

# Rauf Yekta Kromatik Dizisinin Türk ve Batı Müziği Ortak Sembolik Derlemlerinde Kullanılma Potansiyeli

M. Kemal KARAOSMANOĞLU<sup>1</sup>

## Özet

Müzik araştırmalarında yapay öğrenme (machine learning) tekniklerini kullanma eğilimi Türkiye’de de yaygınlaşmıştır. İlk adım olarak aşılması gereken bir sorun olan Türk makam müziğinin özgün perde yapısını bir derlemede temsil edecek çözümler üretilmiştir. Bu makalede ise Türk ve Batı müziği sembolik verilerinin ortak derlemlerde nasıl temsil edilebileceğine dair bir öneri sunulmaktadır. Sorunun özü, öncelikle Türk ve Batı müziği eserlerinde bir oktavdaki perde sayısının farklı (sırasıyla 17, 24, ... ve 12) oluşudur. Bu olgu, makam/tonalite, form, besteci sınıflandırma vb. uygulamalar için olumsuz bir etmendir. Bu sorunu aşmak için akla gelen ilk iki çözüm, ortak derlemede yer alan tüm eserlerdeki notaları en yakın Pisagor (Psg-12) veya 12 Ton Eşit Tamperaman (12-TET) notalarıyla eşleştirmektir. Bunlar makul görünen çözümler olsalar da Rauf Yekta’nın önerdiği 12 ton nota sisteminin (RY-12) tercih edilmesi bu makalede açıkladığımız nedenlerden dolayı daha uygundur. Bu ünlü müzikolog, bir Fransız müzik ansiklopedisi için yazdığı Türk musikisi maddesinde bu ses sistemini önermiş ve makamsal eserlerin bu sistemle çoksesli hale getirilebileceğini söylemiştir. RY-12 zaten Zarlino sisteminin iskeletini temel almıştır; dolayısıyla Batı müziğine de uygundur. Bu iki nedenle 17, 24 vb. perdeden oluşan Türk makam müziği eserleri ile bir oktavda 12 nota içeren Batı müziği eserlerini ortak bir paydada buluşturma arayışında RY-12’nin iki kültürün müzikleri için de daha uygun bir çözüm olacağını öngördük. Bu görüşü sınamak için Türk musikisi eserlerinden ve Franz Schubert’in lied’lerinin ses partilerinden örnekler içeren bir veri kümesi topladık, derlemedeki perdeleri üç sistemin (Psg-12, 12-TET ve RY-12) en yakın notalarıyla eşleştirdik, öznelikleri bu değerlerden hesapladık ve üç ayrı makam/tonalite sınıflandırma testi çalıştırdık. Sınıflandırma başarımlarına bakıldığında, üç sistem arasında istatistik olarak anlamlı farklar çıkmadığı görülmektedir. Bu nedenle, ilke olarak yanlış olduğu belli söz konusu iki sistem yerine, Rauf Yekta’nın öngörüsüne uyarak, eşleştirme ihtiyacının RY-12 sistemi ile karşılanması daha mantıklı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Öğrenme, Sembolik Temsil, 12 Perdeli Rauf Yekta Sistemi, Algoritma, Ortak Müzik Derlemi.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi, kkara@yildiz.edu.tr  
DOI: 10.32704/9789751751683.2024.0144

## Abstract

The tendency to use machine learning techniques in music research has also become widespread in Turkey. As a first step, solutions have been produced to represent the original pitch structure of Turkish makam music in a corpus, which was a problem to be overcome. In this article, a proposal is presented on how the symbolic data of Turkish and Western music can be represented in common corpora. The essence of the problem is primarily in the fact that the number of pitches in an octave differs in Turkish and Western musical pieces (17, 24, ... and 12, respectively). This phenomenon is a negative factor for classification and clustering applications such as makam/tonality, form, composer etc. Since various machine learning algorithms will primarily generate solutions based on the number of pitches per octave for musical pieces from two different cultures, they will therefore ignore some features that they need to focus on. The first solution that comes to mind to overcome this problem is to match the pitches in all pieces of the common corpora to the nearest 12 Tone Equal Temperament (12-TET) notes. Although this is a reasonable solution, it is more appropriate to prefer the 12-tone tuning system (RY-12) suggested by Rauf Yekta Bey instead of the 12-TET for reasons that will be explained below. This famous musicologist suggested this tuning system in the title of Turkish music he wrote for a French music encyclopedia and said that Turkish music pieces could be made polyphonic with this system. As RY-12 is already based on the skeleton of the Zarlino system; therefore, it is suitable for Western music. For these two reasons, we envisaged that RY-12 would be a more appropriate solution for two systems in the search for bringing together Turkish makam music pieces containing 17, 24 etc. pitches and Western music pieces containing 12 notes in one octave on a common ground. To test this view, we collected a dataset containing samples from Turkish makam music pieces and vocal parts of Schubert's lieder, matched the pitches in the dataset to the closest notes in the two systems (12-TET and RY-12), extracted the features from these values and run two separate makam/tonality classification tests. When we look at the classification performances, it is seen that our prediction has come true, at least there is no contrary result. For this reason, it would be more logical to meet the need for matching with the RY-12 system instead of the 12-TET, which has no justification.

**Keywords:** Machine Learning, Symbolic Representation, 12-Tone Rauf Yekta System, Algorithm, Common Music Corpus.

Dünyada yapay zekâ tekniklerinden akademik müzik çalışmalarında uzun süredir yararlanılmaktadır. Türk makam müziği üzerine yapılan çalışmalarda ise özellikle ses sistemi farkı nedeniyle ona uygun bir veri yapısı ve dolayısıyla derlemler bulunmadığı için uzunca bir süre bu teknikler kullanılamamıştı. Fakat sözkonusu sorun artık aşılmış ve bu konuda çalışmalar yapılabilmeğe başlanmıştır (Karaosmanoğlu, 2012).

## 1. Giriş

Önce bu makalede kullandığımız geleneksel yapay öğrenme (*machine learning*) alanının özellikle müzik bağlamındaki bazı temel kavramlarını hatırlatmakta yarar vardır.

### 1.1. Müziğin sembolik temsili

Müzikal bilginin, bilgisayarın okuyabildiği (*machine readable*) bir düzende gösterimine *sembolik temsil* adı verilir. Örneğin Şekil 1'in üst kısmındaki müzik cümlecği sembolik olarak alt kısmındaki üç şekilde temsil edilebilir.



ر	Yegâh	1/8	Re4	1/8
ر	Rast	1/4	Sol4	1/4
ر	Dügâh	1/8	La4	1/8
ر	Segâh	1/4	Si4b1	1/4
ر	Çargâh	1/4	Do5	1/4
(a)	(b)	(c)		

**Şekil 1:** Tatyos Efendi'nin bestelediği Rast peşrevin başlangıcı ve bunun yalın biçimde üç farklı sembolik temsili. (a) sütunundaki gösterim, Hamparsum sistemine göre dir.

Dünyada standart haline gelmiş sembolik müzik temsil formatları MIDI, MusicXML ve MEI'dir. SymbTr ise Türk musikisi için bu makalenin yazarınca tasarlanıp oluşturulan ve pek çok araştırmada yararlanılan (Karaosmanoğlu & Taşçı, 2014) bir sembolik format ve derlemdir. Şekil 1'in (c) sütunundaki gösterim, bu formatın bileşenlerinden bazılarını içermektedir.

Bilgisayarın okuyabileceği şekilde temsil edilen müzik eserlerinden oluşan veri bankalarına *sembolik derlem* adı verilmektedir.

## 1.2. Yapay Öğrenme

Akademik müzik çalışmalarında, genellikle sembolik derlemlerdeki eserlerden ‘öğrenen’ modeller oluşturulur; bu sayede, sözelimi bilinmeyen bir örneğin hangi makamdan/tondan olduğu öngörülebilir (*sınıflandırma*). Çok sayıda parametre içeren ve bu yüzden insanların saptayamadığı bazı örüntüler bu sayede belirlenebilmektedir.

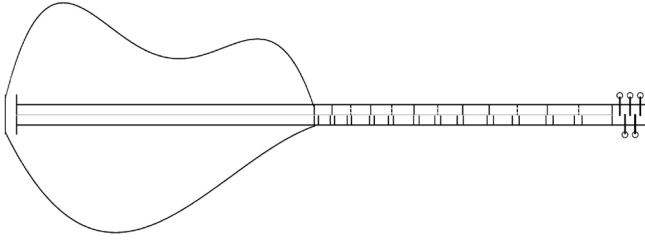
## 1.3. Öznitelik

Bu çalışmada olduğu gibi, araştırmada geleneksel yapay öğrenme algoritmaları kullanılacaksa, önce müzik eserlerindeki hangi öğelere odaklanılacağı belirlenmesi (yapay öğrenme terminolojisiyle, eserlerden öznitelik(*feature*)ler çıkarılması) gerekir. Örneğin bir eserden elde edilmiş şu yalın üç öznitelik bile yararlı sonuçlar alınmasını sağlayabilmektedir:

- **Eserdeki en pes nota**
- " en tiz "
- " komşu notalar arasındaki farklı aralık adedi

## 1.4. Ortak müzik derlemleri ve ses sistemi

Bu makalede, Türk musikisi ve Batı müziği eserlerini bir arada barındıran derlemlerde nasıl bir temsil sistemi kullanılmalı sorununa bir çözüm önerilmektedir. Çünkü bu iki müzik kültüründe hem oktavdaki perde sayısı hem adlandırma hem de entonasyon farkları sözkonusudur. Oktavdaki perde sayıları aynen bırakıldığı takdirde, ortak bir adlandırma belirlense ve Batı müziği eserlerindeki notalar örneğin en yakın Arel - Ezgi - Uzdilek (AEU-24) perdeleri ile eşleştirilse dahi bunun bir yararı olmaz. Çünkü oktavda biri ötekinin iki katı perde ihtiva eden iki farklı sistemde bestelenmiş eserlerin notaları üzerinde çalışan algoritmaların öncelikle bu bilgiye dayalı sonuçlar üretecekleri ve asıl erişilmesi istenen daha ince ayrıntılara nüfuz etmelerine gerek kalmayacağı açıktır. Oysa yararlı çıkarımlar yapabilmek için tüm müzikal öğelere odaklanılması gerekir. Örneğin bu tür karma bir derlemdeki eserlerden yukarıda örneği verilen üçer öznitelik hesaplanıp birtakım yapay öğrenme algoritmaları çalıştırılınca yararlı sonuçlar çıkması beklenemez. Çünkü sözelimi Türk musikisi ses sisteminde komşu perdeler arasındaki aralıklar eşit değildir; bu da makam müziği eserlerinde komşu notalar arasındaki farklı müzikal aralık adedinin fazla olmasına yol açar, vb. Dolayısıyla entonasyonları ortak bir zemine oturtmak üzere bir çözüm sunmak zorunludur. Örneğin Şekil 2’de bu çözüme ışık tutmak üzere biri oktavda 12, öteki 24 perde ihtiva eden iki farklı ses sisteminin çalgı sapındaki görünümü gösterilmiştir.



**Şekil 2:** Temsili bir çalgı sapında üstteki perde bağları 12-TET perde yerlerini, alttakiler ise AEU-24 ses sistemindeki perde yerlerini göstermektedir.

Eserleri ortak perdelerle temsil etmek için belli başlı iki çözüm yolu vardır:

1. 12 sesli Pisagor sistemi (Psg-12), bugünkü AEU-24 ses sisteminin bir alt kümesidir (Karaosmanoğlu, 2017). Dolayısıyla Türk musikisi ve Batı müziği eserlerindeki notaları en yakın entonasyonlara sahip Psg-12 perdeleri ile eşleştirmek mümkündür. (Bunun dezavantajı, 12 ton eşit tamperaman (12-TET) sistemindeki ve kısmen Türk musikisi ses sistemindeki notaların entonasyonlarını tahrif etmeyi gerektirmesidir.)
2. Türk musikisi ve Batı müziği eserlerindeki notaları en yakın 12-TET notaları ile eşleştirmek. (Bu seçenekte ise özellikle Türk makam müziği perdeleri tahrif edilmiş olur.)

Gerçi yukarıdaki iki maddenin sonunda parantez içinde ilk akla gelen sakıncalar belirtilmiştir. Fakat bu, zaten müziğin –icra dahil– başka alanları için de çözüm bekleyen bir sorundur:

Gerek Türk musikisi gerekse Batı müziği eser notalarında genellikle ses sistemi ile ilgili bir bilgi bulunmaz. Oysa başta bestecinin yaşadığı dönem olmak üzere, bu sistemlerin çok çeşitli olması gerektiğine ilişkin nedenler bulunması doğaldır. Örneğin günümüzde AEU-24, Türk musikisi eser notaları için varsayılan sistemdir. Oysa bugün hâlâ icra edilen (ve bu çalışmamızın veri kümesinde de yer alan) pek çok eser, bu sistemin önerilmesinden çok önce bestelenmiş ve seslendirilmiştir. Dolayısıyla bunların en azından bir kısmının, bestelendikleri dönem itibarıyla Safiyyüddin Urmevi (1216 - 1294)'den (Uygun, 1996) beri yürürlükte olan, bir oktavda –yine birbirleriyle eşit aralıklı olmayan– 17 perdeli sistemde seslendirilmeleri daha uygundur. Örneğin Türk musikisi neoklasik döneminin hemen öncesinde (1794) ünlü nazariyatçı Abdülbâkî Nâsır Dede'nin yazdığı Tahrîriye adlı eserdeki perde tanımları bu yöndedir (Başer, 1996).

Öte yandan, ülkemizde Batı müziği denilince çoğu zaman akla yalnızca 12-TET ses sistemi gelir. Oysa benzer bir durum o müzik kültürü için de geçerlidir. Örneğin bu çalışmada kullandığımız veri kümesinde yer alan çeşitli Batı müziği tonalitelerinden eserlerin Franz Schubert lied'leri olduğunu da gözetenek ondan örnek verelim:

Schubert (ve genel olarak Batı müziği) için oktavdaki perde sayısı (12 adet) bağlamında önemli bir belirsizlik sözkonusu değildir; ancak bu konuda da ses sistemi için bir tercihte bulunulması gerekir. Çünkü örneğin Johann Andreas Streicher ve Kurze Bemerkungen (Streicher, 1802) kitaplarında, Schubert'in yaşadığı dönemde gerçi 12 ton eşit tamperaman sisteminin (en azından piyanolar için) kabul edilmiş ve geniş çapta tanımlanmış olduğunu belirtirler. Hummel de 1826'da yazıp 1828'de yayınladığı eserde eşit tamperamanın diğer ses sistemlerinin yerini aldığını doğrular. Ancak (Montgomery, 2003)'te, o dönemde bugün Kirnberger II olarak anılan *uygun (well) tamperaman* sisteminin bir süre standart olduğundan da bahsedilir.

Bu bilgiler ışığında, gerek ortak sembolik müzik derlemlerinden yararlanılan araştırmalarda, gerekse de icralarda perdelerin entonasyonları üzerinde küçük oynamalar yapılmasının zaten kaçınılmaz olduğu açıktır.

## 2. Rauf Yekta'nın Kromatik Dizisi

Bu makalede, Rauf Yekta'nın *Lavignac Encyclopedie de la Musique*'in Türkiye maddesi için yazdığı metnin (Yekta, 1986) sonunda önerdiği 12 tonlu dizinin (RY-12), yukarıda sözü geçen iki sistemden (Psg-12 ve 12-TET) daha uygun bir seçenek olabileceği öngörümüzün gerekçeleri ve onu bu iki seçenekle karşılaştırmak üzere yaptığımız testlerin sonuçları sunulmaktadır.

RY-12 sisteminin özellikleri özetle şöyledir:

Sistem esas olarak Zarlino diyatonik dizisi iskeleti üzerine kurulu kromatik bir dizidir. Dolayısıyla, Rauf Yekta sistemin doğal büyük üçlü (5/4), doğal küçük üçlü (6/5) ve bunların çevrimleri olan doğal altılı aralıklarını ihtiva etmesine özen göstermiştir. Bu ünlü müzik insanı, sözkonusu sistemi gerçi "eşit tamperamanlı" diye adlandırmıştır; oysa oktavda 12 perde içeren tek bir eşit tamperaman var olabilir ve bu da 12-TET'tir. Rauf Yekta bu terimi *uygun tamperaman* anlamında söylemiş olsa gerektir. Gerçekten de dizi üç tane beşli aralığının (**do - sol**, **do# - sol#** ve **mi - si**) 1'er sentonik koma daraltıldığı bir *uygun tamperaman* görünümü sergiler. Fakat Yekta'nın kendisinin de ifade ettiği üzere, **do - mi** aralığını doğal büyük üçlü aralığına bire-bir eşit kılmak amacıyla **si - do** aralığı 27/25 (133 sent) değerine eşitlenmiş, bu da **fa# - do#** aralığının 743 sent genişliğinde (yani tam beşli aralığından 2 koma kadar geniş) bir kurt beşlisine dönüşmesine yol açmıştır. Dolayısıyla bu sistem, kullanılmayan akorlar içerir. Yani bir uygun tamperaman olduğunu söylemek mümkün değildir. Öte yandan, kurt aralığı dışındaki beşliler birbirlerine eşit genişlikte olmadıkları için, bu bir *ara-ton tamperamanı* da değildir.

Rauf Yekta, daha önceden asıl Türk musikisi ses sistemi olarak önerdiği 24 perdeli sistemde olduğu gibi, 12 tonlu sistemini de Re4 (Yegâh) perdesinden

başlatmıştır. Tüm perdelerin bu başlangıç sesi ile oluşturdukları aralıklar oran olarak Tablo 1’dedir.

**Tablo 1:** Rauf Yekta’nın tanımladığı şekliyle RY-12 ses sistemi. Perdeler ve oran olarak gösterilmiş bağlı frekansları aşağıdan yukarıya, pesten tize şeklinde sıralanmıştır

Nota	Pay	/	Payda
Re	2	/	1
Do#	48	/	25
Do	9	/	5
Si	5	/	3
La#	8	/	5
La	3	/	2
Sol#	64	/	45
Sol	4	/	3
Fa#	5	/	4
Fa	6	/	5
Mi	9	/	8
Re#	16	/	15
Re	1	/	1

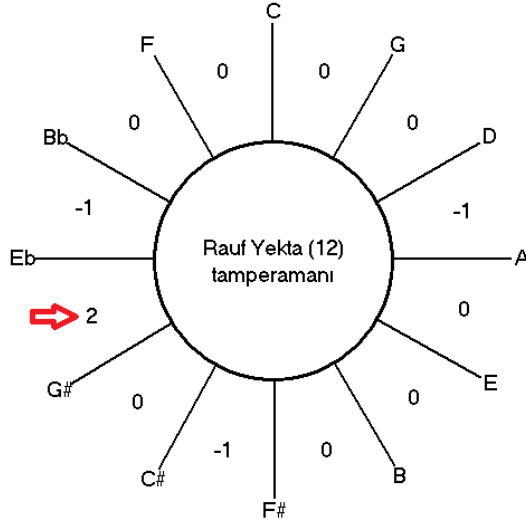
Bu sistemdeki perdeler, başlangıç perdesiyle ve komşularıyla oluşturdukları aralıklar oran ve cent olarak ise Tablo 2’de gösterilmiştir. Ayrıca başka tam-peraman sistemleriyle karşılaştırma kolaylığı sağlamak amacıyla, oktav C den başlayacak biçimde transpoze edilmiştir.

Tablo 2. Oktav C den başlayacak biçimde transpoze edilmiş olarak Rauf Yekta kromatik dizisi. En alt satırda komşu perdelerin birbirleriyle oluşturdukları aralıklar, onun üstündeki satırda ise tüm perdelerin başlangıç sesi (C) ile oluşturdukları aralıklar cent cinsinden verilmiştir

C	C#	D	E <sub>b</sub>	E	F	F#	G	G#	A	B <sub>b</sub>	B	C'
$\frac{9}{5}$	$\frac{48}{25}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{64}{45}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{18}{5}$
0	112	182	294	386	498	569	680	792	884	996	1067	1200
112	71	112	92	112	71	112	112	92	112	71	133	

Görüldüğü gibi, sistemde *bakıyye* aralığı olarak adlandırılabilen 2 çeşit (71 cent ve 92 cent) ve *küçük mücennep* diye adlandırılabilen yine 2 çeşit (112 cent ve 133 cent) yarım ses bulunmaktadır. Dolayısıyla *tanini* denilebilecek tam sesler de 3 çeşittir: 183 cent, 204 cent ve 224 cent.

Bu sistemin beşliler sarmalı üzerindeki gösterimi ise Şekil 3'te verilmiştir.



**Şekil 3:** Rauf Yekta'nın C notasına transpoze edilmiş kromatik dizisinin beşliler çemberi üzerinde gösterimi. Dilimlerin içlerinde yazılı sayılar, sözkonusu beşli aralığıyla kaç sentonik koma oynandığını göstermektedir: **D - A, F# - C#, Eb - Bb** aralıkları 1'er sentonik koma daraltılmış, **G# - Eb** sözde beşli aralığı ise 2 sentonik koma genişlemiştir. Kalan 8 tane beşli, tam beşlidir (702 cent).

## 2.1. Türk musikisi eserlerinin armonizasyonu

Rauf Yekta, Türk makam müziği eserlerini armonize etme konusunda yapılan birtakım çalışmaların, ses sisteminin yanlış seçilmesi nedeniyle başarılı sonuçlar üretmediğini belirtmiştir. Önerdiği bu sistemin ise Türk musikisinin birçok makamını ifade edebilmesinin yanısıra armonizasyona da uygun olduğunu dile getirmiştir.

Bu büyük müzik insanının söz konusu dizinin hem Türk musikisine hem de çoksesliliğe (bir anlamda Batı müziğine) yatkın bir sistem olduğunu ifade etmesi, RY-12'nin ortak derlemler için üçüncü –ve belki de en uygun– temsil seçeneği olabileceğini düşündürmüştür. Çünkü ona göre bu sayede her iki tür müziğin entonasyonunda da önemli tahrifatlar yapılmamış olmaktadır.

## 3. Uygulama

Buraya kadar dile getirilen gerekçelerle öngörülen iddiayı değerlendirmek üzere, geleneksel yapay öğrenme algoritmaları kullanılarak testler yapılmıştır. Amaç, sözü geçen üç ses sisteminin yapay öğrenme algoritmalarının başarısını ne yönde etkilediğini ölçmek ve sonuçları yorumlamaktır.



### 3.1. Veri kümesi

Bu amaçla, Türk musikisi ve Batı müziği eserlerinden oluşan bir veri kümesi oluşturulmuştur. Öte yandan, bilindiği üzere Türk musikisindeki bazı makamları Batı müziğinin kimi tonaliteleri ile ilişkilendiren / eşleştiren, birtakım tanımları o kavramlar üzerinden yapan (Rauf Yekta dahil) kişi ve çevreler vardır ve bu yaklaşım oldukça yaygındır. O nedenle, veri kümesi rasgele oluşturulmayıp bu görüşü de test edecek biçimde seçilmiştir. Makamlarla eşleştirilen 6 tonalitede bestelenmiş tek sesli eserlerden ve karşılık geldiği öne sürülen 7 makamda<sup>2</sup> (Tablo 3) bestelenmiş eserlerden 7'şer örneğin (toplam 91 eser) sembolik verileri toplanmış, eksiklerin notaları girilmiş ve bunlar SymbTr sembolik formatında kaydedilmiştir.

**Tablo 3:** Bazı çevrelerin eşleştirdiği makam - tonalite ikilileri

Makam	Tonalite
Buselik	La minör
Çargâh	Do majör
Sultaniyegâh	Re minör
Acemaşiran	Fa majör
Rast, Mahur	Sol majör
Nihavent	Sol minör

Daha önce de belirtildiği gibi, veri kümesindeki tüm Batı müziği eserleri Schubert'in *lied*'lerinden seçilmiştir. Ancak Türk musikisi eserleri tek sesli oldukları için, *lied*'lerin yalnızca şan partiyonları dikkate alınmıştır. Ayrıca, yapay öğrenme algoritmalarının daha uygun sonuçlar üretmesini sağlamak amacıyla, aynı tonaliteden olup da notaya farklı oktavlarda olarak alınmış birkaç *lied* transpoze edilerek tüm oktavlar hizalanmıştır.

Türk musikisi eserleri ise belirtilen makamlarda ve şarkı, türkü, peşrev gibi çeşitli formlardadır.

### 3.2. Öznitelikler

Çalışmada, başarılı sonuçlar verdiği TUMAC BSE No. 14<sup>3</sup> ve (Karaosmanoğlu, Berkman, & Berkman, 2022) gibi daha önceki çalışmalarda ortaya konulan –biri sınıf etiketi olmak üzere– şu 17 öznitelik kullanılmıştır:

<sup>2</sup> Sol-majör tonalitesini Rast makamı ile de Mâhur makamı ile de eşleştiren yazarlar bulunmaktadır.

<sup>3</sup> Türk Müziği Araştırmaları ve Yapay Zekâ

<https://www.youtube.com/watch?v=u86cAhMNtZ4&t=93s> (Erişim: 2/07/2023, 22:00)

<b>ilk</b>	Eserin ilk notası
<b>son</b>	Eserin son notası
<b>enPes</b>	Eserdeki en pes nota
<b>enTiz</b>	Eserdeki en tiz nota
<b>ort</b>	Eserdeki tüm nota kodlarının aritmetik ortalaması
<b>oStd</b>	" " " " standart sapması
<b>agOrt</b>	" " " " ritmik değer (süre) ağırlıklı ortalaması
<b>aoStd</b>	" " " " ritmik değer ağırlıklı standart sapması
<b>tepeA, B, C</b>	Eserde en sık kullanılan üç notanın kodları (Mod)
<b>agTepeA, B, C</b>	Eserde en uzun duyurulan üç notanın kodları (Ağırlıklı mod)
<b>medyan</b>	Eserdeki nota kodlarının ortancası
<b>agMedyan</b>	Nota kodlarının ritmik değerleri de dikkate alınarak hesaplanan ortancası
<b><i>makam_ton</i></b>	<i>Yukarıdaki özneliklere sahip eserin makamı veya tonalitesi. Besteci ve/veya uzmanlarca etiketlenmiş sınıf özneliğidir.</i>

### 3.3. Adımlar

Türk musikisi ve Batı müziği derlemlerinde RY-12 sisteminin ortak sembolik temsil formatı olarak seçilmesinin yapay öğrenme algoritmalarının başarısını ne yönde etkilediğini sınamak üzere şu adımlar atılmıştır:

1. Tüm veri seti şu üç ses sistemindeki en yakın değerlere dönüştürülmüştür:
  - a. Psg-12
  - b. 12-TET
  - c. RY-12

Bu dönüşümün nasıl bir sonuç ürettiğini örneklemek üzere, Şekil 1'deki müzik cümlesinde bulunan beş notanın sözkonusu üç ses sistemindeki frekansları Tablo 4'te verilmiştir.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Esas dönüşüm bu olmakla birlikte, hesaplamalarda kolaylık sağladığı için veri kümesinde frekanslar değil, logaritmik denklemlere dönüştürülmüş cent değerleri kullanılmıştır. Bu dönüşüm, MIDI standardına uyularak sabit referans notası 8.176 Hz frekanslı C (eksi bi-

**Tablo 4:** Şekil 1'deki beş notanın üç farklı ses sistemindeki frekansları. Referans nota olarak A4, 440 Hz frekansında alınmıştır

Nota	Psg-12	12TET	RY-12
<b>D4</b>	293.3	293.7	293.3
<b>G4</b>	391.1	392.0	391.1
<b>A4</b>	440	440	440
<b>B4b1</b>	463.5	466.2	469.3
<b>C5</b>	521.5	523.3	528.0

2. Yukarıda sözü geçen özneliliklerden 16'sı, bu ses sistemlerine göre oluşturulmuş veri kümelerinin her biri için ayrı ayrı hesaplatılmıştır.
3. WEKA (Witten & Frank, 2002) veri madenciliği ve yapay öğrenme paketi ile şu algoritmalarla, varsayılan parametreler kullanılarak sınıflamalar yapılmıştır:

- Karar ağacı (*J48*)
- Doğrusal ayırım analizi (*LDA*)
- Çokkatmanlı algılayıcı (*Multilayer Perceptron*)
- Hızlı karar ağacı (*REPTree*)
- En yakın k komşu (*IBk*)
- Lojistik ilkelleme (*Logistic Regression*)

Bu algoritmaların yeğlenmesinin nedeni, esas olarak işleyebildikleri veri türü (sayısal / nominal vb.) ile ilgilidir.

4. Üç farklı öznelilik dosyası üzerinde sözkonusu beş yapay öğrenme algoritmasının her biri, Birini Dışarıda Bırak (*Leave-One-Out/LOO*) senaryosuyla çalıştırılmıştır. Bu senaryonun işleyişi şöyledir:

- 91 adet örnekten 1 tanesini çıkarıp, kalan 90 eserden sözkonusu 7 makam ve 6 tonaliteyi öğren,

---

inci oktavdaki Do) notası seçilmek suretiyle yapılmıştır. Örneğin 523.3 Hz'lik C5 in cent eşdeğeri şöyle hesaplanır:

$$\text{CentC5} = 1200 \cdot 523.38.176 = 7200$$

MIDI standardında C5 in kodunun 72 olması bu dönüşümle ilgilidir: Bu nota, referans sese 72 yarı-ton uzaklıktadır.

- Öğrenilen bu bilgi ile, dışarıda bırakılan 1 eserin makam veya tonalitesini (bilinmiyor varsayarak) belirle,
- Belirlenen sınıf başta etiket olarak verilen sınıf ile aynı ise doğru sınıflananların adedini, değilse yanlış sınıflananların adedini 1 artır,
- 91 adımlık tur tamamlanınca ortalama doğruluk oranını hesapla.

#### 4. Sonuçlar ve değerlendirme

Tüm bu işlemlerden elde edilen sonuçlar Tablo 5'te toplanmıştır.

Tablo 5. Beş algoritmanın Pisagor-12, 12-TET ve Rauf Yekta-12 ses sistemlerine göre oluşturulmuş öznelilikler üzerinde elde ettikleri sınıflandırma doğrulukları

Algoritma	Psg12 (%)	12TET (%)	RY-12 (%)	Ortalama (%)
Karar ağacı ( <i>J48</i> )	70.3	70.3	68.1	<b>69.6</b>
Doğrusal ayırım analizi ( <i>LDA</i> )	61.5	62.6	62.6	<b>62.3</b>
Çokkatmanlı algılayıcı ( <i>Multilayer Perceptron</i> )	56.0	54.9	56.0	<b>55.7</b>
Hızlı karar ağacı ( <i>REPTree</i> )	54.9	54.9	56.0	<b>55.3</b>
En yakın k komşu ( <i>IBk</i> )	40.7	41.8	40.7	<b>41.0</b>
Lojistik ilkelleme (Logistic Regression)	34.1	34.1	35.2	<b>34.4</b>
<b>Ortalama</b>	<b>52.9</b>	<b>53.1</b>	<b>53.1</b>	

Görüldüğü gibi, en başarılı algoritma Karar Ağacı (*J48*, % 69.6) olmuş; bu algoritma her 10 eserden yaklaşık 7'sinin makam veya tonalitesini doğru olarak öngörmüştür. Üç farklı ses sisteminden hesaplanan özneliliklere göre elde edilen ortalama doğruluk oranlarının ikisi aynıdır: % 53.1. Öteki ise buna oldukça yakındır: % 52.9. (Gerçekte son iki algoritma ortalamayı düşürmüştür; böyle bir uygulamada en iyi sonuçları veren ilk iki algoritmanın kullanılması daha uygundur. Ancak genelliği sağlamak için tüm sonuçlar dikkate alınmıştır.)

Elde edilen sonuçlara Kruskal-Wallis testi uygulanınca p değeri 0.535 çıkmaktadır. Yani p değerinin anlamlılık düzeyi olan 0.05'ten büyüktür. Bu nedenle, doğruluk oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğuna ilişkin kanıt yoktur. Kısaca, *bu makalede kullanılmış veri kümesi ve öznelilikler sözkonusu* üç ses sisteminden hangisinin perdelerine göre hesaplanırsa hesaplanırsa, sonuç değişmemektedir. Buna karşılık, Rauf Yekta, RY-12 sisteminin

hem Türk musikisi hem Batı müziği perdelerini en az tahrif ettiğini belirttiği için, kullanımı ilkesel olarak daha doğrudur.

#### **4.1. Yan sonuç**

Bu çıkarım, pratikte çok yararlı olabilecek şu olanağı da doğurmaktadır:

Yapay öğrenme uygulamalarında öznitelik çıkarma görevi kod yazmayı gerektirir ve vakit alıcı bir iştir. Türkiye’de bu konuda fazla çalışma yoktur. Dünyada ise özellikle MIDI dosyalarından öznitelikler çıkaran iyi uygulamalar vardır. Örneğin jSymbolic (McKay, 2018), 246 öznitelik hesaplayabilmektedir. Bu yazılımın kısıtı, yalnızca 12-TET sistemini tanıyor olmasıdır. Ancak bu çalışmamız, müzikal perde ve aralıklarla ilgili 16 öznitelik için RY-12 ile 12TET arasındaki mikrotonal farkların algoritma başarımını hiç etkilemediğini, her iki seçenekte de ortalama % 53.1 başarı gösterdiğini ortaya koyduğu için, sembolik derlemlerde sözkonusu yazılımın çıkardığı özniteliklerin gönül rahatlığıyla kullanılabilceği söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Başer, F. A. (1996). Türk Musikisinde Abdülbaki Nasır Dede:(1765-1821). Marmara Üniversitesi (Turkey).
- Hummel, J. E. (1828). *A Complete Theoretical and Practical Course of Instruction on the Art of Playing the Piano Forte*.
- Karaosmanoğlu, M. K. (2012). A Turkish makam music symbolic database for music information retrieval: Symbtr. *Proceedings of the 13th ISMIR Conference, Porto, Portugal, 1(13)*, 223–228. Retrieved from [http://compmusic.upf.edu/system/files/static\\_files/KemalKaraosmanoglu\\_Ismir2012.pdf](http://compmusic.upf.edu/system/files/static_files/KemalKaraosmanoglu_Ismir2012.pdf)
- Karaosmanoğlu, M. K. (2017). *Müzik Aritmetiği ve Ses Sistemleri*. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.
- Karaosmanoğlu, M. K., Berkman, E., & Berkman, M. İ. (2022). Examining transposed makams in Turkish music through machine learning: classification of Rengidil-Neveser and Ruhnevaz-Buselik pieces. *Journal of New Music Research*, 51(4–5), 346–360. <https://doi.org/10.1080/09298215.2023.2240756>
- Karaosmanoğlu, M. K., & Taşçı, F. (2014). Türk musikisi için Symbtr sembolik derlemi üzerinde otomatik ezgi analizi. *Porte Akademik: Müzik ve Dans Araştırmaları Dergisi / Journal of Music and Dance Studies*, 10(1), 98–115.
- McKay, C. (2018). Jsymbtr 2.2: Extracting Features From Symbolic Music for Use in Musicological and Mir Research. In *Proceedings of the 19th International Society for Music Information Retrieval Conference*.
- Montgomery, D. (2003). *Franz Schubert's music in performance: compositional ideals, notational intent, historical realities, pedagogical foundations*. Pendragon Press.
- Streicher, J. A. (1802). *iiber day Spielen, Stimmen ve Erhalten des Forte-Piano*. (K. Bemerkungen, Ed.).
- Uygun, M. N. (1996). Safiyüddin-i Urmevî ve Kitâb-ı Edvâr. İstanbul: Kubbealtı Yayınları.
- Witten, I. H., & Frank, E. (2002). Data mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementations. *Acm Sigmod Record*, 31(1), 76–77.
- Yekta, R. (1986). *Türk musikisi*. İstanbul: Pan Yayıncılık.

## Ek 1 - Makam ile Tonalite Kavramlarını Eşleştirmek Doğru mu?

Her 10 eserin yaklaşık 7 tanesinin makam veya tonalitesini doğru öngören J48 Karar Ağacı algoritmasının öngörü örneklerini incelemek, makam - tonalite eşleştirmesini savunanlara genellikle olumsuz mesajlar vermektedir (Tablo 6).

Tablo 6: J48 Karar Ağacı algoritmasının karıştırma matrisi

Sınıflama→ ↓ Makam / Tonalite	a c e m a s i r a n	b u s e l i k	c a r g a h	M a h u r	n i h a v e n t	r a s t	s u l t a n i y e g a h	d o m a i r	f a m a i r	l a i n a r	r e m i n a r	s o l m a j o r	s o l m i n o r
Acemaşiran	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buselik	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Çargah	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Mahur	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Nihavent	0	0	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Rast	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	2	0
Sultaniyegâh	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0
do_major	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
fa_major	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
la_minor	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
re_minor	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0
sol_major	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	2
sol_minor	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3

Bu tablo şöyle okunmalıdır:

Her satırın başında yazılı makam ya da tonalite, bestecinin ya da uzmanların algoritmaya bilgi olarak girmek üzere belirlediği, her bir eserin sınıfının (makam veya tonalitesinin) ne olduğuna ilişkin bilgidir (etiketlenmiş veri). Sütun başlıklarında da aynı sözcükler yer alır; ancak bunlar algoritmanın öngördüğü sonuçlardır. Yani bir satır ile bir sütunun kesiştiği hücredeki sayı, satır

başlığında yazan sınıftan eserlerin kaçının, sütun başlığındaki sınıftan olarak tahmin edildiğini gösterir. Örneğin ‘Acemaşiran’ satırı ile ‘acemasiran’ sütununun kesişiminde yer alan 7, bu makamdaki eserlerden 7’sinin (bu veri kümesi için tamamının) doğru öngörüldüğü anlamına gelir. Buna karşılık, sözgelimi Bûselik eserlerin 6 tanesi doğru tahmin edilmiş, 1 tanesi ise La-minör tonalitesinden sanılmıştır (Bu eser şudur: *buselik sarki, aksak, ismail\_baha\_surelsan, beni\_ihmal*, Şekil 4).

**Beni İhmal Bana İsyân**  
**Bûselik Şarkı**

Üsul: Aksak  
♩ = 180 ⇒ 2 Dk 24 Sn

Beste: İsmail Baha Süreلسan (19/11/1912 - 12/4/1998)  
Güfte: Rüşti Şardağ (1915 - 1994)

Be ni ih mal ba na is yan be ni giryân\_ et  
Göster\_ â şüf te li ğin ken di ne hay rân\_ et  
Göster\_ â şüf te li ğin ken di ne hayrân\_ et [SON]

Şekil 4: Algoritmanın La-minör olarak öngördüğü İsmail Baha Süreلسan’a ait Bûselik şarkının başlangıcı

Tablo 6 incelenince, bazı makamlarla bazı makamların ve kimi tonalitelerle kimi tonalitelerin de karıştırıldığı görülmektedir. Ancak Tablo 3’teki makam - tonalite ikililerini eşleştirmeyi makul kılacak genel bir sonuç yoktur. Çünkü ileri sürülen tez doğru olsa en azından 7 makamımızdaki eserlerin yarıdan çoğunun (bu veri kümesi için 7’şer eserin en azından 3’er - 4’er adedinin), makamın eşleştiği söylenen tonalitede olduğu sonucunun çıkması gerekirdi. Oysa 7 makamın hiçbiri için bu sonuç çıkmamıştır. Üstelik iki makam için doğruluk oranı % 100’dür.

Algoritmanın en çok karıştırdığı makam - tonalite ikilisi, Çargâh ile Do-majördür (3 Çargâh eser Do-majör, 3 Do-majör eser Çargâh olarak öngörülmüştür). Bunun nedeni açıktır: Öteden beri pek çok yazar tarafından dile getirildiği üzere, Arel - Ezgi - Uzdilek üçlüsünün tanımladığı Çargâh makamı, zaten Batının Do-majöründen başka bir şey değildir; geleneksel Türk musikisindeki Çargâh makamı ile bir ilgisi yoktur. Nitekim veri kümemizde yer alan ‘Çargâh’ örneklerin tamamı Türk halk müziği eseridir ve makam etiketlemesi tarafımızdan yapılmıştır. Çünkü AEU’nun Çargâhına uygun klasik eser bulmak neredeyse olanaksızdır.



Bu konu, ayrı bir makalede başlıbaşına irdelenip değerlendirilecek kadar kapsamlıdır ve ileride yayınlanması planlanmaktadır.

## Ek 2 – Rauf Yekta kromatik dizisi sesleriyle sentezlenmiş çoksesli makamsal bir eser

Bu makalede RY-12 kromatik dizisi icra dışı bir bağlamda ele alınmıştır. Ancak bu vesileyle icrada nasıl bir duyum ortaya çıktığını sentetik yolla da olsa ortaya koymak için, Necdet Levent'in çoksesli Hicaz peşrevi RY-12 perde entonasyonlarıyla sentezlenmiştir (Şekil 5).

**Peşrev**  
(Keman - Piyano)

Moderato Beste: Necdet Levent

♩ = 81

The musical score is presented in three systems. The first system includes the Ney, Piyano (middle), and Piyano (bottom) staves. The second system continues the melody on the Ney and piano accompaniment. The third system shows the final part of the excerpt, with the Ney playing a descending melodic line and the piano accompaniment providing harmonic support.

**Şekil 5:** Necdet Levent'in çoksesli olarak bestelediği Hicaz peşrevin başlangıcı. Eserin tamamının Rauf Yekta-12 ses sistemiyle oluşturulmuş sentetik bir icrası şuradan dinlenebilir: <https://freesound.org/people/mus2a/sounds/697359/>

