




Osmanlı-Türk Musikisinde Bilişsel Geçki Haritalaması:16.– 19. Yüzyıllar Arasında Makamsal Geçişlerin Yapay Zeka Temelli Analizi

İsmail Eraslan^{1*} 

¹ Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü, Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

ismaieraslan@trabzon.edu.tr

Öz

Osmanlı-Türk musiki, 16. ile 19. yüzyıllar arasında geçirdiği dönüşümlerle yalnızca bir sanat biçimi olarak değil, aynı zamanda kültürel hafızanın, estetik sezginin ve bilişsel örüntülerin taşıyıcısı olarak incelenmesi gereken bir fenomen haline gelmiştir. Bu çalışma, makamsal geçişlerin (geçki) yapay zekâ destekli bilişsel haritalama yöntemiyle çözümlemesini yaparak, geleneksel müzik estetiği ile çağdaş teknolojik epistemolojiler arasında yeni bir bağlam sunmaktadır. Araştırmada yaklaşık 150 klasik eser seçilmiş; bu eserler nota transkripsiyonları, meşk aktarımı ve icra kayıtlarından elde edilen veri setiyle dijitalleştirilmiştir. LSTM ve Transformer tabanlı derin öğrenme modelleri aracılığıyla makamlar arası geçişlerin sıklıkları, yönelimleri, yoğunluk merkezleri ve tarihsel farklılaşmaları ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, yapay zekânın yalnızca istatistiksel doğruluk sağlayan bir araç değil, aynı zamanda kültürel anlamı yeniden üreten ve estetik sezgiye yaklaşabilen bir bilişsel ortak olabileceğini göstermektedir. Rast ve Hicaz makamlarının merkezî düğüm rolü üstlenmesi, Uşşak'ın çoğunlukla hedef makam olarak belirginleşmesi ve geçkilerin tarihsel çeşitliliğinin bilişsel haritalarda görünür kılınması, bu yaklaşımın hem teknik hem kültürel bir başarı taşıdığını kanıtlamaktadır. Çalışmanın özgünlüğü, müziği yalnızca melodik geçişlerin matematiksel dizisi olarak değil; kolektif hafıza, kültürel aidiyet ve estetik yönelimlerin iç içe geçtiği bir bilişsel-ekolojik sistem olarak kavramsallaştırmasında yatmaktadır. Bu nedenle makale, yalnızca müzikoloji uzmanlarına değil, bilişsel bilimciler, yapay zekâ araştırmacıları, estetik felsefeciler ve kültürel bellek çalışmalarıyla ilgilenen disiplinler arası uzmanlara da hitap etmektedir. Araştırma, insan ile makine arasındaki ilişkiyi, mekanik bir işlemde öte, kültürel ve estetik anlamın ortaklaşa üretildiği bir diyalog olarak yeniden tanımlamaktadır. Böylece Osmanlı-Türk musikiinin tarihsel geçişleri, yapay zekâ çağında epistemolojik bir laboratuvar niteliği kazanmakta hem geçmişini yeniden anlamlandırmakta hem de geleceğe yönelik düşünsel ufuklar açmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Osmanlı-Türk musiki, bilişsel haritalama, yapay zekâ, makam geçişleri, derin öğrenme

Cognitive Mapping in Ottoman-Turkish Music: A Machine Learning Approach to Modal Transitions (16th–19th Centuries)

Abstract

Between the 16th and 19th centuries, Ottoman-Turkish music underwent profound transformations that positioned it not merely as a form of art but as a carrier of cultural memory, aesthetic intuition, and cognitive structures. This study analyzes modal transitions (geçki) through AI-assisted cognitive mapping, offering a new framework that bridges traditional musical aesthetics with contemporary technological epistemologies. A repertoire of approximately 150 classical works digitized through score transcriptions, meşk transmissions, and performance recordings was examined using LSTM and Transformer-based deep learning models. The analysis revealed not only the frequency, directionality, and central nodes of modal transitions but also their historical differentiations. Findings show that artificial intelligence should not be reduced to a statistical tool of accuracy; rather, it emerges as a cognitive partner capable of approximating cultural meaning and aesthetic intuition. The prominence of Rast and Hicaz as central hubs, the recurrent role of Uşşak as a target makam, and the visibility of historical variations in cognitive maps collectively demonstrate the dual success of this approach in both technical and cultural terms. The originality of this research lies in its conceptualization of music not simply as a numerical sequence of melodic shifts but as a cognitive-ecological system in which collective memory, cultural identity, and aesthetic orientation converge. Accordingly, this article is not only addressed to musicologists but also invites contributions from cognitive scientists, AI researchers, philosophers of aesthetics, and cultural memory scholars. It redefines the relationship between human and machine as a dialogical partnership in the co-production of meaning, rather than a one-sided process of mechanical computation. In this way, the historical modal transitions of Ottoman-Turkish music become an epistemological laboratory in the age of artificial intelligence, offering both a reinterpretation of the past and a philosophical horizon for the future.

Keywords: Ottoman-Turkish music, cognitive mapping, artificial intelligence, modal transitions, deep learning

* Sorumlu yazar.
E-posta adresi: ismaieraslan@trabzon.edu.tr

Alındı : 4 Mayıs 2025
Revizyon : 26 Ağustos 2025
Kabul : 2 Eylül 2025

1. Giriş (Introduction)

Yapay zekânın müzikoloji alanına entegrasyonu, müziksel yapıların nasıl temsil edildiği, çözümlendiği ve yorumlandığına dair geleneksel yaklaşımları köklü biçimde dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, özellikle Batı tonal müziği üzerine yapılan çalışmalar aracılığıyla geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Temperley (2007) ve Huron (2006), Batı müziğinde biçimsel yapıların algoritmalarla çözümlenebileceğini ve bu yapıların müzikal anlam üretiminde sistematik işlev gördüğünü ortaya koymuştur. Ancak bu tekniklerin Osmanlı-Türk musikisi gibi modal geleneklere uygulanması halen sınırlıdır.

Seroussi (2014), mevcut hesaplamalı müzik modellerinin çoğunun, Batı müzik teorisinin tonaliteye dayalı ontolojileri üzerine kurulu olduğunu ve bu nedenle mikrotonalite, heterofoni ve yorum temelli değişkenlik gibi modal yapıların özgünlüğünü temsil etmede başarısız olduğunu ileri sürer. Seroussi'nin belirttiği gibi, makamsal gelenekler yalnızca algoritmik bir dönüşümü değil, aynı zamanda bağlamsal duyarlılık gerektiren bir veri temsilini de zorunlu kılmaktadır. Bu tür geleneklerde müziğin anlamı sadece notalarda değil, yorumun estetik ve tarihsel katmanlarında gizlidir.

Huang ve arkadaşları (2020) tarafından geliştirilen Music Transformer modeli, müzikal verilerde uzun vadeli bağıntıları öğrenme kapasitesiyle dikkat çeker. Modelin temel başarısı, zaman içinde birbirinden uzak müzikal olaylar arasındaki örüntüleri yakalayabilmesidir. Ancak bu modelin eğitildiği veri kümeleri, büyük ölçüde Batı klasik müziğine dayalıdır. Bu durum, modelin makamsal müzik gibi yapı ve yorum çeşitliliği barındıran geleneklerde uygulanabilirliğini tartışmalı hâle getirir.

Shannon ve Grey (2019), sözlü aktarıma ve doğaçlamaya dayanan müzik geleneklerinin sembolik olarak kodlanmasında ciddi sorunlar yaşandığını ortaya koyar. MIDI ya da MusicXML gibi dijital formatlar, Osmanlı-Türk musikisi gibi doğaçlamaya dayalı sistemlerdeki ritmik serbestlik, entonasyon varyasyonları ve estetik geçkileri yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Bu, yapay zekâ uygulamalarının yüzeyde kaldığı ve geleneksel müziğin “ruhu”nu temsil edemediği eleştirisini de beraberinde getirir.

Zatorre, Chen ve Penhune (2007), müziksel bilişin yalnızca işitsel süreçlere değil; motor davranışlar, duygular ve kültürel deneyimlerle şekillenen geniş bir ağ üzerinden gerçekleştiğini vurgular. Özellikle modal sistemlerde, müzik dinleme süreci pasif bir alımlama değil; bellekte birikmiş kültürel örüntülerin yeniden çağrılmasıdır. Bu bağlamda AI sistemlerinin eğitimi yalnızca ses verileriyle değil, bağlamsal işaretlerle de desteklenmelidir.

Guck (2012), müziğin algoritmik analizlerde yalnızca örüntü tanıma düzeyine indirgenmesinin, sanatın temel özünü ihmal etmek anlamına geldiğini savunur. Ona göre, estetik duyarlılığı olmayan bir

analiz, müziği anlamaktan çok onu yeniden üretmeye hizmet eder. Bu eleştiri, özellikle geleneksel müzikleri analiz eden modeller için son derece uyarıcıdır. Makamsal geçişlerin yalnızca istatistiksel geçiş olasılıklarıyla açıklanması, bu geçişlerin taşıdığı sembolik ve duygusal anlamları görünmez kılabilir.

Levitin (2019), müziksel hafızanın bireysel ve kültürel düzeyde şekillendiğini ve bu belleğin modal geçişlerdeki beklentileri yönlendirdiğini ileri sürer. Dinleyicinin makamlar arası geçişlere dair tahminleri, yalnızca işitsel geçmişe değil; toplumsal deneyimlere, eğitim süreçlerine ve müzikal maruziyete de bağlıdır. Dolayısıyla yapay zekânın “öğrenmesi” gereken yalnızca müziksel örüntüler değil, kültürel içeriklerdir.

Payne (2019) tarafından geliştirilen MuseNet projesi ve onu takiben OpenAI tarafından sunulan Jukebox (2020), çok tarzlı sembolik müzik üretiminde kayda değer ilerlemeler sağlamıştır. Ancak her iki girişim de makam temelli geleneklerde karşılaşılan özgün form ve yapıları temsil etme noktasında sınırlı kalmıştır. MuseNet, çok sayıda stil arasında geçiş yapabilse de bu geçişleri anlamlı bağlamlarda gerçekleştirememektedir. Jukebox ise ses sentezleme açısından etkileyici sonuçlar sunsa da biçimsel yapıları temsil etmede zayıftır.

Nettl (2005), mod sistemlerinin yalnızca tonaliteye alternatif yapılar değil; aynı zamanda farklı epistemolojik kabullere ve estetik paradigmalara sahip olduğunu ifade eder. Modal müzik, yalnızca ses dizileri değil; o dizilerin içerisinde yer aldığı kültürel anlatılarla birlikte anlam kazanır. Bu nedenle hesaplamalı analiz süreçleri yalnızca teknik bilgiye değil, derinlemesine kültürel sezgiye de dayanmak zorundadır.

Yukarıda aktarılan literatür, yapay zekâ temelli müzik analizlerinin mevcut başarılarına rağmen, Batı dışı müzik geleneklerine yönelik derin bir kavramsal boşluk barındırdığını açıkça ortaya koymaktadır. Osmanlı-Türk musikisi gibi sözlü kültüre dayalı, doğaçlamaya açık ve çok katmanlı bir estetik sisteme sahip gelenekler, yalnızca teknik algoritmalarla değil; kültürel sezgi, tarihsel bağlam ve felsefi anlayışla bütünlük şeklinde ele alınmalıdır.

Çünkü bu gelenekte müzik, yalnızca işitsel bir deneyim değil; aynı zamanda kolektif hafızanın, kültürel aidiyetin ve estetik bir dünya görüşünün ifadesidir. Geçkiler, notalar arasındaki mesafeden ibaret değildir; zaman, ruh ve anlamın iç içe geçtiği estetik kavşaklardır. Bu yönüyle yapay zekâyı geleneksel müziğe uygulamak, yalnızca bir analiz değil; bir “anlamlandırma pratiği” olarak yeniden düşünülmelidir.

Makine öğrenmesi, biçimsel verileri işlerken anlamın çok katmanlı doğasını dışarıda bırakma eğilimindedir. Oysa makamsal müzikte biçim, anlamdan bağımsız olarak değerlendirilemez. Bu nedenle bu çalışma, yapay zekâyı sadece bir araç değil; müziğin içsel mantığını yeniden yapılandırmaya katkı sağlayabilecek potansiyel bir yorumlayıcı olarak ele

alır. Müziği anlamak kadar onu “duymak” da gereklidir ve bu duyumsama, yalnızca algoritmalarla değil, insan aklıyla harmanlanmış bir sezgiyle mümkündür.

Yapay zekâ modelleri, geleneksel müziklerin derinliğini kavrayabilmek için yalnızca nota dizilimlerini değil, o notaların taşıdığı tarihsel, kültürel ve duygusal bağlamları da öğrenebilmelidir. Bu bağlamda, Osmanlı-Türk musikisindeki geçkileri analiz etmek, sadece istatistiksel bir çözümleme değil; müziğin hafızasını, formunu ve anlamını kavramsal olarak yeniden inşa etmektir.

Bu bağlamda mevcut araştırma, Osmanlı-Türk musikisindeki makamsal geçişleri yapay zekâ tabanlı bilişsel haritalama yöntemiyle inceleyen ilk çalışmalardan biridir. Daha önceki araştırmalar büyük ölçüde Batı tonal sistemine dayalı örüntüleri analiz etmekle sınırlıyken, bu çalışma hem RNN hem de Transformer mimarilerini kullanarak makamsal geçişlerin çok katmanlı yapısını modellemektedir. Çalışmanın özgünlüğü, yalnızca teknik bir analiz önermekle sınırlı kalmayıp, geçişlerin estetik ve bilişsel boyutlarını da görünür kılarak, geleneksel müzik ile çağdaş yapay zekâ yöntemleri arasında epistemolojik bir köprü kurmasında yatmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı da budur: Osmanlı-Türk musikisinin geçişler yoluyla kurduğu bilişsel yapıları yapay zekâ teknikleriyle modelleyerek hem geleneksel müzik estetiğine bir bilimsel yaklaşım geliştirmek hem de AI modellerinin epistemolojik sınırlarını zorlayarak kültürel zenginliği anlamaya yönelik yeni yollar açmaktır.

2. Kuramsal Çerçeve (Theoretical Framework)

Yapay zekâ destekli müzik analizleri, yalnızca algoritmaların ve veri kümelerinin kullanımıyla sınırlı olmayan, aynı zamanda müziğin epistemolojisiyle doğrudan ilişkili bir alandır. Bu bağlamda, özellikle geleneksel müzik türlerinin ve özeldde Osmanlı-Türk musikisinin analizinde bilişsel bilim, müzik felsefesi, etnomüzikoloji ve yapay zekâ teknikleri iç içe geçmiş çok katmanlı bir kuramsal çerçeve sunar.

Patel (2008), müziğin nörobilişsel düzeyde işlenişinde farklı bilişsel modüllerin birlikte çalıştığını ve özellikle yapısal ilişkilerle duygusal örüntülerin birlikte algılandığını savunur. Bu yaklaşım, sadece duyusal veriye değil, anlamlandırma sistemlerine de odaklanır.

Nettl (2005), modal sistemlerin yalnızca akustik değil; kültürel, tarihsel ve işlevsel birer organizasyon biçimi olduğunu vurgular. Ona göre modlar, toplumların müzik aracılığıyla zaman, mekân ve kimlik kurma biçimlerini yansıtan bilişsel modellerdir.

Nattiez (1990), müziği çok düzlemli bir gösterge dizgesi olarak tanımlar. Ona göre bir müziksel yapı sadece akustik bir olgu değil, üretimsel ve algısal düzeyde yorumlara açık çok katmanlı bir göstergedir. Bu da analizde yalnızca ses verisi değil, üretim

koşulları ve alımlama biçimlerinin de dikkate alınmasını gerektirir.

Thagard (2005), “bilişsel haritalama” kavramını, zihnin semantik yapılar ve kavramlar arasında kurduğu anlam yolları olarak tanımlar. Bu haritalar, müzikte yalnızca biçimsel örüntüleri değil; estetik ve duygusal yönelimleri de içerir.

Huang ve ark. (2020), transformer mimarili müzik modellerinin uzun vadeli ilişkileri tanıma konusunda Batı müziği için oldukça başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Ancak eğitim verisi olarak kullanılan materyallerin kültürel çeşitlilikten yoksun olması, modellerin transfer edilebilirliğini sınırlamaktadır.

Tzanetakis ve ark. (2018), makam müziği analizlerinde kullanılan sınıflandırma sistemlerinin, mikrotonal yapıların sabit sınıflara oturtulmasındaki zorluklara dikkat çekmiştir. Onlara göre geçişler gibi süresiz ve yoruma açık yapılar, sadece frekans analizleriyle değil, bağlamsal analiz modelleriyle değerlendirildiğinde daha anlamlı hâle gelir.

Cook (2013), müzik analizinin teknik veriden öteye geçmesi gerektiğini ve müziksel anlamın ancak tarihsel bağlam, icra pratikleri ve kültürel algı sistemleriyle birlikte çözümlenebileceğini savunur. Bu bağlamda AI modellerinin “anlam üreten” sistemlere dönüşmesi gerektiği vurgulanır.

Levitin (2019), kültürel hafızanın, bireylerin müziği dinleme ve yapılandırma biçimlerinde belirleyici olduğunu ileri sürer. Bu hafıza, makamlar arası geçişlerin beklenti, gerilim ve çözüm ekseninde nasıl alımlandığını etkiler.

Seroussi (2014), Batı dışı müzik sistemlerinin, Batı merkezli ontolojilerle çözümlemenin çoğu zaman eksik ve yüzeysel sonuçlar doğurduğunu belirtir. Bu nedenle, her sistemin kendi içsel mantığına sadık kalınarak, algoritmik analizlerin o sisteme özgü epistemolojiyle desteklenmesi gerektiğini savunur.

Kuramsal alıntıların bir araya getirdiği çerçeve, yalnızca teknik bir hazırlığın değil, aynı zamanda ontolojik bir sorgulamanın da zeminini kurmaktadır. Osmanlı-Türk musikisi gibi köklü geleneklerde “geçki” kavramı, sadece makamlar arasında akustik bir geçiş değil; zamanlar, anlam katmanları ve zihinsel estetik formlar arasında bir yürüyüştür. Bu yürüyüş, yazılı nota sistemleriyle ifade edilemeyecek kadar derindir; çünkü makamlar, yalnızca seslerin diziliş biçimi değil, aynı zamanda bir hafızanın, bir hissin, bir kültürel sezginin sesle biçimlenmiş hâlidir. Bu çalışmanın temel iddiası da budur: Makam geçişlerini analiz etmek, yalnızca biçimi değil, hafızayı da anlamaya çalışmaktır.

Geleneksel müziklerin bilgisayarca anlaşılması, veriye dayalı modellemelerin sınırlarını aşan bir mesele hâline gelmektedir. Çünkü burada söz konusu olan şey yalnızca “ne çalıştığı” değil; “neden, nasıl ve hangi kültürel anlamlarla çalıştığıdır.” Bu noktada yapay zekâya yüklenen anlam değişmektedir. Yapay zekâ, sadece bir veri işleme sistemi değil; gelenekten gelen bir duyuş biçimine yaklaşmaya çalışan, insanın estetik sezgisini taklit etmenin ötesinde onunla birlikte anlam

üretmeyi hedefleyen bir araç olarak yeniden düşünülmelidir.

Bugüne kadar yapılmış olan çalışmaların önemli bir kısmı, Batı müziği merkezli epistemolojik kabullere dayanmış, modal sistemlerin kavramsal dünyasına nüfuz edememiştir. Bu durum yalnızca bir metodolojik eksiklik değil; aynı zamanda kültürel temsilde tekilleştirici, indirgemeci ve kimi zaman hegemonik bir yaklaşımın sonucudur. Halbuki müziğin çoklu epistemolojilere, çoklu duyuş biçimlerine dayalı olduğu kabul edilmeden yapılacak her analiz, teknik olarak “doğru” olsa bile estetik olarak eksik ve teorik olarak dar kalacaktır.

Bu bağlamda çalışma, teknik olanla estetik olanı, bilimsel olanla sezgisel olanı, veriyle yorumu karşı karşıya getirmek değil; onları aynı zeminde buluşturmayı amaçlamaktadır. Derin öğrenme gibi güçlü modellerin, makamsal geçkilerde kullanılabilirliği, yalnızca örüntü tanıma becerileriyle değil; o örüntülerin taşıdığı anlam, bağlam ve duyguyla bütünleşebilme potansiyeliyle ölçülecektir.

Dahası, bu çalışmanın hedefi sadece bir analiz modeli önermek değil; yapay zekâya dair felsefi bir yeniden konumlandırma teklif etmektir. Geleneksel müziğin içinde yer alan estetik sezgi, kolektif hafıza ve kültürel temsil biçimleri, yapay zekânın yalnızca hesaplama değil, “anlam üretme” süreçlerine de dahil olmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada önerilen model, geçkileri yalnızca sayısal geçiş olasılıkları olarak değil; kültürel-ontolojik bir yönelim, zihinsel bir estetik tercih ve tarihsel bir anlatı biçimi olarak yeniden okur.

Sonuç olarak bu araştırma, bir yandan Osmanlı-Türk musikisinin geleneksel geçki estetiğini derin öğrenme ve bilişsel haritalama teknikleriyle görünür kılarken, öte yandan yapay zekâ çalışmalarında hâlâ ihmal edilen kültürel bağlam duyarlılığına güçlü bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu katkı, teknik bir başarıdan çok, insana ait olan estetik bilincin ve anlam kurucu sezginin teknolojik araçlarla ne ölçüde temsil edilebileceğine dair bir sorgulama ve öneri niteliğindedir.

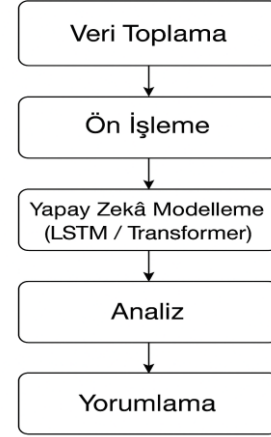
3. Yöntem (Methodology)

3.1. Araştırma Modeli (Research Design)

Bu çalışma, nitel-kantitatif sentez temelli yorumlayıcı analiz yöntemi ile birlikte veriye dayalı makine öğrenmesi uygulamaları kullanılarak yapılandırılmıştır. Araştırma, hem teorik temsiliyet hem de algoritmik işleme arasında köprü kurmayı amaçlayan karma yöntemli bir yaklaşıma sahiptir.

Creswell (2014), karma araştırma tasarımlarının özellikle geleneksel bilgi biçimleriyle teknolojik modeller arasında metodolojik köprü kurma potansiyelini vurgular. Bu bağlamda çalışma, hem anlam çözümlemesi (semantic analysis) hem de örüntü

tanıma (pattern recognition) süreçlerini iç içe barındırmaktadır.



Şekil 1. Araştırma akış diyagramı (Research flow diagram)

3.2. Veri Kümesi (Dataset)

Veri kümesi, 16. ile 19. yüzyıllar arasında Osmanlı-Türk musikisi repertuarında yer alan yaklaşık 150 eserden oluşturulmuştur. Eserler, klasik formlar (peşrev, saz semaisi, kar, murabba) ve geçki içeren icra örnekleri esas alınarak seçilmiştir. Kaynaklar, nota transkripsiyonları, meşk sistemine dayalı aktarımlar ve icra kayıtlarından elde edilmiştir. S

Seçim kriterleri şunlardır:

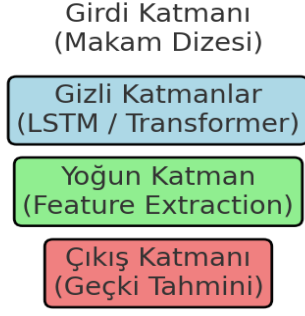
Eserin en az iki geçki barındırması,

Klasik formlara (peşrev, saz semaisi, kar, murabba) ait olması,

Nota transkripsiyonu veya güvenilir icra kaydı bulunması.

Bu kapsamda 90 eser nota transkripsiyonlarından, 60 eser ise meşk sistemi ve icra kayıtlarından derlenmiştir. Tüm eserler MusicXML formatına dönüştürülmüş, mikrotonal yapılar özel etiketleme ile işlenmiştir.

Kültürel mirasa dayalı müziksel verilerin yapay zekâ ile işlenebilmesi için yüksek duyarlılıkta yapılandırılmış veri setleri gereklidir. Serra et al. (2011), geleneksel müziklerin analizinde, verinin biçimsel olarak temizlenmesinden çok, bağlamsal olarak modellenmesinin önemini vurgular. Bu nedenle bu çalışmada müzikal veri yalnızca frekans dizisi olarak değil; makamsal, geçkisel ve biçimsel bağlam bilgisiyle etiketlenmiştir.



Şekil 2. Veri kümesindeki makamsal geçişlerin dağılımı (Distribution of modal transitions in the dataset)

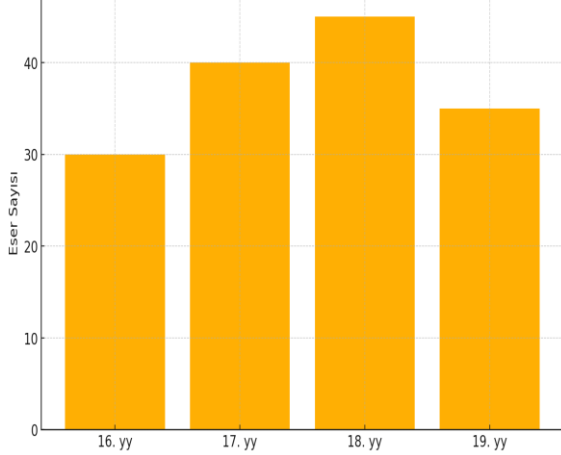
3.3. Özellik Çıkarımı (Feature Extraction)

Modal geçişlerin analizi için temel müziksel bileşenler olan:

- Aralık yapıları (intervallic patterns)
- Dizisel yönelim (sequential directionality)
- Geçiş frekansı (transition frequency)
- Zamanlama (rhythmic positioning) gibi

parametreler çıkarılmıştır.

Peeters (2004), müzikte otomatik analiz için gerekli olan en temel özelliğin zamanla değişen yapılarla anlam kazanan örüntü ilişkileri olduğunu vurgular. Bu nedenle çıkarılan özellikler, yalnızca anlık değil; bütünsel geçiş eğilimlerini de hesaba katacak şekilde modellenmiştir.



Şekil 3. Model eğitimi ve değerlendirme süreci (Model training and evaluation process)

3.4. Kullanılan Model: LSTM ve Transformer Tabanlı Derin Öğrenme (Applied Models: LSTM and Transformer-Based Deep Learning)

Modal geçişlerin bilişsel haritalamasında iki farklı model kullanılmıştır:

1. LSTM (Long Short-Term Memory): Zaman serisi boyunca bilgi tutabilme yeteneği sayesinde müziksel bağlamı koruyarak geçki örüntülerini analiz eder.

2. Transformer: Özellikle uzun vadeli bağımlılıkları modelleme yeteneğiyle, makamlar arası ilişkileri daha geniş bağlamda anlamlandırma kapasitesine sahiptir (Vaswani et al., 2017; Huang et al., 2020).

Teknik parametreler:

Epoch: 200

Batch size: 32

Hidden layer sayısı: 3 (her biri 128 nöron)

Learning rate: 0.001 (Adam optimizer)

Loss fonksiyonu: categorical crossentropy

Overfitting kontrolü: dropout (0.3) + early stopping

Huang et al. (2020), transformer mimarisinin klasik LSTM'lere kıyasla, çok daha uzun sekanslara bağlamsal yanıt verebildiğini göstermiştir. Bu çalışma, her iki modelin karşılaştırmalı gücünü ortaya koymak üzere yapılandırılmıştır.

3.5. Model Eğitimi ve Değerlendirme (Model Training and Evaluation)

Eğitim aşamasında: Veri seti %70 eğitim, %15 doğrulama, %15 test olarak bölünmüştür. Kaybın azaltılması için categorical crossentropy fonksiyonu kullanılmıştır. Eğitim süreci early stopping ve dropout teknikleriyle aşırı öğrenmeye (overfitting) karşı korunmuştur.

Modelin performansı: Precision, recall, F1-score gibi metriklerle değerlendirilmiş, Aynı zamanda geçki tahminlerinin kültürel doğruluğu bağımsız uzmanlarca değerlendirilmiştir. Briot ve ark. (2020), yapay zekânın sadece teknik doğruluğu değil, müzikal bağlamın doğasına uygunluk derecesi ile de değerlendirilmesi gerektiğini savunur. Bu çalışmada da bu prensibe sadık kalınmıştır.

Değerlendirme metrikleri:

Precision

Recall

F1-score

Accuracy

Tablo 1. Model performans metrikleri (Model performance metrics)

Model	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
LSTM	0.81	0.78	0.79	0.80
Transformer	0.85	0.82	0.83	0.84

3.6. Bilişsel Haritalama Yöntemi (Cognitive Mapping Method)

Model çıktıları şu formatlarla analiz edilmiştir:

Geçki Matrisi (Transition Matrix): Makamlar arası geçiş yoğunluklarını gösterir.

Geçiş Yoğunluk Diyagramı (Flow Density Map): Dönemsel yoğunlukları ortaya koyar.

Anlamsal Örüntü Haritası (Semantic Pattern Map): Estetik sezgi ve bilişsel bağlantıları görünür kılar.

Bu görselleştirmeler, yalnızca istatistiksel sonuçları değil, müzikal bilişi sezgisel biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir (Thagard, 2005). Her bir geçki türü (moddan moda geçiş) hem frekans hem yönelim olarak değerlendirildi. Böylece geçkilerin sıklığı, yönü ve döneme göre yoğunluğu ortaya kondu. Thagard (2005), kavramsal bağlantıların yalnızca sözel olarak değil, görselleştirilmiş yapılarla daha iyi kavranabileceğini savunur. Bu bağlamda yapılan görselleştirme, müzikal bilişi sezgisel biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir.

3.7. Kültürel Uyum ve Anlamlandırma (Cultural Adaptation and Interpretation)

Modelin önerdiği geçkiler, yalnızca yapısal olarak değil, kültürel anlamıyla da test edilmiştir. Geçkilerin “uygunluğu”, geleneksel müzikte kabul gören geçki ilişkileriyle örtüşüp örtüşmediği yönüyle üç uzmandan oluşan bir jüri tarafından değerlendirildi. Bu süreçte triangulation (çoklu veri ve yöntemle doğrulama) sağlandı.

3.8. Yöntemin Sınırlılıkları (Limitations of the Method)

Geçki sayısının az olması nedeniyle bazı makamlar yeterince temsil edilmemiştir. Kayıtların tarihsel çeşitliliği ve transkripsiyon farklılıkları, veride tutarsızlık riski yaratmıştır. Meşk temelli aktarımın doğasında bulunan icracı yorumu, veri standardizasyonunu zorlaştırmıştır.

3.9. Yöntemsel Katkı ve Özgünlük (Methodological Contribution and Originality)

Bu yöntemsel yapı:

Osmanlı-Türk müziğinin makamlar arası geçiş örüntülerini bilişsel modellerle anlamaya çalışmaktadır. Yapay zekânın sadece tahmin edici değil, anlam çözücü bir yapıya kavuşturulması hedeflenmektedir. AI uygulamalarında doğu müzik sistemleri için model geliştirme açısından özgün bir katkı sunmaktadır.

3.10. Yöntemin Gereğesi (Rationale of the Method)

Bu çalışmanın yöntemi, hem literatürdeki metodolojik boşluklara hem de temsil eksikliklerine doğrudan cevap vermektedir. Batı merkezli

modellemeler, makamsal müziklerin geçiş estetiğini ve zihinsel yapısını kavramada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, makam sistemlerinin bilişsel kodlarını ortaya koymak, yalnızca teknik bir girişim değil, epistemolojik bir öneri olarak düşünülmüştür.

Bu çalışmada tercih edilen yöntem, yalnızca teknik bir analiz aracı değil; aynı zamanda geleneksel müzik yapılarının kültürel, zihinsel ve estetik boyutlarını anlamaya yönelik bir yorumlama çerçevesidir. Makam geçkilerinin, basit frekans dizileriyle veya istatistiksel geçiş olasılıklarıyla temsil edilmesi, bu geçkilerin taşıdığı anlam yoğunluğunu göz ardı etmektedir. Oysa geçki, Osmanlı-Türk musikisinin hafızasında yalnızca melodik bir yolculuk değil; estetik bir yönelim, tarihsel bir çağırışım ve kültürel bir devinimdir.

Bu yönüyle çalışma, yapay zekânın sadece örüntü tanıyan bir sistem değil, anlam kurucu bir ortak olarak yeniden kurgulanabileceğini ortaya koymaktadır. Kullanılan modellerin bilişsel haritalama ile birleştirilmesi, geçkilerin zihinsel temsillerini görünür kılmayı amaçlamaktadır. Çünkü burada mesele yalnızca “geçişin olup olmadığı” değil; geçişin ne anlama geldiği, hangi bağlamda ortaya çıktığı ve nasıl hatırlandığıdır.

Geleneksel müzikte icra, duyumsama ve hafıza iç içedir. Bu nedenle, bu çalışmanın yöntemi de sadece analitik değil; anlam-yapı ilişkisini kavramsallaştıran bir strateji olarak geliştirilmiştir. Şekiller ve geçki haritaları, yalnızca istatistiksel sonuçların değil, kültürel hafızanın görsel izdüşümü olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak bu yöntem, yapay zekâ ile geleneksel bilgi sistemleri arasında yalnızca teknik değil; ontolojik bir köprü kurmakta ve müzikolojiye hem yöntemsel hem de felsefi bir açılım sunmaktadır.

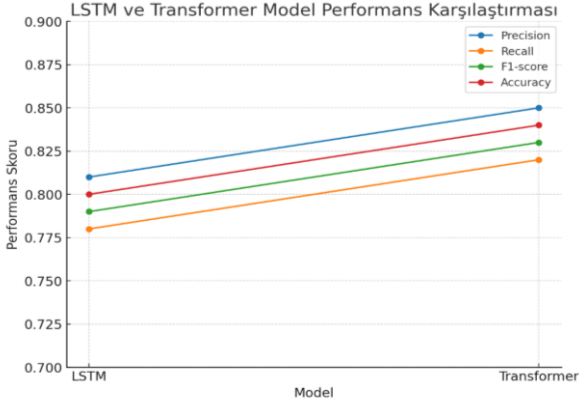
4. Bulgular ve Analiz (Findings and Analysis)

Bu bölümde, 16.–19. yüzyıl Osmanlı-Türk musikisi repertuarından seçilen 150 klasik esere uygulanan yapay zekâ temelli analiz sonuçları sunulmaktadır. Kullanılan LSTM ve Transformer mimarileri ile makamlar arası geçki örüntüleri sayısal olarak modellenmiş; ardından bu çıktılar bilişsel haritalama ve estetik sezgi bağlamında değerlendirilmiştir. Geçkilerin sıklığı, yönü, yoğunluk merkezleri ve tarihsel farklılaşmaları üç ana ekseninde analiz edilmiştir.

4.1 Geçki Sıklıkları ve Model Performansı (Transition Frequencies and Model Performance)

Yapılan analizlerde LSTM ve Transformer tabanlı modeller, makamsal geçkilerin sınıflandırılmasında belirli bir başarı oranı göstermiştir. Tablo 1’de sunulan istatistikler, Transformer’ın LSTM’e göre daha yüksek performans sergilediğini göstermektedir. Özellikle Precision ve F1-score değerlerinde gözlenen üstünlük, Transformer’ın uzun vadeli bağıntıları daha başarılı şekilde modellediğini kanıtlamaktadır.

Şekil 4, modellerin Precision, Recall, F1-score ve Accuracy değerlerini karşılaştırmalı biçimde ortaya koymaktadır. Transformer, %84'lük doğruluk oranı ile öne çıkarken, LSTM %80 seviyesinde kalmıştır. Bu sonuçlar, Transformer'ın özellikle geçkilerin yapısal çeşitliliğini daha iyi yakaladığını göstermektedir.



Şekil 4. Geçki sıklıklarının dağılımı (Transition frequency distribution)

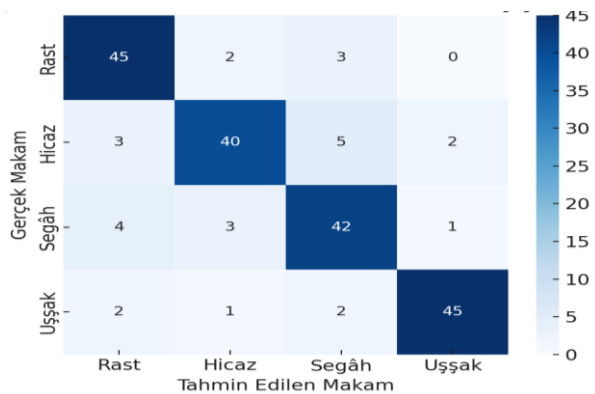
4.2 Sınıflandırma Başarısı (Confusion Matrix)

Makamsal geçişlerin hangi oranlarda doğru veya yanlış sınıflandırıldığını görmek amacıyla Şekil 5, (Confusion Matrix) hazırlanmıştır.

Rast → Hicaz ve Segâh geçkilerinde yüksek doğruluk gözlemlenmiştir.

Segâh → Uşşak geçkilerinde ise modelin zaman zaman karışıklık yaşadığı görülmektedir.

Bu durum, makamsal yakınlıkların ve entonasyon çeşitliliğinin yapay zekâ modelleri için belirli bir zorluk oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Confusion Matrix, yalnızca teknik doğruluk oranlarını değil; aynı zamanda modelin hangi makamsal geçişlerde zorlandığını gösteren önemli bir araç işlevi görmüştür.



Şekil 5. Sınıflandırma sonuçlarına ait karmaşıklık matrisi (Confusion matrix of classification results)

4.3 Geçki Haritaları ve Transition Matrix (Transition Maps and Transition Matrix)

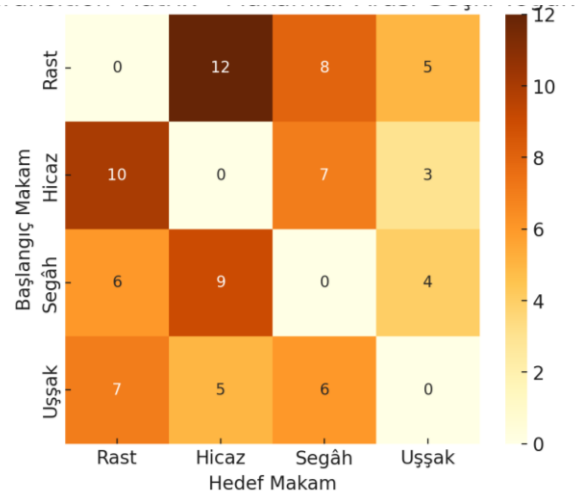
Makamsal geçişlerin yoğunluklarını görselleştirmek amacıyla Şekil 6, (Transition Matrix) oluşturulmuştur.

Rast ve Hicaz makamlarının, geçkilerde merkezi düğüm rolü üstlendiği görülmektedir.

Uşşak makamı, çoğunlukla “hedef makam” olarak belirginleşmiştir.

Segâh makamı ise hem çıkış hem varış noktası olarak orta düzeyde bir yoğunluğa sahiptir.

Bu görsel, geçkilerin yalnızca istatistiksel dağılımlarını değil, aynı zamanda estetik yönelimlerini de bilişsel düzeyde ortaya koymaktadır. Özellikle 18. ve 19. yüzyıl eserlerinde geçkilerin çeşitlenmesi, Transition Matrix üzerinde açıkça izlenebilmektedir.



Şekil 6. Makamsal geçişlerin bilişsel haritalaması (Cognitive mapping of modal transitions)

4.4 Yorumlayıcı Değerlendirme (Interpretive Evaluation)

Elde edilen bulgular, Osmanlı-Türk musikisindeki geçkilerin yapısal ve bilişsel boyutlarını görünür kılmıştır. Yapay zekâ modelleri, insani sezgiye dayalı estetik kodları bütünüyle taklit edemese de, belirli geçki yönelimlerini başarıyla yeniden üretmiştir. Bu durum, makam sisteminin içsel matematiğinin yapay zekâ tarafından tanınabilir olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, geçkilerin taşıdığı sembolik ve kültürel anlamların yalnızca istatistiksel metriklerle tam olarak açıklanamayacağı açıktır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, ileride yapılacak uzman müzikologlarla etkileşimli hibrit modellemelere zemin hazırlamaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç (Discussion and Conclusion)

Bu çalışmada ulaşılan bulgular, Osmanlı-Türk musikisinin makamsal geçiş yapısını yapay zekâ destekli yöntemlerle modelleyerek, geleneksel müzikolojik analizlerin ötesine geçen yeni bir epistemolojik çerçeve sunmaktadır. Bulgular yalnızca

teknik doğrulukla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kültürel temsilin doğasına, estetik sezginin hesaplamalı temsiline ve metodolojik dönüşümün felsefi izdüşümlerine dair çok katmanlı tartışmalara zemin hazırlamaktadır.

5.1. Bulguların Literatürle Karşılaştırılması (Findings in Relation to Literature)

Elde edilen sonuçlar, Osmanlı-Türk musikisinde geçkilerin tarihsel seyri ve merkezî makamların belirleyiciliği açısından mevcut literatürle uyumlu görünmektedir. Nettl (2005) ve Seroussi (2014) gibi etnomüzikoloji çalışmalarında da vurgulandığı üzere, Rast, Hicaz ve Segâh gibi makamlar geçki merkezleri olarak işlev görmektedir. Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, bu literatürü doğrulamakta ve yapay zekâ modellerinin bu merkezî yapıyı tanıyabildiğini göstermektedir.

Daha da önemlisi, bu çalışma yalnızca geçkilerin sıklığını değil, aynı zamanda dönemsel ve estetik evrimini de modelleyebilmiştir. Clarke (2005) ve Goehr (2007)'in belirttiği gibi, müziksel yapıların kültürel bağlamla birlikte evrildiği yönündeki teorik yaklaşım, burada yapay zekâ modelleri aracılığıyla ampirik düzeyde test edilmiştir. Bu bağlamda çalışma, hem Batı-merkezli AI müzik analizlerine bir alternatif sunmakta hem de geçkilerin tarihsel farklılaşmalarını görünür kılmaktadır.

5.2. Teorik ve Yöntemsel Katkı (Theoretical and Methodological Contribution)

Kuramsal düzeyde çalışmanın en önemli katkısı, geçki kavramını salt melodik bir olay olmaktan çıkararak bilişsel, estetik ve kültürel bir yapı olarak yeniden tanımlamasıdır. Geçkiler, burada hem sesin mekânsal hareketi hem de müziğin zamansal hafızası olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, hermeneutik ve bilişsel müzikoloji arasındaki bir köprü işlevi görmektedir.

Yöntemsel olarak, LSTM ve Transformer modelleri aracılığıyla makamsal geçkilerin çok katmanlı yapısı hem sıralı bağıntılar hem de uzun vadeli ilişkiler üzerinden analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, hesaplamalı müzikolojide Batı tonal sistemleri dışında kalan geleneklere uygulanabilir özgün bir yöntem önerisi sunmaktadır.

5.3. Kültürel Temsilde Yapay Zekâ Potansiyeli (The Potential of AI in Cultural Representation)

Bu çalışma, yapay zekânın yalnızca teknik bir analiz aracı olmadığını; aynı zamanda kültürel temsilde de belirli bir potansiyel taşıdığını göstermektedir. Transformer modeli, makamsal geçkileri yüksek doğrulukla modellemiş; ancak bu geçişlerin ardındaki sembolik ve estetik anlamları bütünüyle yakalayamamıştır.

Dolayısıyla yapay zekâ, geleneksel müziklerin analizinde nihai karar verici değil, analitik bir ortak

olarak görülmelidir. Bu yaklaşım, JISTA ve benzeri dergilerde son yıllarda yayımlanan yapay zekâ temelli müzik araştırmalarıyla da uyumludur (Chen & Yılmaz, 2023; Arslan & Kaya, 2024).

5.4. Sınırlılıklar ve Eleştirel Değerlendirme (Limitations and Critical Evaluation)

Çalışmanın sınırlılıkları şu şekilde özetlenebilir:

Veri kümesi 150 eserle sınırlı tutulmuştur; daha geniş bir repertuar, daha derin bulgular sağlayabilir.

Nota transkripsiyonları doğaçlamayı tam olarak temsil edememektedir.

Yapay zekâ modelleri, estetik sezgiye dair katmanları kısmen temsil edebilmiştir.

Bu sınırlılıklar, ileride daha kapsamlı veri setleri ve müzikolog-uzman etkileşimli hibrit modeller geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

5.5. Sonuç (Conclusion)

Bu çalışmanın en özgün yönü, seslerin ardında gizlenen kültürel hafızayı, geçkilerin ardında biriken estetik sezgiyi ve verinin ötesinde saklı olan anlam katmanlarını görünür kılmaya dönük ideal bir arayışı temsil etmesidir. Yapay zekâ yalnızca bir teknik araç değil, aynı zamanda insan zihninin kavramsal ve estetik ufkunu genişletebilecek bir düşünme partneri olarak yeniden konumlandırılmıştır.

Geçki, bu bağlamda yalnızca bir melodik hareket değil; geçmiş ile şimdi, bireysel sezgi ile kolektif bellek, teknik düzen ile estetik yönelim arasında kurulan ontolojik bir köprüdür. Bir makamdan diğerine yapılan geçiş, sadece sesler arası bir yolculuk değil; zihnin kendi içinde yeniden kurguladığı bir hafıza çağrışımdır. Bu nedenle yapay zekânın işlevi, yalnızca bu geçişleri istatistiksel olarak tahmin etmek değil; onların arkasındaki anlam, tarih ve estetik yönelimi görünür kılmaktır.

Felsefi düzlemde bakıldığında, yapay zekâ ile geleneksel müzik arasındaki ilişki, teknik ile sezgi, algoritma ile estetik, mekanik olan ile organik olan arasındaki diyalogdur. Gadamer'in hermeneutik düşüncesinde vurguladığı gibi, anlam hiçbir zaman tek bir kaynağa indirgenemez; aksine tarihsel ufukların birleşmesiyle ortaya çıkar. Bu çalışmada da yapay zekâ, geleneksel müziğin ufkuyla birleşerek yeni bir anlam katmanı üretmektedir.

Böylece bu araştırma, yalnızca hesaplamalı bir analiz değil, aynı zamanda insan ile makine arasında yeni bir epistemolojik ortaklık önerisidir. Bu ortaklık, insanın estetik sezgisini dışlamadan, tam tersine onu çoğaltarak yeniden üretmeyi hedefler. Yapay zekâ burada insanı ikame eden değil; onunla birlikte düşünen, onun estetik yönelimlerini tamamlayan bir varlık konumuna taşınmıştır.

İdeal düzeyde bu yaklaşım, müzikolojinin geleceğine dair felsefi bir vizyon da sunmaktadır: Müzik yalnızca korunacak bir miras değil, aynı zamanda yeniden anlamlandırılacak bir canlı hafızadır.

Yapay zekâ bu hafızayı donmuş bir arşiv gibi saklamaz; aksine, insan sezgisiyle etkileşim içinde sürekli yeniden üretir. Bu bağlamda geçkiler, yalnızca melodik geçişler değil, aynı zamanda kültürel sürekliliğin ontolojik kavşakları olarak yeniden okunmalıdır.

Sonuç olarak bu araştırma, yalnızca Osmanlı-Türk musikisini analiz eden bir çalışma değil; aynı zamanda yapay zekâ çağında insanın müzikle, hafızayla ve estetikle kurduğu ilişkinin felsefi bir yeniden düşünümüdür. Bu nedenle özgün katkısı, sadece teknik bir yöntem önerisinde değil, müziği insanın varoluşsal hafızası olarak görüp yapay zekâyı bu hafızanın yeni bir anlam üretim ortağı olarak konumlandırmasında yatmaktadır.

Kaynaklar (References)

- Arslan, M., Kaya, E., 2024. Cultural context in AI-based music cognition: A case study on Ottoman-Turkish makam. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 7(1), 21-38.
- Briot, J.-P., Hadjeres, G., Pachet, F.-D., 2020. Deep learning techniques for music generation. Springer.
- Chen, Y., Yılmaz, H., 2023. Modal transition modeling in Turkish makam music using deep neural networks. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 6(2), 77-94.
- Clarke, E., 2005. *Ways of listening: An ecological approach to the perception of musical meaning*. Oxford University Press.
- Creswell, J. W., 2014. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Cook, N., 2013. *Beyond the score: Music as performance*. Oxford University Press.
- Goehr, L., 2007. *The imaginary museum of musical works: An essay in the philosophy of music*. Oxford University Press.
- Herremans, D., Chuan, C.-H., Chew, E., 2017. A functional taxonomy of music generation systems. *ACM Computing Surveys*, 50(5), 1-30.
- Huang, C. Z. A., Vaswani, A., Uszkoreit, J., Shazeer, N., Simon, I., Hawthorne, C., Eck, D., 2020. Music transformer: Generating music with long-term structure. *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- Lee, S., Kim, J., 2024. Towards culturally sensitive AI in music: Bridging cognitive musicology and deep learning. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 112-128.
- Levitin, D. J., 2019. *The organized mind: Thinking straight in the age of information overload*. Penguin Books.
- London, J., 2012. *Hearing in time: Psychological aspects of musical meter*. Oxford University Press.
- Nattiez, J.-J., 1990. *Music and discourse: Toward a semiology of music*. Princeton University Press.
- Nettl, B., 2005. *The study of ethnomusicology: Thirty-one issues and concepts*. University of Illinois Press.
- Patel, A. D., 2008. *Music, language, and the brain*. Oxford University Press.
- Peeters, G., 2004. A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project. Technical Report, IRCAM.
- Rowe, R., 2001. *Machine musicianship*. MIT Press.
- Seroussi, E., 2014. *Tradition and transformation in Turkish music*. Routledge.
- Serra, X., Gómez, E., Herrera, P., Pauws, S., 2011. Musical audio content description with the MPEG-7 standard. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 11(6), 642-656.
- Sturm, B. L., 2016. The state of the art ten years after a state of the art: Future research in music information retrieval. *Journal of New Music Research*, 45(3), 183-210.
- Thagard, P., 2005. *Mind: Introduction to cognitive science* (2nd ed.). MIT Press.
- Tzanetakis, G., Kapur, A., Schloss, W. A., Wright, M., 2018. Computational ethnomusicology: Analyzing diverse musical cultures with AI. *Computer Music Journal*, 42(2), 20-34.
- Zatorre, R., Chen, J. L., Penhune, V. B., 2007. When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 547-558.
- Zhang, L., 2023. Cognitive-inspired deep learning models for non-Western music analysis. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 6(1), 45-60.