

Türk Müziği için Müzik Bilgi Erişimi: problemler, çözüm önerileri ve araçlar

Music Information Retrieval for Turkish Music: problems, solutions and tools

Barış Bozkurt¹, Ali Cenk Gedik¹, M. Kemal Karaosmanoğlu²

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

²Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat Tasarım Fakültesi, Beşiktaş, İstanbul
barisbozkurt@iyte.edu.tr, a.cenkgedik@musicstudies.org, kkara@yildiz.edu.tr

Özetçe

Bu çalışma bilgi erişimi uygulamaları açısından Türk müziğinin Batı müziği ile farklılıklarını tartışmaya açmaktadır. Türk müziği bilgi erişimi için frekans histogramı kullanımını önermekte ve otomatik karar sesi tespiti, makam sınıflandırma, ses sistemi analizi, kuram – icra uyuşma düzeyinin ölçülmesi gibi uygulamalar için geliştirilmiş bir dizi aracı içeren Makam Aracı (Makam Toolbox) 1.0'ın ve beraberinde büyük bir parametrik veritabanının tanıtımını yapmaktadır.

Abstract

This study discusses differences between Turkish music and Western music from an information retrieval perspective. It proposes use of frequency histograms for various music information retrieval applications: automatic tonic detection, makam classification, tuning analysis, theory-practice mismatch measurement. It announces a Matlab toolbox: Makam Toolbox 1.0 and a parametric database for Turkish music information retrieval research.

1. Giriş

Ses kayıt veritabanlarının sürekli genişlemesi ve internet üzerinden ulaşılabilir kaynakların sürekli artması nedeniyle Müzik Bilgi Erişimi (Music Information Retrieval, kısaca MIR), yakın zamanda hızla gelişmekte olan bir sinyal işleme alanıdır. Bu alanda konferanslar gelenekselleşmekte, geliştirilen yöntemlerin test edilmesi için düzenli yarışmalar düzenlenmekte, yapılan çalışmaların dökümünü veren özet çalışmalar bulunmaktadır [1].

Çok büyük bir kısmı Batı müziği işlemeye dayalı bu alanda yöntemler Batı müziği kuramı üzerine kurulmakta, önemli sayıda çalışma sadece Batı müziği notasyonuyla kodlanmış sembolik veri kullanmaktadır. Batı müziği dışındaki müziklerin bilgi erişimi uygulamalarına olan ilgi giderek artmakla beraber bu alan neredeyse yeni doğmuştur denilebilir [2]. Ortadoğu ve Asya'nın önemli bir kısmı ve Kuzey Afrika gibi geniş bir coğrafyada yaşamaya devam etmekte olan müzikal geleneklerle benzerliği düşünüldüğünde, Türk müziği bilgi erişim uygulamalarının geliştirilmesinin Batı

müziği dışındaki müzikler için bilgi erişim alanında özel ve merkezi bir öneme sahip olduğunu düşünmekteyiz.

Varolan müzik bilgi erişimi literatüründen yola çıkarak Türk müziği için bilgi erişimi uygulamaları geliştirmeyi hedefleyen çalışmaların Batı müziğiyle farklılıklardan kaynaklanan bir dizi engelle karşılaşılması kaçınılmazdır. Bu çalışma öncelikle bu problemleri tartışmaya açmaktadır. Daha sonra birçok bilgi erişim uygulaması için etkili bir şekilde kullanılabilen bir frekans-histogram gösterimi ve çeşitli uygulamaları sunulmaktadır: makam histogram şablonu oluşturma ve karar sesi bulma, makam sınıflandırma, ses sistemi analizi, kuram–icra uyuşma düzeyinin ölçülmesi.

Yeni bir alanın gelişmesi için verilerin ve geliştirilmiş araçların paylaşımına açılmasının önemi açıktır. Bu çalışma ayrıca Türk müziği bilgi erişimi için geliştirilmiş bir dizi aracı içeren Makam Aracı (Makam Toolbox) 1.0'ın ve beraberinde büyük bir parametrik veritabanının tanıtımını yapmaktadır. Burada sunulan araçlar, Türk müziği için kayıtlardan yola çıkarak sinyal işleme araçlarıyla otomatik notaya dökmeyi gerçekleştirme amaçlı büyük bir projenin ön adımlarını oluşturmaktadır.

2. Bilgi erişimi açısından Türk müziği ile Batı müziği arasındaki farklılıklar

Batı müziği ile Türk müziği arasında çok çeşitli açılardan farklılıklar bulunmaktadır. Burada sadece sinyal işleme uygulamaları tasarımı açısından önemli olduğu düşünülen farklar incelenecektir.

2.1. Nota frekanslarındaki farklılıklar

Türk müziği için, Batı müziğinde kullanılan standart akort frekansı (La4=440Hz) gibi geçerli tek bir akort frekansı bulunmamaktadır. Türk müziği için daha çok ahenk sistemi olarak anılan, ney boylarıyla ilişkilendirilen birden fazla akort sistemi kullanılmaktadır [3]. Buna ek olarak bir oktav içerisinde kullanılan bütün perdelerin (notaların) sayısı ile ilgili kuramsal tartışmalar devam etmekte olup bu sayı için 17 ila 79 arasında öneriler bulunmaktadır [4]. Bazı makamların özellikle bazı perdeleri müzisyenin kişisel tercihiyle bağlı olarak belirli düzeylerde kayabilmekte; kaydırma, vibrato, çarpma gibi süslemelerin de sık kullanılması nedeniyle Batı

müziğine göre frekans uzayında daha yaygın dağılımlar gözlenmektedir. Kimi makamların gamları (aşıt) bir oktavı aşmakta, bu özelliğiyle de Batı müziği gamlarından ayrılmaktadırlar. Perdeli çalgılar için ülke çapında kabul edilmiş bir standart bulunmamakta, perde yerleri ustalar ve müzisyenler tarafından kişisel deneyime bağlı olarak belirlenmektedir. Bütün bu farklılıklar, perde frekans dağılımlarında iki müzik türü arasında büyük farklılıklar yaratmaktadır. Bu nedenle Batı müziği için perde frekans standartlarından yola çıkılarak tasarlanmış (dağılımların 12 boyutlu vektörler cinsinden ifade edilmesi, perde frekanslarına göre filtreleme işlemlerinin yapılması gibi) işlemlerin Türk müziği için uygulanması sakıncalı olmaktadır. Türk müziği için frekans dağılımlarının daha yüksek çözünürlükle ve referans noktasından bağımsız kaydırılabilir şekilde temsili önem kazanmaktadır.

2.2. Kuramsal farklılıklar

Türk müziği kuramı büyük oranda tanımsal-/sözel bilgi içermektedir. Makamlar, gamlara ek olarak melodik (ezgisel) seyir kurallarıyla tarif edilmekte, meşk sistemiyle öğretilmektedir. Türk müziği kuramı hâlâ icra ile belirli düzeyde örtüşememe sorunları yaşayan gelişmekte olan bir çalışma alanıdır. Nota yazımı için Arel sistemi [5] olarak bilinen bir sistem kullanılmakta ama kimi araştırmacılar tarafından bu sistem kıyasıya eleştirilmektedir [6]. Bu ise bilgi erişimi uygulamaları tasarımında Batı müziği için faydalandığı düzeyde kuramdan faydalanma olanağını azaltmaktadır. Türk müziği kayıtlarının işlenmesinde veri güdümlü yöntemlerin kullanılması bu açıdan tercih edilirdir.

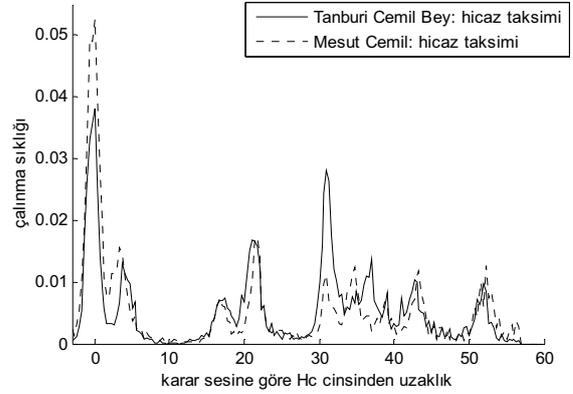
2.3. Çalgısal-tımsal farklılıklar

Yapılan temel titreşim frekans analizlerinde başarının bazı Türk çalgıları için Batı müziği çalgılarına göre önemli oranda düşük olduğu gözlenmiştir [7,8]. Benzer bir gözlem başlangıç noktası (onset) tespit çalışmalarında da yapılmıştır. Bu zorlukların hem çalma stiline göre fazla süsleme içermesinden hem yaylı tanbur ve ney gibi çalgıların frekans karakteristiklerinin karmaşık olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin tanbur kayıtlarının önemli bir kısmında birinci doğuşkanın genliğinin ikinci ve üçüncü doğuşkandan daha düşük olduğu gözlenmiştir.

3. Frekans histogramı gösterimi ve uygulamaları

Müzik bilgi erişimi uygulamaları açısından en önemli parametrelerden birisi temel titreşim frekansıdır (bundan sonra kısaca frekans olarak anılacaktır). Bilgi erişimi uygulamalarında sıkça kullanılan gösterimlerden birisi frekans histogramıdır. Frekans histogramının hem Batı müziği bilgi erişiminde hem de Batı dışı müziklerin bilgi erişiminde kullanan çalışmalarla ilgili bir özet [9] içerisinde sunulmuştur. Aynı çalışmada detaylı olarak Batı müziği uygulamalarında kullanılan perde - sınıf-histogramlarının (frekans dağılımını sadece 12 sesin çalınma sıklığı şeklinde özetleyen gösterim) Türk müziği için kullanımındaki sakıncalar tartışılmıştır: perde uzaylarındaki ve kuramlardaki ciddi farklılıklar nedeniyle, Batı müziği için kuramdan yola çıkarak tasarlanmış gösterimler Türk müziği için kullanıldığında ciddi veri kaybı olmaktadır.

bilgi erişim uygulamalarında başarı düşük kalmaktadır. Bu nedenle, frekans histogramlarını için, mutlak frekans değer histogramları yeğlenmemiş, yerine göçürülebilir (transposable) aralık bilgisi histogramlarının çok daha yüksek boyutlu vektörler şeklinde ifadesinin daha uygun olduğu gösterilmiştir [9]. Şekil 1’de iki Türk müziği kaydının frekans histogramı bu şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1: Frekans histogram gösterim örnekleri: Tanburi Cemil Bey'in hicaz taksimi ve Mesut Cemil Bey'in hicaz taksimi

$Hf_0[n]$ olarak adlandırılan frekans histogramı, (f_n, f_{n+1}) tarafından sınırları belirlenen her alan içerisine düşen frekanslar süre olarak sayılarak elde edilmektedir:

$$Hf_0[n] = \sum_{k=1}^K m_k \quad (1)$$

$$m_k = 1, f_n \leq f_0[k] < f_{n+1} \quad (2)$$

$$m_k = 0, \text{diğer}$$

Müzikal frekansların (sent veya koma gibi) logaritmik parçalar kullanılarak gösterimi sık kullanılmaktadır. f_{0max} ve f_{0min} sınır değerleri için N toplam alan sayısı olarak verildiğinde her bir alanın sınırları (f_n, f_{n+1}) , aşağıdaki formüllerle hesaplanabilmektedir.

$$W_b = \frac{\log_2(f_{0max}) - \log_2(f_{0min})}{N} \quad (3)$$

$$f_n = 2^{f_{0min} + (n-1)W_b} \quad (4)$$

Türk müziği için birim olarak Holder koması (Holdir comma: Hc) (oktavın 53 logaritmik-eşit parçaya bölünmesiyle elde edilen birim) kullanımı yaygındır. Yapılan testlerde $1/3Hc$ çözünürlüğün otomatik histogram işleme algoritmaları açısından optimum olduğu sonucuna varılmıştır [7].

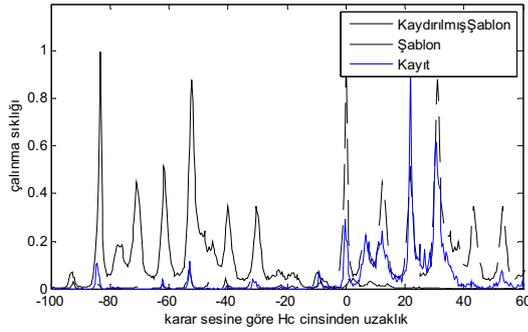
Yukarıda gösterildiği şekilde elde edilen frekans histogramlarının işlenmesine dayanan bazı müzik bilgi erişim uygulamaları aşağıda sunulmaktadır.

3.1. Makam histogram şablonu oluşturma ve karar sesi bulma uygulaması

Standart bir akort frekansının bulunmaması Türk müziği bilgi işleme sistemi açısından bir zorluk yaratmaktadır: farklı kayıtlardan elde edilen histogramların doğrudan birleştirilerek geniş veritabanlarının analizinin yapılması mümkün olmamaktadır. Histogramları birleştirmenin bir yolu bir referans noktasına göre histogramları göçürmek (transposition)

ve birleşim (toplama) işlemini daha sonra yapmaktır. Türk müziği için en uygun referans noktası karar perdesidir. Karar perdesi bilindiğinde aynı makamdan olan eserlerin histogramları rahatlıkla eşleştirilip toplanabilmektedir. Bu yöntem kullanılarak Türk müziği için ilk defa geniş veritabanları üzerinden veri ölçümüne dayalı bir çalışma yapmak mümkün olmuştur [10].

Otomatik karar tespit algoritması basitçe bir şablon histogramla kayıt histogramının eşleştirilmesine dayanmaktadır [7].



Şekil 2: Histogram eşleştirme. Şablon histogramı (soldaki histogram), kaydırılmış şablon histogramı (kesikli çizgi), kayıt histogramı (sağdaki histogram)

Eşleştirme yapılırken histogramlardan biri diğeri üzerinde kaydırılarak histogramlar arası fark hesaplanmakta, farkın en düşük olduğu yer histogramların eşlendiği yer olarak belirlenmektedir. Şablon histogramı, aynı makamdan bir grup kaydın histogramları üzerinden, önce kuramsal bilgilerden yola çıkarak Gauss dağılımlarının toplamı şeklinde başlatılıp veriye bağlı yenilenen döngüsel bir mekanizma içerisinde hesaplanmaktadır. Çıkış noktası Gauss dağılımlarından sentezlenmiş bir dağılım olduğu için, şablon histogramda karar sesine karşılık gelen histogram tepesi bilinmektedir. Bu sayede eşlemeyi takiben karar perdesine karşılık gelen histogram tepesini bulmak oldukça kolaydır. Bulunan tepenin merkezi frekansı karar notasının frekansı olarak belirlenir.

Histogramlar arası fark hesabı için uygun fonksiyonun bulunması amacıyla veri üzerinde kontrollü testlerle literatürdeki [11] histogram fark fonksiyonları denenmiştir. h_r , şablon histogram, h_i , örnek histogram olmak üzere, fark fonksiyonu, d aşağıdaki şekillerde hesaplanmıştır:

$$L_1\text{-norm: } d[n] = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} |h_r[k] - h_i[n+k]| \quad (5)$$

$$L_2\text{-norm: } d[n] = \sqrt{\sum_{k=0}^{K-1} (h_r[k] - h_i[n+k])^2} \quad (6)$$

$$\text{Kesişim: } d[n] = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \min(h_r[k], h_i[n+k]) \quad (7)$$

$$\text{Bhattacharyya fark: } d[n] = -\log \sum_{k=0}^{K-1} \sqrt{h_r[k] h_i[n+k]} \quad (8)$$

Bunlara ek olarak çapraz korelasyonun maksimum olduğu yer bulunarak da eşleştirme denemiştir.

150 adet MIDI verisinden sentezleme yoluyla elde edilen kayıt ve 118 gerçek kayıt (9 ayrı makamdan ney, tanbur kemençe ve ud taksim kayıtları) üzerinde yapılan testlerde en

başarılı sonuçlar L-1 norm ve Kesişim fonksiyonları ile elde edilmiştir: bu yöntemlerle toplam 268 kaydın sadece 1 tanesinde karar notası hatalı olarak bulunmuştur. Bhattacharyya farkı kullanarak hata sayısı 2, çapraz korelasyon ve L-2 norm ile 5 bulunmuştur.

Sonuç olarak Makam Aracı 1.0 içerisinde otomatik karar bulma fonksiyonu L-1 norm ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca makam etiketi belirli bir grup kayıttan otomatik olarak şablon histogram oluşturan fonksiyon da dahil edilmiştir. Şablon histogramlar hem karar tespitinde, hem makam sınıflandırıcısında kullanılabilirler. Bunlara ek olarak, şablon histogram bir grup veri için ortalama histogramdan oluşturulduğu için kayıttan icra edilmiş frekansların makam müziğinin nota sistemiyle ilişkisi açısından müzikolojik analizde başarıyla kullanılabilirler.

3.2. Makam sınıflandırıcı uygulaması

Otomatik karar tespit aracı için kullanılan histogram eşleştirme yöntemi otomatik makam sınıflandırma amacıyla da kullanılabilir. Basitçe, verilen bir kaydın hangi makamdan olduğunu bulabilmek için kaydın frekans histogramı makam şablon histogramlarıyla eşleştirilerek en yakın bulunan şablona göre sınıflandırma gerçekleştirilebilir. Sınıflandırıcı basit olmakla beraber etkili olabilmektedir ve geliştirmeye açıktır. İlgili araştırmacıların üzerinde çalışarak geliştirmek isteyebilecekleri düşünülerek Makam Aracı 1.0'a eklenmiştir. Yapılan testlerde elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

9 makamdan toplam 172 kayıtlı yapılan testlerin sonuçları şu parametreler hesaplanarak sunulmuştur: DP (doğru pozitif): A sınıftan olan kayıtların A olarak sınıflandırılanlarının sayısı. DN (doğru negatif): A sınıftan olmayan kayıtların A dışında olarak sınıflandırılanlarının sayısı. YP (yanlış pozitif): A sınıftan olmayan kayıtların A olarak sınıflandırılanlarının sayısı. YN (yanlış negatif): A sınıftan olan kayıtların A dışında olarak sınıflandırılanlarının sayısı. Bunlara ek olarak sınıflandırma çalışmalarında sıkça kullanılan G (Geri çağırım), K (Kesinlik) ve F-ölçümü değerleri de verilmiştir.

Tablo 1: Makam sınıflandırıcı sonuçları

Makam	DP	DN	YP	YN	G	K	F
Hicaz	14	150	2	6	70	88	78
rast	14	151	2	5	73	88	79
segah	17	149	3	3	85	85	85
kürdili h.	10	145	11	6	63	48	55
huzzam	10	152	6	4	71	63	67
nihavend	14	143	11	4	78	56	65
hüseyni	10	146	6	10	50	63	56
uşşak	15	138	10	9	63	60	62
saba	16	150	1	5	76	94	84
ortalama	13	147	6	6	68	68	68

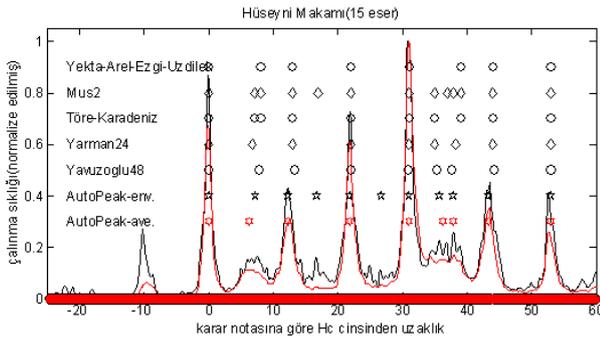
3.3. Ses sistemi analiz uygulaması

Türk müziği nota sistemiyle ilgili yapılan çalışmalar mühendislik araçlarına ciddi biçimde ihtiyaç duymaktadır. Türk müziği literatüründe kuramlar konusunda uyumsuzluk olmasına rağmen bazı verilerin (kayıtların) referans olarak kullanılması konusunda görüşbirliği bulunmaktadır. Araştırmaların veriye dayandırılması gerektiği konusunda da görüşbirliği bulunmakla beraber, müzikologların ulaşabileceği, büyük veritabanlarını işleyebilecek ölçüm (sinyal işleme)

araçları bulunmadığından araştırmalar sınırlı veri üzerinden elle yapılarak devam etmektedir. Amaçlarımızdan birisi de bu eksikliği gidermek için bir girişimde bulunmaktır. Bu amaçla Makam Aracı 1.0 içerisinde, birçok makamdan, makamı belirli (örneğin "hicaz taksim") gibi, adı dosya adı içinde belirtilmiş) bir grup kayıt verildiğinde her makam için şablon histogramları oluşturup, makamları da birbirine göre doğru bölgelerde karar notaları ve kuramda belirtilen bilgiler ışığında birleştirip bütün nota sisteminin incelenebileceği toplam histogramlar oluşturan bir araç eklenmiştir.

3.4. Kuram – icra uyuşma düzeyinin ölçülmesi

Türk müziği için ortaya konmuş çeşitli kuramların ölçümler üzerinden karşılaştırılabilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Makam Aracı 1.0'a, verili ses sistemleriyle icra arasındaki uyumu, ölçülen nota merkezi frekanslarıyla kuramlardaki aralıkları karşılaştırarak hesaplayan bir araç da eklenmiştir. Nota merkezi frekansları, verilerden oluşturulan şablon histogramlarının yerel tepeleri bulunarak elde edilmekte, kuramlarda belirtilen aralık bilgileriyle hem Şekil 3'teki gibi görsel olarak hem de sayısal olarak karşılaştırılmaktadır. Bu şekilde örneğin Hüseyini makamı için 6.5 Hc civarında gözlenen histogram tepesinin bazı kuramlarda 8 Hc olarak belirtildiği, bu noktada bir kuram - icra uyumsuzluğu olduğu gözlenebilmektedir. Bu çıkarım, çeşitli kuram tartışmaları tarafından da desteklenmektedir [6]. Bu araçla ilgili detaylı bilgiler [10] içerisinde bulunabilir.



Şekil 3: Kayıtlardan otomatik eşleştirme ve ortalama alma yöntemiyle oluşturulmuş şablon histogram üzerinde kuramlarda belirtilen aralıkların gösterilmesi

4. Makam Aracı 1.0 ve veritabanı (TMVB)

Yukarıda özetlenen araçları içeren Makam Aracı 1.0'ın programlaması Matlab 6.1'de yapılmıştır ve şu adresten dağıtılmaktadır:

<http://likya.iyte.edu.tr/eee/labs/audio/Main.html>

Veritabanımızın (TMVB) sınırlı (seçilmiş) bir kısmı daha önce müzikoloji camiasına tanıtılmıştı. Bu makaleyle beraber TMVB'nin çok daha genişletilmiş bir hali aynı adreste kullanıma açılmaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada öncelikle bilgi erişim uygulamaları açısından Türk müziğinin karakteristiği tartışılmıştır. Otomatik notaya dökme amaçlı devam eden bir projenin geliştirilmiş bazı araçlarından bir araç derlemesi oluşturularak sinyal işleme araştırmacılarının kullanımına büyük bir veritabanıyla beraber açılmıştır. İlk hedefimiz Türk müziği bilgi erişim uygulama

alanına dikkat çekmek, veri ve araç sunarak daha çok çalışılmasına, bu alandaki teknolojinin ülkemizde gelişmesine katkıda bulunmaktır.

Makam Aracı 1.0 içerisinde paylaşılan araçlar Türk müziği işlenmesi hedeflenerek tasarlanmıştır. Bununla beraber benzer karaktere sahip makam müzikleri için de kullanılma potansiyelleri bulunmaktadır.

6. Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 107E024)

7. Kaynakça

- [1] Casey, M.A., Veltkamp, R., Goto, M., Leman, M., Rhodes, C., Slaney, M. "Content-based music information retrieval: Current directions and future challenges", *Proc. IEEE 96 (4) (2008) 668-696*.
- [2] Tzanetakis, G., Kapur, A., Schloss, W. A. and Wright, M., "Computational ethnomusicology", *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, vol 1/2,2007, p 1-24.
- [3] Erguner, S., *Ney, 'Metod'*. İstanbul, 2007.
- [4] Yarman, O., *79-tone tuning & theory for Turkish maqam music*. PhD Thesis, İstanbul Technical University, Social Sciences Inst., İstanbul, 2008.
- [5] Arel, H.S., *Türk Musikisi Nazariyatı Dersleri*. Hüsnütabiat Matbaası (reprint: 1968), İstanbul, 1930.
- [6] Tura, Y., *Türk Musikisinin Meseleleri*, Pan Yayınları, İstanbul, 1988.
- [7] Bozkurt, B., "An automatic pitch analysis method for Turkish maqam music", *Journal of New Music Research*, 37(1) (2008) 1-13.
- [8] Gedik, A.C. and Bozkurt, B., "Automatic classification of Turkish traditional art music recordings by Arel theory", *Proc. Conf. on Interdisciplinary Musicology, Thessaloniki, Greece, 3-6 July 2008*.
- [9] Gedik, A. C. and Bozkurt, B., "Pitch Frequency Histogram Based Music Information Retrieval for Turkish Music", *Submitted to Signal Processing*.
- [10] B. Bozkurt, O. Yarman, M. K. Karaosmanoğlu & C. Akkoç, "Weighing Diverse Theoretical Models On Turkish Maqam Music Against Pitch Measurements", *Submitted to Journal of New Music Research*.
- [11] Cha, S. - H. S. and Srihari, N., "On measuring the distance between histograms", *Pattern Recognition 35 : 1355-1370, 2002*.