مجلة خليج العرب
للدراسات الإنسانية والاجتماعية

نحو موسيقولوجيا رقمية: تحديات ورهانات البحث الموسيقي في ظل التحول التكنولوجي

Towards Digital Musicology: Challenges and Stakes of Musical Research in the Era of Technological Transformation

الدكتور هيثم بوزقندة

Dr. Haythem Bouzguenda

المعهد العالي للفنون والحرف بقفصة

أستاذ مساعد بالتعليم العالي

دكتوراه في العلوم الثقافية اختصاص علوم موسيقية -تونس

DOI: https://doi.org/10.64355/agjhss3810

مجلة خليج العرب للدراسات الإنسانية والاجتماعية © 2025 / تصدر من مركز السنابل للدراسات والتراث الشعبي
هذه المقالة مفتوحة المصدر موزعة بموجب شروط وأحكام ترخيص مؤسسة المشاع الإبداعي(CC BY-NC-SA)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

الملخص:
يتناول هذا البحث حقل الموسيقولوجيا الرقمية بوصفه مجالًا معرفيًا ناشئًا، يدمج بين مناهج البحث الموسيقي التقليدية وتقنيات الحوسبة المتقدمة. كما يستكشف إمكانات الرقمنة الواسعة في حفظ التراث الموسيقي العربي وتحليل خصائصه المتميزة، كالمقامات والإيقاعات وأساليب الأداء، وإثراء مناهج التعليم الموسيقي المعاصر. ويلقي البحث الضوء على التحديات التي تواجه الموسيقولوجيا الرقمية في سياقها العربي، أبرزها: ضعف البنية التحتية، وندرة الأدوات المتخصصة الملائمة، والفجوة الواسعة بين التقدم العالمي في هذا المجال والواقع العربي. علاوة على ذلك، يتعمّق البحث في الإشكاليات الأخلاقية والقانونية المرتبطة بتوظيف الذكاء الاصطناعي في التأليف الموسيقي، مُنبهًا إلى ما يثيره ذلك من مخاطر على الهوية الثقافية وحقوق الملكية الفكرية. ويختتم البحث بتقديم جملة من التوصيات العملية الرامية إلى تعزيز البنية التحتية الرقمية، ووضع استراتيجيات عربية مشتركة، وإدماج التقنيات الرقمية في التعليم الموسيقي؛ سعيًا لتمكين الأجيال المقبلة من توظيف ثمار الثورة الرقمية بفعالية، مع الحفاظ على التراث الموسيقي العربي الأصيل.

الكلمات المفتاحية: موسيقولوجيا رقمية، تراث موسيقي عربي، ذكاء اصطناعي، رقمنة التراث، تعليم موسيقي رقمي.

Abstract:

Integrates traditional music research methodologies with advanced computational techniques. It also explores the vast potential of digitization in preserving Arab musical heritage and analyzing its distinctive characteristics, such as Mâqamat, rhythms, and performance practices, while enriching contemporary music education curricula.

The research sheds light on the challenges facing digital musicology within the Arab context, most notably weak infrastructure, a scarcity of suitable specialized tools, and the significant gap between global advancements in this field and the Arab reality. Furthermore, the study delves into the ethical and legal dilemmas associated with employing artificial intelligence in musical composition, highlighting the risks this poses to cultural identity and intellectual property rights.

The research concludes by presenting a set of practical recommendations aimed at enhancing digital infrastructure, establishing joint Arab strategies, and integrating digital technologies into music education. This endeavor seeks to empower future generations to effectively leverage the benefits of the digital revolution while preserving the authentic Arab musical heritage.

Keywords: Digital Musicology, Arab Musical Heritage, Artificial Intelligence, Heritage Digitization, Digital Music Education.

تَمْهيدٌ:

شهدت العقود الأخيرة تحولاً جذرياً في مناهج البحث العلمي عبر مختلف التخصصات بفعل الثورة الرقمية التي طالت جميع مجالات العلم والمعرفة. ولم يكن البحث الموسيقولوجي المعاصر بمنأى عن هذا التحوّل، بل يشهد بدوره تحولاً غير مسبوق يعيد تشكيل ملامحه وأدوات تحليله وطرق حفظه وتوثيقه. فالتكنولوجيات الرقمية أصبحت جزءاً لا يتجزأ من العملية البحثية الموسيقية، حيث أحدثت تغييرات بنيوية شاملة امتدت من عمليات الإنتاج والأداء إلى آليات التحليل والأرشفة والنشر.

لقد انتقلت الموسيقى من كونها فناً أدائياً فرجويا ينحصر في قاعات العرض والفضاءات العامة والأماكن الخاصة ويعتمد على الأداء الغنائي والآلي المباشر للفنان وكذلك على التوثيق الورقي التقليدي للألحان، إلى فضاء رقمي واسع يتيح إمكانات لم تكن متصورة من قبل في مجالات الإنتاج والتوزيع والحفظ والدراسة العلمية.

نتج عن هذا التحول التكنولوجي الشامل ظهور حقل بحثي جديد يُعرف بالموسيقولوجيا الرقمية، وهو مجال واسع متعدد التخصصات يدمج بشكل عضوي بين المعرفة الموسيقولوجية التقليدية وعلوم الحاسوب من برمجيات وتقنيات الذكاء الاصطناعي ومعالجة البيانات الضخمة. يمثل هذا الحقل الناشئ نتيجة حتمية وكذلك استجابة علمية ضرورية للتحديات المعرفية والمنهجية التي أفرزتها البيئة الرقمية المعاصرة ورهانات عالم التكنولوجيا، حيث أنّ الأدوات التقليدية لم تعد كافية للتعامل مع الكم الهائل من البيانات الموسيقية المتاحة اليوم في مختلف أشكالها من تسجيلات صوتية ومدونات رقمية وأرشيفات إلكترونية.

في العالم العربي تكتسي الموسيقولوجيا الرقمية أهمية كبيرة ومضاعفة لعدة أسباب، لعل أهمها أنّ التراث الموسيقي العربي، ورغم ثراءه الفني وتنوعه، يواجه اليوم خطراً حقيقياً بالاندثار مع الوقت وفي غياب جهود منهجية شاملة ورؤية حقيقية لرقمنته وتوثيقه بالطرق العلمية الحديثة. ومن ناحية أخرى، تبرز الحاجة الملحة إلى تطوير أدوات تحليلية وخوارزميات حاسوبية، مثلما هو الشأن بالنسبة للموسيقى الغربية، مصممة خصيصاً لتحليل واستيعاب الخصائص المميزة للموسيقى العربية، ولا سيما نظام المقامات والإيقاعات وخاصياتها الفريدة التي تميزها عن بقية التقاليد الموسيقية الأخرى وكذلك الارتجال والذي يمثل عنصرا هاما في الأداء الموسيقي العربي.

تكمن الإشكالية المحورية في الهوة الشاسعة بين الممارسات البحثية الموسيقولوجية التقليدية السائدة في العالم العربي وبين الإمكانات الهائلة التي توفرها التقنيات الرقمية الحالية المتطورة. فعلى الرغم من التقدم الملحوظ الذي حققته الموسيقولوجيا الرقمية على الصعيد العالمي، يظل البحث العربي في هذا المجال محدوداً ويعاني من تأخر واضح، خاصة مع ندرة الدراسات المتخصصة في ذلك والأدوات المطورة محلياً والكفاءات التي تساهم في تقدم مجالاته. كما تُثار تساؤلات جوهرية حول مدى قدرة الذكاء الاصطناعي على إدراك الأبعاد الثقافية والجمالية العميقة للموسيقى، فضلاً عن الإشكاليات الأخلاقية المتعلقة بالإنتاج الموسيقي الآلي وحقوق الملكية الفكرية.

- **أهمية البحث:** تكمن أهمية هذا البحث في سعيه لتقديم رؤية شاملة لآفاق الموسيقولوجيا الرقمية في السياق العربي، حيث يمثل التحول الرقمي فرصةً لتعزيز البحث الموسيقي بأدوات جديدة تتيح تحليلاتٍ أكثر دقةً وشموليةً، دون التخلي عن المناهج التقليدية أو إهمال البعد الإنساني للموسيقى. كما يفتح هذا التحول آفاقاً جديدةً للإبداع والحفظ والتعليم.

- **أهداف البحث:** يهدف هذا البحث إلى استكشاف المفاهيم الأساسية والتحولات المعرفية التي أحدثتها الموسيقولوجيا الرقمية في منهجية البحث الموسيقي المعاصر وتحليل دور الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم الآلي في تحليل وتوليد الموسيقى، وتقييم إمكانية تطبيقها على الموسيقى العربية. كما يهدف إلى رصد التحديات التقنية والمنهجية التي تعترض رقمنة وحفظ التراث الموسيقي العربي، واقتراح آليات عملية لبناء أرشيفات رقمية شاملة وتقديم رؤية لدمج التقنيات الرقمية والمنصات التفاعلية في مناهج التعليم الموسيقي لتعزيز كفاءة المتعلمين مع الحفاظ على أهمية التكوين الفني التقليدي.

- **إشكالية البحث:** تتمثل الإشكالية المحورية في الفجوة الواسعة بين التطور الملحوظ في ميدان الموسيقولوجيا الرقمية وبين واقع البحث الموسيقي العربي، الذي لا يزال يعاني عديد الصعوبات في مواكبة هذه التحولات الملموسة. تتجلى هذه الفجوة خاصة في عدم ملاءمة معظم الأدوات الرقمية الحالية، المصممة خصيصا للموسيقى الغربية، لتحليل خصائص الموسيقى العربية وفي غياب قواعد بيانات موسيقية عربية شاملة ومنظمة، وعدم وجود جهود منهجية كافية لرقمنة التراث الموسيقي المهدد بالاندثار. كما إن دمج التقنيات الرقمية في مناهج

التعليم الموسيقي العربي لا يزال بصورة محتشمة. من جانب آخر عديد التساؤلات الجوهرية لا زالت تطرح حول الأبعاد الأخلاقية والثقافية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في العمل الموسيقي ومدى تأثير ذلك على الهوية الثقافية والموسيقية.

- **منهجية البحث:** يتبنى هذا البحث نهجاً يجمع بين الوصف والتحليل، سعياً لتقديم صورة شاملة عن واقع وآفاق الموسيقولوجيا الرقمية في السياق العربي. ويرتكز هذا النهج على العناصر التالية:

• قراءة نقدية في الأدبيات السابقة لفهم سياق تطورهذا الحقل المعرفي واستشراف اتجاهاته المستقبلية.

• قراءة في النماذج الرائدة في مجال الرقمنة والأرشفة الموسيقية الغربية ومدى الاستفادة منها لتطوير الممارسة الموسيقولوجية العربية.

• محاولة للجمع بين حقول معرفية مختلفة تنطلق من علم الموسيقى وعلوم الحاسوب والدراسات الثقافية لتقديم رؤية شاملة للموسيقولوجيا الرقمية.

• قراءة في الأدوات الرقمية المتاحة بمنظور نقدي ومدى مواءمتها لخصوصية الموسيقى العربية.

- **أقسام البحث**: تم تقسيم البحث وفق المحاور التالية:

- **الإطار النظري والمفاهيمي:** تقديم مدخل عام حول الموسيقولوجيا الرقمية، ومجالاتها، وأهم الأدوات التقنية المستخدمة فيها.
- **البنية التحتية للبحث الموسيقولوجي الرقمي :** وفيه استعراض لبرمجيات التدوين الموسيقي و أدوات تحليل الصوت و معالجة الإشارات و كذلك برمجيات استخراج الخصائص الموسيقية من التسجيلات الصوتية.
- **رقمنة التراث الموسيقي العربي:** تشخيص واقع وأهمية رقمنة التراث الموسيقي العربي، ورصد التحديات التي يواجهها واقتراح آليات عملية للحفظ والأرشفة.
- **التعليم الموسيقي الرقمي:** وهو استعراض إمكانات وتحديات دمج التقنيات الرقمية والمنصات التفاعلية في التعليم الموسيقي العربي، مع تقديم رؤية لتطويره.
- **الأبعاد الثقافية والأخلاقية**: مناقشة الانعكاسات الثقافية والأخلاقية لاستخدام التقنيات الرقمية في الموسيقى، وسبل تحقيق التوازن بين الحداثة التقنية والحفاظ على الهوية الثقافية والموسيقية.
- **الخاتمة والتوصيات:** تقديم خلاصات عامة وأبرز النتائج، مع طرح توصيات عملية لتطوير البحث والممارسة في مجال الموسيقولوجيا الرقمية العربية.

1- الإطار النظري والمفاهيمي:

1.1- نشأة الموسيقولوجيا الرقمية وتطورها:

تعتبر مسألة تَداخُل الاختصاصات المعرفية والعلمية في مجال الموسيقى من القضايا التي نُوقشت وبُحثت عبر أنسقة فكرية ومباحث معرفية متعاقبة على مر التاريخ. غير أن تطور مضامين ومناهج الفلسفات والعلوم المختلفة، خاصة في القرن العشرين، وما صاحبه من تطور تكنولوجي شمل معظم المجالات، أدى إلى تحول في بنية الفكر الكوني، وهو ما مثّل لحظة تحوّل مفصليّة في شتى الضروب المعرفية المتداخلة، وإن بدت ظاهريًا منفصلة. و هوما ساعد في انتقال الحقول المعرفية "من ضيق التخصص الضيق إلى سعة التداخل، و من انعزال

المتخصّصين و انطوائهم إلى مشاركة علماء التواصل و تعاونهم فيما بينهم" (همام, 2017, ص. 60). وتمثل الموسيقولوجيا الرقمية أحد أبرز تجليات هذا التحول في حقل العلوم الموسيقية خاصة مع الدراسات المعاصرة.

يُمكن تعريف الموسيقولوجيا الرقمية باعتبارها فرعاً من فروع العلوم الإنسانية الرقمية التي تبحث في الحقول المعرفية الموسيقية بالاعتماد على الأدوات الحاسوبية والتقنيات الرقمية في التحليل والتوثيق الموسيقي. ويُعرف هذا المجال أيضاً باسم علم الموسيقى الحسابي الذي يعتمد على الخوارزميات والبرمجيات في دراسة وتحليل العمل الموسيقي(Andretta, 2021, 13) . تختلف الموسيقولوجيا الرقمية عن نظيرتها التقليدية ليس فقط في الأدوات المستخدمة، بل أيضاً في المنهجيات البحثية والأسئلة المعرفية التي تطرحها وبالأخص في دقة البيانات التي تقدمها في تحليل النماذج الموسيقية. يعود التاريخ المبكر لهذا الحقل إلى عدة تجارب رائدة منذ خمسينات القرن الماضي، عندما قام عديد الباحثين و الموسيقيين أمثال "كسيناكيس", "هيلار", " ايزاسكون", " باربو" و "كوينغ" باستعمال وسائل تكنولوجية و تطبيقات الحاسوب في تحليل المؤلفات الموسيقية (عبد الرزاق, 2004, 59-60). وقد اعتمد توظيف هذه التكنولوجيات على منهجية التحليل الإحصائي للدرجات المكونة للأثر الموسيقي ومبدأ الاحتمالات الرياضية (Assayag, 1999, 49) .لكن التطور الفعلي بدأ في ثمانينات القرن الماضي مع انتشار الحاسوب الذي يعتبر من " أهم الوسائل في مجال دراسة الصوت و تأليفه التي ساهمت في تطوير معرفتنا بآليات إدراك الارتفاع و الطابع الصوتي" (Chailley, 1984, 447) وتطور التكنولوجيا الرقمية حيث "استنار علم الصوتيات بالحلول الرقمية التي يتم استخراجها باستعمال الحاسوب, و إعداد برمجيات متطورة و متخصصة في معالجة الصوت و تحليله و التركيب الرقمي و تحويلاته النوعية و الإضافات التأثيرية" (القبي, 2004, 15). أما العقدان الأخيران فقد شهدا تسارعاً غير مسبوق بفضل التقدم الهائل في تقنيات الذكاء الاصطناعي وزيادة القدرات الحاسوبية وتوفر كميات ضخمة من البيانات الموسيقية الرقمية عبر الإنترنت (Müller, 2015, p. 20).

1.2- المجالات البحثية الرئيسية:

تتعدد وتختلف مباحث الموسيقولوجيا الرقمية حسب الغايات والأهداف المطروحة للباحث الموسيقي، خاصة مع تداخل الحقول المعرفية في هذا الميدان وكذلك تنوع البيانات والمعلومات الموسيقية التي توفرها البرمجيات الحديثة والخوارزميات. فلقد أعادت الموسيقولوجيا الرقمية تشكيل فهمنا للموسيقى وفتحت إمكانيات تحليلية وإبداعية لم تكن متاحة من قبل ومكّنت الباحث من استكشاف أبعاد جديدة في دراسة و تحليل الفعل الموسيقي.

يمكن تقسيم هذه المجالات البحثية إلى خمسة مجالات محورية:

1.2.1- رقمنة التراث الموسيقي وحمايته من الاندثار :

لطالما واجهت المخطوطات الموسيقية القديمة والتسجيلات التاريخية خطر التلف والاندثار مع مرور الزمن خاصة وإنّ إمكانيات الحفظ والأرشفة لم تكن متاحة بالشكل المطلوب او بالطريقة السليمة وفي بعض الأحيان غياب الوعي الثقافي لدى الجهة أو الشخص المناط بعهدته حفظ هذا التراث الفني أو حتى اختفاء أشكال الأداء التقليدية ولعل ذلك ما يفسر تلف وتدهورعديد المخطوطات أو التسجيلات الموسيقية الهامة في عدة أقطار عربية بالتقادم. من وهنا يأتي دور الرقمنة والحفظ الرقمي كعملية "إنقاذ حضارية لا تقتصر على المسح الضوئي البسيط أو التسجيل الصوتي، بل تتعداه إلى بناء منظومة معرفية متكاملة "(Schüller, 2008, 64). ومن هنا يأتي دور الحفظ والأرشفة الرقمية كآلية هامة لضمان بقاء التراث الموسيقي متاحاً للاطلاع عليه كوثيقة تاريخية وإعادة قراءته وفهمه بالوجه الأمثل بالنسبة للأجيال القادمة.

1.2.2-إنشاء قواعد البيانات والمكتبات الرقمية:

تبرز أهمية قواعد البيانات الموسيقية والمكتبات الرقمية كمنصات معرفية متطورة وشاملة للموسيقيين والباحثين بحيث تمنح لهم إمكانية الوصول والاطلاع على المدونات الموسيقية من كتب وتسجيلات ومخطوطات بطريقة سلسة وغير معقدة. فهذه القواعد تكون بمثابة مستودعات تخزين للوثائق الموسيقية وبيئة فنية تفاعلية بين الباحثين لتبادل المعلومات والأفكار والبحوث العلمية والبيانات والمخطوطات على اختلاف أشكالها. من بين هذه المكتبات والمنصات الرقمية نذكر، على سبيل المثال لا الحصر، منصة " IMSLP" الخاصة بالكتب والنوتات الموسيقية الغربية، منصة " Sounds"Europeana التي تعنى بالتراث الموسيقي السمعي الأوروبي، أما فيما يخص الموسيقى العربية نجد منتدى سماعي وهومن أشهر المنتديات والمكتبات الرقمية العربية لما تحتويه من مجموعة هامة من التسجيلات والكتب والمدونات الموسيقية العربية وكذلك الغربية.

وعلى اختلافها وتنوعها، تعتمد فاعلية هذه القواعد على أنطولوجيات متخصصة تعيد تعريف العلاقات بين الأعمال الموسيقية وتعبيراتها المختلفة وتسجيلاتها المتنوعة. "فبدلاً من البحث التقليدي عن عنوان مقطوعة، يمكن للباحث اليوم أن يبحث عن جميع الأعمال الموسيقية التي استخدمت تقنية لحنية معينة في حقبة تاريخية محددة، أو التي عُزفت بآلات موسيقية نادرة. هذا المستوى من التنظيم المنهجي يحول البيانات الخام إلى معرفة قابلة للاستثمار البحثي" (Riley, 2017,11).

1.2.3-استخراج المعلومات الموسيقية:

يمثل استخراج المعلومات الموسيقية أو ما يُعرف ب (Music Information Retrieval -MIR) أحد المجالات المحورية في الموسيقولوجيا الرقمية، حيث يُعرّف بأنه حقل معرفي متعدد التخصصات يُعنى باسترجاع المعلومات من البيانات الموسيقية باستخدام منهجيات حاسوبية تشمل معالجة الإشارات الرقمية، التعلم الآلي وتقنيات البحث في البيانات (Kamiskas, Ricci, 2012, 89-119) .

تعود جذور هذا المجال المعرفي إلى حقل الوسائط المتعددة الذي " يضمّ استرجاع البيانات المختلفة من صور وتسجيلات صوتية و مرئية اعتمادا على الحاسوب" (Mitrovic, Zeppelzauer, Breiteneder, 2010, 71). يتضمن استخراج المعلومات الموسيقية تحليل الإشارات الصوتية للتمكن من تصنيف الموسيقى، تدوينها وتحليلها ويمكن تصنيف هذه المعلومات إلى ثلاثة مستويات:

- **معلومات تتعلق بالحدث:** وتشمل تدوين السلالم والدرجات الموسيقية.
- **معلومات على مستوى الجمل الموسيقية:** مهمتها تحليل تسلسل الدرجات الموسيقية لاكتشاف دورية الإيقاع والسرعة.
- **معلومات حول المقطوعة الموسيقية:** وظيفتها دراسة المقاطع الصوتية لكشف الأنماط الموسيقية ونمذجة تفضيلات المستخدم. ((Dwivedi, Ganguly, Haragopal, 2023,93-110

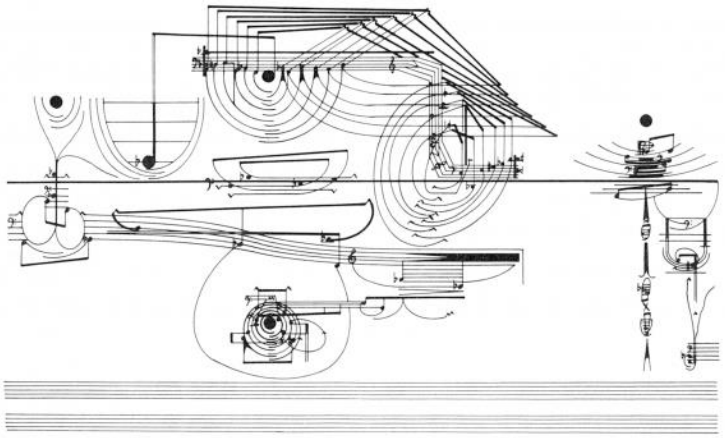
1.2.4-التحليل الحاسوبي للأثر الموسيقي:

يمثل التحليل الموسيقي من أهم العناصر التي تساعد في إبراز الخصائص البنيوية والجمالية للعمل الموسيقي. " ويكمن الهدف الرئيسي من الحليل الموسيقي لأثر ما في فكّ رموز الأفكار والمعاني التي يريد المؤلف التعبير عتها من خلال استعماله لعناصر موسيقية مرتبطة بالتركيبة اللحنية والإيقاعية والتنفيذية " (بن نصير, 2020, 66-67). يمكن تقسيم التحليل الحاسوبي إلى عنصرين اثنين:

- **التحليل النغمي:** الذي يمكّن الباحث الموسيقي من قيس مسافات السلالم الموسيقية باستعمال برمجيات وتطبيقات الحاسوب في المجال الصوتي والموسيقي، وذلك بتحديد الأصوات من خلال الاهتزازات والذبذبات الموجودة في الملف المزمع تحليله (Bayhom, 2007, 184). من بين البرمجيات المتخصصة في ذلك نذكر برمجية " سونك فيجيولايزر " (Sonic Visualer) و "برات"(Praat) .
- **التحليل الإحصائي الخوارزمي:** يعتمد على " برمجيات ترتكز على دالة خوارزمية (fonction algorithmique) بالاعتماد على الوتيرة الكتابية للتطبيقة النظرية الأساسية(VBA-Visual Basic for Application) . ومن بين هذه التطبيقات الإحصائية المعتمدة في المجال الموسيقي، نجد تطبيقة Monika (بن نصير, 2020, 69). "تتيح هذه البرمجية استخراج مجموعة من المعطيات أهمها: تواتر الدرجات من حيث العدد، ونوعية المسافات بحساب نصف البعد صعودا ونزولا، والانتقالات اللحنية."(بن عمر,2015, 103).

1.2.5-الموسيقى بين التدوين البياني والتوليد الآلي:

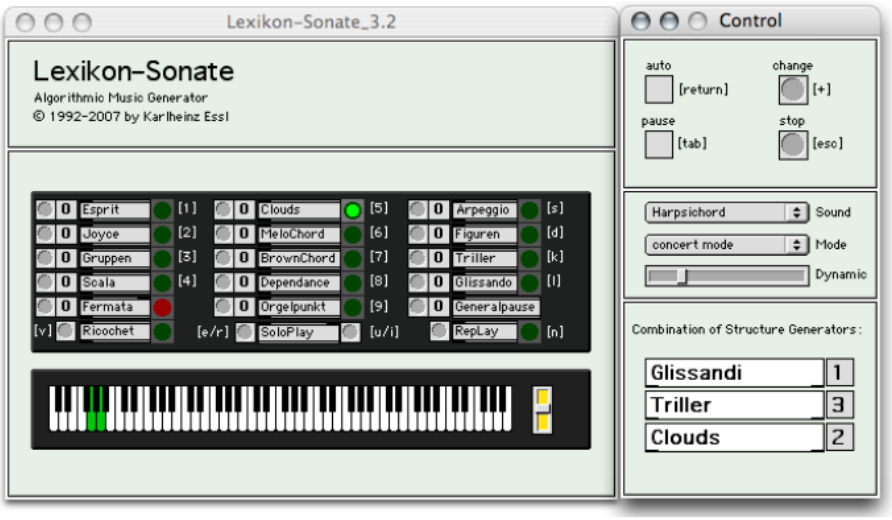
شكّلت التكنولوجيا محركاً أساسياً لتطوّر الموسيقى في القرنين العشرين والحادي والعشرين، فلم يعد تأثيرها مقتصراً على صناعة الآلات الموسيقية فحسب، بل امتدّ ليشمل عملية الإبداع الفني ذاتها. فأصبحت التقنية عنصراً فاعلاً في صياغة العمل الموسيقي وتنفيذه، وطالت حتى أنماط التدوين التي تحوّلت إلى أشكال بيانية كما في أعمال جون كايج، كسيناكيس، لانشنمان، كارداو Bouzguenda, 2006, (p116).



مقطوعة "تريتيز" للملحن الانقليزي كورنيليوس كارداوEd. Peters

هذا التحوّل نحو التمثيل المرئي للموسيقى، كأحد سمات القرن العشرين، فرض على الباحثين ضرورة الإحاطة بمناهج التحليل الحديثة التي تدمج بين البيانات والرياضيات والموسيقى لتفكيك هذه الأعمال. وفي منحى متوازٍ، أدّى دخول الحاسوب إلى عالم التأليف الموسيقي إلى ظهور نمط جديد أُطلق عليه "الموسيقى الخوارزمية"، يعتمد في أساسه على الخوارزميات في عملية التلحين مثل ما هو الشأن لبرمجية " ليكسون سونات" التي صمّممها الملحن الألماني شتوكهاوزن والتي هي عبارة عن أداة لتوليد الموسيقى اعتمادا على الخوارزميات.

لذا، أصبح من الضرورة الحتمية أن تتبنى الموسيقولوجيا الرقمية، كحقل بحثي ناشئ، استكشافَ آليات توليد الموسيقى انطلاقاً من قواعد البيانات الضخمة، مقدّمةً بذلك منظوراً تحليلياً جديداً لفهم العمل الفني وتحليله.

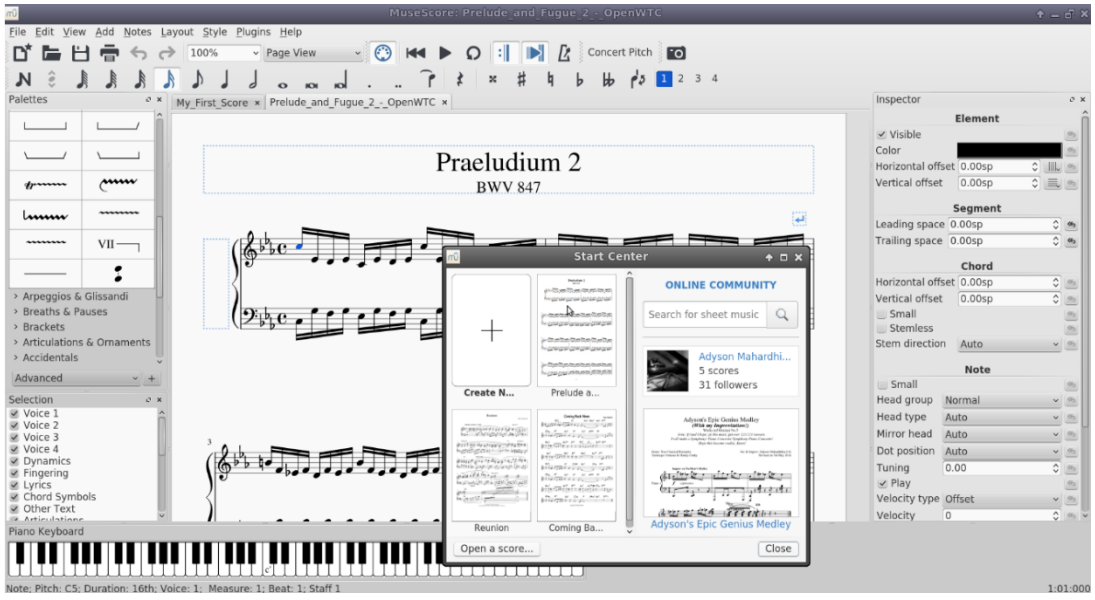


برمجية "ليكسون سونات" لإنشاء الموسيقى الخوارزمية لشتوكهازن

2- البنية التحتية للبحث الموسيقولوجي الرقمي:

2.1-برمجيات التدوين الموسيقي:

تمثّل برمجيات التدوين الموسيقي الرقمية واحدة من أهمّ العناصر التي يعتمدها الباحث الموسيقي. هذه البرامج توفّر إمكانيات هامة لإعادة كتابة العمل الموسيقي وتحليله بطرق عدّة كدراسة الأشكال الإيقاعية والجمل الموسيقية والهارموني وطرق توظيف الآلات الموسيقية في أداء العمل الموسيقي. كما تساعد هذه البرمجيات أيضا في التلحين وإعادة التوزيع الموسيقي وتغيير الطبقات الصوتية والسرعة المعتمدة في الأداء. من بين هذه البرمجيات نذكر Musescore, Sibeluis, Final, و تعنى أساسا بعملية تدوين العمل الموسيقي و الاستماع إليه اعتمادا على الآلات الافتراضية الموجودة بالبرمجية.



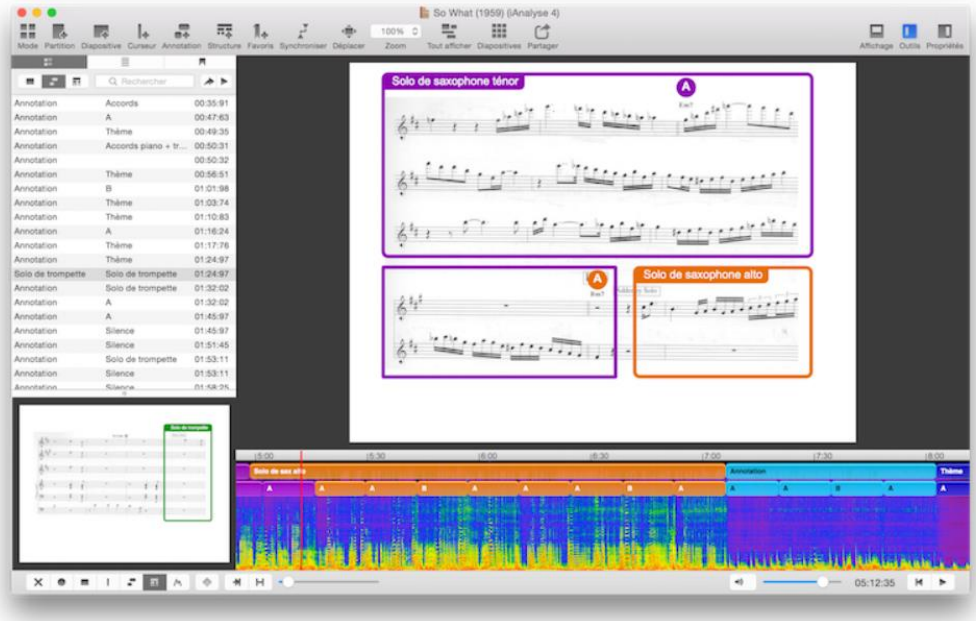
برمجية Musescore من الموقع الرسمي

2.2 برمجيات التحليل الموسيقي:

أمّا فيما يخصّ التحليل الموسيقي، تتيح برمجيات مثل "EAnalyse" و" iAnalyse " للباحث إمكانية مزامنة مجموعة من الشرائح كالنوتات الموسيقية و الرسوم التوضيحية مثل البيانات و الصور في ملف صوتي سمعي (audiovisuel). وبالتالي يمكن استخدام البرنامج في سياق تعليمي لتوضيح التحليل الموسيقي، أو إنتاج أدلة استماع بناءً على أجزاء موسيقية مشروحة، أو مساعدة الباحث في عمله التحليلي . (Couprie, 2010, 113-118)

يحتوي iAnalyse , الذي تمّ إنشاؤه في سنة 2006, على العديد من الوظائف البيانية من بينها:

- إنشاء رأس قراءة على النوتة الموسيقية للمساعدة في قراءتها.
- تحريك الهوامش التوضيحية البيانية.
- استيراد بيانات خارجية (كالصفات الصوتية) لدمجها في التحليل.
- تصيير الرسوم إلى صور أو فيديو. (المرجع السابق)

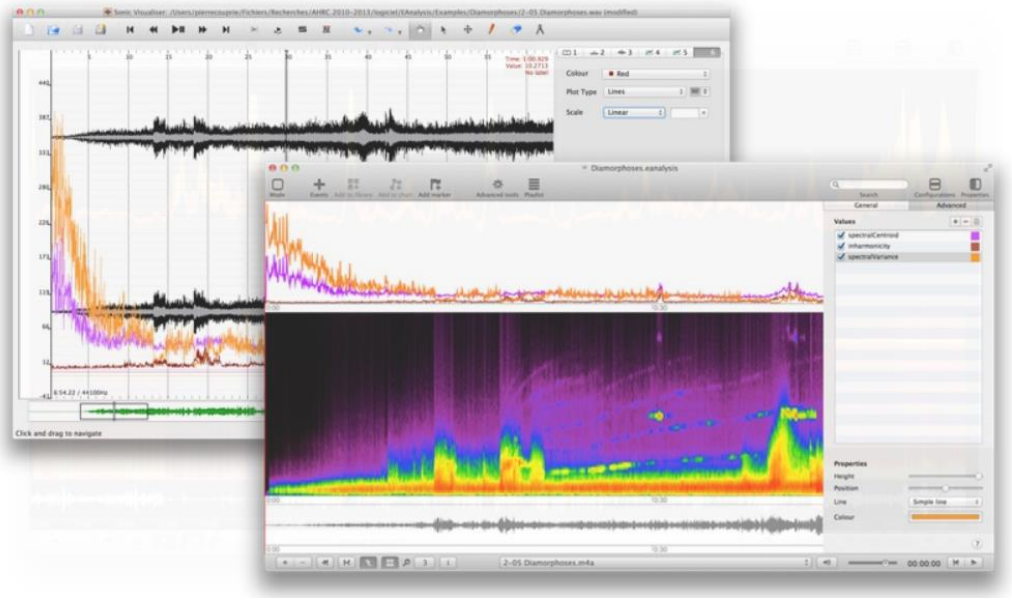


برمجية **iAnalyse** (Couprie, 2019) https://logiciels.pierrecouprie.fr/?page_id=672

أمّا بالنسبة لـ "EAnalysis" فقد تمّ تصميمه بين سنتي 2010 و2013 في إطار مشروع لجامعة دي مونفوربانفلترا. تسمح هذه البرمجية باستخدام أنواع مختلفة من التمثيلات (الصوتية، الحسابية، الموسيقية) في التحليل الموسيقي كما توفّر إمكانية إنشاء تمثيلات حول الطيف، أو توصيفات الصوت، أو الهياكل الموسيقية و أيضًا إمكانية استخدام البيانات من برامج أخرى (Audiosculpt, Pro Tools, Acousmographe, Sonic Visualiser) مثل، أو حساب واصفات الصوت باستخدام الإضافةVamp LibXtract ، أو تطبيق مرشحات الصوت باستخدام برمجية SuperVP. (Couprie, 2012, 183-189)

من وظائف هذه البرمجية:

- عرض شكل الموجة وأنواع مختلفة من مخططات الصوت: خطي، لوغاريتمي، تفاضلي، متراكبة أو على شكل مصفوفة تشابه.
- استيراد ملف سمعي بصري واحد أو عدة ملفات للقيام بتحليلات مقارنة.
- استخدام ملفات الفيديو لتحليل موسيقى الأفلام، وتفسير الأداء، والتركيبات الصوتية.
- إنشاء رسوم بيانية أو جداول أو خرائط من مقاطع الصوت: التصنيفات، الجداول البراديمية، الأشجار التوليدية، خرائط المشهد الصوتي، إلخ.
- استخدام أنواع مختلفة من الرسوم البيانية لتوصيف الصوت وتحليل البيانات
- تصيير التحاليل الموسيقية في شكل صور أو أفلام أو ملفات نصية. (المرجع السابق)



مثال تحليلي من برمجية EAnalysis **2.** (Couprie, 2019) https://logiciels.pierrecouprie.fr/?page_id=402

2.3- أدوات تحليل الصوت:

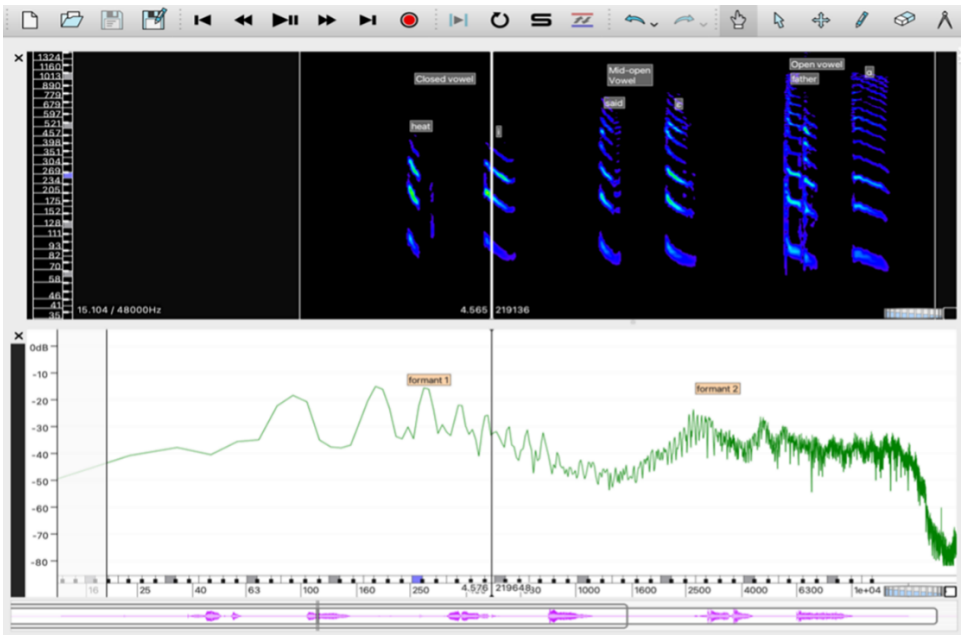
شكّل ظهور البرمجيات الخاصة بالتحليلات الصوتية، مثل برمجية " سونك فيجيولايزر " (Sonic Visualer) و "برات" (Praat)، نقلة نوعية للموسيقي المعاصر وللباحث في طريقة فهم ودراسة مختلف الظواهر الصوتية والموسيقية، حيث أصبح بالإمكان فحص التسجيلات من منظورات تحليلية شاملة ومن زوايا متعدّدة تجمع بين البعدين الزماني والترددي، وفهم أساليب التأليف الموسيقي المعتمدة والمميزة للملحن وحتى طرق الأداء الغنائي والآلي. فمن خلال تحليل الخصائص الصوتية الأساسية كالتردد والطيف والشدة والتغيرات الزمنية، تقدم هذه البرمجيات تمثيلات بصرية متعددة الأبعاد تجعل البنية الصوتية مجسدةً وملموسة، مما يسهل عملية فهمها وتفكيك رموزها (Müller, 2015, 156).

تكمن الأهمية الاستثنائية لهذه التكنولوجيا في قدرتها على معالجة وتفكيك المكونات الصوتية بدقة غير مسبوقة، حيث أتاحت فرصاً بحثيةً ثورية في مجال التحليل الموسيقي. فهي تسمح بقياس الدرجات الموسيقية وتحديد ترددات النغمات بدقة حسابية، كما تتيح تتبع التغيرات الطفيفة في مستوى ارتفاع الصوت (Pitch) وتحليل المنحنيات اللحنية على مدار الزمن (المرجع السابق, 120). وقد أضفت هذه الإمكانيات بعداً علمياً دقيقاً على دراسة الأنماط الموسيقية وفكّ رموزها ومعرفة خصائصها، لا سيما في مجال الموسيقى العربية التي تتسم بثراء تعبيري وزخارف لحنية معقدة. على مستوى المقامات والإيقاعات.

2.2.1-برمجية سونك فيجيولايزر (Sonic Visualer) :

تعتبر هذه البرمجية من البرمجيات التي تعنى " بتحليل الملفات الصوتية، حيث تمكّن المستعمل من تحليل وكتابة الشكل الصوتي، واستخراج التصميم الموجي للصوت، وهي من إنشاء المركز الوطني للموسيقى الرقمية "كوين ماري" Queen Mary بجامعة لندن"(بن نصير,67,2020).

هذه البرمجية بمثابة صندوق الأدوات" للباحث الموسيقي (Couprie, 2018, p.120) فهي تمنحه إمكانية تحميل ملفات صوتية و استكشاف خصائصها بكل دقة عن طريق مجموعة من الرسوم البيانية التي ينشأها عن طريق الخوارزميات. من بين أكثر المجالات المرتبطة بهذه البرمجية نجد استخراج المعلومات الموسيقية (Music Information Retrieval –MIR) التي تركّز، مثلما أشرنا سابقا، على التحليل الحسابي للإشارات الصوتية (Thompson, 2021, 707) .



مثال لبرمجية "سونك فيجيولايزر" تجسّد رسم بياني لتمرين صوتي (المرجع السابق)

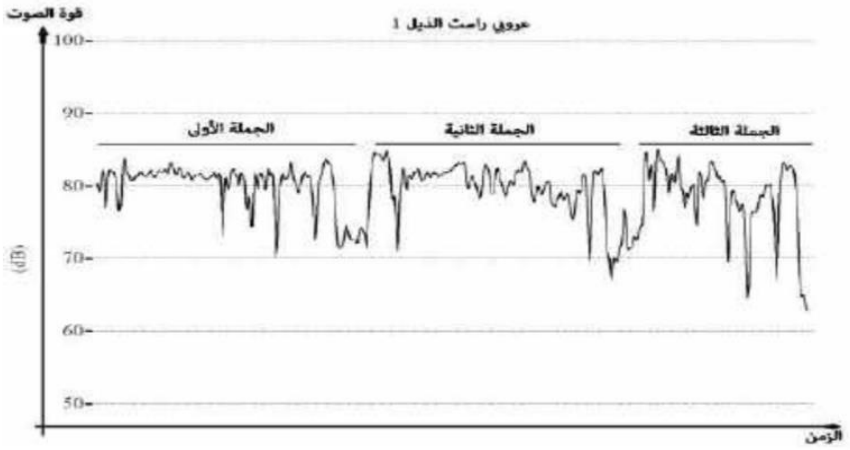
لتفسير الريم البياني يقوم تومسون بالشرح التالي: يُقدّم هذا التمرين الأول، الذي يُجرى في الصف، مفهوم صيغ حروف العلة، ويتيح للطلاب التدرّب على تسجيل أصواتهم الخاصة باستخدام برمجية "سونك فيجيولايزر. يوضح الرسم نتيجة هذا التمرين. يُعطَى الطلاب قائمة بكلمات تحتوي على حروف علّة مغلقة، أو متوسطة الانفتاح، أو مفتوحة (مثل "heat" و"said" و"father" على التوالي). تتمثل الخطوة الأولى في تسجيل الكلمات، ثم حرف العلّة الرئيسي لكل كلمة، اعتمادا على البرمجية. عند هذه النقطة، يدرك الطلاب أنه على الرغم من إمكانية تسجيل الصوت، إلا أنه غير قابل للتعديل. هذا يمنحهم فرصة كبيرة للتدرب على التسجيل، حيث يتطلب الأمر تسجيلات متعددة للحصول

على الكلمات بشكل صحيح. بعد تسجيل الكلمات، يمكن للطلاب مشاهدة الطيف الصوتي. ولتحسين عرض الطيف، يُنشئون طبقة جديدة تُسمى "مقياس الطيف اللوني". تتيح إعدادات العرض لهذه الطبقة للطلاب تغيير ألوان مخطط الطيف وتحسين الصورة من خلال ضبط إعدادات النافذة والتخطي والتجميع الموجودة على يمين الشاشة. ومع تحسين الصورة، يدرك الطلاب أن الكلمات المسجلة تحتوي على مكونات ترددية مختلفة لأن حروف العلّة التي تحتويها لها صيغ صوتية فريدة. ثم يضيف الطلاب لوحة ثانية لعرض طيف تسجيلهم. توضح هذه الصورة كيف تتغير مكونات تردد التسجيل أثناء تشغيله. وأخيرًا، يتدرب الطلاب على التعليق التوضيحي بإضافة طبقة نصية، مما يسمح لهم بتسمية أجزاء مختلفة من تسجيلهم. بعد الانتهاء من التسجيلات، يمكن للطلاب مقارنة النتائج مع زميل لمعرفة ما إذا كانت صيغ الكلمات تظهر بترددات متشابهة. على سبيل المثال، الأصوات ذات الترددات الأساسية المنخفضة التي تنطق حرف العلة [i]، كما في كلمة "heat"، ستُظهر تجمعًا من الصيغ الصوتية بين 240 و2400 هرتز. يمكن أن يؤدي التمرين بعد ذلك إلى مناقشة جماعية حول صيغ المغنّين."(المرجع السابق,710).

2.2.2-برمجية برات (Praat):

تعتبر برمجية "برات" من البرمجيات المتخصصة في التحليل والمعالجة الصوتية. قام بتصميم وتطوير هذه البرمجية الباحثان في جامعة أمستردام بهولاندا الباحثان "بول بويرسما" و "ديفيد فينينك" وتعني كلمة "برات" باللغة الهولاندية "تحدّث" او "كلام" ممّا يعكس أهمّ خاصية فيها والغرض من تصميمها. تُستخدم برمجية " برات" بشكل أساسي في مجالات والنسخ والتصميم الصوتي، وفي علم الأصوات الفيزيائي وعلم الأصوات الكلامي، بالإضافة إلى المجالات المجاورة التي تعتمد على المنهج الصوتي مثل اللسانيات التفاعلية والانثروبولوجيا والموسيقولوجيا والعلوم الطبية. (بن نصير,69).

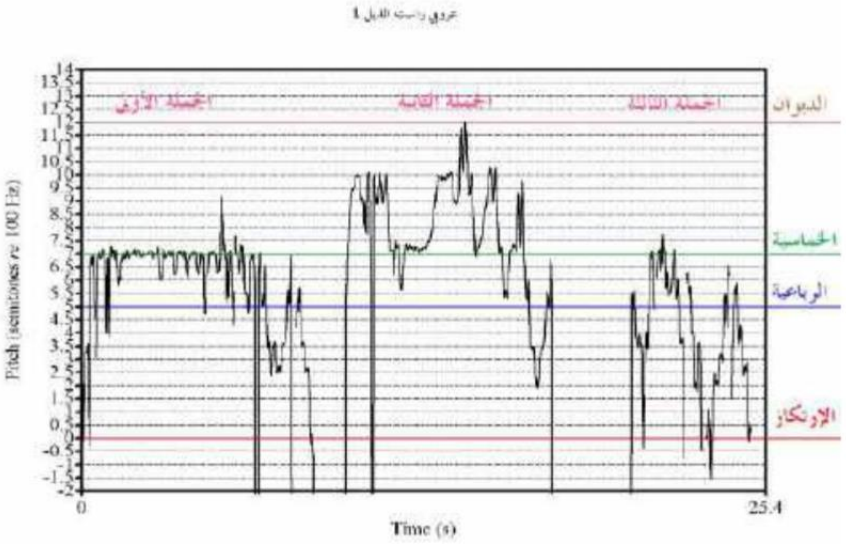
تُستعمل برمجية "برات" في البحث الموسيقي في تحليل الخطّ اللحني والنغمات الصوتية وقياس مستوى ارتفاع الدرجات ولا سيما خاصياتها من ناحية القوة والضعف والاهتزازات، وبالتالي تساعد في استخراج المميّزات الصوتية للمغنّي وفهم أساليب الأداء لمختلف الأنماط الموسيقية التي يقوم بأداءها سواء كانت تقليدية، شعبية أو معاصرة مثلما تبيّنه لنا الصورة التالية:



صورة (1) رسم تحليلي لقوة الصوت لعروبي[1] "رصد الذيل" باستعمال برمجية "برات"

[1] العروبي هو قالب غنائي من أركان المالوف التونسي يقوم على أبيات من الشعر تختلف في تركيبتها وموازينها عن الشعر الفصيح، وتشتمل في الغالب على أمثال وحكم شعبية تتردد على ألسنة العامة. (خماخم, 2013, ص.75)

يُعلق حلمي بن نصير في مقاله المعنون "التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية" [2] على الرسم التحليلي لأداء المطربة التونسية صليحة لأحد القوالب الغنائية الشعبية، مشيرا إلى أنه من خلال تحليل قوة الصوت بواسطة برمجية Praat، تبيَّن أن المطربة صليحة قد حافظت على ديناميكية أدائها الصوتي، حيث تراوح شدُّ صوتها طيلة أدائها لعروبي "رصد الذيل" بين 70 و85 ديسيبال، مما يُبرز قوة صوتها وإتقانها لتقنيات التنفس أثناء الأداء، إلى جانب ثبات أدائها رغم تنوع التلوينات والأشكال الإيقاعية. كما يوضح الكاتب أن برمجية "برات" أتاحت التعرف على النغمات التي أدَّتها المطربة صليحة ومقارنتها بالنغمات النظرية للطبع، وهو ما يُظهره الرسم البياني في الصورة الثانية:



صورة (2) ارتفاع الدرجات الموسيقية

ويُبرز التحليل النغمي أن البرمجية قد كشفت عن دقة النغمات والمسافات اللحنية التي أدَّتها الفنانة، والتي تتطابق مع النغمات النظرية للطبع. كما يؤكد الرسم التحليلي النغمي سلامة النغمات والانتقالات في نهايات الجمل الثلاث، مع إيضاح التفاعل بين تلك النغمات وعلاقتها بالنطق (المرجع السابق، ص.75-76).

وبكل تأكيد، تُوجد العديد من البرامج الأخرى التي صُمِّمَت لتحليل الصوت، ويمكن للباحث الموسيقي أن يستفيد منها في دراسة الأساليب الأدائية -سواء الآلية أو الغنائية -وتحديد السمات الصوتية المميزة للفنانين عبر الأنماط الموسيقية المختلفة اعتمادا على مختلف التسجيلات الصوتية القديمة منها والمعاصرة. من بين بعض هذه البرمجيات نذكر "أوديوسكالبت" (Audioscuplt), سبير(SPEAR), ذي سنايل (The Snail), تيايميتا (Telemeta) , كاتارت (CataRT) "إيزي توربوكس" (Easy Toolbox) (Couprie, 2018, p.121) .

3-رقمنة التراث الموسيقي العربي:

يعتبر مصطلح" الرقمنة" جديدا نسبيا في العالم العربي وقد ظهر لمواكبة التكنولوجيا الرقمية التي عرفها العالم المعاصر. حسب قاموس " ODLIS " (القاموس الإلكتروني لعلوم المكتبات والمعلومات)، فإن الرقمنة هي "العملية التي يتم من خلالها تحويل البيانات إلى صيغة

[2] اسم المقال كاملا " التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية: دراسة تحليلية موسيقية "للعروبي" في طبع "رصد الذيل" من "فوندو" "فراق غزالي" بصوت صليحة " ويندرج ضمن كتاب جماعي خاص بالمؤتمر الدولي الثامن حول الخطاب الموسيقي تحت عنوان توظيف الذكاء الاصطناعي في تأليف الموسيقات المقامية بتاريخ 09 مارس 2020.

رقمية لمعالجتها بواسطة الحاسوب. وعادةً ما تشير الرقمنة إلى عملية تحويل النصوص المطبوعة أو الصور إلى إشارات ثنائية باستخدام الماسح الضوئي أو أحد أجهزة المسح الضوئي، والتي يمكن بعد ذلك عرضها على شاشة الحاسوب" (Reitz, 2013,) .http:www.odlis.abc-clio.com/odlis_d.html

في ظلّ التطوّر التكنولوجي المتسارع الذي يشهده عالمنا المعاصر، تبرز الحاجة الملحّة إلى صَوْن التراث الموسيقي من التلاشي والاندثار. وهذا التراث لا يقتصر على التسجيلات الصوتية والمرئية فحسب، بل يمتدّ ليشمل الصور والكتب والمخطوطات وحتى الآلات الموسيقية نفسها. ولا يخفى أن خطر فقدان هذا الإرث يزداد مع رحيل جيل من الفنانين والموسيقيين الذين كانوا ناقلاً حيّاً له، سواء عبر المشافهة أو التدوين الموسيقي أو العروض العامة والخاصة. من هذا المنطلق، تُعدّ الرقمنة حلاً عملياً واستراتيجياً للحفاظ على هذا الموروث الفني الذي يُشكّل ذاكرة الأمّة وروحها، فهو ليس مجرد أنغام وإيقاعات، بل هو سجل حي لتاريخها وثقافتها وتطوّرها الاجتماعي. ومع ذلك، فإن هذا التراث الثريّ يواجه تهديدات متعددة، منها عوامل الزمن والإهمال وقلّة الوعي، فضلاً عن النسق السريع للتطور التكنولوجي الذي قد يطمس معالم الأصالة إذا لم يُحسَن توظيفه بالشكل الأفضل.

3.1. المخاطر المحدقة بالتراث الموسيقي العربي

يواجه التراث الموسيقي العربي تهديدات وجودية متعددة، يمكن إجمالها في ثلاثة محاور رئيسية:

- **تلف الحوامل المادية (الوسائط التناظرية) :**تتعرض الأسطوانات الفونوغرافية (مثل أسطوانات شركة "أوديون" و"هيز ماسترز فويس" النادرة)، والأشرطة الممغنطة (Quardraphonic open reel tapes) ، وأشرطة الكاسيت(، وأفلام السينما التي تحتوي على تسجيلات موسيقية، للتلف التدريجي بسبب عوامل كيميائية وفيزيائية مثل الأكسدة، والتشقق، وظاهرة "متلازمة الخل (Vinegar Syndrome) [3]" التي شملت مجموعة من الأفلام في القرن الماضي. هذه المواد لها عمر افتراضي محدود، وفقدانها يعني فقدان التسجيلات الأصلية إلى الأبد (Ida, Cane,Townsend, Triana, Mazzel, Curran, 2020, p.172).
- **تشتت المجموعات الموسيقية الخاصة وضياعها :**جزء كبير من التراث الموسيقي العربي، خاصة التسجيلات النادرة والبدايات الأولى، موجود في مجموعات خاصة لدى هواة وجامعين ومستمعين أوفياء لنمط من الأنماط الموسيقية. مع رحيل هؤلاء الأشخاص، كثيراً ما يتم التخلص من هذه المجموعات بسبب جهل الأبناء أو عدم الاهتمام بقيمتها، أو تباع بشكل متفرق مما يؤدي إلى تشتت السياق التاريخي للمادة الموسيقية التي تحتويها.
- **ضياع الذاكرة الشفهية والسمعية :**يرحل عمالقة الموسيقى العربية والعازفون والمطربون الكبار حاملين معهم أسرار الأداء، وتقنيات الغناء، والتفسيرات الشخصية للمقامات والإيقاعات. هذا الإرث الشفوي الغير الموثق في عديد الأحيان يشكل خسارة فادحة لفهم السياق الثقافي والتاريخي والجمالي للأداء الموسيقي.

[3] متلازمة الخل هي حالة تنشأ عن نزع حمض الأسيتيك من أسيتات السليلوز. ينتج عن هذه العملية انبعاث رائحة الخل التي تمنح الحالة اسمها؛ كما أن الأجسام التي تخضع لمتلازمة الخل غالبًا ما تتقلص وتصبح هشة وتتشكل بلورات على سطحها. تؤثر متلازمة الخل على نطاق واسع على أفلام أسيتات السليلوز المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي كما تؤثر على الأشرطة المغناطيسية القديمة (Wypych, 2023, p.130).

3.2.الرقمنة كحل استراتيجي

تمثل الرقمنة خط الدفاع الأول والأكثر فعالية في مواجهة هذه التحديات. لا تقتصر أهميتها على مجرد نسخ التسجيلات، بل تمتد إلى عدة أبعاد لعلّ أبرزها:

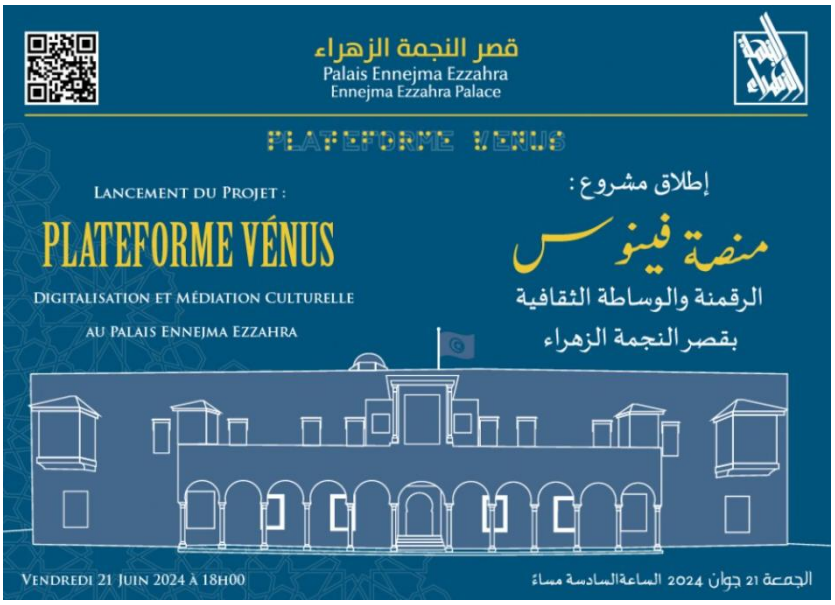
- **الحفظ والصون :**تحويل التسجيلات الهشة من حواملها المادية المعرضة للتلف إلى صيغ رقمية عالية الدقة يحفظها من الاندثار. تتيح الرقمنة أيضاً إنشاء نسخ احتياطية متعددة في مواقع مختلفة ومكتبات رقمية، مما يضمن الحفاظ عليها.
- **الإتاحة والانتشار :**تذيب الرقمنة الحواجز الجغرافية والزمنية، فتصبح كنوز التراث الموسيقي العربي متاحة للباحثين، والطلاب، والموسيقيين، والجمهور العام في كل أنحاء العالم. هذا يعزز الدراسات المقارنة، ويسهل الوصول إلى المواد النادرة التي كانت حكراً على النخبة سواء تعلق الامر بالمخطوطات الموسيقية والبحوث القديمة في مجال الموسيقى أو حتى النوتات التي تحمل دلالات تاريخية.
- **إحياء وإعادة اكتشاف :**تمكن الرقمنة الباحثين من استخدام أدوات التحليل الرقمي لاستكشاف طبقات جديدة في التسجيلات، مثل عزل الآلات، أو تحليل التلوينات الصوتية، أو حتى استعادة تسجيلات كانت تعتبر تالفة من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي . (Reséndiz, 2016, p.174)
- **التعليم والتوثيق :**تشكل الأرشيفات الرقمية منصة تعليمية غير مسبوقة، تسمح بدراسة تطور الأساليب الأدائية، وتحليل البنى اللحنية، وفهم التنوع الإقليمي في الموسيقى العربية بشكل منهجي.

3.3-مراحل العملية الشاملة للرقمنة :

لضمان تحقيق الفائدة القصوى، يجب أن تتم الرقمنة ضمن عملية منهجية متكاملة:

1. **التجميع والتقييم :**حصر المواد الموجودة في الأرشيفات الوطنية والمحلية والمجموعات الخاصة، وتقييم حالتها الفنية لتحديد أولويات الرقمنة.
2. **التحويل الرقمي :**استخدام معدات متخصصة مثل أذرع الأسطوانات المناسبة، ومسجلات الأشرطة المحترفة، وكروت الصوت عالية الدقة لتحويل الإشارة التناظرية إلى رقمية، مع الالتزام بأعلى معايير الجودة ومعدل العينة والعمق البتي.
3. **المعالجة والحفظ :**معالجة الملفات الرقمية باستخدام برامج متخصصة للتخفيف من حدة الضوضاء، والخدش، والتشويه، دون المساس بالنغمة الأصلية للموسيقى. ثم حفظ الملفات الرئيسية عالية الجودة بصيغ غير مضغوطة.
4. **الفهرسة وإضافة البيانات الوصفية :**هذه هي المرحلة الأهم التي تضمن إمكانية البحث والاستفادة. تشمل البيانات الوصفية معلومات عن الفنان، والعازفين، والملحنين، والشعراء، وتاريخ التسجيل، والشركة المنتجة، والنوع الموسيقي، والقالب، والمقامات، والإيقاعات، والكلمات الرئيسية.
5. **النشر والإتاحة :**تصميم منصات رقمية سهلة الاستخدام تتيح الوصول إلى المحتوى، مع مراعاة حقوق النشر ووضع سياسات واضحة للوصول ولعلّ أبرز مثال على ذلك "منصة فينوس: الرقمنة والوساطة الثقافية بقصر النجمة الزهراء" الذي أطلقته وزارة

الشؤون الثقافية التونسية في 21 جوان 2024 بمركز الموسيقى العربية والمتوسطية النجمة الزهراء بسيدي بوسعيد بالضاحية الشمالية بتونس العاصمة[4].



منصة "فينوس" من الموقع الرسمي للمركز

3.4-التحديات المؤسساتية والتقنية للرقمنة في العالم العربي:

في إطار المحافظة على التراث وأرشفته وكذلك السعي إلى مسايرة التطور التكنولوجي التي تعيشه المكتبات ومراكز الأرشيف والتوثيق حول العالم، دأبت عديد المؤسسات العربية ببعث مبادرات فردية لرقمنة أرشيفاتها وموروثها الثقافي. ومع ذلك، تظل هذه الجهود غير كافية لمواجهة حجم التحدي لعدة أسباب نذكر منها:

- **التبعية وعدم الاستقلالية :**غالباً ما تكون مشاريع الرقمنة جزءاً من أنشطة ثانوية ضمن أقسام في مؤسسات ثقافية أوسع، وليست مشاريع استراتيجية مستقلة ذات ميزانيات مخصصة وأهداف واضحة وهذا من شأنه أن يعطّل نسق هذه المشاريع.
- **غياب التنسيق والتكامل :**تعمل كل مؤسسة في معزل عن الأخرى، مما يؤدي إلى ازدواجية الجهود، واستخدام معايير مختلفة في الفهرسة والرقمنة، مما يحول دون إنشاء شبكة موحدة للتراث الموسيقي الرقمي ففي أغلب الأحيان لكل استراتيجيته وأفكاره وأولوياته وقراراته وخاصة قناعاته الشيء الذي يحول عن المضي قدما في الرقمنة والأرشفة بخطى ثابتة وحثيثة.

[4] المركز عبارة عن مجمع ثقافي متعدد الاختصاصات يُعنى بالموسيقى في مختلف جوانبها ومجالاتها. وهو يجمع في إطار رؤية شمولية ومندمجة بين النشاط العلمي والفكري والبرمجة الموسيقية. ومن مجالات اهتماماته حفظ التراث الموسيقي بتونس وفي المنطقة العربية والبلدان المطلة على البحر الأبيض المتوسط وحفز الإبداع الموسيقي المعاصر بتونس.و بالإضافة إلى قسمي النشاط الموسيقي والدراسات والبحوث، يحتضن المركز مقر الخزينة الوطنية للتسجيلات الصوتية، وهي هيكل أساسي تتمثل مهمّته الأساسية في جمع التراث الموسيقي التونسي لغاية حفظه ونشره وجعله في متناول الباحثين في مجال الموسيقى. ويحتضن المركز أيضا ورشة للآلات الموسيقيّة تعمل على صيانة مجموعة الآلات الموسيقيّة التي يملكها المركز وتعنى بإجراء البحوث في مجال علم صناعة الآلات الموسيقيّة. (الموقع الرسمي للمركز، (https://www.cmam.tn/content/ar/2/%D9%85%D9%86-%D9%86%D8%AD%D9%86%D8%9F.html

- **محدودية التمويل :**تعتمد معظم المشاريع على تمويل حكومي متقطع أو على منح خارجية، مما يجعل استمراريتها غير مضمونة. ونادراً ما توجد مخصصات مالية داعمة ومستقرة للرقمنة في الميزانيات الثقافية العربية ففي أغلب الوقت تعاني هذه المشاريع من ضعف الأموال المرصودة لها.
- **نقص الكوادر البشرية المتخصصة:** من بين التحديات المطروحة نجد نقص الكوادر والكفاءات التي تجمع بين المعرفة الموسيقية والمهارات التقنية. هذا النقص يشمل بالأساس أخصائي حفظ وصون المواد السمعية البصرية، تقنيي الرقمنة المحترفين، مسؤولي المكتبات والأرشيف الرقمي المتخصصين في الموسيقى والباحثين الموسيقيين القادرين على إعداد البيانات الوصفية الدقيقة.
- **ضعف التكوين:** يتطلَّب التعامل مع البرمجيات الحديثة من الباحث الموسيقي امتلاك كفاءة تقنية عالية، وإلماماً مستمراً بالتحديثات الرقمية. فإلى جانب التكوين الأكاديمي الجيد، ينبغي أن يحرص الباحث على تطوير مهاراته في استخدام البرمجيات المتخصصة، وذلك للمحافظة على المادة العلمية والتاريخية بين يديه – من تسجيلاتٍ وصورٍ وكتب – وحمايتها من التلف الناتج عن سوء التعامل أو قِلَّة الخبرة.

3.5-إشكالات حقوق الملكية الفكرية :

تُعدُّ حقوق الملكية الفكرية العائقَ الأكبر أمام رقمنة التراث الموسيقي العربي وإتاحته للجمهور. فالكثير من التسجيلات، خاصة تلك التي تعود إلى النصف الثاني من القرن العشرين، لا تزال محمية بحقوق الطبع والنشر التي تملكها شركات إنتاج قد توقفت عن العمل أو اندمجت مع غيرها ما يجعل الحصول على التصاريح مهمةً معقدة وغير مضمونة النتائج. مثلما هو الشأن لشركة "بيضافون" التي فقدت جزءا هاما من التسجيلات الصوتية إبان الحرب العالمية الثانية و كذلك الحرب الأهلية اللبنانية(Milani, 2004, p.43)، كما تواجه المواد الأرشيفية المحفوظة في الإذاعات والتلفزيونات الحكومية والمكتبات والمجموعات الخاصة مثل التسجيلات الحية وتسجيلات الفنانيين الشخصية صعوباتٍ مماثلة بسبب غياب الأطر القانونية الواضحة، مما يفتح الباب أمام استغلال بعض الجهات تجارياً لهذه المواد وتسويقها دون إذن، محققةً أرباحاً غير مشروعة على حساب الحقوق المادية والمعنوية لأصحابها.وبالتالي، يظلّ الوصول إلى هذه المواد محصوراً في أغلب الأحيان ضمن السياق البحثي والعلمي فقط، مما يُعيق حفظ التراث الموسيقي العربي ونشره على نطاق واسع .

إنّ رقمنة التراث الموسيقي العربي هي مهمة حضارية ملحة تتطلب إرادة سياسية ومؤسساتية قوية، واستثماراً في الموارد البشرية والمادية، وتعاوناً عربياً فعلياً يتجاوز الشعارات والشعبوية الفكرية. ليست الرقمنة غاية في حد ذاتها، بل هي وسيلة لحفظ الذاكرة الجماعية للأمة، وإحياء تراثها الحي، وتمكينه من التفاعل مع عالمٍ رقميٍ أصبح ساحة رئيسية للتواصل الثقافي. إن تخلفنا عن ركب هذه الثورة لا يعني فقط خسارة الماضي، بل قد يعني أيضاً تهميش مستقبلنا الثقافي وإنقاذ هذا الكنز الإنساني الفريد من الضياع هو مسؤولية الجيل الحالي من باحثين ومختصّين أمام التاريخ.

4-التعليم الموسيقي الرقمي في العالم العربي:

شهد التعليم في السنوات الأخيرة تحولاً جذرياً بفضل تداخله مع العالم الرقمي الذي أصبح واقعاً حتمياً فرض نمطاً تعليمياً جديداً يعتمد على الاستعانة بالوسائل التكنولوجية. وكانت البداية الفعلية لهذا التحول مع المبادرة الرائدة التي أطلقها معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (Massachusetts of Institute of Technology)عام 2001، حين قرر مشاركة جزء حيوي من مناهجه الدراسية على الإنترنت بصيغة مفتوحة.(Open Course ware) وقد مهدت هذه الخطوة لانطلاق حركة نشر الموارد التعليمية المفتوحة Open) (Education Ressources عالية الجودة من جامعات وهيئات علمية مختلفة، مانحة إياها رخص المشاع الإبداعي Creative)

(Common Licenses لتيسير الوصول إليها والتعامل معها بشكل مجاني. وبهذا فتحت هذه الثورة التعليمية الأبواب على مصاريعها أمام مختلف الفئات العمرية في جميع أنحاء العالم، للاستفادة من هذه الموارد في تحصيل المعرفة بشكل حر ومستمر (المصمودي، 2020، ص.2).

من جهة أخرى، استفاد التعليم الموسيقي بشكل ملحوظ من التطور الرقمي، سواء عبر وسائل الاتصال الحديثة والمنصات الرقمية مثل منصة "موسيقاي" و " Oudeen " التي تُقدّم محتوى تعليمياً متخصصاً يشمل مبادئ الموسيقى، وتعلم الآلات، والنظريات الموسيقية، والمقامات، والإيقاعات، وتقنيات الأداء الغنائي، أو من خلال البرمجيات والحواسيب اللوحية. كما أسهمت التطبيقات الرقمية في تعزيز عملية التعلم، عبر تطبيقات القراءة الموسيقية وتعلّم العزف افتراضياً، كما هو الحال في تطبيقات تعلم الآلات الموسيقية التفاعلية مثل Yousicianو Simply Piano ، مما وسّع من آليات وطرق التعليم الموسيقي وتنوعه.

منصّة موسيقاي

منصّة Oudeen

منصّة Yousician

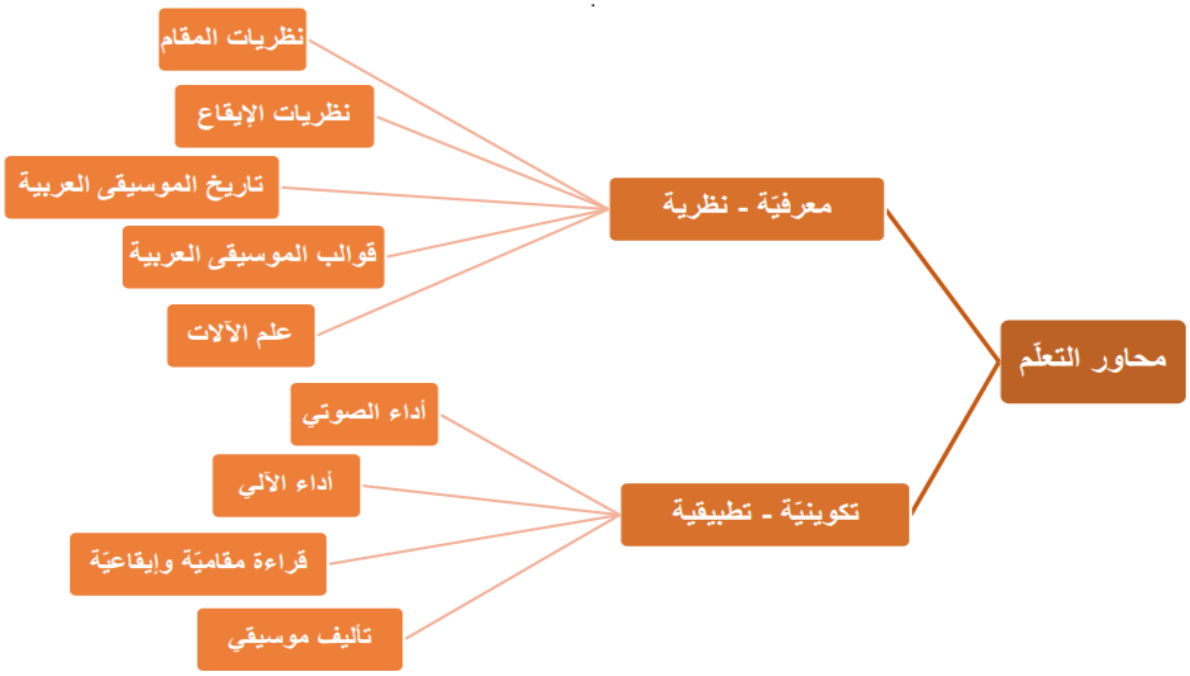
منصّة Simply piano

ولكن يبقى التساؤل قائمًا حول مدى فاعلية هذه المنصات والتطبيقات الرقمية في العملية التعليمية على المستوى البيداغوجي، وهل هي مجرد إفرازات للثورة التكنولوجية التي شملت جميع المجالات دون استثناء، أم أنها أصبحت مكونًا أصيلًا في العملية التعليمية؟ ويؤدي بنا هذا إلى التساؤل عن تحديات وأولويات التعليم الموسيقي الرقمي في العالم العربي، وعن مشاريع المواد التعليمية المفتوحة:

- أولاً: يؤدي تعميم الموسيقى ورقمنتها إلى إتاحة المواد التعليمية لجميع شرائح المجتمع، مما يُسهم في خلق بيئة فنية تفاعلية، ويرفع من قيمة الفنون، ويُحسّن الذوق العام ويُثَقِّفه.
- ثانيًا: يُعدّ تحديد المحتوى التعليمي أمرًا بالغ الأهمية، لأنه يساعد على توجيهه للجمهور المستهدف وفقًا للفئة العمرية والتخصص، سواء كانوا باحثين أو طلابًا أو هواة، كما يُمكِّننا من توسيع نطاق المعرفة ليشمل الجميع.
- ثالثًا: من المهم أن يتمتع المتعلّم بالقدرة على استخدام البرامج التعليمية الافتراضية والتفاعل معها بكفاءة.
- رابعًا :لا بد من اقتناع كل من الأستاذ والطلاب بأهمية مواكبة التطور التكنولوجي في مجال التعلّم، مع الإدراك في الوقت ذاته لأهمية التكامل بين الوسائل التقليدية والرقمية في العملية التعليمية، خاصة عندما تتعلق المادة التعليمية بمهارات الأداء الآلي والغنائي، والقراءة الصوتية، وتمكّن الطالب من المقامات والإيقاعات والارتجالات، ودراسة القوالب الموسيقية الشعبية والتقليدية، حيث تبقى الممارسة المباشرة والتلقين التقليدي عاملاً أساسياً لا غنى عنه في إتقان هذه الجوانب الأدائية.

وفي هذا الإطار، يقسّم محمد المصمودي مشاريع الموارد التعليمية المفتوحة إلى محورين رئيسيين: أولهما المحور المعرفي النظري الذي يهدف إلى تنمية المعرفة الموسيقية بمختلف المجالات المتعلقة بها، حيث يتضمن دروساً في نظريات الموسيقى العربية وقراءاتها المعاصرة، وتاريخها قديماً وحديثاً، مع التركيز على أبرز أعلامها في التأليف والغناء والعزف، وأشهر قوالبها الغنائية والآلية التقليدية والمعاصرة، فضلاً عن دراسة آلاتها الموسيقية المتنوعة. ونظراً للطابع النظري لهذا المحور، فإنه لا يتطلب حضوراً فعلياً وجماعياً، بل يمكن الالتحاق به وفق مبدأ المرونة في الزمان والمكان . أمّا المحور الثاني فيتمثل في الجانب التطبيقي التكويني، الذي يستهدف الممارسين الراغبين في تطوير مهاراتهم الأدائية، من خلال تقديم عروض تكوينية تشمل العزف والغناء والارتجال المقامي، والقراءة المقامية والإيقاعية، إضافة إلى التحليل والتأليف والتوزيع الأوركسترالي. كما يتيح هذا المحور الاستفادة من التجارب العالمية في تطوير برمجيات متخصصة تراعي خصوصيات الموسيقى العربية اللحنية والإيقاعية. وبحكم توجهه العملي، يعتمد هذا المحور على نظام التعليم المدمج الذي يجمع بين التعلم الذاتي واللقاءات المباشرة مع المرشدين. (المرجع السابق، ص.9)

ويظل مجال التعلم الموسيقي مفتوحاً على آفاق معرفية متعددة، حيث يمكن للاختصاصات العلمية الأخرى أن تثرى محتوى هذه الموارد، كالموسيقولوجيا وعلم الآلات والصوتيات، والعلوم الإنسانية والاجتماعية ذات الصلة، كعلم اجتماع الموسيقى وأنثروبولوجيتها، وعلم النفس التربوي والعلاج بالموسيقى، مما يوسع دائرة المعرفة ويثري التجربة التعليمية (المرجع السابق).



محاور التعلّم الرقمي حسب المصمودي (المرجع السابق،ص.10)

4.1- تحديات التعليم الرقمي في العالم العربي:

يواجه التعليم الموسيقي الرقمي في العالم العربي جملة من التحديات المتشابكة التي تعوق انتشاره وتطوره. فمن الناحية البيداغوجية، يفقد هذا النمط التعليمي العنصر البشري المباشر والتفاعل الحي الذي يعد أساسياً في التصحيح الفوري للأخطاء والتوجيه الشخصي الذي يحتاجه المتعلم، ناهيك في الجوانب التعبيرية والدقيقة الخاصة بأساليب الأداء والارتجال والتعرّف على الخصائص المميّزة للمقامات والإيقاعات خاصة مع تنوّع وثراء الموروث الموسيقي العربي واختلافه من بلد إلى آخر وحتّى من مكان إلى مكان آخر داخل القطر الواحد. تقنياً، نجد شحاً في المحتوى الرقمي المخصص للموسيقى العربية، حيث تفتقر معظم المنصات إلى نماذج ذكاء اصطناعي قادرة على فهم والتعامل مع خصوصيات المقامات والإيقاعات العربية بدقة. فأغلب المنصات إما توثيقية أو عامة وفي بعض الأحيان نسخ مشوّهة من المنصات الغربية المختصّة في الحقل الموسيقي..

إلى جانب هذه التحديات، تبرز معوقات مجتمعية تتمثل في النظرة القاصرة للتعليم الموسيقي بوصفه ترفيهاً لا تعليماً جاداً، إضافة إلى الصور النمطية التي تحصر ممارسة الموسيقى في فئات عمرية واجتماعية معينة. أما على الصعيد الهيكلي، فإن ضعف البنية التحتية للتعليم الموسيقي الأساسي، وعدم مواكبة المناهج للتطورات التكنولوجية، وشح الموارد المالية المخصصة لهذا القطاع، تشكل جميعها عوائق إضافية تعيق التحول الرقمي المنشود.

للتغلب على هذه التحديات، يظل تبني نموذج تعليمي مختلط يجمع بين مميزات التعليم الرقمي في الجانب النظري والتدرب الذاتي، والتكوين الحضوري في الجانب التطبيقي، خياراً استراتيجياً. كما أن تطوير قواعد بيانات موسيقية عربية مفتوحة المصدر، والاستثمار في تأهيل الكوادر التعليمية، وتعديل النظرة المجتمعية عبر برامج التوعية الإعلامية، تمثل جميعها مداخل أساسية لبناء مستقبل أفضل للتعليم الموسيقي الرقمي في فضائنا العربي.

4.2- أهمية الذكاء الاصطناعي في التعليم الموسيقي :

يمثّل الذكاء الاصطناعي اليوم حجر الزاوية في بناء أنظمة التعليم الموسيقي الرقمي الحديثة، فهو لم يعد خياراً ثانوياً بل أصبح ضرورة ملحة لا مفر منها في ظل الثورة التكنولوجية التي تشهدها مختلف المجالات. ففي سياق التعليم الموسيقي بالعالم العربي، يقدم الذكاء الاصطناعي فرصاً استثنائية لإعادة صياغة المنظومة التعليمية برمتها، حيث يمكن للبرمجيات والتطبيقات الذكية أن تتحول إلى مساعدين أذكياء يقودون المتعلم في رحلة استكشافية فريدة تخرجه من حيز التلقي السلبي إلى فضاء الإبداع النشط.

فمن خلال دمج هذه التقنيات في الدروس التطبيقية، يمكن تحويل العملية التعليمية إلى تجربة تفاعلية غنية، تثير فضول المتعلم وتحفزه على اكتشاف جوانب متعددة من عالم الموسيقى، لا بوصفها فناً بحتاً فحسب، بل علماً متعدد التخصصات يمتزج فيه الإبداع الفني بالدقة الرياضية وابتكارات علوم الحاسوب. وهذا التداخل المعرفي يثري التجربة التعليمية ويقدم صورة معاصرة وشاملة تجعل من الموسيقى علماً عصرياً ممتعاً.

كما يمتلك الذكاء الاصطناعي القدرة على تحويل الدرس الموسيقي التقليدي من نموذج جامد إلى حصة تفاعلية حية، تقدم تمارين مخصصة تتناسب مع مستوى كل متعلم، وتوفر تصحيحاً فورياً للأداء، بل وتقترح مسارات تعلم شخصية تنمي نقاط القوة وتعزز نقاط الضعف. وهذا كله يسهم في كسر رتابة التعليم التقليدي وجعل العملية التعليمية أكثر ديناميكية واستجابة لاحتياجات المتعلم.

وفيما يلي بعض أهم التطبيقات والبرامج التي يمكن استخدامها في تعليم الموسيقى العربية، مع ذكر ميزاتها الأساسي (ابراهيم, 2025, ص.686-688):

- **تطبيقة "تقسيم"(Taqasim)** :متخصصة في تعليم فن التقاسيم الموسيقية في المقامات العربية باستخدام الذكاء الاصطناعي، حيث تقدم إرشادات حول كيفية تطوير التقاسيم وتتيح للمستخدمين تجربة الأداء على مقامات مختلفة.
- **برمجية "عود ماستر"(Oud Master)** : وهيو مخصصة لتعليم العزف على آلة العود باستخدام الذكاء الاصطناعي، تقدم تمارين تفاعلية وتحلل أداء الطالب لتحسين مهاراتهم في العزف.
- **تطبيقة "مقامات"(Maqamat)** : تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتعليم المقامات العربية وتقدم دروساً نظرية وعملية مصحوبة بأمثلة صوتية لتسهيل استيعاب الفروق الدقيقة بين المقامات.
- **تطبيقة "قانون برو"(Qanun Pro)** :تطبيقة تعليمية تستخدم الذكاء الاصطناعي لتعليم العزف على آلة القانون وتحتوي على مكتبة شاملة من الدروس التفاعلية لتحسين المهارات الأدائية.
- **برمجية "ريثم ترينر إيه آي" (Rhythm Trainer AI)** : وهي برمجية متخصصة في تدريب الإيقاع باستخدام الذكاء الاصطناعي وتقدم تدريبات مخصصة لتحسين الإحساس الإيقاعي ودقة التوقيت في الموسيقى العربية.
- **تطبيقة "ميوزك ترانسكرايب إيه آي " (MusicTranscribe AI)** : وهي تطبيقة تحول التسجيلات الصوتية للموسيقى العربية إلى نوتة موسيقية مكتوبة باستخدام الذكاء الاصطناعي، مما يساعد في تدريس التدوين الموسيقي وتحليل الألحان.
- **تطبيقة "فوكال إميدج"(Vocal Image)** : تطبيقة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين مهارات الغناء في الموسيقى العربية كما تقدم تمارين مخصصة لتقنيات الغناء الشرقي وتحسين الأداء الصوتي.

- **برمجية "إيه آي كومبوزر" (AI Composer for Arabic Music)** : وهي برمجية تعليمية تستخدم تقنيات التعلم العميق لتأليف موسيقى عربية جديدة مستوحاة من النماذج التقليدية، تساعد في تعلم تقنيات التأليف والتلحين.
- **منصة "إيه آي هارموني أسسستنت"(AI Harmony Assistant)** : وهي منصة تعليمية تركز على تعليم التناغم الموسيقي في الموسيقى العربية باستخدام الذكاء الاصطناعي، تتيح إنشاء تناغمات متوافقة مع القواعد التقليدية.
- **منصة "بَلْسَر ميوزك تيوتور"(Pulsar Music Tutor)** : منصة شاملة تقدم محتوى تعليمياً في تاريخ الموسيقى والنظرية الموسيقية وعلم النفس الموسيقي، مناسبة للمتعلمين من جميع المستويات.

5- الأبعاد الثقافية والأخلاقية لاستخدام التقنيات الرقمية في الموسيقى:

تُشكّل أزمة الهوية والتغريب الموسيقي في العصر الرقمي تحدياً وجودياً للأجيال العربية الجديدة التي ولدت في ظل التسارع التكنولوجي الهائل. فالألفية الجديدة تجد نفسها أمام فيض من المؤثرات الغربية المتدفقة عبر المنصات الرقمية، مما يهدد بفقدان الشخصية الموسيقية المميزة لكل قطر عربي. إن سرعة التحول الرقمي تخلق فجوة متسعة بين الأجيال، حيث تتراجع عملية التلقين التقليدية للموروث الموسيقي لتحل محلها أنماط مستوردة تفتقر للعمق الثقافي.

في هذا السياق، تبرز إشكالية مزج الألوان الموسيقية باستخدام التقنيات الرقمية دون إلمام حقيقي بالتقاليد الأدائية العربية الأصيلة، مما يحول التراث إلى مجرد مادة خام تستخدم في إنتاجات هجينة تفتقد للروح الأصيلة. فالعديد من التيارات الحداثية، في سعيها لإعادة قراءة التراث، تقع في فخ التأثيرات الغربية السائدة، فتفقد الموسيقى هويتها الحقيقية وتتحول إلى سلعة استهلاكية عالمية.

ويعيد الباحثون الموسيقيون اليوم طرح سؤال الهوية بإلحاح في ظل هذا الغزو الرقمي، حيث أصبحت الفضاءات الافتراضية بديلاً عن الساحات التقليدية لنقل التراث. إن الخطر الحقيقي لا يكمن في استخدام التكنولوجيا بحد ذاتها، بل في الانسياق الأعمى وراء النماذج الغربية دون وعي نقدي، مما يهدد بفقدان الإحساس الأصيل بالفن العربي الموسيقي الذي تشكل عبر قرون من الممارسة والإبداع.

إن الحل لا يكمن في رفض التكنولوجيا، بل في توظيفها بشكل واعٍ يحافظ على الأصالة مع مواكبة العصر، وذلك من خلال تطوير مناهج رقمية تحترم الخصوصيات المحلية، وتصميم خوارزميات ذكية تقدم الموسيقى العربية بأصالتها، وإعداد جيل جديد من الموسيقيين القادرين على الجمع بين إتقان التراث وإبداعات العصر الرقمي. من جانب آخر تطرح مسألة الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال التلحين الموسيقي أسئلة معقدة حول حقوق الملكية الفكرية، خاصة في العالم العربي حيث يتقاطع التحدي التقني مع الهواجس المتعلقة بإشكالية الهوية والحفاظ على التراث الفني ليس فقط من الاندثار، ولكن من التشويه بداعي التجديد والانفتاح.

5.1- استخدام الذكاء الاصطناعي وإشكالات حقوق الملكية:

ينقسم استخدام الذكاء الاصطناعي في التأليف الموسيقي إلى فرعين رئيسيين، لكل منهما إشكاليته الخاصة:

- **التوليد المباشر للألحان** :تقوم البرمجيات، اعتمادا خوارزميات متطورة ونماذج توليدية، بتحليل مجموعات كبيرة من البيانات الخاصة ثم إنشاء مقطوعات موسيقية جديدة بالكامل بناء على أوامر نصية(prompts) مستمدة من الشبكات العصبية المتكررة (Marsden, 2011, p.15). في هذا الإطار، يُطرَح عدد من الأسئلة الجوهرية : من يمتلك حقوقَ العمل الموسيقي المُنتَج؟ هل هو المستخدم الذي صاغ الأمر النصي واختار الناتج النهائي وقام بتعديله، أم المبرمج أو الشركة المطورة

للخوارزميات؟ وهل يمكن اعتبار هذا الإنتاج عملاً فنياً، أو رؤية فنية جديدة، إذا كان في الأساس نتيجة معادلات رياضية وخوارزميات محضة، وليس ثمرة إلهام أو عبقرية فنية إبداعية؟

- **استخدام الذكاء الاصطناعي لمحاكاة أو تطوير أعمال فنانين**: تمثل هذه الممارسة الإشكالية الأكثر تعقيدًا على المستويين الأخلاقي والقانوني. وذلك عندما يتم تدريب الخوارزميات على أعمال فنانين متميزين مثل محمد عبد الوهاب أو بليغ حمدي، أو حتى مؤلفين غربيين كبيتهوفين وباخ وموزارت، بهدف إنتاج أعمال جديدة. وفي هذا السياق، نذكر البرنامج الذي طورته شركة "إيفا (Aiva) " في لوكسمبورغ، وهو برنامج متخصص في التأليف الموسيقي يعتمد على تقنية التعلّم العميق (Deep Learning) التي تُجسّد شبكة عصبية تحاكي آلية عمل العقل البشري في معالجة البيانات باستخدام خوارزمية مطورة من قِبل الفريق البحثي، يقوم البرنامج بتحليل ما لا يقل عن 15,000 مقطوعة موسيقية رقمية لمؤلفين غربيين (بيتهوفن, فيفالدي, موزارت, شوبان, باخ) لاستخلاص نموذج رياضي للموسيقى. ثم يُوظف هذا النموذج لاحقًا في تأليف قطع موسيقية جديدة تجمع بين الأصالة والجودة العالية، وتتميز هذه البرمجية بقدرتها على التأليف الموسيقي عبر مختلف الأنماط والأنواع الموسيقية (Bouzguenda, 2020, p.179).
وهنا يبرز السؤال التالي: هل يمكن اعتبار ذلك استلهاماً مشروعاً، أم انتحالاً واضحاً للهوية الفنية للفنانين؟ وهل يمكن لمثل هذه الممارسات أن تهدد وجود الهوية الموسيقية وتقوض قيمة الأصالة فيها؟

نستعرض هنا مجموعة من برمجيات الذكاء الاصطناعي التي تستخدم في التأليف الموسيقية:

- **AIVA** : تركّز على الموسيقى الكلاسيكية و لها القدرة علة توليد نماذج موسيقية لأكثر من 250 نمط موسيقي.
- **Soundraw** : لها القدرة على إنشاء موسيقى سريعة وقابلة للتخصيص بدرجة عالية، مع إمكانية التعديل على الأجزاء المختلفة من المقطوعة.
- **Soundful** : تحتوي أكثر من 150 قالب لأصناف موسيقية و قادرة علىإنشاء موسيقى خالية من حقوق الملكية،
- **Mubert** : من خلال دمج العينات الموسيقية من قاعدة بيانات ضخمة، تدعم هذه البرمجية إنشاء الموسيقى من خلال النص أو الصورة.
- **Filmora AI Music Creator** : وهو مولّد موسيقى مدمج داخل برمجية تحرير الفيديو.
- **Music Muse** : إنشاء الموسيقى باستخدام أوامر نصية بلغة طبيعية.
- **Canva AI Music Generator**: هذه البرمجية مدمجة داخل منصة كانفا، تساعد في إنشاء موسيقى خالية من حقوق الملكية للعروض التقديمية ومقاطع الفيديو.
- **Lyrics Into Song AI** : تركّز هذه البرمجية على تحويل الكلمات إلى أغاني كاملة مع لحن وتوزيع.
- **Music AI**: باستخدام برمجيات الذكاء الاصطناعي" Suno/ Udio " تمكّن هذه البرمجية من إنشاء أغاني كاملة مع كلمات وألحان.

- **Magenta Studio** : و هي مجموعة من الأدوات الإبداعية التي تم تطويرها بواسطة فريق "ماجينتا "في شركة جوجل. تمّ تصميمها لفهم و صناعة الموسيقى مثل توفير نماذج توليد موسيقية, تحريرملفات (Musical Instrument Digital Interface) MIDI

- **Orb Composer** : يتيح البرنامج للمستخدم انتاج مقطوعة موسيقية باتباع خطوات بسيطة تمكنه من ذلك عن طريق ضبط السرعة والإيقاع واختيار الطبقة الصوتية والآلات الموسيقية ثم اختيار القالب الموسيقي الذي يريده المستخدم ويقوم البرنامج بإنتاج المقطوعة على الفور وهذه الطريقة خاصة بأي مستخدم غير متخصص ، أما المستخدم المتخصص فيقوم بالمشاركة في التأليف الموسيقي عن طريق تأليف اللحن الأساسي والتحكم في المصاحبة والتوزيع الموسيقي مما يتيح له الإبداع وتنمية مهاراته والتفاعل بين مهارة الفنان والبرامج الذكية (العزبي, 2023, ص.1209-1210) .

5.2-إشكاليات إضافية تواجه الموسيقى العربية حول استخدام الذكاء الاصطناعي :

لا يقتصر التحدي في السياق العربي على مسألة الحقوق القانونية فحسب، بل يمتد ليشمل قضايا هووية أعمق، حيث يواجه التراث الموسيقي العربي تحديات وجودية مع صعود الذكاء الاصطناعي. أولى هذه الإشكاليات تتمثل في استنزاف التراث وإضعاف الهوية، فالسّهولة البالغة في تقليد الأنماط الموسيقية العربية الأصيلة عبر الذكاء الاصطناعي قد تفضي إلى إنتاج كم هائل من الأعمال "الهجينة" التي تفتقر إلى الروح والعمق. وهذا بدوره يهدد بطمس التقاليد الموسيقية الأصيلة تدريجيًا ويُضعف ارتباط الأجيال الجديدة بتراثها. كما يبرز خطر الاستلاب الثقافي، حيث يهدد سيل الموسيقى المُولَّدة آليًا - والمتأثرة بالأنماط الغربية السائدة في بيانات التدريب - بتمييع الشخصية الموسيقية العربية، ما يجعل الأجيال الناشئة تستهلك محتوى موسيقيًا منفصلاً عن بيئتها الثقافية وهويتها. وتتفاقم هذه التحديات في ظل غياب الأطر القانونية والأنظمة الرقابية الفاعلة، حيث تعاني العديد من البلدان العربية من ضعف في أنظمة حماية الملكية الفكرية حتى للأعمال التقليدية، وهو ما يجعل الفنانين والمؤسسات الثقافية عاجزين عن مواجهة التحديات الجديدة التي يفرضها الذكاء الاصطناعي في غياب هيئات رقابية قوية قادرة على الفصل في هذه النزاعات المعقدة.

6- دور الباحث الموسيقي في كشف هذه المسائل:

يبرز دور الباحث الموسيقي في حقل الموسيقولوجيا الرقمية كحلقة وصل أساسية بين التراث الموسيقي الأصيل وتقنيات العصر الحديث، حيث يضطلع بمهمة نقدية وتحليلية شاملة لظاهرة الذكاء الاصطناعي الموسيقي. فيتولى توثيق وتحليل حالات الانتحال والاستخدام غير المشروع للهوية الموسيقية، مع التركيز على دراسة التأثيرات بعيدة المدى لهذه التقنيات على الذائقة الموسيقية العربية.

وفي إطار الموسيقولوجيا الرقمية، يتحول الباحث إلى راصد ومحلل للبرمجيات الموسيقية الذكية، حيث يدرس آليات عملها وتأثيراتها من خلال أدوات رقمية متقدمة تمكنه من تتبع الأنماط الخوارزمية وتحليل البيانات الموسيقية. وهذا يمكنه من كشف التناقض الجوهري بين العملية الإبداعية البشرية القائمة على الموهبة والعبقرية والإلهام، وبين المخرجات الآلية التي تنتج عن عمليات حسابية وخوارزميات رياضية.

كما يلعب الباحث دوراً توعوياً عبر نشر الوعي النقدي بين الجمهور والموسيقيين، موضحاً الفروق الجوهرية بين الإبداع الإنساني الأصيل والتقليد الآلي السطحي. ويتميز هذا الدور بكونه جسراً بين الأصالة والمعاصرة، حيث يقدم الباحث أطراً بحثية وأكاديمية تساهم في تطوير تشريعات تحمي الهوية الموسيقية العربية، مع الاستفادة من الدراسات المقارنة والتجارب الدولية.

ويأتي الاهتمام بمسألة التداخل بين التلحين البشري والآلي كأحد أبرز مجالات البحث، حيث يركز الباحث على تحليل ومراقبة الظواهر الناشئة عن هذا التداخل، مبرزاً قيمة العبقرية البشرية والأفكار الإنسانية الأصيلة في مواجهة النماذج الخوارزمية الجاهزة. وهذا ما يجعل من الباحث الموسيقي حارساً للهوية ومرشداً في عالم تتزايد فيه حدة التداخل بين الإبداع البشري الأصيل والإنتاج الآلي المحض

النتائج الرئيسية :

- **اتساع الفجوة الرقمية :**هناك تأخّر واضح في البحث الموسيقي العربي في مجال الموسيقولوجيا الرقمية مقارنة بالتطور العالمي، مع ندرة في الأدوات والدراسات المخصصة للموسيقى العربية.
- **تأخر رقمنة التراث :**التراث الموسيقي العربي الغني والثري و جزء منه مهدد بالاندثار نظرا إلى تلف عديد الحوامل المادية، وغياب الاستراتيجيات الشاملة والممنهجة للحفظ الرقمي.
- **عدم ملاءمة الأدوات :**معظم البرمجيات والأدوات الرقمية الحالية (مثل تلك الخاصة بتحليل الصوت واستخراج المعلومات) مصممة خصيصاً للموسيقى الغربية، مما يحد من فعاليتها في تحليل الخصائص الفريدة للموسيقى العربية (كالمقامات والإيقاعات وأساليب الأداء والارتجال).
- **تحديات تعليمية :**دمج التقنيات الرقمية في التعليم الموسيقي العربي لا يزال محدوداً، ويعاني من نقص في المحتوى التفاعلي المخصص، بالإضافة إلى صعوبة نقل الجوانب الأدائية والتعبيرية عبر الوسائط الرقمية فقط.
- **إشكاليات أخلاقية وقانونية :**يطرح استخدام الذكاء الاصطناعي في التأليف الموسيقي أسئلة حرجة حول حقوق الملكية الفنية، ومسألة الأصالة، وخطر استنزاف الهوية الموسيقية العربية وتشويهها.

التوصيات:

1. **تطوير البنية التحتية الرقمية:** إنشاء قاعدة بيانات موحدة وشاملة للتراث الموسيقي العربي وتطوير خوارزميات وبرمجيات مخصصة لتحليل خصائص الموسيقى العربية (مقامات، إيقاعات، زخارف لحنية).
2. **وضع استراتيجية عربية لرقمنة التراث:** تنسيق الجهود بين الدول العربية لتجنب الازدواجية مع تأمين تمويل مستدام ومخصص لمشاريع الرقمنة وتدريب كوادر متخصصة تجمع بين المعرفة الموسيقية والمهارات التقنية.
3. **إصلاح وتعزيز التعليم الموسيقي:** دمج التقنيات الرقمية في المناهج التعليمية بشكل متوازن مع الحفاظ على التلقين المباشر و تطوير منصات تعليمية عربية تفاعلية تركز على تعلم المقامات والإيقاعات العربية و كذلك الاستفادة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتخصصة كأدوات مساعدة.
4. **معالجة الإشكاليات الأخلاقية والقانونية :** وضع أطر تشريعية عربية تحكم استخدام الذكاء الاصطناعي في الإبداع الموسيقي وتحفظ حقوق الفنانين ونشر الوعي النقدي حول حدود الذكاء الاصطناعي وأهمية الحفاظ على الأصالة وتشجيع إنتاج محتوى رقمي يعكس الهوية العربية الأصيلة.
5. **تعزيز التعاون البحثي:** إنشاء مراكز أبحاث عربية متخصصة في الموسيقولوجيا الرقمية وتشجيع البحث العلمي البيني الذي يدمج بين علوم الموسيقى وعلوم الحاسوب.

الخاتمة :

يُجسّد البحث في الموسيقولوجيا الرقمية منعطفاً حاسماً في مسار الدراسات الموسيقية العربية، حيث يتحول من كونه ترفاً فكرياً إلى ضرورة حضارية ملحة، تجمع بين عمق التراث وابتكارات العصر الرقمي. فمن خلال هذه المقاربة الجديدة، لم يعد التراث الموسيقي العربي مجرد نصوص وأصوات متفرقة، بل أصبح نظاماً حياً يمكن تحليله رياضياً وإحياؤه رقمياً، حيث تتحول التسجيلات الهشّة والمخطوطات النادرة إلى كيانات رقمية خالدة، قابلة للحفظ والدراسة من قبل الأجيال القادمة. وتكمن الأهمية الاستثنائية للموسيقولوجيا الرقمية في تجلياتها المتعددة، فهي أداة إنقاذ للتراث المهدد بالاندثار، ومنهج تحليلي ثوري يمكّننا من كشف الخصائص المقامية والإيقاعية والزخارف اللحنية التي كانت عصية على الإدراك بالأساليب التقليدية، كما تتحول إلى فاعل تعليمي مبتكر يحوّل تعلم الموسيقى العربية من عملية نخبوية إلى تجربة تفاعلية شاملة. وفي الوقت نفسه، تضعنا هذه المنهجية الجديدة أمام مسؤوليات أخلاقية وجوهرية، حيث تصبح حواراً خلاقاً بين الأصالة والمعاصرة، وتذكيراً بأن التحدي الحقيقي لا يكمن في تبني التقنية كغاية، بل في توظيفها كوسيلة ذكية تحفظ للهوية الموسيقية العربية أصالتها و تمكنها من التفاعل الحي مع روح العصر.

إنّ رقمنة التراث الموسيقي العربي ليست مجرد مشروع تقني، بل هي مسؤولية جيلية واستثمار في الهوية، يتطلب رؤية استراتيجية عربية تجمع بين إرادة المؤسسات وجرأة الباحثين وحكمة الفنانين، لضمان أن يكون التحول الرقمي جسراً يعبر بتراثنا نحو آفاق أرحب من الحفظ والإبداع، دون أن يفقده روحه أو يسلبه أصالته، لأن خيارنا اليوم ليس بين التقدم والتقليد، بل بين أن نكون شهوداً على اندثار تراثنا أو شركاء فاعلين في إحيائه وتجديده.

المراجع العربية :

إبراهيم، يسري. (2025)." الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تعليم الموسيقى العربية". مجلة علوم وفنون: (54): 686-688.

العزبي، أسماء. (2023). "الاستفادة من برامج الذكاء الاصطناعي في مجال التأليف الموسيقي". مجلة فنون وعلوم الموسيقى :(52) 1209-1210.

القبي, حشّاد. (2004). " الصوتيات والموسيقى العربية على ضوء أدوات المعلوماتية". مجلة البحث الموسيقي: 3 (2): 15.

المصمودي، محمد. (2020). " توظيف التعلّم الالكتروني في مسار التعليم الموسيقي العربي: الضرورات والاستحقاقات".

https://www.academia.edu

بن عبد الرزاق، محمد سيف الله. (2004)." توظيف الإعلامية في خدمة الموسيقى". مجلة البحث الموسيقي (المجمع العربي للموسيقى) : 59-60.

بن عمر، هلال. (2017)." وظيفة الكمنجة في التخت التونسي: دراسة تحليلية للخصوصيات التقنية والتعبيرية، الاستخبار في طبع الحسين نموذجا", رسالة دكتوراه غير منشورة، المعهد العالي للموسيقى، جامعة تونس، تونس.

بن نصير, حلمي. (2020). "التحليل النغمي والإحصائيات الخوارزمية للطبوع التونسية "دراسة تحليلية موسيقية "للعرويبي" في طبع "رْصد الّذيل" من "فُونْدو" "فْراق ْغَزال" بصوت صليحة". المؤتمر الدولي الثامن حول تحليل الخطاب الموسيقي (توظيف الذكاء الاصطناعي في تأليف الموسيقات المقامية) : 66-76.

همّام، محمد 2017 تداخل المعارف ونهاية التخصّص في الفكر الإسلامي (دراسة في العلاقات بين العلوم)، دراسات فكرية، عدد 9, مركز نماء للبحوث والدراسات، لبنان.

المراجع الأجنبية:

Andretta. M. (2021). « Approches diagrammatiques en musicologie computationnelle ». Delatour France :13.

Assayag, G. (1999), « Du calcul secret au calcul visuel ». Interfaces homme-machine et création musicale. Hermes Science Publications : 49.

Beyhom, A. (2007). « Mesures d'intervalles, méthodologie et pratique ». Revue des Traditions Musicales des Mondes Arabe et Méditerranéen.184.

Bouzguenda, H. (2016). « La littérature pour le violon au XXe siècle : Etude dans ses dimensions compositionelles et philosophiques ». Thèse de doctorat non publiée. Institut supérieur de musique de Tunis. Université de Tunis. Tunisie.

Bouzguenda, H. (2020). « La modalité au prisme de l'intelligence artificielle : Focus sur un phénomène qui ne cesse d'impacter le monde sonore d'aujourd'hui ». Création musicale et intelligence artificielle en musiques du Maqām, Colloque international (8) : 178.

Chailley, J. (1984). Précis de musicologie. Presse Universitaire de France. Paris.

Couprie P. (2018). « Nouvelles approches audionumériques pour l'analyse musicale ». Musicologies nouvelles. 5 : 121.

Couprie P. (2019), " Pierre Couprie logiciels". https://logiciels.pierrecouprie.fr/?page_id=672.

Couprie, P. (2010). « Utilisations avancées du logiciel iAnalyse pour l'analyse musicale ». Journées d'Informatique Musicale :113-118.

Dwivedi, D., Ganguly, A., Haragopal, V. (2023). "Contrast between simple and complex classification algorithms". Statistical Modeling in Machine Learning. 93-110

Ida, A. , Cane, D. , H. Townsend, J., Triana, C., Mazzei, L., Curran, K. (2020). "Are we overestimating the permanence of cellulose triacetate cinematographic films? A mathematical model for the vinegar syndrome" . Polymer Degradation and Stability. Elsevier Science. 172.

Kaminskas M., Ricci F. (2012). " Contextual music information retrieval and recommendation: State of the art and challenges". Computer Science Review. 89-119.

Marc R. Thompson, « Sonic Visualiser: Visualisation, Analysis, and Annotation of Music Audio Recordings". Journal of the American Musicological Society . 74 (3): 707.

Marsden, A. (2011). " Music, Intelligence and Artificiality". Readings in Music and Artificial Intelligence : 15.

Miliani, H. (2004). « Le cheikh et le phonographe ». Les Cahiers du CRASC. 8 : 43.

Mitrovic, D., Zeppelzauer, M., Breiteneder, C. (2010). " Features for Content-Based Audio Retrieval". Advances in Computers, Elsevier. 78 : 71.

Müller, M.(2015). Fundamentals of Music Processing : Audio, Analysis , Algorithms, Applications. Springer Nature, Switzerland .

Reitz, J. M. (2013), "digitization", http:www.odlis.abc-clio.com/odlis_d.html.

Reséndiz, R. (2016), " Digital preservation of sound recordings". Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información. 30 : 174.

Riley, J. (2017). Understanding metadata: what is metadata, and what is it for?. National Information Standards Organization. Baltimore.

Schüller, D. (2008), "Preserving the facts for the future: Principles and practices for the transfer of analog audio documents into the digital domain". Journal of The Audio Engineering Society : 64.

Wypych, G (2023). "Handbook of Odors in Plastic Materials". Elsevier Science. 130.