classification of Guitar Tunings with Deep Learning”, In Proceedings of the 11th International Conference on Digital Libraries for Musicology, 6-14, 2024.

[185] D. Kozlov, M. Bakulin, S. Pavlov, A. Zuev, M. Krylova, and I. Kharchikov, “Learning Properties of Holomorphic Neural Networks of Dual Variables”, In ICASSP 2023-2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 1-5, 2023.

[186] M. Scarpiniti, E. Sigismondi, D. Comminiello, and A. Uncini, “A U-Net Based Architecture for Automatic Music Transcription”, In 2023 IEEE 33rd International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP), IEEE, 1-6, 2023.

[187] W. Huang, Y. Yu, H. Xu, Z. Su, and Y. Wu, “Hyperbolic music transformer for structured music generation”, IEEE Access, 11, 26893-26905, 2023.

[188] M. Zehren, M. Alunno, and P. Bientinesi, “High-quality and reproducible automatic drum transcription from crowdsourced data”, Signals, 4(4), 768-787, 2023.

[189] Y. Telila, T. Cucinotta, and D. Bacciu, “Automatic Music Transcription using Convolutional Neural Networks and Constant-Q Transform”, In Ital-IA, 526-531, 2023.

[190] R. Zheng, X. Liu, and M. D. Butala, “Multi-Instrument Polyphonic Melody Transcription Based on Deep Learning”, In 2023 3rd International Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering (ICCECE), IEEE, 762-767, 2023.

[191] I. S. Wahbi, H. T. Bahbouh, and K. M. Yahia, “Transcription of Arabic and Turkish Music Using Convolutional Neural Networks”, In 2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), IEEE, 5, 1-5, 2023.

[192] J. Park, K. Choi, S. Oh, L. Kim, and J. Park, “Note-level singing melody transcription with transformers”, Intelligent Data Analysis, 27(6), 1853-1871, 2023.

[193] Y. Wang, “Piano automatic transcription based on transformer”, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, (Preprint), 1-8, 2023.

[194] J. Zhou, T. Niu, H. Zhu, and X. Wang, “CoCoFormer: A controllable feature-rich polyphonic music generation method”, In Summit on Music Intelligence, Singapore: Springer Nature Singapore, 95-107, 2023.

[195] P. Li, T. Song, and J. Hu, “Audio classification based on audio WSOLA and CNN algorithm”, In Second International Conference on Electronic Information Technology (EIT 2023), SPIE, 12719, 1145-1149, 2023.

[196] C. Gupta, H. Li, and M. Goto, “Deep learning approaches in topics of singing information processing”, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 30, 2422-2451, 2022.

[197] C. de la Fuente, J. J. Valero-Mas, F. J. Castellanos, and J. Calvo-Zaragoza, “Multimodal image and audio music transcription”, International Journal of Multimedia Information Retrieval, 11(1), 77-84, 2022.

[198] C. Weiß, and G. Peeters, “Comparing deep models and evaluation strategies for multi-pitch estimation in music recordings”, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 30, 2814-2827, 2022.

Turnbull D, Duan Z. ISMIR 2017, 18th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2017 Oct 23-27, Suzhou, China, [Canada]: ISMIR, 55-62, 2017.

[167] Y. Fang, and T. Gui-fa, “Visual music score detection with unsupervised feature learning method based on k-means”, International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 6, 277-287, 2015.

[168] Y. Chen, and H. Zheng, “The application of HMM algorithm based music note feature recognition teaching in universities”, Intelligent Systems with Applications, 20, 200277, 2023.

[169] J. Calvo-Zaragoza, A. H. Toselli, and E. Vidal, “Hybrid hidden Markov models and artificial neural networks for handwritten music recognition in mensural notation”, Pattern Analysis and Applications, 22, 1573-1584, 2019.

[170] G. J. Mysore, P. Smaragdis, and B. Raj, “Non-negative hidden Markov modeling of audio with application to source separation”, In International Conference on Latent Variable Analysis and Signal Separation, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 140-148, 2010.

[171] K. Siedenburg, M. R. Schädler, and D. Hülsmeier, “Modeling the onset advantage in musical instrument recognition”, The journal of the Acoustical Society of America, 146(6), EL523-EL529, 2019.

[172] C. Jeyalakshmi, B. Murugeshwari, and M. Karthick, “HMM and K-NN based automatic musical instrument recognition”, In 2018 2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC) I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC), IEEE, 350-355, 2018.

[173] J. Calvo-Zaragoza, A. H. Toselli, and E. Vidal, “Handwritten music recognition for mensural notation: Formulation, data and baseline results”, In 2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), IEEE, 1, 1081-1086, 2017.

[174] J. Calvo-Zaragoza, A. H. Toselli, and E. Vidal, E, “Early handwritten music recognition with hidden markov models”, In 2016 15th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR), IEEE, 319-324, 2016.

[175] E. Nakamura, P. Cuvillier, A. Cont, N. Ono, and S. Sagayama, “Autoregressive hidden semi-Markov model of symbolic music performance for score following”, In 16th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR), 2015.

[176] A. S. Krishna, P. V. Rajkumar, K. P. Saishankar, and M. John, “Identification of carnatic raagas using hidden markov models”, In 2011 IEEE 9th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), IEEE, 107-110, 2011.

[177] J. T. Fang, and C. W. Yang, “SINGLE-CHANNEL MUSIC SOURCE SEPARATION BY HARMONIC STRUCTURE MODEL AND SUPPORT VECTOR MACHINE”, 電機工程學刊, 29(2), 43-51, 2022.

[178] Y. Liao, H. Xu, and K. Xu, “MusicGAIL: A Generative Adversarial Imitation Learning Approach for Music Generation”, In CAAI International Conference on Artificial Intelligence, Singapore: Springer Nature Singapore, 505-516, 2023.

[179] F. C. A. Ferano, A. Zahra, and G. P. Kusuma, “Stacking ensemble learning for optical music recognition”, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 12(5), 3095-3104, 2023.

[180] X. Pan, B. Song, C. Liu, and H. Zhang, “Music detecting and recording system based on support vector machine”, In 2019 International Conference on Communications, Information System and Computer Engineering (CISCE), IEEE, 244-248, 2019.

[181] D. Johnson, and G. Tzanetakis, “Guitar model recognition from single instrument audio recordings”, In 2015 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM), IEEE, 370-375, 2015.

Transcription Systems with a Two-State Pitch-Wise HMM Method", In ISMIR, 523-530, 2017.

[215] A. McLeod, R. Schramm, M. Steedman, and E. Benetos, "Automatic transcription of polyphonic vocal music", Applied Sciences, 7(12), 1285. 2017.

[216] D. Cazau, Y. Wang, M. Chemillier, and O. Adam, "An automatic music transcription system dedicated to the repertoires of the marovany zither", Journal of New Music Research, 45(4), 343-360, 2016.

[217] E. Nakamura, K. Itoyama, and K. Yoshii, "Rhythm transcription of MIDI performances based on hierarchical Bayesian modelling of repetition and modification of musical note patterns", In 2016 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), IEEE, 1946-1950, 2016.

[218] D. Cazau, G. Revillon, J. Krywyk, and O. Adam, "An investigation of prior knowledge in Automatic Music Transcription systems", The Journal of the Acoustical Society of America, 138(4), 2561-2573, 2015.

[219] E. Benetos, and T. Weyde, "Explicit duration hidden markov models for multiple-instrument polyphonic music transcription", 2013.

[220] Y. K. Suprapto, and Y. Triwidyastuti, "Saron music transcription based on rhythmic information using hmm on gamelan orchestra", TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control), 13(1), 103-117, 2015.

[221] E. Benetos, and S. Dixon, "A shift-invariant latent variable model for automatic music transcription", Computer Music Journal, 36(4), 81-94, 2012.

[222] C. T. Lee, Y. H. Yang, and H. H. Chen, "Multipitch estimation of piano music by exemplar-based sparse representation", IEEE Transactions on Multimedia, 14(3), 608-618, 2012.

[223] M. Nakano, J. Le Roux, H. Kameoka, T. Nakamura, N. Ono, and S. Sagayama, "Bayesian nonparametric spectrogram modeling based on infinite factorial infinite hidden Markov model", In 2011 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA), IEEE, 325-328, 2011.

[224] E. Benetos, and S. Dixon, "Joint multi-pitch detection using harmonic envelope estimation for polyphonic music transcription", IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 5(6), 1111-1123, 2011.

[225] F. J. Cañadas Quesada, N. Ruiz Reyes, P. Vera Candeas, J. J. Carabias, and S. Maldonado, "A multiple-F0 estimation approach based on Gaussian spectral modelling for polyphonic music transcription", Journal of New Music Research, 39(1), 93-107, 2010.

[226] M. Akbari, J. Liang, and H. Cheng, "A real-time system for online learning-based visual transcription of piano music", Multimedia tools and applications, 77, 25513-25535, 2018.

[227] I. Barbancho, G. Tzanetakis, A. M. Barbancho, and L. J. Tardón, "Discrimination between ascending/descending pitch arpeggios" IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 26(11), 2194-2203, 2018.

[228] M. Fujieda, T. Murakami, and Y. Ishida, "An approach to multi-pitch estimation using a support vector machine", International Journal of Computers and Applications, 33(3), 202-210, 2011.

[229] A. Tjahyanto, Y. K. Suprapto, M. H. Purnomo, and D. P. Wulandari, "Fft-based features selection for javanese music note and instrument identification using support vector machines", In 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE), IEEE, 1, 439-443, 2012.

[230] J. Mycka, A. Żychowski, and J. Mańdziuk, "Toward human-level tonal and modal melody harmonizations", Journal of Computational Science, 67, 101963, 2023.

[231] A. Wiafe, C. Nutrokpor, E. Owusu, F. A. Kastriku, and I. Wiafe, "Using genetic algorithms for music composition: implications

[199] H. Cuesta, and E. Gómez Gutiérrez, "Voice assignment in vocal quartets using deep learning models based on pitch salience", Transactions of the International Society for Music Information Retrieval, 5(1), 99-112, 2022.

[200] D. Stefani, S. Peroni, and L. Turchet, L. "A comparison of deep learning inference engines for embedded real-time audio classification", In Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects, DAFx, MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), 3, 256-263, 2022.

[201] C. Hernandez-Olivan, I. Zay Pinilla, C. Hernandez-Lopez, and J. R. Beltran, "A comparison of deep learning methods for timbre analysis in polyphonic automatic music transcription", Electronics, 10(7), 810, 2021.

[202] F. Simonetta, S. Ntalampiras, and F. Avanzini, "Audio-to-score alignment using deep automatic music transcription", In 2021 IEEE 23rd International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP), IEEE, 1-6, 2021.

[203] P. Steiner, A. Jalalvand, S. Stone, and P. Birkholz, "Feature engineering and stacked echo state networks for musical onset detection", In 2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), IEEE, 9537-9544, 2021.

[204] X. Li, K. Wang, J. Soraghan, and J. Ren, "Fusion of Hilbert-Huang transform and deep convolutional neural network for predominant musical instruments recognition", In Artificial Intelligence in Music, Sound, Art and Design: 9th International Conference, EvoMUSART 2020, Held as Part of EvoStar 2020, Seville, Spain, April 15–17, 2020, Springer International Publishing, Proceedings 9, 80-89, 2020.

[205] E. Demirel, S. Ahlbäck, and S. Dixon, "Automatic lyrics transcription using dilated convolutional neural networks with self-attention", In 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), IEEE, 1-8, 2020.

[206] Y. T. Wu, B. Chen, and L. Su, "Multi-instrument automatic music transcription with self-attention-based instance segmentation", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 28, 2796-2809, 2020.

[207] D. Yu, H. Duan, J. Fang, and B. Zeng, "Predominant instrument recognition based on deep neural network with auxiliary classification", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 28, 852-861, 2020.

[208] D. Stoller, S. Durand, and S. Ewert, "End-to-end lyrics alignment for polyphonic music using an audio-to-character recognition model", In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 181-185, 2019.

[209] C. D. Carthen, V. Le, R. Kelley, T. J. Kozubowski, and F. C. Harris Jr, "Rewind: An Automatic Music Transcription Web Application", INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS AND THEIR APPLICATIONS, 20, 2017.

[210] G. Burlet, and A. Hindle, "Isolated guitar transcription using a deep belief network", PeerJ Computer Science, 3, e109, 2017.

[211] S. Sigtia, E. Benetos, and S. Dixon, "An end-to-end neural network for polyphonic piano music transcription", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 24(5), 927-939, 2016.

[212] Y. Ojima, E. Nakamura, K. Itoyama, and K. Yoshii, "Chord-aware automatic music transcription based on hierarchical Bayesian integration of acoustic and language models", APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, 7, e14, 2018.

[213] E. Nakamura, E. Benetos, K. Yoshii, and S. Dixon, "Towards complete polyphonic music transcription: Integrating multi-pitch detection and rhythm quantization", In 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 101-105, 2018.

[214] D. Cazau, Y. Wang, O. Adam, Q. Wang, and G. Nuel, "Improving Note Segmentation in Automatic Piano Music

[245] Y. Bai, "A music generation model based on Bi-LSTM", In International Conference on Algorithm, Imaging Processing, and Machine Vision (AIPMV 2023), 12969, 430-435, 2024.

[246] J. Li, L. Han, X. Wang, Y. Wang, J. Xia, Y. Yang, ... and H. Yan, "A hybrid neural network model based on optimized margin softmax loss function for music classification", Multimedia Tools and Applications, 83(15), 43871-43906, 2024.

[247] F. Li, "Chord-based music generation using long short-term memory neural networks in the context of artificial intelligence", The Journal of Supercomputing, 80(5), 6068-6092, 2024.

[248] A. Kasif, S. Sevgen, A. Ozcan, and C. Catal, "Hierarchical multi-head attention LSTM for polyphonic symbolic melody generation", Multimedia Tools and Applications, 83(10), 30297-30317, 2024.

[249] Z. Zhang, Y. Yu, and A. Takasu, "Controllable lyrics-to-melody generation", Neural Computing and Applications, 35(27), 19805-19819, 2023.

[250] M. N. Mohanty, V. Tripathy, and R. K. Pattanaik, "Music Regeneration with RNN Architecture Using LSTM", In 2023 International Conference in Advances in Power, Signal, and Information Technology (APSIT), IEEE, 538-542, 2023.

[251] C. Shen, V. Z. Yao, and Y. Liu, "Everybody Compose: Deep Beats To Music", In Proceedings of the 14th Conference on ACM Multimedia Systems, 353-357, 2023.

[252] H. Bihani, S. Bothe, A. Acharya, T. Desai, and P. Joglekar, "Automatic Music Melody Generation Using LSTM and Markov Chain Model", In International Conference on Information and Communication Technology for Intelligent Systems, 249-257, 2023.

[253] P. Gupta, and P. Dwivedi, "Advancements in Music Generation: Leveraging RNN and LSTM Networks for Automated Composition", In 2023 2nd International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems (ICACRS), IEEE, 434-439, 2023.

[254] S. S. Patil, S. H. Patil, A. M. Pawar, R. Shandilya, A. K. Kadam, R. B. Jadhav, and M. S. Bewoor, "Music Generation Using RNN-LSTM with GRU", In 2023 International Conference on Integration of Computational Intelligent System (ICICIS), IEEE, 1-5, 2023.

[255] G. Keerti, A. N. Vaishnavi, P. Mukherjee, A. S. Vidya, G. S. Sreenithya, and D. Nayab, "Attentional networks for music generation", Multimedia Tools and Applications, 81(4), 5179-5189, 2022.

[256] J. Pan, S. Yu, Z. Zhang, Z. Hu, and M. Wei, "The Generation of Piano Music Using Deep Learning Aided by Robotic Technology", Computational Intelligence and Neuroscience, 2022(1), 8336616, 2022.

[257] C. De Boom, S. Van Laere, T. Verbelen, and B. Dhoedt, "Rhythm, chord and melody generation for lead sheets using recurrent neural networks", In Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases: International Workshops of ECML PKDD 2019, Würzburg, Germany, September 16–20, 2019, Springer International Publishing, Proceedings, Part II, 454-461, 2020.

[258] J. Singh, and A. Ratnawat, "Algorithmic Music Generation for the stimulation of Musical Memory in Alzheimer's", In 2018 4th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA), IEEE, 1-4, 2018.

[259] M. Pezzat-Morales, H. Perez-Meana, and T. Nakashika, "Fast Jukebox: Accelerating Music Generation with Knowledge Distillation", Applied Sciences, 13(9), 5630, 2023.

[260] L. Comanducci, D. Gioiosa, M. Zanoni, F. Antonacci, and A. Sarti, "Variational Autoencoders for chord sequence generation conditioned on Western harmonic music complexity", EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2023(1), 24, 2023.

of early termination on aesthetic quality", International Journal of Information Technology, 14(4), 1875-1881, 2022.

[232] O. Lopez-Rincon, O. Starostenko, and A. Lopez-Rincon, A. "Algorithmic music generation by harmony recombination with genetic algorithm", Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 42(5), 4411-4423, 2022.

[233] M. Farzaneh, and R. Mahdian Toroghi, "Music generation using an interactive evolutionary algorithm", In Pattern Recognition and Artificial Intelligence: Third Mediterranean Conference, MedPRAI 2019, Istanbul, Turkey, December 22–23, 2019, Springer International Publishing, Proceedings 3, 207-217, 2020.

[234] A. Papadopoulos, P. Roy, and F. Pachet, "Assisted lead sheet composition using flowcomposer", In Principles and Practice of Constraint Programming: 22nd International Conference, CP 2016, Toulouse, France, September 5-9, 2016, Springer International Publishing, Proceedings 22, 769-785, 2016.

[235] D. M. Hofmann, "A genetic programming approach to generating musical compositions", In Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design: 4th International Conference, EvoMUSART 2015, Copenhagen, Denmark, April 8-10, 2015, Springer International Publishing, Proceedings 4, 89-100, 2015.

[236] S. Chakrabarty, S. Roy, and D. De, "Pervasive diary in music rhythm education: a context-aware learning tool using genetic algorithm", In Advanced Computing, Networking and Informatics-Volume 1: Advanced Computing and Informatics Proceedings of the Second International Conference on Advanced Computing, Networking and Informatics (ICACNI-2014), Cham: Springer International Publishing, 669-677, 2014.

[237] D. Matić, "A genetic algorithm for composing music", Yugoslav Journal of Operations Research, 20(1), 157-177, 2010.

[238] S. Ji, X. Yang, J. Luo, and J. Li, "Rl-chord: Clstm-based melody harmonization using deep reinforcement learning", IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2023.

[239] D. R. Vemula, S. K. Tripathi, N. K. Sharma, M. M. Hussain, U. R. Swamy, B. L. Polavarapu, "Music Generation Using Deep Learning", In: Kumar Singh, K., Bajpai, M.K., Sheikh Akbari, A. (eds) Machine Vision and Augmented Intelligence. Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer, Singapore, 1007, 2023.

[240] M. Kopel, D. Antczak, and M. Walczyński, "Generating Music for Video Games with Real-Time Adaptation to Gameplay Pace", In Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, Singapore: Springer Nature Singapore, 261-272, 2023.

[241] S. Banerjee, M. Rath, T. Swain, and Samant, T, "Music generation using time distributed dense stateful char-RNNs", In 2022 IEEE 7th International conference for Convergence in Technology (I2CT), 1-5, 2022.

[242] S. Sajad, S. Dharshika, and M. Meleet, "Music generation for novices using Recurrent Neural Network (RNN)", In 2021 International Conference on Innovative Computing, Intelligent Communication and Smart Electrical Systems (ICSES), IEEE, 1-6, 2021.

[243] G. Hadjeres, and F. Nielsen, "Anticipation-RNN: Enforcing unary constraints in sequence generation, with application to interactive music generation", Neural Computing and Applications, 32(4), 995-1005, 2020.

[244] K. Goel, R. Vohra, and J. K. Sahoo, "Polyphonic music generation by modeling temporal dependencies using a rnn-dbn", In Artificial Neural Networks and Machine Learning–ICANN 2014: 24th International Conference on Artificial Neural Networks, Hamburg, Germany, September 15-19, 2014. Springer International Publishing, Proceedings 24, 217-224, 2014.

Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 1082-1083, 2023.

[278] M. Araneda-Hernandez, F. Bravo-Marquez, D. Parra, and R. F. Cádiz, "MUSIB: musical score inpainting benchmark", EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2023(1), 19, 2023.

[279] X. Li, Y. Yan, J. Soraghan, Z. Wang, and J. Ren, "A music cognition–guided framework for multi-pitch estimation", Cognitive computation, 15(1), 23-35, 2023.

[280] L. Xu, Y. Chen, and L. Zhang, "Intelligent Composition Based on Fibonacci Sequence and Hidden Markov Model", In Proceedings of the 2023 International Conference on Computer, Vision and Intelligent Technology, 1-6, 2023.

[281] S. Ji, and X. Yang, "Emomusictv: Emotion-conditioned symbolic music generation with hierarchical transformer vae", IEEE Transactions on Multimedia, 26, 1076-1088, 2023.

[282] S. Li, and Y. Sung, "INCO-GAN: variable-length music generation method based on inception model-based conditional GAN", Mathematics, 9(4), 387, 2021.

[283] J. Huang, X. Huang, L. Yang, and Z. Tao, "Dance-Conditioned Artistic Music Generation by Creative-GAN", IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 107(5), 836-844, 2024.

[284] H. Wang, S. Hao, C. Zhang, X. Wang, and Y. Chen, "Motif transformer: Generating music with motifs", IEEE Access, 11, 63197-63204, 2023.

[285] N. Imasato, K. Miyazawa, C. Duncan, and T. Nagai, "Using a language model to generate music in its symbolic domain while controlling its perceived emotion", IEEE Access, 11, 52412-52428, 2023.

[286] G. Wu, S. Liu, and X. Fan, "The power of fragmentation: a hierarchical transformer model for structural segmentation in symbolic music generation", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 31, 1409-1420, 2023.

[287] S. L. Wu, and Y. H. Yang, "MuseMorphose: Full-song and fine-grained piano music style transfer with one transformer VAE", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 31, 1953-1967, 2023.

[288] L. Mou, Y. Sun, Y. Tian, Y. Sun, Y. Liu, Z. Zhang, ... and R. Jain, "MemoMusic 3.0: considering context at music recommendation and combining music theory at music generation", In 2023 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), 296-301, 2023.

[289] X. Wei, J. Chen, Z. Zheng, L. Guo, L. Li, and D. Wang, "A Multi-Scale Attentive Transformer for Multi-Instrument Symbolic Music Generation", arXiv preprint arXiv, 2305.16592, 2023.

[290] J. Tang, L. Yin, and J. Yu, "Partially Trained Music Generation based on Transformer", In 2023 International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS), 1133-1138, 2023.

[291] W. Huang, Y. Xue, Z. Xu, G. Peng, and Y. Wu, "Polyphonic music generation generative adversarial network with Markov decision process", Multimedia Tools and Applications, 81(21), 29865-29885, 2022.

[292] S. Adkins, P. Sarmento, and M. Barthet, "LooperGP: a loopable sequence model for live coding performance using guitarpro tablature", In International Conference on Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design (Part of EvoStar) Cham: Springer Nature Switzerland, 3-19, 2023.

[293] P. Sarmento, A. Kumar, Y. H. Chen, C. J. Carr, Z. Zukowski, and M. Barthet, "GTR-CTRL: instrument and genre conditioning for guitar-focused music generation with transformers", In International Conference on Computational Intelligence in

[261] J. Gillick, J. Yang, C. E. Cella, and D. Bamman, "Drumroll Please: Modeling Multi-Scale Rhythmic Gestures with Flexible Grids", Transactions of the International Society for Music Information Retrieval, 4(1), 156-167, 2021.

[262] Y. Q. Lim, C. S. Chan, and F. Y. Loo, "Style-conditioned music generation", In 2020 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), IEEE, 1-6, 2020.

[263] T. Wang, J. Liu, C. Jin, J. Li, and S. Ma, "An intelligent music generation based on Variational Autoencoder", In 2020 International Conference on Culture-oriented Science & Technology (ICCST), IEEE, 394-398, 2020.

[264] Z. Ziegler, and A. Rush, "Latent normalizing flows for discrete sequences", In International Conference on Machine Learning, PMLR, 7673-7682, 2019.

[265] Y. A. Wang, Y. K. Huang, T. C. Lin, S. Y. Su, and Y. N. Chen, "Modeling melodic feature dependency with modularized variational auto-encoder", In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 191-195, 2019.

[266] R. Yang, T. Chen, Y. Zhang, and G. Xia, "Inspecting and interacting with meaningful music representations using VAE", Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 307–312, 2019.

[267] J. Kang, S. Poria, and D. Herremans, "Video2music: Suitable music generation from videos using an affective multimodal transformer model", Expert Systems with Applications, 249, 123640, 2024.

[268] Y. Xin, "MusicEmo: transformer-based intelligent approach towards music emotion generation and recognition", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 1-11, 2024.

[269] P. Li, T. M. Liang, Y. M. Cao, X. M. Wang, X. J. Wu, and L. Y. Lei, "A novel Xi'an drum music generation method based on Bi-LSTM deep reinforcement learning", Applied Intelligence, 54(1), 80-94, 2024.

[270] Y. Zhang, X. Lv, Q. Li, X. Wu, Y. Su, and H. Yang, "An automatic music generation method based on RSCLN_Transformer network", Multimedia Systems, 30(1), 4, 2024.

[271] Q. Zhu, A. Shankar, and C. Maple, "Grey wolf optimizer based deep learning mechanism for music composition with data analysis", Applied Soft Computing, 153, 111294, 2024.

[272] D. Dalmazzo, K. Déguernel, and B. L. Sturm, "The Chordinator: Modeling Music Harmony by Implementing Transformer Networks and Token Strategies", In International Conference on Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design (Part of EvoStar), Cham: Springer Nature Switzerland, 52-66, 2024.

[273] N. Venkatachalam, "MusiciAI: A Hybrid Generative Model for Music Therapy using Cross-Modal Transformer and Variational Autoencoder", In 2024 2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT), IEEE, 1176-1180, 2024.

[274] B. S. Krishna, S. S. R. S. Chiluvuri, S. S. H. Kosuri, and S. S. H. Chimbili, "The Application of Long Short-Term Memory and Transformers for Music Generation", In 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData), IEEE, 4475-4478, 2023.

[275] W. Xu, J. McAuley, S. Dubnov, and H. W. Dong, "Equipping Pretrained Unconditional Music Transformers with Instrument and Genre Controls", In 2023 IEEE International Conference on Big Data (BigData), IEEE, 4512-4517, 2023.

[276] S. Li, and Y. Sung, "Transformer-based seq2seq model for chord progression generation", Mathematics, 11(5), 1111, 2023.

[277] B. Cao, T. Fukumori, and Y. Yamashita, "Multi-Instruments Music Generation Based on Chord Input", In 2023 IEEE 12th

[308] C. Donahue, H. H. Mao, Y. E. Li, G. W. Cottrell, and J. McAuley, "LakhNES: Improving multi-instrumental music generation with cross-domain pre-training", arXiv preprint arXiv:1907.04868, 2019.

[309] L. Zheng, and C. Li, "Real-Time Emotion-Based Piano Music Generation using Generative Adversarial Network (GAN)", IEEE Access, 2024.

[310] L. Chen, L. Shen, D. Yu, Z. Wang, K. Qian, B. Hu, ... and Y. Yamamoto, "Multi-Track Music Generation with WGAN-GP and Attention Mechanisms", In 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 606-607, 2023.

[311] G. Barnabò, G. Trappolini, L. Lastilla, C. Campagnano, A. Fan, F. Petroni, and F. Silvestri, "Cycledrums: automatic drum arrangement for bass lines using cyclegan", Discover Artificial Intelligence, 3(1), 4, 2023.

[312] D. Tian, J. Chen, Z. Gao, and G. Pan, "Linear Transformer-GAN: A Novel Architecture to Symbolic Music Generation", In International Conference on Artificial Neural Networks, Cham: Springer Nature Switzerland, 451-463, 2023.

[313] X. Li, and Y. Niu, "[Retracted] Research on Chord-Constrained Two-Track Music Generation Based on Improved GAN Networks", Scientific Programming, 2022(1), 5882468, 2022.

[314] P. L. Tomaz Neves, J. Fornari, and J. Batista Florindo, "Self-attention generative adversarial networks applied to conditional music generation", Multimedia Tools and Applications, 81(17), 24419-24430, 2022.

[315] J. Hu, Z. Ge, and X. Wang, "[Retracted] The Psychological Education Strategy of Music Generation and Creation by Generative Confrontation Network under Deep Learning", Computational Intelligence and Neuroscience, 2022(1), 3847415, 2022.

[316] Y. Xu, W. Wang, H. Cui, M. Xu, and M. Li, "Paralinguistic singing attribute recognition using supervised machine learning for describing the classical tenor solo singing voice in vocal pedagogy", EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2022(1), 8, 2022.

[317] X. Wang, C. Jin, and W. Zhao, "Beijing opera synthesis based on straight algorithm and deep learning", Advances in Multimedia, 2018(1), 5158164, 2018.

[318] F. Maccarini, M. Oudin, M. Giraud, and F. Levé, "Co-creative orchestration of Angeles with layer scores and orchestration plans", In International Conference on Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design (Part of EvoStar), Cham: Springer Nature Switzerland, 228-245, 2024.

[319] L. Highams, and J. I. Olszewska, "Markov-chain-based musical creative intelligent agent passing successfully the Turing Test", In 2023 IEEE 27th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), 000215-000220, 2023.

[320] P. Bodily, and D. Ventura, "Steerable Music Generation which Satisfies Long-Range Dependency Constraints", Transactions of the International Society for Music Information Retrieval, 5(1), 71-87, 2022.

[321] M. Navarro-Caceres, H. G. Oliveira, P. Martins, and A. Cardoso, "Integration of a music generator and a song lyrics generator to create Spanish popular songs", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11(11), 4421-4437, 2020.

[322] S. S. Garani, and H. Seshadri, "An algorithmic approach to South Indian classical music", Journal of Mathematics and Music, 13(2), 107-134, 2019.

[323] D. Williams, V. J. Hodge, L. Gega, D. Murphy, P. I. Cowling, and A. Drachen, "AI and automatic music generation for mindfulness", In 2019 AES International Conference on Immersive and Interactive Audio: Creating the Next Dimension of Sound Experience. York, 2019.

Music, Sound, Art and Design (Part of EvoStar), Cham: Springer Nature Switzerland, 260-275, 2023.

[294] Y. Zou, P. Zou, Y. Zhao, K. Zhang, R. Zhang, and X. Wang, "Melons: generating melody with long-term structure using transformers and structure graph", In ICASSP 2022-2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 191-195, 2022.

[295] B. Yu, P. Lu, R. Wang, W. Hu, X. Tan, W. Ye, ... and T. Y. Liu, "Museformer: Transformer with fine-and coarse-grained attention for music generation", Advances in Neural Information Processing Systems, 35, 1376-1388, 2022.

[296] Z. Hu, Y. Liu, G. Chen, and Y. Liu, "Can machines generate personalized music? a hybrid favorite-aware method for user preference music transfer", IEEE Transactions on Multimedia, 25, 2296-2308, 2022.

[297] C. Jin, T. Wang, X. Li, C. J. J. Tie, Y. Tie, S. Liu, ... and S. Huang, "A transformer generative adversarial network for multi-track music generation", CAAI Transactions on Intelligence Technology, 7(3), 369-380, 2022.

[298] X. Yang, Y. Yu, and X. Wu, "Double linear transformer for background music generation from videos", Applied Sciences, 12(10), 5050, 2022.

[299] Y. Tie, T. Wang, C. Jin, X. Li, and P. Yang, "Wireless Communications and Mobile Computing Multitrack Music Generation Network Based on Music Rules", Wireless Communications and Mobile Computing, 2022(1), 5845689, 2022.

[300] W. Y. Hsiao, J. Y. Liu, Y. C. Yeh, and Y. H. Yang, "Compound word transformer: Learning to compose full-song music over dynamic directed hypergraphs", In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(1), 178-186, 2021.

[301] S. Dai, Z. Jin, C. Gomes, and R. B. Dannenberg, "Controllable deep melody generation via hierarchical music structure representation", Proceedings of the 22nd International Conference on Music Information Retrieval, ISMIR 2021, 143–150, 2021.

[302] D. Makris, K. R. Agres, and D. Herremans, "Generating lead sheets with affect: A novel conditional seq2seq framework", In 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1-8, 2021.

[303] A. Muhamed, L. Li, X. Shi, S. Yaddanapudi, W. Chi, D. Jackson, ... and A. J. Smola, "Symbolic music generation with transformer-gans", In Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence, 35(1), 408-417, 2021.

[304] A. Liutkus, O. Cıfka, S. L. Wu, U. Simsekli, Y. H. Yang, and G. Richard, "Relative positional encoding for transformers with linear complexity", In International Conference on Machine Learning, 7067-7079, 2021.

[305] S. Di, Z. Jiang, S. Liu, Z. Wang, L. Zhu, Z. He, ... and S. Yan, "Video background music generation with controllable music transformer", In Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia, 2037-2045, 2021.

[306] J. Jiang, G. G. Xia, D. B. Carlton, C. N. Anderson, and R. H. Miyakawa, "Transformer vae: A hierarchical model for structure-aware and interpretable music representation learning", In ICASSP 2020-2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 516-520, 2020.

[307] C. Gan, D. Huang, P. Chen, J. B. Tenenbaum, and A. Torralba, "Foley music: Learning to generate music from videos", In Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Springer International Publishing, Proceedings, Part XI 16, 758-775, 2020.

[307] K. Choi, C. Hawthorne, I. Simon, M. Dinculescu, and J. Engel, "Encoding musical style with transformer autoencoders", In International conference on machine learning, 1899-1908, 2020.

[337] Y. U. Jinming, C. H. E. N. Zhuang, and H. A. I. Han, "Multi-style Chord Music Generation Based on Artificial Neural Network", Journal of Donghua University (English Edition), 40(4), 2023.

[338] K. Gupta, K. Srivastava, K. Singh, and R. Pillai, "Music Generation and Retrieval Using LSTM and VAE", In 2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 1-6, 2023.

[339] M. Majidi, and R. M. Toroghi, "A combination of multi-objective genetic algorithm and deep learning for music harmony generation", Multimedia Tools and Applications, 82(2), 2419-2435, 2023.

[340] S. L. Wu, and Y. H. Yang, "Compose & Embellish: Well-structured piano performance generation via a two-stage approach", In ICASSP 2023-2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 1-5, 2023.

[341] X. Liao, X. Li, Q. Xu, H. Wu, and Y. Wang, "Improving ant collaborative filtering on sparsity via dimension reduction", Applied Sciences, 10(20), 7245, 2020.

[342] J. Min, Z. Liu, L. Wang, D. Li, M. Zhang, and Y. Huang, "Music generation system for adversarial training based on deep learning", Processes, 10(12), 2515, 2022.

[343] C. Jin, F. Wu, J. Wang, Y. Liu, Z. Guan, and Z. Han, "MetaMGC: a music generation framework for concerts in metaverse", EURASIP journal on audio, speech, and music processing, 2022(1), 31, 2022.

[344] S. Tanberk, D. B. Tükel, "Style-specific Turkish pop music composition with CNN and LSTM network", In 2021 IEEE 19th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 000181-000185, 2021.

[345] G. Li, S. Ding, and Y. Li, "Novel LSTM-gan based music generation", In 2021 13th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 1-6, 2021.

[346] S. R. Hwang, and Y. C. Park, "Chord-based stepwise Korean Trot music generation technique using RNN-GAN", The Journal of the Acoustical Society of Korea, 39(6), 622-628, 2020.

[347] M. Dua, R. Yadav, D. Mamgai, and S. Brodiya, "An improved RNN-LSTM based novel approach for sheet music generation", Procedia Computer Science, 171, 465-474, 2020.

[348] A. Ç. Yiiksel, M. M. Karci, and A. Ş. Uyar, "Automatic music generation using evolutionary algorithms and neural networks", In 2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, 354-358, 2011.

[324] P. Roy, and F. Pachet, "Enforcing meter in finite-length markov sequences", In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 27(1), 854-861, 2013.

[325] E. Gale, O. Matthews, B. D. L. Costello, and A. Adamatzky, "Beyond markov chains, towards adaptive memristor network-based music generation", International Journal of Unconventional Computing, 10(3), 181–197, 2013.

[326] W. Schulze, and B. Van Der Merwe, "Music generation with Markov models", IEEE MultiMedia, 18(03), 78-85, 2011.

[327] L. Jing, "Evolutionary Deep Learning for Sequential Data Processing in Music Education", Informatica, 48(8), 2024.

[328] W. Wang, J. Li, Y. Li, and X. Xing, "Style-conditioned music generation with Transformer-GANs", Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 25(1), 106-120, 2024.

[329] Q. Liang, and Y. Wang, "Drawlody: Sketch-Based Melody Creation with Enhanced Usability and Interpretability", IEEE Transactions on Multimedia, 2024

[330] Y. Xu, "Enhancing Music Generation With a Semantic-Based Sequence-to-Music Transformer Framework", International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), 20(1), 1-19, 2024.

[331] C. Ford, A. Noel-Hirst, S. Cardinale, J. Loth, P. Sarmento, E. Wilson, ... and N. Bryan-Kinns, "Reflection Across AI-based Music Composition", In Proceedings of the 16th Conference on Creativity & Cognition, 398-412, 2024.

[332] C. Hsu, and R. Greer, "Bridging Subjectivity and Objectivity in Evaluation of Machine-Generated Jazz Music: A Multimetric Approach", In 2023 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), 232-237, 2023.

[333] A. Kurniawati, E. M. Yuniarno, Y. K. Suprapto, and A. N. Ikhsan Soewidiatmaka, "Automatic note generator for Javanese gamelan music accompaniment using deep learning", International Journal of Advances in Intelligent Informatics, 9(2), 2023.

[334] H. Wang, S. Han, G. Li, and B. Zhao, "A Hybrid Neural Network for Music Generation Using Frequency Domain Data", In International Conference on Artificial Intelligence in China, Singapore: Springer Nature Singapore, 219-228, 2022.

[335] H. W. Dong, K. Chen, S. Dubnov, J. McAuley, and T. Berg-Kirkpatrick, "Multitrack music transformer", In ICASSP 2023-2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 1-5, 2023.

[336] J. Grekow, "Generating Polyphonic Symbolic Emotional Music in the Style of Bach Using Convolutional Conditional Variational Autoencoder", IEEE Access, 11, 93019–93031, 2023.

[1] Data Paper
[2] Erratum
[3] Retracted
[4] Book Chapter
[5] Editorial
[6] Note