DÜMF Mühendislik Dergisi

web: http://dergipark.gov.tr/dumf

TSMONT ontolojisi: Türk Sanat Müziği makamlarının anlamsal olarak modellenmesi

Övünç ÖZTÜRK*
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Manisa
ovunc.ozturk@cbu.edu.tr, Tel: (236) 201 (2104)

Didem ABİDİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Manisa

Tuğba ÖZACAR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş: 22.05.2017, Kabul Tarihi: 15.08.2017

Öz

Anlamsal web teknolojileri, yalnızca insanlar tarafından değil makineler tarafında da anlaşılabilir bir veri ağı oluşturulmasını hedefler. Bu veri ağında birbirleriyle ilişkilendirilmiş ontolojiler aracılığıyla veri anlamı ile bağlanır. Ontoloji belirli bir alandaki (örneğin bu çalışmada müzik alanı) ilgili olan bir dizi kavram ve ilişkinin biçimsel belirtimidir.

Bu makalede, Türk Sanat Müziği teorisinde yer alan kavramların anlamsal olarak modellenmesine yönelik TSMONT ontolojisi geliştirilmiştir. Bu ontoloji ile Türk Sanat Müziği'nde kullanılan makamlar, diziler, çeşniler, perdeler; bu kavramlar arasındaki ilişkiler ve kavram ve ilişkilere ait örnekler modellenmektedir. Böylelikle müzik alanındaki heterojen veri kaynaklarındaki bilgiden dağıtık ve birlikte çalışabilir bir bilgi tabanı oluşturulabilir.

Ayrıca, TSMONT ontolojisi, en çok kullanılan ontoloji değerlendirme araçlarından olan OntoQA metrikleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda TSMONT ontolojisi, derin bir taksonomiye sahip, zengin ilişkilerin olduğu, kavramların kapsamlı bir biçimde modellendiği, yeterli sınıf örneğine sahip ve kavramların birbirine yakın öneme sahip olduğu bir ontoloji olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ontoloji; Anlamsal Web; OWL; Türk Sanat Müziği; Makam*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

Dünyada müzik eserlerinin hesaplamalı müzik alanında kullanımı, batı müziği eserlerinin sayısal ortamlara aktarılması ile başlamıştır. Bilgisayar yazılımlarının ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte çok daha fazla sayıda müzik eseri elektronik ortamda dolaşmaya ve paylaşılmaya başlanmıştır. Dolaşıma dahil olan veri miktarı arttıkça, bu verilerin düzenlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Müzik eserleri için de aynı şekilde bir düzenleme gerekmiş, bunun için çeşitli veri tabanları oluşturulmuştur. Böylece müzik eserlerinin çeşitli özelliklerine göre sorgulanabilmesi fırsatı doğmuştur. Müzik eserlerine ait bilgileri işlemek üzere geliştirilmiş model ve standartların bazıları aşağıda listelenmektedir;

MPEG-7: Bir multimedya içerik tanımlama standardıdır (Martinez, 2004).
(İng.) The Music Encoding Initiative (MEI): Müzikal dokümanların sayısal ortamda okunabilir bir yapıya dönüştürülmesinde kullanılan bir sistemdir (Hankinson ve ark., 2011).

ID3 (Nilsson, 1999): Genellikle MP3 formatı ile kullanılan meta veridir. Müzik eserinin adı, seslendiren sanatçı, bulunduğu albümün adı, eser numarası gibi verileri saklar.

(İng.) The Music Ontology: Bir müzik eseri ile ilgili temel kavramların yapısal bir biçimde yayınlanabilmesi için önerilmiş bir ontolojidir (Raimond ve ark., 2007). Bu ontolojiyi kullanan uygulamalar arasında Pandora[1], MusicBrainz[2] , EASAIER (Luger ve ark., 2007) ve OMRAS2 (Sandler, 2010) yer almaktadır.

Yukarıda listelenen bazı çalışmalarda müzik eserlerinin gösteriminde anlamsal web teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Anlamsal web vizyonu (Berners-Lee ve ark., 2001) (Shadbolt ve ark., 2006) bilgi paylaşımını yalnızca insanlar arasında olmaktan çıkarıp, bunun makineler arasında da gerçekleştirilmesini öngörmektedir. Bu amaçla web üzerindeki bilginin ontolojilerle modellenmesini hedefler. Bir ontoloji ortak bir kavramsallaştırmanın açık ve biçimsel gösterimidir (Gruber, 1993). Bu gösterim, belirli bir alana ait sınıfların, sınıflar arası ilişkilerin, sınıf ve ilişki örneklerinin standart olarak kabul gören web tabanlı ontoloji dilleriyle (örneğin OWL (W3C, 2004)) modellenmesidir.

Bu makalede, Türk Sanat Müziği teorisinde yer alan kavramların anlamsal olarak modellenmesine yönelik TSMONT ontolojisi geliştirilmiştir. Bu ontoloji ile Türk Sanat Müziği'nde kullanılan makamlar, diziler, çeşniler, perdeler; bu kavramlar arasındaki ilişkiler ve kavram ve ilişkilere ait örnekler modellenmektedir.

Günümüzde kullanılan arama motorları ile "Türk radyo istasyonlarında en çok çalınan müzik türü nedir?" veya "Tatyos Efendiye ait eserleri hangi radyo istasyonu çalmaktadır?" tarzındaki karmaşık sorgulara yanıt döndürülmesi çok zordur. Müzik alanında anlamsal web teknolojilerinin ve ontolojilerin kullanılmasıyla bu tür sorgulara yanıt döndürülmesi kolaylaşacaktır (Janik ve ark., 2011).

Seslerin ontolojilerle modellenmesine yönelik önemli çalışmalardan biri "The Audio Set" ontolojisidir (Gemmeke ve ark., 2017). Bu çalışmada, insan kulağının duyabildiği tüm sesler için "The Audio Set" isimli ontoloji geliştirilmiş ve bu ontoloji Youtube[3]'dan alınan onar saniyelik kesitlerden oluşan ses verisi kümelerinin sınıflandırılması amacıyla kullanılmıştır. Bu ontolojide insan, hayvan, doğa seslerinin yanında çeşitli gürültüler ve müzik için de tanımlamaların yapıldığı görülmektedir.

[1] www.pandora.com
[2] http://musicbrainz.org/
[3] https://www.youtube.com/

Bu alandaki başka bir çalışma, Osmanlı-Türk Makam Müziği (OTMM) ontolojisidir (Şentürk, 2016). Bu çalışma, bu makalenin yazıldığı sırada yayınlanan bir doktora çalışmasıdır ve bu makale ile en benzer çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Doktora tezinin önemli çıktılarından biri, OTMM derlemidir. Derlem, 2200 basılı nota, 6500'den fazla ses kaydı ve bunlarla ilgili meta-verileri barındırmaktadır. OTMM derleminde kullanılan ontoloji kapsamında sınıflar, sınıflar arası ilişkiler, sınıf örnekleri tanımlanmış fakat ilişki örnekleri tanımlanmamıştır. Bir örnek vermek gerekirse, Türk Sanat Müziği'nde her makamın kendine özgü bir veya daha fazla sayıda dizisi bulunmaktadır. Makam ontolojisinde *Makam* sınıfı örnekleri ve *Dizi* sınıfı örnekleri girilmiş fakat makamlarla diziler arasında bağlantı kurulmamıştır. Kısacası hangi dizinin hangi makama ait olduğu belirtilmemiştir. Örneği somutlaştırırsak, ontolojide *Makam* sınıfı örneği olarak *Hicaz, Dizi* sınıfı örneği *HicazDizisi* girilmiştir. Fakat *Hicaz* örneğinin *dizi* niteliği değerinin *HicazDizisi* olduğu belirtilmemiştir. Sınıf örnekleri arasındaki ilişkilendirmeler gerçekleştirilmemiştir. TSMONT ontolojisinde ise örnek ve örneklere ait nitelik değerlerinin girişleri tamamlanarak, sınıf örnekleri birbirleriyle ilişkilendirilmiştir.

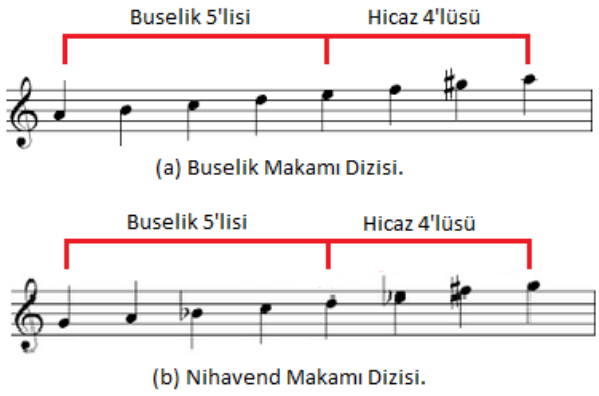
Makalenin devamında anlatılan başlıklar ve içerikleri şu şekildedir: İkinci bölümde TSMONT ontolojisinde kullanılan ve Türk Sanat Müziği alanına ait kavramlar teknik olarak açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde TSMONT ontolojisine ait ontoloji şeması anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde şemanın Osmanlı-Türk Makam Müziği (OTMM) ontolojisi ile eşleştirilmesi anlatılmaktadır. Beşinci bölümde TSMONT ontolojisinin popülasyonu sunulmaktadır. Altıncı bölümde ontolojinin sık kullanılan ontoloji metrikleri üzerinden değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Son olarak, yedinci bölümde ise sonuçlar ve olası gelecek çalışmalar sunulmaktadır.

Türk Sanat Müziği Alan Belirtimi

Bu bölümde, Türk Müziği ontolojisinde yer alan kavramlar tanımlanmaktadır. Makam, Türk Müziğinde kullanılan ve çeşitli melodi tiplerinden oluşan bir sistem bütünü olarak tanımlanabilir (Tanrıkorur, 1998). Türk Sanat Müziği makamları üç grupta toplanır:

(a) Basit Makamlar: Basit makamlar, tam dörtlü ve tam beşlilerden meydana gelen ve güçlü perdesi dörtlü ile beşlinin ek yerinde bulunan makamlardır. Örneğin: Buselik Makamı.

(b) Şedli (Göçürülmüş) Makamlar: Bu makamlar, basit bir makam dizisini durak sesinden yani kendi yerinden başka bir perdeye aralıklarını bozmadan ve gerekli işaret değişikliklerini yaparak taşıyarak, bir başka deyişle göçürerek elde edilirler. Şekil 1'de Buselik Makamı'ndan göçürülmüş Nihavend Makamı dizisi görülmektedir. Bu örnekte, göçürülme işlemi porte üzerindeki buselik dizisine ait tüm seslerin portede bir ses aşağıya taşınması (pestleşmesi) ile elde edilmektedir.



Şekil 1. Nihavend Makamı dizisinin Buselik Makamı dizisinden göçürülmesi.

(c) Mürekkeb (Bileşik) Makamlar: Örtüşen çeşitli dörtlü ve beşlilerin birleştirilmesiyle elde edilen makamlardır. Şekil 2'de bileşik makamlardan "Irak" makamı dizisinin Uşşak makamı dizisi ile Segah dörtlüsünün birleştirilmesiyle elde edilişi gösterilmektedir.

Özgün dörtlü ve beşlilerdeki örtüşen kısımlar yeni dizide bir kez yazılırlar.



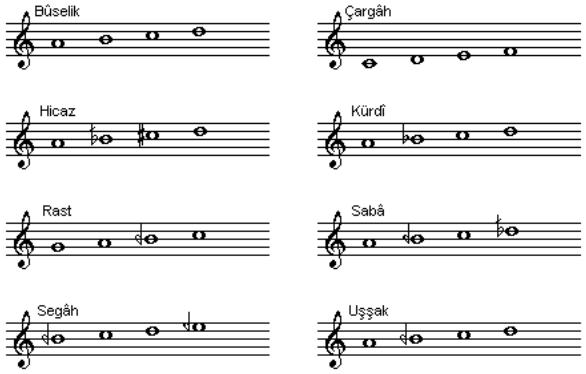
Şekil 2. Bileşik Irak Makamı dizisi.

Her bir makamın kendine özgü bazı nitelikleri vardır. Bir makamı diğerlerinden ayıran temel nitelikler makamın dizisi, durağı, seyri, güçlü sesi, donanımı ve yedenidir. Aşağıda bu niteliklerin ve niteliklerle ilgili tüm kavramların tanımları listelenmektedir:

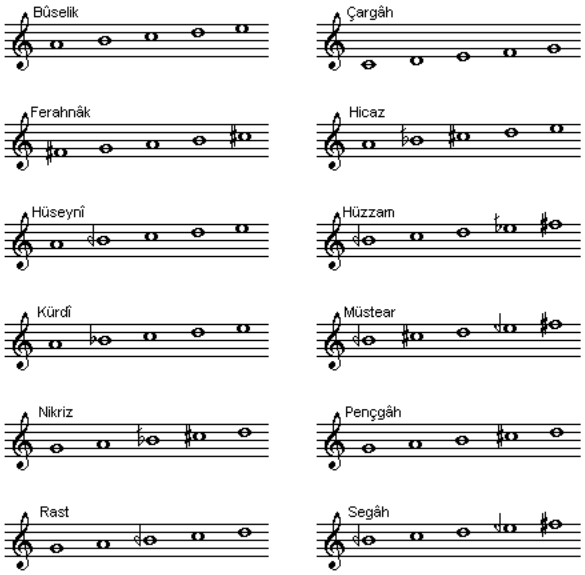
Perde: Türk Müziğinde 24 aralıktan meydana gelen 25 adet ses bulunur. Bu seslerin her biri perde olarak adlandırılır (Feldman, 1996). Bir perde örneği iki kısımdan oluşur: oktav ve nota. Oktav kısmı "kaba", "ince" ve "tiz" değerlerini alabilir (Değerler kalından inceye doğru sıralı olarak verilmiştir). Nota kısmı, basit bir nota değeri (do-re-mi-fa-sol-la-si) veya arızalı bir nota değeri olabilir. Bir nota bir koma değeri alarak pestleşir (bemol) veya tizleşirse (diyez) arızalı bir notaya dönüşür. Türk Müziğinde iki tam sesin arası 9 komaya bölünmüştür. Koma, insan kulağının ayırt edebildiği en küçük ses parçasıdır. Notalar tam sesten uzaklıklarına göre 1, 4, 5 veya 8 komalık değerler alarak tizleşir veya pestleşirler. Örneğin, Fa1Diyez (Dik Acemaşiran), Si4Bemol (Kürdi), Do5Diyez (Hicaz) vb.

Dörtlü ve Beşli (Çeşni): Dörtlü, ardışık dört perdeden meydana gelir. Beşli ise ardışık beş perdeden oluşur (Parfitt, 2015). Şekil 3 Türk Müziğinde kullanılan temel dörtlüleri, Şekil 4 ise temel beşlileri göstermektedir.

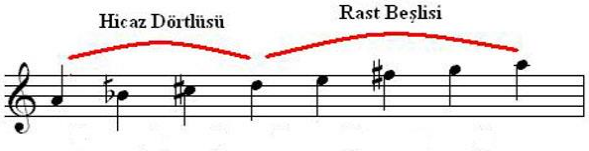
Dizi: Bir dörtlü ve bir beşlinin birleştirilmesiyle oluşan yapıya dizi adı verilir. Dizi bir makamın en temel ayırıcı özelliğidir (Torun, 1996). Şekil 5'te Hicaz dörtlüsü ve Rast beşlisinin birleşmesinden oluşan Hicaz makamı dizisi gösterilmektedir.



Şekil 3.Türk Müziğinde kullanılan temel dörtlüler.



Şekil 4.Türk Müziğinde kullanılan temel beşliler.

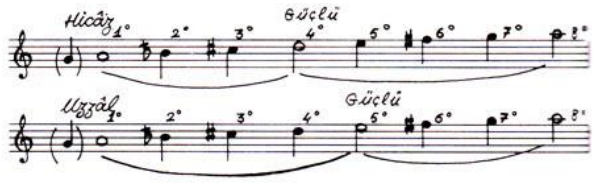


Şekil 5.Hicaz makamı dizisi.

Durak (Karar): Eserin makamına ait dizinin ilk perdesi durak sesidir. Örneğin, Hicaz

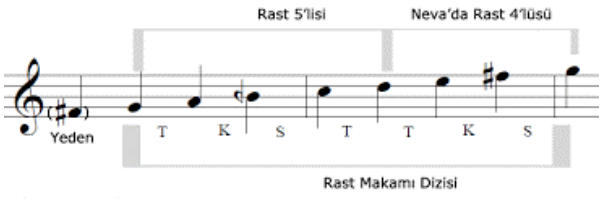
makamının ilk perdesi olan La (Dügah) (Şekil 3) aynı zamanda hicaz bir eserin durak sesidir.

Güçlü: Dizideki güçlü ses, bir araya getirilen dörtlü ve beşlinin birleşim noktasındaki ortak olan perdedir. Şekil 6'da Hicaz makamına ait güçlü ses olan Re (Neva) ve Uzzal makamına ait güçlü ses olan Mi (Hüseyni) perdeleri gösterilmektedir.



Şekil 6.Hicaz ve Uzzal makamlarına ait güçlü sesler.

Yeden: Durak perdesinden yarım ses veya tam ses pes olan ve diziye dahil olmayan perdedir (Özkan, 1994). Örneğin, Rast makamına ait dizinin ilk perdesi olan sol (Rast) sesi makamın durak sesidir. Durak sesinin yarım ses pesi olan Fa4Diyez (Irak) perdesi ise makamın yedenidir (Şekil 7).



Şekil 7. Rast makamı yedeni.

Seyir: Makamın melodik yönünü gösteren seyir, makamın en önemli ayırıcı özelliklerinden biridir. Makamın icrasının nereden başladığına göre üç farklı şekli vardır: Çıkıcı, inici ve inici-çıkıcı. Seyir tanımlarına geçmeden önce tiz durak perdesinin tanımını vermek faydalı olacaktır. Tiz durak makama ait durak sesinin bir oktav incesidir (Kalından inceye oktav değerleri: kaba, ince, tiz).

Çıkıcı bir seyirde melodi karar perdesi civarından başlar, güçlü perdesine doğru yükselir ve tekrar karar perdesine döner. İnici seyirde melodi makam dizisinin tiz durağında yer alan perdeden başlar ve güçlü perdesine doğru iner. İnici-çıkıcı seyirde ise melodi makamın güçlüsü civarından başlar, bu perde etrafında yukarı ve aşağı yönlenir ve karar perdesinde sonlanır.

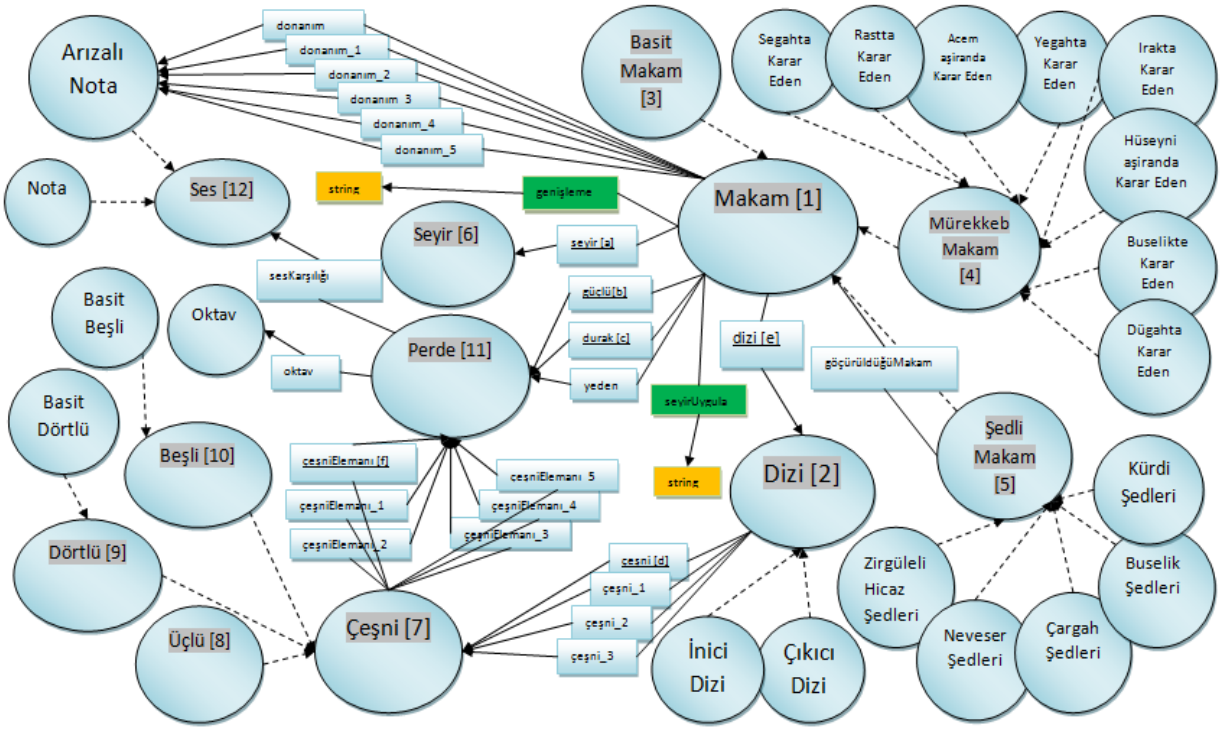
Donanım: Makama ait dizide yer alan tüm arızalı notalar kümesine donanım denir. Örneğin Şekil 8'deki ilk gösterim Hicaz makamı dizisini donanım kullanmadan göstermektedir. Buna göre arızalı notalara ait arızalar yeşil daireler içerisine alınmıştır. Şekildeki ikinci gösterimde ise donanım bilgisi kırmızı kutu içerisinde gösterilmektedir.



Şekil 8. Hicaz makamı donanımı.

TSMONT Ontoloji Şeması

TSMONT ontoloji şeması oluşturulurken OWL ((İng.) Web Ontology Language) dili ile Protégé Ontoloji Modelleme Editörü kullanılmıştır (Noy ve ark., 2000). Ontoloji modelleme sürecinde alanda yer alan kavramlar için "*owl:Class*" yapıtaşı ile basit isimlendirilmiş sınıflar yaratılmıştır. Sınıflar arasındaki hiyerarşik ilişkiler "*rdfs:subClassOf*" yapıtaşı kullanılarak kurulmuştur. Bir sınıfa ait örnekler, o sınıfa "*rdf:type*" ilişkisi ile bağlanır. İki sınıf örneğini ilişkilendirmek için "*owl:ObjectProperty*" sınıfından nitelikler türetilmiştir. Bir sınıf örneği ile bir literali bağlamak için "*owl:DatatypeProperty*" sınıfından nitelikler türetilmiştir. Bir nitelik ve niteliğin önalanı ((İng.) domain) "*rdfs:domain*" ilişkisi ile bağlanır. Bir nitelik ve niteliğin artalanı ((İng.) range) ise "*rdfs:range*" ilişkisi ile bağlanır. Nitelikler arasındaki hiyerarşik ilişkiler "*rdfs:subPropertyOf*" yapıtaşı kullanılarak kurulmuştur. Şekil 9'da TSMONT ontolojisi şemasının VOWL ontoloji görselleştirme aracı (Lohmann ve ark., 2016) ile oluşturulmuş görüntüsü sunulmaktadır. Şekilde sınıflar arası hiyerarşik ilişkiler kesikli çizgilerle gösterilmiştir.



Şekil 9. TSMONT ontolojisi şeması.

Bu şekle göre, ontolojinin en temel sınıflarından olan *Makam* sınıfı, *BasitMakam*, *MürekkebMakam* ve *ŞeddMakam* olmak üzere üç alt sınıfa sahiptir. *Makam* sınıfı *dizi* niteliği ile *Dizi* sınıfına bağlanmıştır. *Dizi* sınıfının *İniciDizi* ve *ÇıkıcıDizi* olmak üzere iki alt sınıfı vardır. *Dizi* sınıfı ile *Çeşni* sınıfı *çeşni_1*, *çeşni_2* ve *çeşni_3* nitelikleri ile bağlanmıştır. Bir dizi örneğine ait *çeşni_1*, *çeşni_2* ve *çeşni_3* nitelik değerleri sırasıyla birleştirildiğinde dizi örneği değeri elde edilir. Bir dizi örneğinin en az iki çeşnisi vardır, üçüncü çeşni değeri bazı dizilerde bulunur. Bu nedenle *çeşni_3* nitelik değeri bazı dizi örneklerinde boş olabilir.

Çeşni sınıfı kendisini oluşturan *Perde* değerleriyle *çeşniElemanı_1*, *çeşniElemanı_2*, *çeşniElemanı_3*, *çeşniElemanı_4* ve *çeşniElemanı_5* nitelikleri ile bağlıdır. Bu nitelik değerlerinin sırasıyla birleştirilmesiyle çeşni değeri elde edilir. *Çeşni* sınıfı, içerdiği çeşni elemanı sayısına göre *Üçlü*, *Dörtlü* ve *Beşli* alt sınıflarına ayrılır. Bu sınıflandırmadan da anlaşılacağı üzere *Üçlü* çeşni örneklerinde *çeşniElemanı_4* ve *çeşniElemanı_5*; *Dörtlü* çeşni örneklerinde ise *çeşniElemanı_5* nitelik değerleri boş kalmaktadır.

Çeşnileri oluşturan *Perde* sınıfı örnekleri *Ses* sınıfına ait bir örnekle *Oktav* sınıfına ait bir örneğin birleşmesinden oluşur. *Oktav* sınıfı örnekleri *Kaba*, *İnce* ve *Tiz* değerlerini alır. *Ses* sınıfı ise *Nota* ve *ArızalıNota* olmak üzere iki alt sınıfa sahiptir. *Nota* sınıfı örnekleri *Do*, *Re*, *Mi*, *Fa*, *Sol*, *La*, *Si* iken, *ArızalıNota* sınıfının örnekleri; her bir *Nota* sınıfı örneğinin 1, 4, 5 veya 8 komalık Bemol veya Diyez arızası almasıyla oluşur. Örneğin, *Si1Bemol*, *Do4Diyez*, *Mi5Bemol* vb. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta *ArızalıNota* sınıfı örneklerinin bazıları birbirlerine eştir. Örneğin *Si4Bemol* değeri *La5Diyez* değeri ile eştir. Diğer bir deyişle, *Si* notasının 4 koma kalınlaşması sonucu elde edilen ses ile *La* sesinin 5 koma incelmesi sonucu elde edilen ses aynıdır. Çünkü Türk Müziğinde iki nota arası 9 komaya bölünmüştür. TSMONT ontolojisinde eş iki perde örneği "*owl:sameAs*" yapıtaşı ile ilişkilendirilmiştir. *Makam* sınıfının ayırt edici niteliklerinden olan *yeden*, *güçlü* ve *durak*

nitelikleri, artalanı *Perde* olan "*owl:ObjectProperty*" sınıfı örnekleri olarak modellenmiştir. *Makam* sınıfının bir diğer önemli özelliği olan *seyir* artalanı *Seyir* sınıfı olan bir "*owl:ObjectProperty*"dir. *Seyir* sınıfının *İnici*, *Çıkıcı* ve *İniciÇıkıcı* olmak üzere üç örneği bulunmaktadır. *Orta* veri dizisinin ortalaması, *mod* dizide en sık tekrar eden değer ve *maksimum* dizideki en yüksek değer olmak üzere, Tablo 1'de TSMONT ontoloji şemasına ait önemli istatistik değerleri sunulmaktadır.

TSMONT ve OTMM Ontolojisinin Eşleştirilmesi

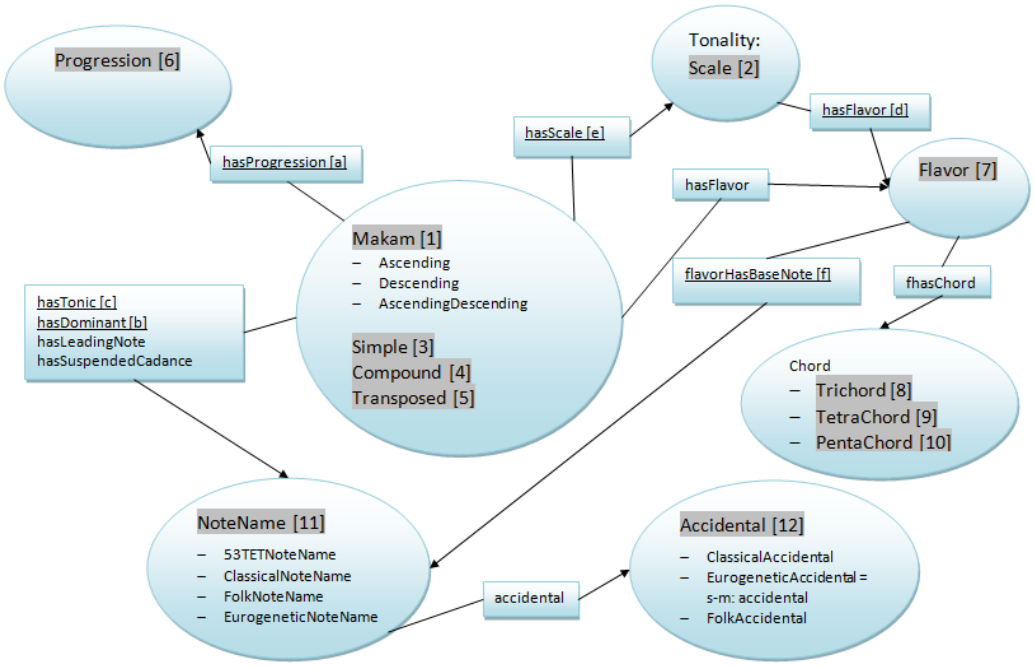
Bu bölümde, TSMONT ontolojisi ile Osmanlı-Türk Makam Müziği (OTMM) ontolojisinin (Şentürk, 2016) eşleştirilmesi anlatılmaktadır. İki ontolojideki eş sınıflar "owl:equivalentClass" niteliği ile, eş nitelikler "owl:equivalentProperty" niteliği ile, eş sınıf örnekleri ise "owl:sameAs" niteliği ile ilişkilendirilmektedir.

Şekil 10'da OTMM ontolojisi şeması görülmektedir. Bu şekilde gri ile vurgulanmış kavramlar TSMONT ontolojisinde eşleniği bulunan kavramlardır. Şekil 9 ve Şekil 10'da köşeli parantezler içinde aynı değerlere sahip kavramlar birbirinin eşleniğidir.

OTMM derleminde kullanılan Makam ontolojisi kapsamında sınıflar, sınıflar arası ilişkiler, sınıf örnekleri tanımlanmış fakat ilişki örnekleri tanımlanmamıştır. Diğer bir deyişle, *Makam*, *Scale* (*Dizi*), *Flavor* (*Çeşni*), *Chord* (*Üçlü*, *Dörtlü* ve *Beşli*) sınıfı örnekleri girilmiş fakat bu örnekler birbirleriyle ilişkilendirilmemiştir (Şentürk, 2016). Örneğin, ontolojide *Makam* sınıfı örneği olarak *Hicaz*, *Dizi* sınıfı örneği *HicazDizisi* girilmiştir. Fakat *Hicaz* örneğinin *dizi* niteliği değerinin *HicazDizisi* olduğu belirtilmemiştir. TSMONT ontolojisinde ise örnek ve örneklere ait nitelik değerlerinin girişleri tamamlanmıştır.

Tablo 1. TSMONT ontoloji şemasına ait bazı istatistikler

İsimlendirilmiş basit sınıflar	32	Sınıf hiyerarşisindeki alt sınıflar		Anonim sınıflar	0
Sınıf hiyerarşisindeki üst sınıflar		Orta	4	Nitelikler	26
Orta	1	Mod	1	ObjectPropery	24
Mod	1	Maksimum	8	DatatypeProperty	2
Maksimum	1			Önalanı belirtilen nitelikler	26



Şekil 10.OTMM ontolojisi şeması.

Ontoji Popülasyonu

Ontoloji şeması geliştirildikten sonraki adım, ontolojinin sınıf ve nitelik örnekleri ile genişletilmesi anlamına gelen ontoloji popülasyonu sürecidir. TSMONT ontolojisindeki sınıfları örnek sayıları açısından önem sırasına dizersek sonuçta dizilim şu şekilde olacaktır; *Çeşni (141), Dizi (123), Makam (106), Ses (56), Perde (55), Seyir (4), Oktav (3)*. Bu sıra önemli bir gösterge olmasına rağmen ontolojinin merkezindeki sınıf *Makam* sınıfıdır. Ontolojide *19*'u basit, *71*'i mürekkeb, *16*'sı şedd olmak üzere toplamda *106 Makam* örneği modellenmiştir. Her bir makam örneğinin *0-5* arası *donanım* değerleri olabilir. Yine her bir makam örneğinin ortalama bir *güçlü* değeri, bir *yeden* değeri, bir *dizi* değeri, bir *seyir* değeri ve bir *durak* değeri bulunmaktadır. Sonuç olarak, sadece *Makam* sınıfına ait *106* sınıf örneği ve *876* nitelik örneği modellenmiştir.

Benzer şekilde *Dizi* sınıfına ait *187* nitelik örneği bulunmaktadır. *Beşli*, *Dörtlü* ve *Üçlü* olmak üç altsınıfı bulunan *Çeşni* sınıfının ise *612* nitelik örneği bulunmaktadır. *Perde* sınıfının *oktav* ve *sesKarşılığı* olmak üzere iki niteliği vardır. Bu nedenle bu sınıfa ait *110* nitelik örneği vardır. *Ses* ve *Seyir* sınıflarının ise nitelik örnekleri bulunmamaktadır. Tablo 2'de yukarıda anlatılan gözlemler sonucu elde edilen bazı istatistiki bilgiler sunulmaktadır. TSMONT ontolojisi, literatürdeki en yakın çalışma olan OTMM ontolojisinden farklı olarak sınıf örneklerini ilişkilendirmiş ve bilgi tabanını 1785 nitelik örneği ile genişletmiştir.

Tablo 2. TSMONT ontoloji örneklerine ait bazı istatistikler

Sınıf örneği	
Ortalama	15,25
Maksimum	141
Minimum	3
Toplam	488
Nitelik örneği	
Ortalama	297,5
Maksimum	876
Minimum	0
Toplam	1785
En fazla örneğe sahip sınıf	Dizi

TSMONT Ontoloji Değerlendirmesi

Ontoloji değerlendirme, ontolojinin kalitesinin teknik olarak kontrol edilmesi sürecidir. Literatürde ontoloji değerlendirmeye yönelik değişik yaklaşımlar önerilmektedir. Genel olarak bu yaklaşımlar dört grupta toplanabilir (Brank ve ark., 2005):

(a) Ontolojiyi var olan bir standartla (bu başka bir ontoloji de olabilir) kıyaslamak; örneğin (Maedche ve Staab, 2002) bu tür bir yaklaşım kullanmaktadır.

(b) Ontolojiyi bir uygulamada kullanmak ve sonuçları değerlendirmek. (Porzel ve Malaka, 2004) bu yöntemi benimsemektedir.

(c) Geliştirilen ontolojinin, önalana ait veri kaynaklarındaki verinin ne kadarını kapsadığını ölçmek. (Brewster ve ark., 2004) bu yöntemi kullanmaktadır.

(d) Ontolojiyi önceden belirlenmiş metrikler ve kriterler doğrultusunda değerlendirmek. (Lozano-Tello ve Gómez-Pérez, 2004) bu yaklaşıma örnek gösterilebilir. Bu yaklaşıma göre belirlenen her bir kriter için geliştirilen ontolojiye bir puan verilir. Daha sonra her bir kriterden alınan puan, o kritere ait ağırlıkla çarpılır ve tüm bu değerler toplanarak ontolojinin skoru hesaplanır. OntoQA (Tartir ve ark., 2005) bu yaklaşımın en iyi bilinen ve en sık kullanılan örneklerinden biridir.

Bu bölümde, TSMONT ontolojisi, en çok kullanılan ontoloji değerlendirme araçlarından olan OntoQA metrikleri çerçevesinde değerlendirilmektedir. QntoQA metrikleri şema ve bilgi tabanı metrikleri olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında şema metriklerinden ilişki çeşitliliği ((İng.) relationship diversity -RD), nitelik zenginliği ((İng.) attribute richness-AR) ve şema derinliği ((İng.) schema deepness -SD) metrikleri; bilgi tabanı metriklerinden ise sınıf kullanımı ((İng.) class utilization -CU), sınıf bağlantısallığı ((İng.) class connectivity -CC), sınıf önemi ((İng.) class importance -CI), ilişki kullanımı ((İng.) relationship utilization -RU), ilişki önemi ((İng.) relationship importance -RI) ve ortalama popülasyon ((İng.) average population -AP) incelenecektir.

İlişki Çeşitliliği (RD): hiyerarşik (subClassOf) ilişkiler dışındaki ilişkilerin sayısının, şemadaki tüm ilişkilerin sayısına oranını gösterir. TSMONT için RD değeri $26/(26+25) \approx 0{,}51$ olarak hesaplanmıştır. Bu formülün sonucu sınıflar arası zengin ilişkilerin, sınıflar arası tüm ilişkilere (zengin ve hiyerarşik ilişkilerin tümü) yüzde oranını gösterir.

Nitelik Zenginliği (AR): sınıf başına düşen nitelik sayısını gösterir. TSMONT için bu metrik $26/32 \approx 0{,}81$ olarak hesaplanmıştır. Sınıf başına düşen nitelik sayısı arttıkça modellenen ontoloji kalitesi de yükselmektedir. Sayının düşmesi sınıflara ait nitelik sayısının düşük olduğunu ve sınıfların kapsamlı bir biçimde modellenmediğini belirtir.

Şema Derinliği (SD): sınıf başına düşen ortalama altsınıf sayısını gösterir. TSMONT için SD değeri $25/32 \approx 0{,}78$ olarak hesaplanmıştır. Sonucun yorumlanması yüksek oranda ontolojinin yapısına bağlıdır. Çok spesifik bir alanı modelleyen ontolojilerde şema derinliğinin az olması beklenirken, modellenen alan genişledikçe ontolojinin şema derinliği genellikle artmaktadır.

Sınıf Kullanımı (CU): örneklendirilmiş sınıf sayısının tüm sınıfların sayısına bölümünü gösterir. TSMONT için CU değeri 32/32=1 olarak hesaplanmıştır.

Sınıf Bağlantısallığı (CC): sınıfın diğer sınıf örnekleriyle olan toplam ilişki örneği sayısını gösterir. TSMONT için CC değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: *Makam* (876), *Dizi* (187), *Çeşni* (612), *Perde* (110), *Ses* (0) ve *Seyir* (0). Sonuçlar sınıf örneklerinin popülerliğini gösteren rakamlardır. Yüksek bağlantısallığa sahip sınıfların ontolojide oynadığı rolün önemi daha fazladır. Bu metrik ontolojinin yapısını anlamaya yöneliktir. Metrik sonuçlarına bakılarak ontolojideki sınıflar önem sırasına göre sıralanabilir.

Sınıf Önemi (CI): Sınıfa ve sınıfın altsınıflarına ait örnek sayısının toplam örnek sayısına oranını gösterir. TSMONT için CI değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: *Çeşni* ($\approx 0{,}29$), *Dizi* ($\approx 0{,}25$), *Makam* ($\approx 0{,}22$), *Ses* ($\approx 0{,}11$), *Perde* ($\approx 0{,}11$), *Seyir* ($\approx 0{,}01$) ve *Oktav* ($\approx 0{,}01$). Bu metrik, sınıf bağlantısallığı ile birlikte ontolojideki önemli sınıfları anlamaya yarar.

İlişki Kullanımı (RU): bir sınıfın örnekleri tarafından kullanılan ilişki sayısının, sınıf için tanımlanmış ilişki sayısına oranını gösterir. TSMONT içindeki tüm sınıflar için RU değeri 1 olarak hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle sınıf için tanımlanmış tüm ilişkiler sınıfa ait örneklerce kullanılmıştır. Sonucun düşük çıkması sınıflar arası ilişkilerin örnekler seviyesinde yeterince kullanılmadığını gösterir. Metrik değeri arttıkça (1'e yaklaştıkça) şema seviyesinde tanımlı sınıf ilişkilerinin, örnek seviyesinde de kullanıldığı anlaşılmaktadır.

İlişki Önemi (RI): bir ilişkiye ait örneklerin sayısının tüm ilişki örneklerine oranını gösterir. TSMONT için RI değerleri şu şekilde hesaplanmıştır: *çeşniElemanı* ($\approx 0{,}34$), *dizi* ($\approx 0{,}14$), *donanım* ($\approx 0{,}11$), *çeşni* ($\approx 0{,}1$), *seyir* ($\approx 0{,}07$), *güçlü* ($\approx 0{,}06$), *yeden* ($\approx 0{,}06$), *oktav* ($\approx 0{,}03$) ve *sesKarşılığı* ($\approx 0{,}03$).

Ortalama Popülasyon (AP): bilgi tabanındaki sınıf örneği sayısının, sınıf sayısına bölünmesiyle elde edilir. Sayı yükseldikçe bilgi tabanının şemadaki bilgiyi gösterme oranı artmaktadır. Sayının düşük olması bilgi tabanının şemayı tam olarak göstermek için yetersiz kaldığı anlamına gelmektedir. TSMONT için AP değeri 15,25 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan bu metrikler (Ebietomer ve Ekuobase, 2013)'de sunulan yöntemle değerlendirilecek ve yorumlanacaktır. Bu yönteme göre seçilen önemli metriklerin yüzde oranı biçimindeki değerleri Tablo 3'te gösterildiği gibi puanlanacaktır.

Tablo 3. Metrik değerlerinin puanlandırılması

PUAN	1	2	3	4	5
METRİK DEĞERİ	[0-19]%	[20-39]%	[40-59]%	[60-79]%	[80-100]%

Tablo 4 anlatılan metriklerden değerlendirme aşamasında kullanılacak olanları ve bu metriklerin TSMONT için değerlerini (yüzde oranı biçiminde) göstermektedir.

Tablo 4. TSMONT'a ait metrik değerlerinin puanlandırılması.

METRİK	DEĞERİ	PUANI
RD	%51	3
SD	%78	4
AR	%81	5
CU	%100	5
$CI_{ORTALAMA}$	%14	1

Değerlendirme sonucunda RD değeri 3 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama bir sonuçtur. Ontolojide hiyerarşik ilişkiler kadar zengin ilişkilerin de modellendiğini ve sınıflara ait yeterli seviyede bilginin kapsandığını göstermektedir.

SD değeri 4 olarak hesaplanmıştır. Sonuç beklendiği gibi yüksek çıkmıştır. Ontolojide Türk Müziği'nde kullanılan tüm kavramlar modellenmektedir. Dolayısıyla modellenen alan geniş olarak nitelendirilebilir. Alanın genel ve kapsamının geniş olması genellikle ontoloji taksonomisinin derin olmasıyla sonuçlanmaktadır.

AR değeri 5 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç sınıf başına düşen nitelik sayısının yüksek olduğunu ve sınıfların kapsamlı biçimde modellendiğini belirtir.

CU değeri 5 olarak hesaplanmıştır. Bu şema bazında tanımlanmış sınıfların örnek seviyesinde de %100 kullanıldığını belirtmektedir.

Ortalama CI değerinin 1 çıkması ontolojideki tüm sınıfların yaklaşık olarak eşit öneme sahip olduğunu göstermektedir. TSMONT ontolojisi incelendiğinde sınıf örneklerinin dağılımının kabaca eşit olduğu görülecektir. Bu değerin düşük çıkması ontolojinin doğasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Bu makalede, Türk Sanat Müziği teorisinde yer alan kavramların anlamsal olarak modellenmesine yönelik TSMONT ontolojisi geliştirilmiştir. Böylelikle müzik alanındaki heterojen veri kaynaklarındaki bilgiden dağıtık ve birlikte çalışabilir bir bilgi tabanı oluşturulabilir. Örneğin bu bilgi tabanını kullanan bir uygulama "Uşşak makamındaki eserleri listele" sorgusunu kullanarak benzer makamdaki eserleri ardışık olarak çalabilir. Bu tür bilgi tabanları Batı Müziği için gerçekleştirilmiş Pandora benzeri uygulamaların Klasik Türk Müziği için de gerçekleştirilebilmesi için gerekli bileşenlerden biridir.

Ayrıca, TSMONT ontolojisi, en çok kullanılan ontoloji değerlendirme araçlarından olan OntoQA metrikleri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın devamında modellenen teorik bilgi, Türk Sanat Müziği eserleriyle ilişkilendirilerek bir Türk Sanat Müziği bilgi tabanı oluşturulacaktır. Bu bilgi tabanı Bağlı Açık Veri kümesi olarak, REST API üzerinden erişime açılacaktır. Böyle bir bilgi tabanının müzik uygulamalarında geniş bir kullanım alanı olacağı öngörülmektedir. Yayınlanan verinin çoklu dil desteği sağlaması planlanmaktadır böylelikle çalışmanın yaygın etkisi arttırılacaktır.

Kaynaklar

Berners-Lee, T., Hendler, J. A., Lassila, O., 2001. "The semantic web", Scientific American, 284(5), 34–43.

Brank, J., Grobelnik, M., Mladenic, D., (2005). "A survey of ontology evaluation techniques", Proceedings of the conference on data mining and data warehouses, Ljubljana.

Brewster, C., Alani, H., Dasmahapatra, S., Wilks, Y., (2004). "Data driven ontology evaluation", Proceedings of International Conference on Language Resources and Evaluation, Lisbon.

Ebietomer, E.P., Ekuobase, G.O., (2013), "Evaluation of Ontology for Nigerian Case Laws", Computing, Information Systems, Development Informatics & Allied Research Journal, 4(3), 1-6.

Feldman, W., (1996). Music of the Ottoman Court, Berlin: VWB.

Gemmeke, J.F., Ellis, D.P.W., Freedman, D., Jansen, A., Lawrence, W., Moore, R.C., Plakal, M., Ritter, M., (2017). Audio Set: An Ontology and Human Labeled Dataset for Audio Events, Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing , New Orleans.

Gruber, T.R., (1993). "A Translation Approach to Portable Ontologies, Knowledge Acquisition, 5(2),199–220.

Hankinson, A., Roland, P., Fujinaga, I., (2011). The Music Encoding Initiative as a document encoding framework, Proceedings of the International Society for Music Information Retrieval, Florida.

Janik, M., Scherp, A., Staab, S., (2011). The Semantic Web: Collective Intelligence on the Web, Informatik Spektrum, 34(469).

Lohmann, S., Negru, S., Haag, F., Ertl, T., (2016). "Visualizing Ontologies with VOWL", Semantic Web, 7(4), 399-419.

Lozano-Tello A., Gómez-Pérez, A. (2004). "Ontometric: A method to choose the appropriate ontology", Journal of Database Management, 15(2),1–18.

Luger, M., Ding, Y., Scharffe, F., Duan, R., Yan, Z., (2007). EASAIER Semantic Music Retrieval Portal, Proceedings of the International Semantic Web Conference, Busan.

Maedche A., Staab, S. (2002). "Measuring similarity between ontologies", Proceedings of the eleventh International Conference on Information and Knowledge Management, McLean, VA.

Martínez, J. M., Mpeg-7 overview. International Standard, http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/Additional_material/MPEG7_tools_overview.pdf.

Nilsson, M., 1999. ID3 tag version 2.3.0 http://id3.org/d3v2.3.0

Noy, N., Fergerson, R., Musen, M., (2000). The knowledge model of Protégé-2000: combining interoperability and flexibility, Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Berlin.

Özkan, İ.H., (1994). Türk Musikisi Nazariyatı ve Usulleri Kudüm Velveleleri, Ötüken Neşriyat, İstanbul, 44-45.

Parfitt, D., (2015). Arab maqamat and Turkish makamlar http://www.oud.eclipse.co.uk/makamlar.html

Porzel R., Malaka, R., (2004). "A task-based approach for ontology evaluation", Proceedings of the16th European Conference on Artificial Intelligence, Valencia.

Raimond, Y., Abdallah, S., Sandler, M., Frederick, G., (2007). The Music Ontology, Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval, Vienna, Austria.

Sandler, M., (2010). Online Music Recognition and Searching. http://omras2.doc.gold.ac.uk/

Shadbolt, N., Hall, W., Berners-Lee, T., (2006). The Semantic Web revisited. IEEE Intelligent Systems, 21(), 96-101.

Şentürk, S. (2016). Computational Analysis of Audio Recordings and Music Scores for the Description and Discovery of Ottoman-Turkish Makam Music. PhD thesis, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona.

Tanrıkorur, C., (1998). Müzik Kimliğimiz Üzerine Düşünceler, Ötüken Yayınları, ISBN: 9754372489

Tartir, S., Arpinar, I.B., Moore, M., Sheth, A.P., Aleman-Meza, B., (2005). "OntoQA: Metric-based ontology quality analysis", Proceedings of the IEEE Workshop on Knowledge Acquisition from Distributed, Autonomous, Semantically Heterogeneous Data and Knowledge Sources , Boston.

Torun, M., (1996). Ud Metodu (Gelenekle Geleceğe), Istanbul: Çağlar Yayınları.

W3C (ed.)., (2004). "OWL Web Ontology Language Guide", https://www.w3.org/TR/owl-guide/

TSMONT Ontology: Semantic Modeling of Turkish Music's Maqams

Extended abstract

Semantic web technologies aim to create an understandable data network not only for humans but also for machines. This data is related to its meaning by means of ontologies, which are linked with each other in the data network. Ontology is the formal description of a set of concepts and relationships related to a specific area (eg, the field of music in this work).

In this article, the TSMONT ontology was developed for the semantic modeling of the concepts in Turkish Maqam Music Theory. This ontology models the maqams, scales and flavors used in Turkish Maqam Music. As a result, a distributed and interoperable knowledge base can be created from the heterogeneous data sources in the field of music.

We defined 32 classes and 26 attributes in TSMONT ontology schema. We defined 488 class instances and 1785 property instances in the population phase of the ontology schema. Maqam class which is one of the most basic classes of ontology has three subclasses such as SimpleMaqam, CompoundMaqam and TransposedMaqam. Maqam class is related to the Scale class via scale property. Scale class has two subclasses: DescendingScale and AscendingScale. Scale class is related to the Flavor class via flavor_1, flavor_2 and flavor_3 properties. In the literature, the study that is closest to the work we have carried out is the Ottoman-Turkish Maqam Music (OTMM) ontology. In this study, we also explained the mapping of these two ontologies. OTMM ontology defines classes, relations between classes, class individuals but it lacks property individuals. In other words, the individuals of the Maqam, Scale and Flavor classes were defined in the ontology but these individuals are not related to each other. For example, Hicaz was defined as an individual of the Maqam class and HicazScale was defined as an example of the Scale class. However, it is not stated that the HicazScale is the value of the scale property of the Hicaz individual. On the other hand, in the TSMONT ontology, the property values of the class individuals were defined and the ontology was enriched with 1785 property individuals.

In addition, TSMONT ontology has been evaluated within the context of OntoQA framework, which is one of the most widely used ontology evaluation tools. As a result of the evaluation, TSMONT ontology was evaluated as an ontology with a deep taxonomy, rich relationships, a comprehensive modeling of concepts, adequate class individuals, and concepts having close importance. The result also shows that ontology includes rich relationships as well as hierarchical relationships and adequate information about classes. All concepts in the Turkish Maqam Music is defined in ontology therefore ontology models a wide range of general knowledge about music domain, which usually results in a deep class hierarchy. Evaluations show that the number of properties per class is high and the classes are modeled extensively. In addition, it has been observed that the classes defined in the ontology schema are used 100% at the individual level. When TSMONT ontology is examined, it will be seen that the distributions of class individuals are roughly equal. Therefore, it has been observed that all classes in the ontology have approximately equal importance.

Keywords: *Ontology; Semantic Web; OWL; Turkish Maqam Music; Maqam*