

# Türk makam müziği notaları için otomatik ezgi bölütleme

## Automatic melodic segmentation of Turkish makam music scores

Barış Bozkurt  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Bahçeşehir Üniversitesi  
baris.bozkurt@bahcesehir.edu.tr

M. Kemal Karaosmanoğlu  
Sanat ve Tasarım Fakültesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
kkara@yildiz.edu.tr

Bilge Karaçalı  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
bilgekaracali@iyte.edu.tr

Erdem Ünal,  
TÜBİTAK-Bilgem  
erdem.unal@tubitak.gov.tr

**Özetçe - Otomatik ezgi bölütleme, sembolik müzik verilerinden yola çıkılarak gerçekleştirilen hesaplamalı ezgi analizi için önemli ön adımlardan birisidir. Birçok müzik türü için yaygın olarak çalışılmış bu alanda, Türk makam müziği nadiren ele alınmıştır. Bu çalışmada, hem uluslararası literatürde öne çıkan yöntemler Türk makam müziği eserleri üzerinde sınanmış, hem de makam müziğinde ezgi ile usul kalıpları ve makama özel perdeler arasındaki ilişkiyi kullanarak iyileştirmeler önerilmiştir. Bu çalışmada istatistiksel öğrenme tabanlı bir otomatik ezgi bölütleme yöntemi sunulmuş ve önerilen sistemin literatürdeki tekniklerden daha yüksek başarımla düzeyine sahip olduğu geniş veri kümeleri üzerinde yapılan testlerle gösterilmiştir.**

**Anahtar kelimeler – makam müziği, ezgisel analiz**

**Abstract - Automatic melodic segmentation is one of the important steps in computational analysis of melodic content from symbolic data. This widely studied research problem has been very rarely considered for Turkish makam music. In this paper we first present test results for state-of-the-art techniques from literature on Turkish makam music data. Then, we present a statistical classification-based segmentation system that exploits the link between makam melodies and usul and makam scale hierarchies together with the well-known features in literature. We show through tests on a large dataset that the proposed system has a higher accuracy.**

**Keywords – makam music, melodic analysis**

### I. GİRİŞ

Otomatik ezgi analizi, müzik bilgi erişimi ve hesaplamalı müzikoloji alanlarında yoğun çalışılan alt dallardan birisidir. Otomatik ezgi bölütlemesi (ezgi sınırlarının belirlenmesi) için uygulama alanları olarak şunlar sayılabilir: Müzik bilgi erişimi alanında veritabanlarında ezgi tabanlı aramaların hızlandırılması, indekslenmesi, otomatik yapı ve form analizi, makam müziğinin ezgisel organizasyonu ile ilgili yapılacak müzikoloji çalışmaları.

Otomatik ezgi bölütlemesi için geniş literatür özetleri birden fazla çalışmada sunulmuştur [1-4]. Pearce v.d. [1] bu

alandaki çalışmaları üç ana kategoride toplar: *Müzik kuramına dayanan yaklaşımlar, algı kuramlarına dayanan çalışmalar ve hesaplamalı çalışmalar*. Çalışmamız hesaplamalı çalışmalar içerisinde düşünülebilir. Bu kategoride yer alan çalışmalar açısından önemli bir referans Gestalt ilkelerini otomatik bölütleme yöntemi olarak kullanmayı öneren Tenney ve Polansky'dir [5]. Bu çalışmadan sonra birçok hesaplamalı teknik geliştirilmiştir. Yapılan çalışmaların hemen hepsi, işitsel süreçlerdeki süreksizliklere dair öznitelikleri sembolik verilerden yola çıkarak saptamak ve bu öznitelikleri kullanarak yerel ezgi sınır olasılıklarını belirlemek üzerine kuruludur. Süreksizlik ölçümlerinde en sık kullanılan öznitelikler şunlardır:

- Nota başlangıç anları arasındaki uzaklık/süre,
- Bir notanın bitim anı ile sonrakinin başlangıç anı arasındaki uzaklık/süre,
- Ardışık notaların oluşturduğu müzikal aralık/uzaklık
- Bunların ağırlıklı toplamları [6-8].

Cambouropoulos (tekrarlanan ezgi motiflerinin sınırlarda bulunma olasılığının yüksekliğini ifade eden bir prensip olan) müzikal paralelliğin de bölütleme için önemli etmenlerden biri olduğunu ifade etmiştir [9]. Ancak bu yaklaşımın formüle edilmesindeki zorluk nedeniyle hem kendisi tam bir çözüm üretememiş, hem de daha sonra pek az araştırmacı bu yaklaşımı kullanmıştır. Frankland ve Cohen [8], Lerdahl ve Jackendoff'un *Generative Theory of Tonal Music* kitabındaki [10] yerel gruplama kurallarının nicemlenmesine dayanan bir yöntem kullanmışlardır. Bu algoritmalar, çeşitli çalışmalarda karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Nooijer v.d. [3], 40 kişinin etiketlediği 10 ezgiden oluşan veri kümesi üzerinde, şu anda kullanılmakta olan beş en ileri tekniğin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Kendi testlerinden ve başka yazarlarca daha önce yapılan karşılaştırmalı çalışmalardan varılan nihai sonuç, insanların işaretlemelerinin en çok şu üç algoritmanın çıktısına yakın (ve başarı oranlarının benzer) olduğunu göstermiştir: Grouper [7], Information Dynamics [11] ve Local Boundary Detection Model (LBDM) [6]. (Öteki iki algoritma Zamansal Gestalt Birimleri [5] ve Ezgisel Benzerlik Modeli'dir [12]). Diğer karşılaştırmalı çalışmalar olan [1] ve [13] içerisinde yapılan karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlar da [3]'te sunulan sonuçlarla büyük oranda uyumludur.

### Makam müziği için ezgi bölütlemesi

Makam müziği için otomatik ezgi bölütleme olgusu ise ilkin Lartillot ve Ayari [14] tarafından Tunus makam müziği bağlamında ele alınmıştır. Yazarlar bölütleme yöntemlerini sınamak amacıyla, doğaçlama bir ezginin algısal bölütlenişini gözönüne almışlar ve insan bölütlemeleriyle otomatik bölütlemelerin karşılaştırılmasının yanısıra, işaretlemeleri yapan kişilerin seçimlerini nasıl gerçekleştirdiklerine ilişkin verileri de derlemişlerdir. Daha önceki bir çalışmada Ayari [15], diğer çalışmalarda bahsi geçen işitsel süreçlerdeki süreksizliklerin ve paralelliklerin izini sürmeye ek olarak, kültüre özgü şu bölütleme stratejilerini irdelemiştir:

- i) Müzikal bir cümlecik, müzikal dizinin hiyerarşik olarak üstün bir derecesinde (notasında) bitme eğilimindedir. Bu derece, Batı tonalitesinde karar perdesi, bir Arap makamında ise eksken nota ya da kök sestir,
- ii) Müzik türüne özgü motifler geçiş tetikler ve bölüt üretir.

Türk makam müziği uzmanlarıyla yaptığımız görüş alış-verişlerinde birçok müzisyenin sezgilerinin yukarıda belirtilenleri doğruladığını gözlemledik, ancak literatürde bununla ilgili herhangi bir referansa rastlamadık. Lartillot ve Ayari [14] önerdikleri hesaplamalı modele müzik tarzıyla ilgili özel ezgisel - ritmik örüntüler kavramını katmış, bunu Gestalt ilkelerine ek bir öznitelik olarak sunmuşlardır. Yakın tarihte Lartillot, Yazıcı ve Mungan [16] literatürdeki ön varsayımların sınırlarını tartışarak, Türk makam müziği için algısal sınırları belirleme problemi incelemiştir. Yazarlar daha önceki çalışmalarda bağımsız olarak değerlendirilen parametrelerin ağırlıklı toplamlarını alarak daha yüksek başarımlar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışma, alt düzey algısal işlemlerle kültüre özgü birikimin bir etkileşimi olabileceğine de işaret etmektedir.

Bu çalışmamızda başlıca iki nedenle veri odaklı yaklaşım izlenmiştir. İlk, bölütlenmiş veri kümesinden ‘öğrenen’ istatistik bir yaklaşım, müzikoloğa, belirli bir veri kümesi seçip elde ettiği araçla eldekilere benzer ekstra bölütlemeler yapmaya olanak sağladığı için avantajlıdır. İkinci neden, otomatik bölütlemeye usul ve makam özniteliklerinin katkısını araştırma hedefimizdir. Bu amaca ulaşmak için, yukarıda sözü geçen (karşılaştırmalı çalışmalarda öne çıkan) dört tekniğin (LBDM [6], Grouper [7], Kesit Olasılıkları (Segment Probabilities: SP) [17] ve TGU [5]) karar fonksiyonları öznitelikler olarak kullanılmış ve karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Söz konusu sistemler, işitsel (dinleyerek yapılan) bölütlemenin otomatikleştirilmesini hedeflemektedir. Burada sunduğumuz çalışma ise (sembolik verilerden yola çıkarak) doğrudan nota üzerinde otomatik ezgi analizini amaçlar. Bu amaçla literatürdeki teknikler farklı bir uygulamada iyileştirilerek kullanılmıştır.

Literatürden alınmış özniteliklere ek olarak usul ve makam tabanlı iki yeni öznitelik önerilmiş ve bunların otomatik bölütleme başarımlarını ve çözünürlüğüne katkısı araştırılmıştır. Usul tabanlı öznitelik, cümlecik sınırlarının usul vuruşlarının başlangıç anları üzerindeki dağılımından; makam tabanlı öznitelik ise yine aynı ezgi sınırlarının o makamın dizisindeki perdelere / derecelere göre dağılımından elde edilmiştir.

Müzikteki metrik yapı ile gruplama arasındaki bağ daha önce Lerdahl ve Jackendoff [10] tarafından incelenmiş ve

Temperley [7] bunu uygulamada kullanmıştır. Çalışmamızın katkısı ise usul yapılarının katkısını veri güdümlü bir yaklaşımla incelemek ve ezgisel bölütlemeye bunun öteki özniteliklere göre tamamlayıcı katkısını açığa çıkarmaktır. Ezgi sınırlarıyla makam perdeleri arasındaki bağ ise Ayari [15] tarafından incelenmiş ve Lartillot ve Ayari [14] tarafından kural tabanlı bir sistem içerisinde kullanılmıştır. Çalışmamızda makam tabanlı özniteligi hesaplamak için istatistiksel bir yaklaşım izledik ve usul tabanlı öznitelik için olduğu gibi, bunun bölütleme başarımlarını ve çözünürlüğündeki göreceli katkısını ölçmeye çalıştık. Bilebildiğimiz kadarıyla bu, Türk makam müziği bağlamında doğrudan notalar üzerinde yapılan, alanındaki ilk çalışmadır ve elle bölütlenmiş 21610 cümlecigi içeren büyük bir derlem üzerinde sınanmıştır. Burada asıl hedefin otomatik bir ‘algısal’ bölütleme gerçekleştirmek ve bunu ortalama insan bölütlemelerine genelleştirmek ya da onlarla karşılaştırmak olmadığı vurgulanmalıdır. Amaç, notalar üzerinden elle bölütlenmiş bir derlemden öğrenen bir sistem tasarlamak ve daha büyük veri kümelerini bu araçla benzer biçimde bölütletmektir. Dolayısıyla bu çalışmamızdaki veriler ve sınıma süreçleri literatürdekilerden farklıdır.

## II. VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada kullandığımız veriler, Türk makam müziği için bilgisayarın okuyabileceği en kapsamlı derlem olan SymbTr [18] formatında oluşturulmuştur. En yaygın kullanılan 15 makamdan 30’ar eser, XVII. yüzyıldan günümüze kadar 4 döneme yaklaşık olarak eşit dağılacak biçimde ve bu dönemleri simgeleyen Itri, Dede Efendi, Hacı Arif Bey ve Sadettin Kaynak’ın besteleri ağırlıkta olmak üzere seçilmiştir. Bu notalar basılı nüshalar olarak 3 uzmana verilirken kendilerinden, eserleri *anlamli en küçük ezgilere ayırmaları* istenmiştir. Birbirlerini tanımayan ve bu süreçte iletişim halinde olmayan uzmanlar, sözcük sayısı 450 eseri yaklaşık olarak 3 ay içinde işaretlemişlerdir<sup>1</sup>. Bu bölütleme bilgileri SymbTr formatı içine gömülmüş ve kodlar bu dosyalar üzerinde çalıştırılmıştır.

Hem literatürdeki algoritmaların Türk makam müziği eserlerini bölütlemeye katkılarını gözlemlemek, hem de bunları yeni önerilen özniteliklerle karşılaştırma / kaynaştırma amacıyla, uzmanların işaretledikleri eserler şu araçlarla da bölütletilmiştir: i) LBDM, ii) TGU, iii) SP ve iv) Grouper. İlk üç algoritmanın kodları Eerola ve Toivainen [19] tarafından kullanıma açılan MatLab MIDI Toolbox içerisinde yer aldığı için, verileri bu aracın *Notematrix* adlı girdi formatına dönüştürmek yeterli olmuştur. Bu dönüşüm sırasında Türk makam müziği perde frekanslarının özgünlüğü korunmuştur. *Grouper* algoritması ise C programlama diliyle kodlandığı ve Melisma yazılımı<sup>2</sup> içinde araştırmacıların kullanımına açıldığı için, ham veriler bu yazılımın girdi formatına çevrilmiştir. TGU ve Grouper uygulamalarının çıktıları, her bir nota başlangıcının cümlecik sınırları olduğu ya da olmadığı şeklinde ikili karar fonksiyonlarıdır. Dolayısıyla bu tekniklerle yaratılmış karar fonksiyonları 0’lardan (sınır olmayan nota başlangıçları) ve 1’lerden (sınır olan başlangıçlar) oluşur. Öteki iki algoritma ise her nota başlangıç noktasına bir sınır olma olasılığı atar. Önerdiğimiz sistem LBDM, TGU, Grouper ve SP

<sup>1</sup> Gerçekte bir uzman bu notaların tümünü bölütlemiş; ikinci ve üçüncü uzmanlar ise –konunun özyle ilgili olmayan nedenlerle– yaklaşık olarak yarı yarıya paylaşarak bölütlemişlerdir.

<sup>2</sup> [ftp://ftp.cs.cmu.edu/usr/ftp/usr/sleator/melisma2003](http://ftp.cs.cmu.edu/usr/ftp/usr/sleator/melisma2003)

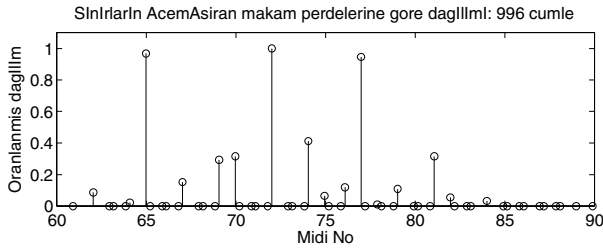
algoritmalarının (tek başlarına kullanılmalarına göre) daha etkin kılınması için, bunların çıktılarını ve yeni önerilen iki özneliği bir öznelik vektöründe birleştiren istatistiksel öğrenme tabanlı bir tasarımıdır.

Ezgi bölütlemesinin istatistiksel öğrenme yoluyla gerçekleştirilmesine literatürde iki çalışmada rastlamaktayız: [1] ve [17]. Bu çalışmalarda sistem tasarımı, otomatik bölütlemenin bir bölüt veritabanından öğrenilmesine dayanmaktadır. Bu bağlamda, çalışmamızda sunduğumuz yenilik sistem tasarımında değildir. Çalışmamızın katkısı makam ve usul bilgisine dayanan iki yeni öznelik tanımlanması, bu özneliklerin bölütleme sisteminin iyileşmesinde etkin olduğunun gösterilmesi ve toplamda Türk müziği için literatürdeki yöntemlerden daha iyi çalışan bir otomatik bölütleme sisteminin üretilmesidir. Aşağıda sırasıyla önerilen öznelikler, sistem tasarımı ve testler özetlenmiştir.

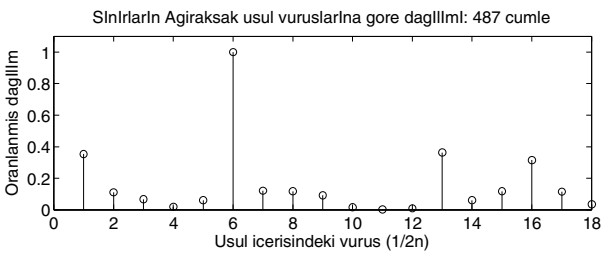
#### A. Makam tabanlı öznelik

Uzmanlardan toplanan veri örnekleri üzerinde yapılan gözlemler ve verinin genelinden elde edilen dağılımların incelenmesi, makamın dizisindeki *karar*, *güçlü* gibi önemli perdelerin ezgi sınırında bulunma olasılığının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu, literatürde ilk olarak Tunus makam müziği bağlamında [15] içerisinde tartışılmış ve [14]'te kural tabanlı olarak (makamın karar sesi için bölüt olasılığını artıracak şekilde) uygulanmıştır.

Çalışmamızda bu basit kural tabanlı sistem yerine, olasılıkların veri dağılımlarından elde edilmesi yöntemi tercih edilmiştir. Bir uzmana ait veri setinde bölütlenecek parça dışarıda bırakılarak elde edilen eğitim setinden hesaplanan dağılımlara bir örnek Şekil 1'dedir.



Şekil 1. Bölütlenecek Acemaşiran makamında eser dışarıda bırakılarak veriden elde edilen ezgi sınır dağılımı



Şekil 2. Bölütlenecek eser dışında kalan Ağıraksak usulündeki eserlerden elde edilen ezgi sınır dağılımı

Şekil 1 incelendiğinde, uzmanın işaretlediği ezgi sınırlarında en sık gözlenen üç perdenin sırasıyla Fa4 (65), Do5 (72) ve Fa5 (77) olduğu görülmektedir. Bunlar ise, gerçekten de, Acemaşiran makamının sırasıyla *karar*, *güçlü* ve *tiz durak* perdeleridir. Üç ayrı veri setinde yapılan gözlemlerde

makamlara göre bu şekilde hesaplanan dağılımların birbirine benzediği görülmüş, dolayısıyla makam tabanlı öznelik, her nota başlangıç noktasında ezgi sınırı bulunma olasılığı olarak, ilgili notanın, eserin bestelendiği makamdaki ağırlıklı dağılımdan elde edilmiştir.

#### B. Usul tabanlı öznelik

Benzer biçimde, ezgi sınırlarının usul içerisinde konumlanma yerlerinin de veri genelinde belirli bölgelerde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Türk makam müziğiyle ilgili kimi kuramsal yayınlarda ve sözlü eğitimlerde dile getirilen bu olgu, bugüne kadar herhangi bir hesaplamalı müzikoloji çalışmasında ele alınmamıştır. Şekil 2'de, bölütlenecek eser dışarıda bırakılarak, bu eserin usulü olan Ağıraksak usulündeki eserlerden elde edilen örnek dağılım sunulmuştur. Burada usulün 3.5, 1, 7 ve 8. vuruşlarında yoğunlaşma gözlenmektedir. Öteki usuller için de bu yöntemle hesaplanan dağılımlarda üç uzmanın verisinde yüksek düzeyde benzerlik olduğu gözlenmiş; o nedenle usul tabanlı öznelik listeye eklenmiştir. Usul tabanlı öznelik, notanın suresi boyunca usul vuruşlarına karşılık gelen dağılım değerinin en yüksekisi olarak tanımlanmıştır.

### III. TESTLER

Ezgi sınırında bulunan notaları diğerlerinden ayırmak için Fisher'in doğrusal sınıflandırıcısı [20] kullanılmıştır. Bu tercihin birinci nedeni işlemsel yükü düşük tutmak, ikincisi ise ayrıştırılmaya çalışılan sınıflara ait mevcut örnek sayıları arasında ciddi farklılık olması bu tekniğin tolere edilebilirliği.  $i = 1, 2, \dots, \ell$  olmak üzere,  $x_i$  öznelik vektörleri ve bunların sınıf etiketleri olan  $y_i \in \{0, 1\}$  lerden oluşan  $\{(x_i, y_i)\}$  veri kümesi verildiğinde Fisher doğrusal diskriminantı şöyle tanımlanır:

$$f(x) = (\Sigma_1 + \Sigma_2)^{-1}(m_1 - m_2)x \quad (1)$$

Burada  $m_1$  ve  $m_2$  ler öznelik vektörlerinin örnek ortalamalarını ve  $\Sigma_1$  ve  $\Sigma_2$  ler de bunlara karşı gelen eşdeğimsiz vektörlerini göstermektedir.  $x$  öznelik vektörü ile bir nota için karar, eğitim kümesinden  $f(x)$  değeri hesaplanıp eşik değerlendirme yapmak suretiyle verilir. Eğitim kümesi içinde verilen yanlış kararlar ve atlanan ezgi sınırları arasında bir denge kurularak belirlenen  $f_c$  eşik değeri için,  $f(x) \geq f_c$  koşulunu sağlayan notalar ezgi sınırı olarak etiketlenir. Üzerinde karar verilmek istenen bir öznelik vektörü  $x$  için bu diskriminant fonksiyonunun aldığı değer,  $f_c$  olarak tanımlanmış olan bir eşik değeri ile karşılaştırılarak, ondan büyük olanların, belirleyicileri 1 olan ezgi sınırlarını belirten notalara ait öznelik vektörlerinin sınıfına atanır.

Ezgisel bölütleme literatüründe sonuçları karşılaştırmak için uygulamaya ve veriye bağlı olarak farklılık gösteren yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, en yaygın teknik olan kesinlik, duyarlılık ve f-ölçüt kullanılmıştır. Üç uzmana ait veri kümelerinde aşağıdaki sistem seçenekleri test edilmiştir: i) Literatürden algoritmaların sonuçları (Tablo 1), ii) sadece makam özneliği ve usul özneliğiyle oluşan sonuçlar (Tablo 2), iii) bütün öznelikleri içeren sistemin sonuçları (Tablo 3) ve iv) makam ve usul dışındaki tüm özneliklerin test sonuçları (Tablo 4).

	LBDM			TGU		
	VK 1	VK 2	VK 3	VK 1	VK 2	VK 3
p	0.516	0.355	0.526	0.423	0.226	0.375
r	0.553	0.451	0.492	0.408	0.428	0.427
F <sub>1</sub>	0.534	0.397	0.508	0.415	0.296	0.399

	Segment Prob.			Grouper		
	VK 1	VK 2	VK 3	VK 1	VK 2	VK 3
p	0.206	0.135	0.182	0.439	0.239	0.392
r	0.361	0.315	0.366	0.489	0.501	0.516
F <sub>1</sub>	0.262	0.188	0.243	0.462	0.324	0.445

**Tablo 1.** Literatürden sonuçlar (VK: Veri kümesi)

	Makam tabanlı			Usul tabanlı		
	VK 1	VK 2	VK 3	VK 1	VK 2	VK 3
p	0.1604	0.1091	0.1432	0.4299	0.2551	0.3721
r	0.5668	0.3216	0.5999	0.5997	0.6458	0.6139
F <sub>1</sub>	0.2501	0.1629	0.2312	0.5008	0.3657	0.4633

**Tablo 2.** Makam ve usul özniteliklerinden sonuçlar

	VK 1	VK 2	VK 3
p	0.6240	0.4635	0.6106
r	0.5977	0.5257	0.5908
F <sub>1</sub>	0.6106	0.4926	0.6005

**Tablo 3.** Tüm öznitelikleri içeren sistemin sonuçları

	VK 1	VK 2	VK 3
p	0.5895	0.4326	0.5498
r	0.5560	0.4244	0.5517
F <sub>1</sub>	0.5723	0.4285	0.5507

**Tablo 4.** Makam ve usul özniteliklerini içermeyen sistemin sonuçları

#### IV. SONUÇ

Bu çalışma sonucunda, Türk makam müziği için literatürde belirtilen teknikleri başarımlı olarak aşan bir otomatik bölütleme sistemi gerçekleştirilmiştir. Geniş bir seti üzerinde yapılan testlerin toplu sonuçları yukarıda verilen tablolarda sunulmuştur. Türk makam müziği eserleri için tek başına kullandıkları durumda literatürdeki en iyi sonuç veren iki algoritmanın sırasıyla LBDM ve Grouper olduğu, dolayısıyla bu gözlemin [3]'te sunulan karşılaştırma sonucuyla örtüştüğü görülmektedir (Tablo 1). Özellikle usul tabanlı öznitelik tek başına yüksek bir başarımlı sağlamakta (Tablo 2), usul ve makam öznitelikleri literatürdeki algoritmalarla birleştirilince en yüksek başarımlı düzeyi elde edilmektedir (Tablo 3). Tablo 3 ile 4 karşılaştırılınca, yeni önerdiğimiz makam ve usul öznitelikleri katkısı açıkça görülmektedir.

#### V. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 112E162).

#### VI. KAYNAKÇA

- [1] Pearce, M., Müllensiefen, D. and Wiggins, G. A., "Melodic Grouping in Music Information Retrieval: New Methods and Applications", In *Adv. in Music Inf. Retrieval. Studies in Comp. Intelligence*, 274, Springer, 2010.
- [2] Bruderer, M., *Perception and modeling of segment boundaries in popular music*. Ph.D. dissertation, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2008.

- [3] Nooijer, J. de, Wiering, F., Volk, A. and Tabachneck-Schijf, H.J.M., "Cognition-based segmentation for music information retrieval systems", In *Proceedings of the Fourth Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM08)*, 2008.
- [4] Neve, G. and Orio, N., "A Comparison of Melodic Segmentation Techniques for Music Information Retrieval", *Lecture Notes in Computer Science*, 3652: 49-56, 2005.
- [5] Tenney, J. and Polansky L., "Temporal Gestalt Perception In Music", *Journal of Music Theory*, 24: 205-241, 1980.
- [6] Cambouropoulos, E., "The local boundary detection model (LBDM) and its application in the study of expressive timing", In *Proc. of the Int. Computer Music Conference*, San Francisco: ICMA, 17-22, 2001.
- [7] Temperley, D., *The cognition of basic musical structures*, Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- [8] Frankland, B.W. and Cohen, A. J., "Parsing of melody: Quantification and testing of the local grouping rules of Lerdahl and Jackendoff's A Generative Theory of Tonal Music", *Music Perception*, 21(4): 499-543, 2004.
- [9] Cambouropoulos, E., "Musical parallelism and melodic segmentation: A Computational Approach", *Music Perception*, 23(3): 249-268, 2006.
- [10] Lerdahl, F. and Jackendoff, R., *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
- [11] Pearce, M.T. and Wiggins, G.A., "The information dynamics of melodic boundary detection", In *Proceedings of the Ninth International Conference on Music Perception and Cognition*, Bologna, 860-865, 2006.
- [12] Ahlbäck, S., *Melody beyond notes: A study of melody cognition*. Göteborg: Göteborg University, 2004.
- [13] Lartillot, O., and Ayari, M., "Segmenting Arabic modal improvisation: Comparing listeners' responses with computer predictions", In *Proc. of the Conf. on Interdisciplinary Musicology (CIM08)*, 2008.
- [14] Lartillot, O. and Ayari, M., "Segmentation of Tunisian Modal Improvisation: Comparing Listeners' Responses with Computational Predictions", *Journal of New Music Research*, 38(2): 117-127, 2009.
- [15] Ayari, M., *De la theorie musicale a l'art de l'improvisation: Analyse des performances et modelisation musicale*. Sampzon: Delatour France, 2005.
- [16] Lartillot, O., Yazıcı, Z. F. and Mungan, E., "A pattern-expectation, non-flattening accentuation model, empirically compared with segmentation models on traditional Turkish music", In *Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Workshop on Folk Music Analysis*, Amsterdam, 2013.
- [17] Bod, R., "Memory-based models of melodic analysis: Challenging the Gestalt principles", *Journal of New Music Research*, 30(3): 27-37, 2001.
- [18] Karaosmanoğlu, M. K., "A Turkish makam music symbolic database for music information retrieval: SymbTr", In *Proceedings Int. Society for Music Information Retrieval (ISMIR)*. Porto, Portugal, 2012.
- [19] Eerola, T. and Toiviainen, P., MIDI Toolbox. University of Jyväskylä, Finland, 2004. Retrieved from <http://www.jyu.fi/music/coe/materials/miditoolbox>
- [20] Duda, R.O., Hart, P.E. and Stork, D.G., *Pattern Classification*. Wiley-Interscience, 2001.