

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GÜZEL SANATLAR EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI
MÜZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

GELENEKSEL TÜRK MÜZİĞİ ÇALGILARINDAN TANBUR'UN
SANAL ÇALGI KİTAPLIĞININ OLUŞTURULMASI

DOKTORA TEZİ

Arda EDEN

Danışman: Doç. Dr. Hasan ARAPGİRLİOĞLU

(Malatya-2011)

T.C.
İnönü Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Güzel Sanatlar Eğitimi Ana Bilim Dalı
Müzik Eğitimi Bilim Dalı

Arda EDEN tarafından hazırlanan Geleneksel Türk Müziği Çalgılarından Tanbur'un Sanal Çalgı Kitaplığının Oluşturulması başlıklı bu çalışma, 10.06.2011 tarihinde yapılan sınav sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

İmzalar

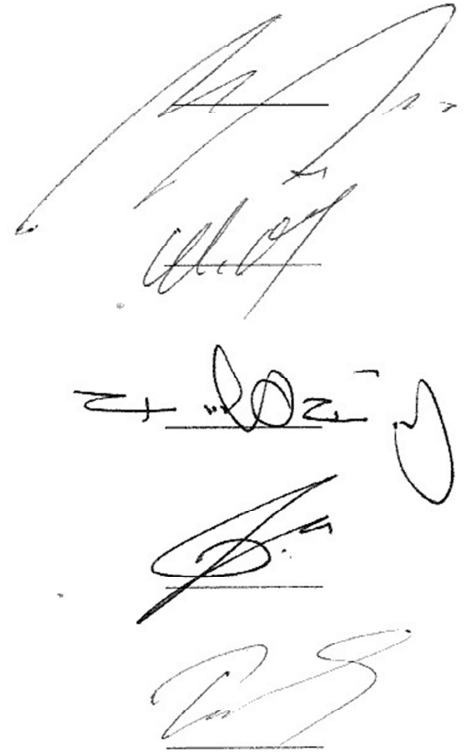
Danışman: Doç. Dr. Hasan ARAPGİRLİOĞLU

Üye: Prof. Memduh ÖZDEMİR

Üye: Prof. Bülent BİROL

Üye: Prof. Cemal YURGA

Üye: Prof. Dr. Turan SAĞER



O N A Y
15.06/2011
Prof.Dr.Sebahattin ARIBAŞ
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Doç. Dr. Hasan ARAPGİRLİOĞLU'nun danışmanlığında doktora tezi olarak hazırladığım **Geleneksel Türk Müziği Çalgılarından Tanbur'un Sanal Çalgı Kitaplığının Oluşturulması** başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün yapıtların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Arda EDEN

ÖZET

GELENEKSEL TÜRK MÜZİĞİ ÇALGILARINDAN TANBURUN SANAL ÇALGI KİTAPLIĞININ OLUŞTURULMASI

EDEN, Arda

Doktora, İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Güzel Sanatlar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Müzik Eğitimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hasan ARAPGİRLİOĞLU
Mayıs-2011

Bu araştırmanın amacı, geleneksel Türk müziği çalgılarından tanbura ait bir sanal çalgı kitaplığı oluşturmaktır. Bu amaçla deneysel model kullanılmıştır. Araştırmanın evreni geleneksel Türk müziği çalgıları, örnekleme ise tanbur olarak belirlenmiştir. Ses kitaplığının oluşturulmasına yönelik gerekli kuramsal bilgilere ulaşılması sırasında kaynak tarama yönteminden faydalanılmıştır. Elde edilen kuramsal bilgiler ışığında gerekli ses örnekleri stüdyo ortamında kaydedilmiş, kaydedilen örnekler bilgisayar ortamında ilgili yazılımlardan faydalanılarak düzenlenmiştir. Tanburun yapısı ve tınsal özellikleri ile geleneksel Türk müziğinin makamsal yapısı ve ses sistemi göz önünde bulundurularak çalgının MIDI klavye ile seslendirilebilmesine olanak sağlayan biçimler tasarlanmıştır. Bu biçimler, alınan ses örnekleri örnekleyici yazılıma yerleştirilerek oluşturulmuştur. Hangi biçimin seslendirileceği anahtar tuş tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Tanbur üzerinde bulunan rezonatör tellerinin meydana getirdiği derinlik etkisinin oluşturulabilmesi amacıyla konvolüsyon işlemcisinden faydalanılmıştır. Örnekleyici yazılımın ve MIDI'nin sağladığı kontrol imkanları değerlendirilerek, tanburda sapın sallanması ile oluşturulan vibrato etkisi meydana getirilmiştir. Gerçek tanburdan alınan performans örnekleri ile sanal çalgı kullanılarak elde edilen örnekler frekans analizi yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Araştırmanın sonucunda, sanal çalgının oluşturulmasında kullanılan konvolüsyon tekniğinin tanburun tınsal özelliklerinin yansıtılmasında oldukça gerçekçi olduğu görülmüştür. Makamsal ses sisteminin MIDI klavyeye uyarlanmasında kullanılan biçim sistemi farklı makam dizilerinin seslendirilmesinde olumlu sonuçlar vermektedir.

Anahtar kelimeler: Sanal çalgı, tanbur, ses kitaplığı.

ABSTRACT**CREATING A VIRTUAL INSTRUMENT LIBRARY OF TANBUR, A
TRADITIONAL TURKISH MUSICAL INSTRUMENT**

EDEN, Arda

Doctoral Thesis, Inonu University Institute of Educational Sciences
Education of Fine Arts, Music EducationAdvisor: Associate Professor Doctor Hasan ARAPGİRLİOĞLU
May-2011

The aim of this research is to create a virtual instrument library of tanbur, a traditional Turkish musical instrument. Examinational model is preferred for this purpose. While all the traditional Turkish music instruments form the universe of the research, tanbur is specified as the focus. Scanning method is used in order to reach the theoretical information on creating the sound library. In light of the related theory the sound samples are recorded in the studio, and edited by using the relevant computer software. By realizing the timbral structure of tanbur and the modal structure of traditional Turkish music, the forms are made which allow the sound library to be played by using a MIDI keyboard. These forms are created by organizing the sound samples into the sampler software. The form to be played is determined by using the key switch technique. A convolution processor is used to emulate the depth effect of resonator strings on tanbur. The vibrato effect created with shaking the arm of tanbur is emulated by taking the capabilities of the sampling software into account. Sound samples taken from the real tanbur and the virtual instrument are compared by using the frequency analysis method.

As a result of the research, it's been found that the convolution method used for creating the virtual instrument is so realistic. The form system, created in order to adapt the modal structure of Turkish music to MIDI keyboard is also suitable for playing different modal scales.

Key words: Virtual instrument, tanbur, sound library

İÇİNDEKİLER

Onay Sayfası	i
Onur Sözü	ii
Özet	iii
Abstract	iv
İçindekiler	v
Tablolar dizelgesi	ix
Şekiller dizelgesi	x
Kısaltmalar dizelgesi	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın amacı	3
1.2. Araştırmanın önemi	3
1.3. Araştırmanın sınırlılıkları	4
1.4. Varsayımlar	5
2. KURAMSAL BİLGİLER.....	6
2.1. Ses	6
2.1.1. Sesin oluşumu ve yayılması	6
2.1.2. Titreşim modları ve doğuşkanlar	8
2.1.3. Rezonans	8
2.1.4. Müzikte aralıkların ölçülmesinde kullanılan birimler	9
2.2. Sanal çalgılar	10
2.2.1. Sanal çalgıların kullanılması	10
2.2.1.1. Standalone (tek başına) kullanım	10
2.2.1.2. DAW (Digital Audio Workstation) yazılımı ile birlikte kullanım	11
2.2.2. Sanal çalgıların oluşturulmasında kullanılan yöntemler	11
2.3. Örnekleme (Sampling)	13
2.4. Analog – Sayısal dönüştürme	13
2.5. Sayısal ses verisinin büyüklüğü	16
2.6. Sayısal ses verilerinin bilgisayar ortamında saklanması	17
2.7. Ses dosya formatları	19
2.7.1. SD I (Sound Designer I) dosya formatı	20
2.7.2. SD II (Sound Designer II) dosya formatı	20

2.7.3. AIFF dosya formatı.....	21
2.7.4. RIFF WAVE dosya formatı.....	22
2.7.5. Sıkıştırılmış ses formatları.....	22
2.8. Sayısal Ses İşleme (DSP).....	24
2.8.1. Zaman tabanlı işlemciler.....	24
2.8.2. Frekans tabanlı işlemciler.....	25
2.8.3. Dinamik alan işlemciler.....	25
2.8.4. Konvolüsyon.....	25
2.8.5. Ses sentezleme yöntemi olarak örnekleme.....	27
2.8.6. Örnekleyciler (Samplers).....	27
2.8.7. Teyp (bant) tabanlı örnekleme.....	29
2.8.8. Örnekleycilerin sunduğu olanaklar.....	29
2.8.8.1. Başlangıç – bitiş noktalarının ayarlanması.....	29
2.8.8.2. Ses seviyelerinin ayarlanması.....	30
2.8.8.3. Perde kaydırma (pitch shifting).....	31
2.8.8.4. Katmanlama (layering).....	31
2.8.8.5. Gruplama ve anahtar tuşlar (key switch).....	32
2.8.8.6. Kodlama (scripting).....	32
2.8.8.7. ADSR Zarfı (ADSR Envelope).....	33
2.9. Mikrofonlar.....	34
2.9.1. Çalışma prensiplerine göre mikrofonlar.....	34
2.9.1.1. Dinamik mikrofonlar.....	34
“Moving-coil” mikrofonlar.....	34
Şerit (ribbon) mikrofonlar.....	35
2.9.1.2. Kondansatör mikrofonlar.....	35
2.10. Mikrofonlarda yönsellik.....	37
2.10.1. Tek yöne duyarlı (Kardioid) mikrofonlar.....	37
2.10.2. İki yöne duyarlı (Figür 8) mikrofonlar.....	39
2.10.3. Her yöne duyarlı – Yönsüz (Omni-directional) mikrofonlar.....	40
2.10.4. Çok yönlü mikrofonlar.....	40
2.11. Mikrofonlarda frekans karakteristiği.....	41
2.11.1. Eksen üstü (on-axis) frekans karakteristiği.....	42
2.11.2. Eksen dışı (off-axis) frekans karakteristiği.....	42
2.12. Düşük frekans tepkisi.....	42

2.13. Yakınlık etkisi (proximity effect).....	43
2.14. Geçiş tepkisi (transient response)	43
2.15. Mikrofonlarda hassasiyet	44
2.16. Aşırı sinyal yüklenmesi (signal overload)	44
2.17. Büyük diyafram – küçük diyafram etkisi	45
2.18. Mikrofonlama teknikleri	46
2.18.1. Uygun mikrofon seçimi ve yerleştirilmesi.....	46
2.19. Mikrofon yerleşimi	47
2.19.1. Uzak mikrofonlama	47
2.19.2. Yakın mikrofonlama.....	48
2.19.3. Aksan mikrofonlama.....	49
2.19.4. Ambient mikrofonlama	49
2.20. Elektronik Çalgılar Arasında İletişim	49
2.20.1. Kontrol voltajı.....	49
2.20.2. MIDI	50
2.20.2.1. MIDI arayüzü.....	50
2.20.2.2. MIDI mesajları.....	52
2.21. Geleneksel Türk Müziğinde Ses Sistemi ve Makam	56
2.21.1. Geleneksel Türk müziğinde ses sistemi.....	56
2.21.2. Geleneksel Türk müziğinde makam	57
2.22. Tanbur	59
2.22.1. Tanburun tarihçesi.....	59
2.22.2. Tanburun yapısı.....	60
2.22.3. Tanbur çeşitleri.....	64
2.22.4. Tanburda teller ve düzen	65
3. YÖNTEM.....	67
3.1. Araştırma modeli.....	67
3.2. Evren ve Örneklem	67
3.3. Verileri toplama teknikleri	68
3.4. Verilerin analizi	69
4. BULGULAR VE YORUMLAR	70
4.1. Örneklerin kaydedilmesi.....	70
4.1.1. Tanburda rezonans tellerinin işlevi ve analizi.....	70

4.1.2. Rezonans telleri dürtü yanıtının (impulse response) kaydedilmesi	74
4.1.3. Perdelerin örnekleme	75
4.1.4. Boş tellerin örnekleme	78
4.1.5. Akorların örnekleme	78
4.1.6. Örneklerin ayrıştırılması ve düzenlenmesi	79
4.1.7. Düzenlenen örneklerin isimlendirilmesi	81
4.2. Çalgı kitaplığının oluşturulması	82
4.2.1. Makamsal yapının MIDI klavyeye uyarlanması	82
4.2.2. Örneklerin yazılıma yerleştirilmesi ve katmanlama	91
4.2.3. Biçimlerin oluşturulması	92
4.2.4. “Pitch Bend” değerinin belirlenmesi	93
4.2.5. Boş teller ile kırık akorların yerleştirilmesi	93
4.2.6. Polifoninin belirlenmesi	94
4.2.7. Konvolüsyon işlemcisinin kullanılması	95
4.2.8. Sap sallama tekniğinin modellenmesi	95
4.3. MIDI klavye üzerinde sanal çalgının görünümü	98
4.4. Konvolüsyon ile gerçekleştirilmiş rezonans etkisinin analizi	101
4.5. Rezonans tellerinin etkisine yönelik analizlerin karşılaştırılması	103
4.6. Basit makamlar dışında kalan makamların seslendirilmesi	107
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	113
5.1. Sonuçlar	113
5.2. Öneriler	116

TABLULAR DİZELGESİ

Tablo 1 – MIDI kanal mesajları ve bayt içerikleri.....	53
Tablo 2 – Sistem mesajları ve bayt içerikleri.....	55
Tablo 3 – Geleneksel Türk müziğinde kullanılmakta olan değiştirici işaretlerin isimleri, sembolleri, koma değerleri ve rumuzları	57
Tablo 4 – Tanbur çeşitleri ve boyutları	64
Tablo 5 – TRT GTSM repertuarında kullanım çokluğuna göre makamlar (Sağır, 2003)	108

ŞEKİLLER DİZELGESİ

Şekil 1 - Sinüs dalganın ve dalga parametrelerinin birim çember üzerinde gösterimi	7
Şekil 2 - İki sinüs dalga arasındaki faz farkı.....	7
Şekil 3 – Titreşim sonucu oluşan ilk 7 harmonik.....	8
Şekil 4 – (a) Sürekli analog sinyal, (b) Analog sinyalden periyodik aralıkla örnek alınarak elde edilen ayrık zamanlı genlik değerleri.	14
Şekil 5 – Analog sinyalden alınan örnek sayısı Nyquist değerinin altında olduğunda meydana gelen örtüşme	15
Şekil 6 – Nicemleme (quantization) ile örneklerin en yakın basamağa yuvarlanması...	16
Şekil 7 - İki bayttan meydana gelen 16 bit uzunluğundaki sayının MS ve LS baytları.	18
Şekil 8 – Üç tip ses dosyası yapısı. (a) Yalnızca ham ses içeren biçim, opsiyonel olarak resource fork bulunmaktadır. (b) Bir başlık ve veriden oluşan biçim. (c) Chunk -format.....	19
Şekil 9 – İki kanallı Interleaved bir ses dosyasının yapısı. A ve B harfleri iki kanala ait ses verisini ifade etmektedir.....	20
Şekil 10 – AIFF dosya formatı içerisinde ortak yığın ve ses verisi yığını.....	21
Şekil 11 – RIFF WAVE dosya formatı yığın yapısı. Kutuların sağında görülen rakamlar bölümlerin bayt cinsinden uzunluğunu vermektedir.....	22
Şekil 12 – NI Kontakt 4 içerisinde bulunan konvolüsyon işlemcisi.....	26
Şekil 13 - Edirol Orchestral	28
Şekil 14 - Native Instruments Alicia's Keys Piyano Kitaplığı.....	28
Şekil 15 - Mellotron içerisinde bulunan bantlar	29
Şekil 16 – Kontakt 4 “wave editor” penceresinde başlangıç ve bitiş noktalarının ayarlanması	30
Şekil 17 – Kontakt 4 “mapping editor” penceresinde ses seviyesinin ayarlanması	30
Şekil 18 – Re4 perdesinden kaydedilmiş örneğin transpozesi.....	31
Şekil 19 – Kontakt 4 “mapping editör” penceresinde katmanlama	32
Şekil 20 - ADSR zarfı	33
Şekil 21 – Moving-coil bir mikrofonun çalışma prensibinin gösteren çizim. A- diyafram, B- bobin, C- mıknatıs	35
Şekil 22 – Bir şerit mikrofonun çalışma prensibini gösteren çizim. İki mıknatıs kutbu arasında hareket eden şerit B harfi ile gösterilmiştir.....	36
Şekil 23 – Kondansatör mikrofonun çalışma prensibini gösteren çizim. 1- Diyaframa	

gelen ses dalgaları, 2- Diyafram, 3- Arka plaka, 4- Elektrik kaynağı, 5- Direnç üzerinden ölçülen elektrik akımı.....	36
Şekil 24 – Kardiooid bir mikrofonun yönsel deseni.....	38
Şekil 25 - Süper-kardiooid bir mikrofonun yönsel deseni.....	39
Şekil 26 – Hyper-kardiooid bir mikrofonun yönsel deseni.....	39
Şekil 27 – Figür 8 bir mikrofonun yönsel deseni.....	40
Şekil 28 – Omni –Directional (Yönsüz) bir mikrofonun deseni.....	41
Şekil 29 - Çok yönlü (Multi-Directional) bir mikrofonda desen değiştirme anahtarı	41
Şekil 30 – Shure Beta 52 model dinamik mikrofonu ait frekans karakteristiği eğrisi	42
Şekil 31 - Mikrofon üzerinde “Pad” anahtarı	45
Şekil 32 – Uzak mikrofonlamada yansılardan kaynaklanan faz etkisi (Huber, 2005 'den değiştirilerek).....	48
Şekil 33 – Basit MIDI bağlantısı (Rumsey, 2004'den değiştirilerek).....	50
Şekil 34 – THRU portu kullanılarak yapılan bağlantı (Rumsey, 2004'den değiştirilerek)	51
Şekil 35 – 5-pin DIN MIDI portu (Middleton, Gurevitz, 2008).....	51
Şekil 36 – USB üzerinden MIDI klavye ile bilgisayar arasında doğrudan bağlantı (Middleton, Gurevitz, 2008)	51
Şekil 37 – MIDI arayüz kullanılarak bilgisayar ve klavye arasında bağlantı (Middleton ve Gurevitz, 2008'den değiştirilerek)	52
Şekil 38 - NI Kontakt 4 üzerinde Pitch Wheel ve Modülasyon tekeri.....	55
Şekil 39 – Geleneksel Türk müziğinde perdeler ve dizeler üzerinde görünüşleri.....	58
Şekil 40 - Tanbur gövdesi	61
Şekil 41 - Tanbur göğsünde çökme.....	62
Şekil 42 - Tanburda sırt.....	63
Şekil 43 - Tanburda akort burguları	63
Şekil 44 -1 numaralı tel üzerinde seslendirilen rast perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar	70
Şekil 45 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen düğâh perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar	71
Şekil 46 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen buselik perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar	71
Şekil 47 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen çargah perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar	72

Şekil 48 - Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin art arda seslendirilmesi ile ortaya çıkan doğuşkan örüntüsü	72
Şekil 49 - Dürtü yanıtı kaydedilecek tanburun mikrofonlanması.....	74
Şekil 50 - 1 numaralı tel grubunun el yardımıyla susturulması.....	74
Şekil 51 - Bağa ile darbe uygulanarak rezonans tellerinin titreştirilmesi.....	75
Şekil 52 - Örneklenmiş dürtü yanıtının Wavelab üzerinde görünümü.....	75
Şekil 53 – Rezonans tellerinin lastik sürdünler kullanılarak susturulması 1	76
Şekil 54 - Rezonans tellerinin lastik sürdünler kullanılarak susturulması 2.....	76
Şekil 55 – Tanburun mikrofonlanması (yandan)	77
Şekil 56 – Tanburun mikrofonlanması (karşıdan)	77
Şekil 57 – Ayrıştırılmamış örnekler	78
Şekil 58 – Boş teller ile seslendirilen kırık akorlar (GTSM’ne göre).....	79
Şekil 59 – Kabaca ayrıştırılmış bir örnek	79
Şekil 60 – Örneğin istenilmeyen kısımlarının detaylı görünümde kesilmesi	79
Şekil 61 – Zero-Crossing bölgesi dışında kesilmiş örnek.....	80
Şekil 62 – Uygun biçimde kesilmiş örnek	80
Şekil 63 – Örneklerin bitişine uygulanan “fade-out” bölgesi.....	81
Şekil 64 – Biçim 1 : Natürel sesler ile bakıyye diyezi ve küçük mücennep bemolü almış perdelerin MIDI klavye üzerine dizilmesi ile oluşturulmuştur. Bu biçim C1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak çargâh, buselik ve kürdi makamlarının dizileri seslendirilebilir.	86
Şekil 65 – Biçim 2 : Biçim 1’de bulunan buselik ve tiz buselik perdelerinin segah ve tiz segah perdeleriyle değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Biçim C#1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak rast, uşşak, hüseyini ve neva makamlarının dizileri seslendirilebilir.	87
Şekil 66 – Biçim 3 : Biçim 1’de bulunan kürdi ve sünbüle perdelerinin dik kürdi ve dik sünbüle perdeleri ile değiştirilmesiyle oluşturulmuştur. Biçim D1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak hicaz, hümayun ve uzzal makamlarının dizileri seslendirilebilir.	88
Şekil 67 – Biçim 4 : Biçim 3’de bulunan acem aşiran ve acem perdelerinin dik acem aşiran ve dik acem perdeleri ile değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Biçim D#1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak zirgüle makamı dizisi seslendirilebilir.	89
Şekil 68 – Biçim 5 : Biçim 1’de bulunan buselik ve tiz buselik ile nim kaba hisar ve nim	

hisar perdelerinin, segah ve tiz segah ile kaba hisar ve hisar perdeleri ile değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Yapı kullanılarak karcığar ve suzinâk makamları dizileri seslendirilebilir. Biçim 5, E1 anahtar tuşuna atanmıştır. . 90	
Şekil 69 – Örneklerin katmanlara yerleştirilmesi	91
Şekil 70 – Gruba anahtar tuş atanması.....	92
Şekil 71 – Buselik perdesi pestleştirilerek segah perdesinin oluşturulması	93
Şekil 72 – Pitch Bend kontrolü	93
Şekil 73 – Grubun her koşulda seslendirilecek biçimde ayarlanması	94
Şekil 74 – Boş teller ve kırık akorların yerleştirilmesi	94
Şekil 75 - Gruplarda polifoni sınırlandırılması.....	94
Şekil 76 – Konvolüsyon işlemcilerin oluşturulması	95
Şekil 77 – Insert üzerinde “send levels” işlemcisinin kullanılması	95
Şekil 78 – Gruplara modülatör eklenmesi	96
Şekil 79 – Düşük frekans osilatörünün frekansının ayarlanması.....	96
Şekil 80 – Rezonans tellerinden alınan dürtü yanıtını modüle eden Csound kodu	97
Şekil 81 – Oluşturulan sanal çalgının MIDI klavye üzerindeki görünümü	99
Şekil 82 – Rast perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar	101
Şekil 83 – Dügah perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar.....	101
Şekil 84 – Buselik perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar	102
Şekil 85 - Çargah perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar	102
Şekil 86 – Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin konvolüsyonu ile oluşan doğuşkanlar	103
Şekil 87 – Rast perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması	104
Şekil 88 - Dügah perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması	104
Şekil 89 - Buselik perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması	105
Şekil 90 - Çargah perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması	106
Şekil 91 – Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin oluşturduğu doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması	106
Şekil 92 – Nihavend makamı dizisi	107
Şekil 93 – Hüzam makamı dizisi	107

Şekil 94 – Kürdili Hicazkar makamı dizisi.....	107
Şekil 95 – Muhayyer makamı dizisi	108
Şekil 96 – Mahur makamı dizisi	109
Şekil 97 – Hicazkar makamı dizisi	109
Şekil 98 - Muhayyer (üstte) ve kürdi (altta) makamları dizilerinin bir arada kullanılmasıyla meydana gelmiş muhayyer kürdi makamı dizisi.....	110
Şekil 99 – Segah makamı dizisi.....	110
Şekil 100 – Saba makamı dizisi.....	110
Şekil 101 – Acem aşiran makamı dizisi.....	111
Şekil 102 – Acem kürdi makamı dizisi.....	111
Şekil 103 – Nikriz makamı dizisi. Neva üzerinde buselik dörtlüsü ile (üstte), neva üzerinde rast dörtlüsü ile (altta)	111
Şekil 104 – Beyati makamı dizisi	112

KISALTMALAR DİZELGESİ

AAC	: Advanced Audio Coding
AIFF	: Audio Interchange File Format
BPF	: Band Pass Filter
DSP	: Digital Signal Processing
EQ	: Equalizer
FLAC	: Free Lossless Audio Codec
GTSM	: Geleneksel Türk Sanat Müziği
HPF	: High Pass Filter
KBM	: Klasik Batı Müziği
LPF	: Low Pass Filter
LSbyte	: Least Significant Byte
MIDI	: Musical Instrument Digital Interface
MP3	: MPEG Layer 3
MPEG	: Motion Pictures Experts Group
MSbyte	: Most Significant Byte
NI	: Native Instruments
SPL	: Sound Pressure Level
TRT	: Türkiye Radyo-Televizyon Kurumu
USB	: Universal Serial Bus

1. GİRİŞ

İlk kez 1877 yılında, Sir Thomas EDISON'un sesi bir fonograf aracılığıyla silindirler üzerine kaydetmesi, müzik tarihinde yepyeni bir dönemin başlamasına öncülük etmiştir.

Bu icadı izleyen on yıl içerisinde, 1886 yılında Alexander Graham BELL disk biçimindeki ilk kayıt ortamının, 1888 yılında ise Emile BERLINER, ilk disk kaydedici fonografin patentini almışlardır. Hareketli film ile sesin senkronlu bir biçimde kayıt edilmesini sağlayan icatların patentleri ise 1892 yılında Georges DEMENY ve 1894 yılında Thomas EDISON tarafından alınmış, ilk manyetik kayıt cihazı olan “telegraphone” ise 1898'de Valdemar POULSEN adına patentlenmiştir (Mumma, 2010).

Almanya'da BASF, Japonya'da ise TDK firmaları 1930 yılında ilk manyetik oksit kaplı bantları üretmiş, AEG ise “Magnetophone” adlı ilk manyetik bant kaydediciyi 1935 yılında tanıtmıştır. Bu ilerlemelere paralel olarak kaydedilen sesin kalitesi de artmış ve ses kaydı daha pratik bir hale gelmiştir. Ancak buraya kadar geçen süreç içerisinde disk biçimindeki plaklar en yaygın kayıt ortamı olarak kalmışlardır. Bu süreç içerisinde plak teknolojisi de gelişimini sürdürmüş, 60'lı yılların başında 45 ve 33 1/3 devirli plaklar ortaya çıkmış ve yaygınlaşmıştır. Müzik endüstrisindeki en büyük ticari patlamalardan bir tanesi ise Philips'in 1966 yılında ilk kompakt kaset çaları geliştirmesi ile meydana gelmiştir.

80'li yıllarda sayısal teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan kompakt diskler günümüzde halen varlığını sürdürmektedir. Bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve internetin ortaya çıkması ile ses artık kablolar, uydular ve bilgisayar ağları arasında sayısal veri paketleri olarak iletilmekte ve depolanmaktadır. İlerleyen teknolojilerine paralel olarak küçülen ve ucuzlayan bilgisayarlar artık her ortama rahatlıkla girebilmekte, geçmişte yalnızca profesyonel stüdyolarda gerçekleştirilebilmekte olan ses kayıt teknolojisini evlere kadar taşımaktadır. Böylelikle müzik sadece tüketim anlamında değil, üretim anlamında da kitlelere ulaşmıştır.

Ses kayıt teknolojisi müzik üretimine başka yollardan da katkıda bulunmuştur. Elektronik yoldan üretilen ya da doğal kaynaklardan alınarak manyetik bantlar üzerine kaydedilen seslerin çeşitli yöntemlerle değişime uğratılabildiği fark edilmiş, bu yöntemlerle elde edilen farklı tınlar 20. YY bestecilerinin temel müzikal malzemesi haline gelmiştir. İlerleyen zaman içerisinde seslerin bir kayıt ortamına aktarılması ve

sonrasında gerek tınısının, gerekse ses yüksekliğinin ve genliğinin değiştirilerek yeniden seslendirilmesi şeklinde kısaca tanımlayabileceğimiz “örnekleme” kavramı ortaya çıkmıştır (Fulford, 2010).

Örnekleme yöntemi ile gerek doğal (doğa, insan hayvan vs. sesleri) sesler, gerekse çalgılardan elde edilen sesler kullanılarak çeşitli ses kitaplıkları oluşturulabilmektedir. Bu ses kitapları aynı zamanda “sanal çalgılar (virtual instruments)” olarak da adlandırılmaktadır. Sanal çalgılar, donanım (hardware) ya da yazılım (software) tabanlı örnekleyiciler kullanılarak seslendirilebilmektedirler. (McGuire ve Pritts, 2008).

Sanal çalgılar, müzik üretiminin ön-produksiyon, prodüksiyon, canlı performans, besteleme ve sinemanın post-produksiyon gibi aşamalarında sıklıkla kullanılmaktadırlar. Sanal çalgılar, çeşitli doğal ve yapay ses efektlerinden, çeşitli vurmali çalgı seslerinden veya solo çalgı ya da çalgı gruplarının seslerinden meydana gelebilirler.

Müzik prodüksiyonun teknik boyutunu kapsayan müzik teknolojisi, hızla ilerleyen ve günden güne değişen bir alan olarak günümüz müzik endüstrisinin yönünü belirler duruma gelmiştir. Teknolojinin sunduğu imkanlar sayesinde müzik üretimi, ev stüdyoları tabir edilen kişisel mekanlara kadar inebilmiştir. Böylelikle pek çok müzisyen, eserlerini kendi imkanları ile kısa bir süre içerisinde ortaya çıkartabilecek duruma gelmiştir. Bu anlamda sanal çalgılar gerek profesyonel gerek amatör tüm müzisyenlere geniş olanaklar sunmaktadır.

Pek çok ticari firma tarafından üretilen çeşitli çalgı ya da çalgı gruplarına ait sanal çalgı kitaplıkları tüketicilerin kullanımına sunulmaktadır. Böylelikle müzisyen, gerek maddi gerekse teknik olanaksızlıklardan bağımsız olarak geniş bir ses yelpazesinden faydalanma imkanına sahip olmaktadır. El altında bulundurulması her an mümkün olmayan büyük çalgı grupları ya da uzak coğrafyalara ait etnik çalgılar bu sayede kolaylıkla ulaşılabilir hale gelebilmektedir. Sanal çalgılar tek başlarına kullanıldıklarında gerçeklerinin performans ve tınasal özelliklerini ne derece yansıtabildikleri tartışmalı olmakla birlikte, özellikle elektronik müzik türleri içerisinde diğer çalgılar ile birlikte kullanıldıklarında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı, örnekleme tekniği kullanılarak geleneksel Türk müziği çalgılarından mızraplı tanbura ait bir sanal çalgı kitaplığı oluşturmaktır.

Bununla birlikte çalışma;

- Tanburun makamsal ve tınısal özelliğinin mümkün olan en uygun biçimde yansıtılması,
- Farklı makam dizilerinin tek bir kitaplık içerisinde kullanılması,
- Çalışmanın bu ve benzer uygulamalara sistematik bir yaklaşım getirmesi,
- Çalışma ile elde edilecek bulgu ve sonuçların benzer çalışmalara kaynak oluşturması,
- Çalışma ile elde edilecek bulgu ve sonuçların müzik teknolojisi eğitimine yönelik kaynak oluşturması,
- Mızraplı tanbura ait bir sanal çalgı kitaplığının müzik dünyasına kazandırılması amaçlarını da taşımaktadır.

Araştırmanın önemi

Bu güne kadar meydana getirilmiş ve ulaşılabilen çeşitli sanal çalgı kitaplıkları incelendiğinde içlerinden bazılarının tanbur örnekleri içerdiği görülmektedir. Ancak bu örnekler tatmin edici düzeyde olmamakla birlikte büyük bir çoğunluğu çalgıyı yeterince yansıtamamaktadır. Aynı sıkıntı çalım teknikleri açısından karmaşık diğer çalgılar için de geçerlidir.

1- Müzik teknolojisi ile ilgilenen, gerekli yazılım ve donanıma sahip bir kullanıcının veya alanda eğitim gören bir öğrencinin, rehber dökümantasyonu takip ederek örnekleme yöntemiyle bir çalgı kitaplığı oluşturması mümkündür. Nitekim, bu şekilde oluşturulmuş kitaplıklarda gerek tınısal gerekse çalım teknikleri açısından yetersizlikler gözlemlenmekle birlikte, alan ile ilgili teorik ve uygulamaya yönelik eksikliklerden kaynaklanan sorunlar da tespit edilmektedir. Bu araştırma, çalgılara ait ses kitaplıkları oluşturulmasına yönelik kuramsal bilgiler ile uygulamayı birleştirerek sistematik bir yöntem ortaya koyması açısından önem taşımaktadır.

2- İngiltere ve Amerika başta olmak üzere müzik endüstrisini şekillendiren pek

çok ülkede müzik teknolojisi alanına yönelik eğitim veren kurumların sayısı oldukça fazladır. Bunun bir sonucu olarak müzik teknolojisinin tüm alt alanlarıyla ilgili pek çok nitelikli kaynak oluşmuştur. Türkiye’de doğrudan alana yönelik oluşturulmuş kaynak neredeyse yok denilebilecek kadar azdır. Bu araştırma, alan ile ilgili kaynak oluşturmaya yönelik bilgi birikimi sağlaması açısından önem taşımaktadır.

3- Pek çok çalgıya ait ses kitaplığı farklı çalım tekniklerine ait sesleri farklı dosyalar halinde sunmaktadır. Bu nedenle sanal çalgı kullanılırken her teknik ya da makam için başka bir dosyanın yüklenmesi gerekmektedir. Böyle bir düzenleme bu kitaplıkların canlı performans sırasında kullanılmasında olumsuz ekiler yaratırken, çalgı partilerinin DAW yazılımları kullanılarak yazılmasında da pratik bulunmamaktadır. Bu araştırma, farklı özelliklerdeki örneklerin tek bir dosya içerisinde kullanılmasına yönelik bir yaklaşım sergilemesi açısından önem taşımaktadır.

4- Araştırmada tanburun fiziksel yapısından kaynaklanan ve rezonans tellerinin titreşmesi sonucu oluşan bir çeşit derinlik etkisi, konvolüsyon kullanılarak oluşturulmuştur. Araştırma, bu yönüyle benzerlerinden ayrılmakta ve yöntemin benzer uygulamalara aktarılmasına yönelik bilgi birikimi oluşturması açısından önem taşımaktadır.

5- Farklı kültürlerin çalgılarına ait ses kitaplıklarının oluşturulması gerek çalgının, gerekse çalgının içerisinde çıktığı kültürün müzikal özelliklerinin diğer toplumlar tarafından tanınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Amacı Türk müzik kültürünün önemli bir parçası olan tanbura ait bir ses kitaplığının oluşturulması olan bu araştırma, Türk müziğinin ve tanburun başka kültürler tarafından tanıtılması açısından önem taşımaktadır.

Araştırmanın sınırlılıkları

Geleneksel Türk müziği içerisinde tanbur denildiğinde ağırlıklı olarak mızraplı tanbur ifade edilmektedir. 20 YY. başlarında yaylı tanburun Tanburi Cemil Bey tarafından Türk müziği dünyasına kazandırmasıyla birlikte günümüzde yaylı ve mızraplı olmak üzere iki çeşit tanbur kullanılmaktadır. Araştırma, mızraplı tanbura ait bir sanal çalgı kitaplığı oluşturulması ile sınırlandırılmıştır. Geleneksel Türk müziğinin makamsal yapısı ile ilgili olarak, göçürülmüş makamların seslendirilmesi araştırmanın dışında tutulmuştur.

Varsayımlar

Araştırmanın gerçekleştirilmesinde;

- Geleneksel Türk müziği çalgılarından tanbura ait bir sanal çalgı kitaplığı oluşturulabileceği,
 - Tanburun makamsal yapısının, tampere biçimde düzenlenmiş MIDI klavye üzerine uygun teknikler geliştirilerek aktarılabilmesi,
 - Tanburun karakteristik tınısal özelliğinin oluşmasında önemli bir rolü olan rezonans tellerinin etkisinin, uygun tekniklerden faydalanılarak sanal çalgı üzerinde gerçekleştirilebileceği,
 - Çeşitli seslendirme tekniklerinin aynı ses kitaplığı içerisinde bulundurulabileceği
- sayıtlarından yola çıkılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER

Ses

Kulağımızı uyararak ve bu yolla beynimizde duymalara yol açan etkilere ses denilmektedir (Zeren, 1997). Ses, insanın en temel iletişim aracı olmakla birlikte, duygu ve düşüncelerin ifade edilmesinde güçlü bir araç olan müziğin temel malzemesidir.

Sesin oluşumu ve yayılması

Sesin varlığından bahsedebilmemiz için aşağıdaki koşulların sağlanmış olması gerekmektedir:

- titreşen bir nesne
- titreşimin yarattığı dalga hareketini iletecek bir ortam
- dalgalanmayı algılayıp yorumlayabilecek sağlıklı bir kulak ve beyin.

Titreşen cisimler maddesel bir ortam içerisinde bulduklarında enerjilerini ortam moleküllerine aktarırlar. Bu enerji ortam boyunca molekülden moleküle iletilerek bir dalgalanma hareketi meydana getirir. Alıcıya ulaşan bu dalgalanma hareketi uygun koşullar altında ses olarak algılanır (Zeren, 1997).

Bir titreşim hareketinin ses dalgası olarak algılanabilmesi için birim zamanda yaptığı titreşim sayısının belirli bir aralıkta olması gerekmektedir. İnsan kulağı için algılanabilen en düşük titreşim saniyede 20 kez, en yüksek titreşim ise saniyede 20.000 kez gerçekleşmelidir. 1 saniyedeki titreşim sayısına frekans denir. Frekansın birimi "Hz (Hertz)" dir. Titreşim hareketinin meydana getirdiği dalgalanma hareketi de aynı frekansta olur. Bir tek titreşimin gerçekleşmesi için geçen süreye periyod denir ve birimi "saniye" dir.

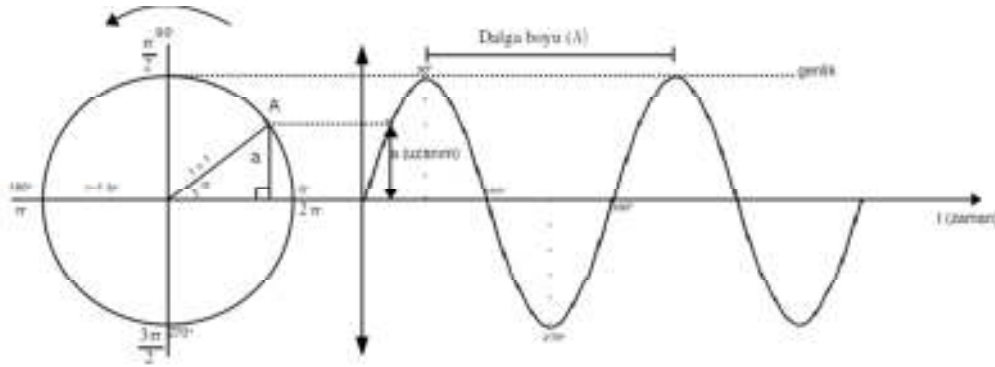
Titreşen cismin yaptığı salınım hareketinin şiddeti genlik olarak adlandırılır. Düşük frekanslı titreşimler insan kulağı tarafından pest, yüksek frekanslı titreşimler ise tiz sesler olarak algılanır. Frekansın insan algısı üzerinde yarattığı etkiye perde adı verilir.

Ses dalgaları tekrar eden titreşimlerden meydana gelir ve periyodik bir hareket sergiler. En temel periyodik harekete basit periyodik hareket adı verilir. Salınım yapan

bir sarkaç, bir ucundan sabitlenmiş bir yaya bağlı kütlenin salınımı basit periyodik harekete örnek gösterilebilir. Matematiksel olarak basit periyodik hareket birim çember üzerinde sabit hızla dönen bir noktanın hareketi olarak açıklanabilir. Birim çember yarıçapı 1 birim olan çemberdir.

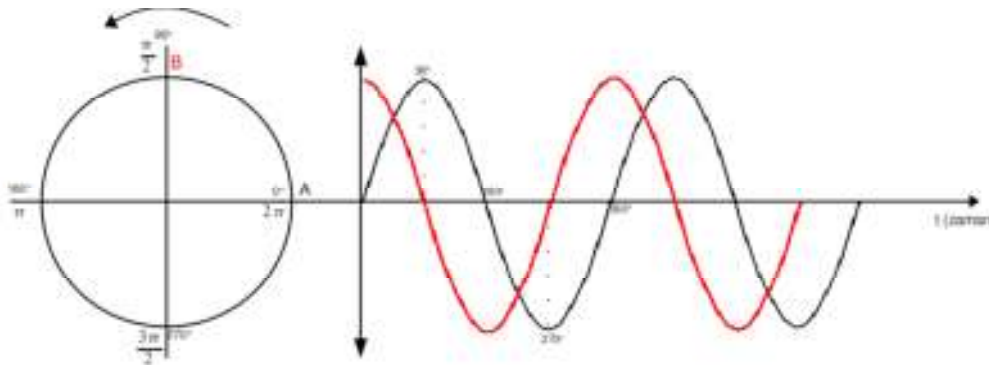
Şekil 1'de A noktasının birim çember üzerinde saat yönünün tersine yaptığı hareket görülmektedir. Hareketin zamana karşı çizilen grafiği bir sinüs eğrisi meydana getirir. Bu dalgayla sinüs dalgası denir (Zeren, 1997: 17).

Noktanın çember üzerinde belirli bir anda bulunduğu açıya faz adı verilir. Dalganın aynı iki fazı arasında kalan mesafe ise dalga boyu olarak adlandırılır.



Şekil 1 - Sinüs dalgasının ve dalga parametrelerinin birim çember üzerinde gösterimi

Şekil 2'de A ve B noktaları birim çember üzerindeki hareketlerine aynı anda ancak farklı açılarda başlamışlardır. A noktası 0 derecede iken B noktası 90 derecededir. Bu durumda iki dalga arasında 90 derecelik faz farkı vardır denir.

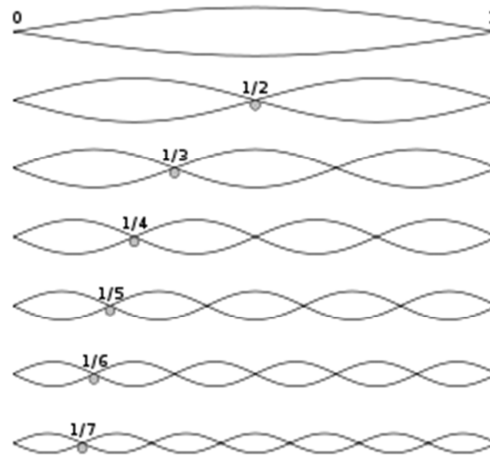


Şekil 2 - İki sinüs dalga arasındaki faz farkı

Titreşim modları ve doğuşkanlar

Doğada bulunan nesnelere tek bir basit uyumlu hareket yaparak titreşmezler. Nesnelere titreşim hareketi daha karmaşık bir biçimde gerçekleşir. İki uçundan gerilerek sabitlenmiş bir tel titreştirildiğine temel frekansın yanı sıra başka bileşenler de oluşur. Bu bileşenler titreşim modları ya da doğuşkan olarak da anılırlar. En düşük frekansa sahip doğuşkan temel (fundamental) olarak adlandırılır. Temelin tam katı frekanslardaki üst doğuşkanlara ise harmonik (uyumlu) adı verilir. Birbirinin iki katı frekansındaki harmoniklere de oktav denir. Temel 1. harmonik olmak üzere üst harmonikler sırayla numaralandırılırlar. Bir titreşim sonucu meydana gelen ilk 7 harmonik Şekil 3’de görülmektedir.

Kaynağın ilk titreştirilmesiyle birlikte uyumlu olmayan pek çok bileşen meydana gelir. Bu bileşenler çok kısa bir süre içerisinde söner. Bu nedenle bu bileşenler geçici (transient) olarak adlandırılırlar (Talbot-Smith, 2002).



Şekil 3 – Titreşim sonucu oluşan ilk 7 harmonik

Ses kaynaklarında tınıyı belirleyen faktör doğuşkanlarının frekansları, sayısı ve genlikleridir.

Rezonans

Bir sisteme anlık bir kuvvet uygulanıp serbest bırakıldıktan sonra oluşan serbest titreşimlere o sistemin öz titreşimi denilmektedir. Bu anlamda her nesnenin bir öz titreşim frekansı vardır. Öz titreşim yapan bir sistemin enerjisi zamanla azalır ve

titreşim sönerek yok olur (Zeren, 1997: 36).

Birbirlerine enerji aktarabilecek şekilde bir araya getirilmiş sistemlere bağlanmış sistemler adı verilmektedir. Bağlanmış sistemlerden daha güçlü olanına uyarıcı sistem denir. Uyarıcı sistemin etkisiyle titreşime zorlanan diğer sistem ise rezonatör olarak adlandırılır (Zeren, 1997: 37). Rezonatörün uyarıcı sistemin etkisiyle titreşime başlaması olayına rezonans denir. Rezonansın gerçekleşebilmesi uyarıcı sistemin frekansının rezonatörün öz titreşim frekansıyla aynı olması gerekmektedir (Zeren, 1997:40).

Çalgılarda gövde ve teller bir bağlanmış sistem meydana getirirler. Tellerin titreşimi gövdeyi de titreşmeye zorlar. Böylelikle çalgıda ses daha güçlü duyulur. Gövdenin yapısal özellikler o çalgının karakteristik tınısının belirlenmesinde büyük önem taşır.

Müzikte aralıkların ölçülmesinde kullanılan birimler

Müzikte ses sistemlerine yönelik olarak aralıkların ölçülmesinde çeşitli birimlerin bulunduğu göze çarpmaktadır. Sıklıkla karşılaşılan birimler şunlardır:

Sent (cent):

Bu birim oktavin 1200 eşit parçaya bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylece küçük ikili aralığın değeri $1200:12 = 100$ sent (cent) olarak belirlenebilir. Küçük ikililerin katları biçiminde ifade edilebilen diğer aralıklar benzer şekilde hesaplanabilir.

Savart:

Bir oktavin 301.0299956640... eşit aralığa bölünmesiyle elde edilen birimdir. Bu birimin daha çok eski çalışmalarda kullanıldığı göze çarpmaktadır.

Santioktav:

Oktavin 100 eşit parçaya bölünmesiyle elde edilmiştir. Böylelikle çeşitli aralıklar yüzdeler ile ifade edilebilmektedir. Oktavı tam ikiye bölen artık dördü (eksik beşli) aralığı 50 santioktav'dır.

Koma:

Koma adı verilen küçük aralıklar bazı ses sistemlerinin kendi bünyesinde bulunmaktadır. Böylelikle daha büyük aralıklar koma cinsinden ifade edilebilmektedir. Koma birimi bir oktavin 53 eşit parçaya bölünmesiyle meydana gelmektedir. 1 koma

1200:53 = 22.6414 cent'tir (Can, 1995).

Sanal algılar

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler; artan işlemci hızı, genişleyen depolama kapasitesi ve gelişmiş yan donanımların ortaya çıkması biçiminde kendisini göstermektedir. Yazılımların yetenekleri de bu gelişmelere paralel olarak hızla artmaktadır. Özellikle yüksek donanım kapasitesine ihtiyaç duyan çokluortam (multimedia) yazılımları, bu donanım gücünden en yüksek seviyede faydalanmaktadırlar.

Müzik üretimi içerisinde önceleri yalnızca sıralayıcı (sequencer) olarak kullanım alanı bulan bilgisayarlar, bugün birer ses kaynağı olarak da kullanılmaktadırlar. Ses sentezleyicilerin, davul modüllerinin, örnekleyicilerin (samplers) ve çeşitli hayali enstrümanların bilgisayar aracılığı ile modellenmesini sağlayan yazılımlara “sanal çalgı” adı verilmektedir. Bu terim Steinberg firması tarafından geliştirilmiş VST (Virtual Studio Technology – Sanal Stüdyo Teknolojisi) ile birlikte ortaya çıkmıştır (Millward, 2002: vi). Digidesign tarafından geliştirilmiş olan RTAS (Real Time Audio Suite – Gerçek Zamanlı Ses Takımı) ve TDM (Time Division Multiplex), Apple tarafından geliştirilmiş AU (Audio Units) ve Microsoft DirectX ise benzer teknolojinin farklı protokolleri olarak örneklendirilebilir. Birer bilgisayar yazılımı olan sanal algılar “soft-synth” ya da “soft-sampler” olarak da adlandırılırlar (Önen, 2007: 277).

Sanal algıların kullanılması

Sanal algılar bir bilgisayar sistemi üzerinde iki şekilde kullanılabilirler:

- Standalone (tek başına)
- Bir host (sunucu) sequencer (sıralayıcı) yazılımı ya da DAW (Digital Audio Workstation) yazılımı ile birlikte.

Standalone (tek başına) kullanım

Bir sanal çalgının “standalone” olarak kullanılabilmesi için işletim sistemi tarafından doğrudan çalıştırılabilen (executable) bir dosya biçiminde derlenmiş olması gerekmektedir. Yazılım, kullanılan işletim sisteminin ses sunucusu aracılığı ile ya da ses donanımına doğrudan erişerek çalışabilir.

Sanal algılar da tıpkı donanım (hardware) ses sentezleyicileri gibi bir veri giriş

arayüzüne ihtiyaç duyarlar. Bu amaçla geliştirilmiş olan protokole MIDI (Musical Instrument Digital Interface – Müzik Aletleri Sayısal Arayüzü) adı verilir (Rumsey, 1994). Müziksel bilgilerin iletilmesi amacıyla kullanılan en temel araç MIDI klavyedir. Performansa yönelik çeşitli etkilerin ve çalım tekniklerinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla farklı MIDI kontrol araçlarından da faydalanılmaktadır (Önen, 2007: 276).

DAW (Digital Audio Workstation) yazılımı ile birlikte kullanım

Sadece MIDI mesajlarını kaydederek gerektiğinde geri gönderebilen yazılımlara sequencer yazılımları adı verilmektedir. Sequencer özelliği yanı sıra sayısal ses kaydı da yapabilen yazılımlar ise DAW (Digital Audio Workstation – Sayısal Ses Çalışma İstasyonu) olarak adlandırılırlar. Bu yazılımlar aynı işi yerine getiren donanımların bilgisayar üzerinde çalışan benzerleri olarak da düşünülebilir. Sanal çalgılar herhangi bir DAW yazılımının eklentisi (plug-in) biçiminde kullanılabilme üzere derlenebilir. Bu durumda yazılım, ilgili sequencer programı ya da DAW ile aynı protokolü kullanmalıdır. Sanal çalgılar tek bir DAW için yazılabileceği gibi farklı protokolleri destekleyen sürümleri de bulunabilir.

Sanal çalgıların oluşturulmasında kullanılan yöntemler

Bazı sanal çalgılar var olan donanım analog ya da sayısal ses sentezleyicileri ile çeşitli akustik çalgıları modellemek (taklit etmek), bazıları ise gerçek çalgılardan tümüyle bağımsız, yepyeni sonik (tınısal) yelpazeler oluşturmak üzere tasarlanırlar (Gallagher, 2009: 229). Çalgının oluşturulmasında seçilecek yöntem hangi amaç için tasarlandığına göre değişiklik gösterir.

Bilgisayarlar matematiksel ilişkileri fonksiyonlar halinde işleyebilirler. Bir bilgisayar sayısal - analog dönüştürücü kullanılarak bir hoparlöre bağlanırsa bu matematiksel işlemlerin sadece sonuçlarını görmekle kalmaz, aynı zamanda meydana getirdikleri sesleri de duyabiliriz.

Eski Yunanlılar müziği işitilebilir matematik olarak görmüşlerdir. Örneğin, gerilmiş tellerin titreşim biçimlerini idare eden kurallar, pek çok yönleriyle sayıların özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Geçmiş dönemlere ait bu bakış açısı günümüz bilgisayarlarının yetenekleri ile birleştirildiğinde, bilgisayarların diğer işlevlerinin yanı sıra emsalsiz birer müzik yaratma aracı olarak da değerlendirilebileceği açıkça görülmektedir (Moore, 1990: 150-151).

Sanal algıların oluşturulmasına yönelik hedefleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Donanım analog ya da sayısal ses sentezleyicilerin modellenmesi (taklit edilmesi)
- Yeni sonik (tınsal) arayışlar
- Akustik algıların taklit edilmesi

Yukarıda belirtilmiş olan hedefler doğrultusunda sanal algılar, uygun bir sentezleme yöntemi tercih edilerek oluşturulabilirler. Çeşitli ses sentezleme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir:

- Eklemeli sentezleme (additive synthesis)
- Eksiltmeli sentezleme (subtractive synthesis)
- Dalga tablosu sentezleme (wavetable synthesis)
- Genlik modülasyonu ile sentezleme (AM synthesis)
- Frekans modülasyonu ile sentezleme (FM synthesis)
- Fiziksel modelleme (physical modelling)
- Örnekleme (sampling)

Akustik algıların taklit edilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemler fiziksel modelleme ve örneklemedir.

Fiziksel modellemede, çalgı yapısı laboratuvar ortamında incelenir ve çalgının fiziksel davranışları matematiksel eşitlikler biçiminde ifade edilir. Bu eşitlikler bilgisayar yazılımları aracılığıyla işlenerek çalgının sesi oluşturulur. Fiziksel modelleme yöntemiyle çok gerçekçi sonuçlar elde edilebilirken, oldukça sentetik tınlar da meydana getirilebilir (Russ, 1996).

Örnekleme, uygun biçimde gerçekleştirildiğinde akustik çalgıların gerçekçi taklitleri yaratılabilir.

Örnekleme (Sampling)

Örnekleme kelimesi, iki farklı ancak birbiriyle ilişkili uygulamayı ifade etmek için kullanılmaktadır. Teknik anlamda örnekleme analog ifadeden sayısal ifadeye dönüştürme işlemidir (Russ, 1996: 46). Bir ses sentezleme yöntemi olarak ele alındığında ise örnekleme, bir ses kaynağının bir seferde yalnızca belirli bir kısmının kaydedilmesi olarak tanımlanmaktadır (McGuire ve Pritts, 2008).

Analog – Sayısal dönüştürme

Analog bilgi sürekliliği olan bilgidir. Bir kaynaktan yayılan ses dalgaları analogdur. Mikrofon kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülen ses dalgaları artık elektriksel dalgalar halinde ifade edilir ki bu işaretler de analogdur ve ses dalgasının birebir elektriksel temsilidir. Bu elektrik dalgaları manyetik (bant gibi) ya da mekanik (plak gibi) ortamlarda saklanabilir ve gerektiğinde yeniden elektriksel enerjiye dönüştürülebilir. Bu şekilde ses bilgisi saklayan ortamlara analog ortamlar adı verilir. Elektriksel ses bilgisi amplifikatörler ve hoparlörler aracılığıyla tekrar akustik enerjiye dönüştürülür ve kulak tarafından algılanır (Watkinson, 1994).

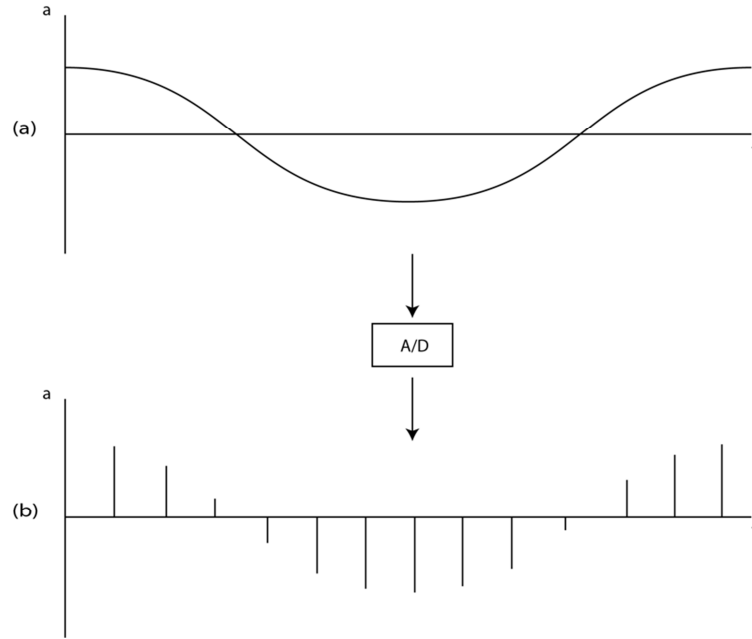
Analog ses iletilirken çeşitli elektriksel ya da radyo frekans gürültülerine maruz kalabilir. Bu şekilde sinyale dahil olan gürültüler yok edilemez veya gürültü giderilmesi sırasında sinyal büyük zarar görebilir. Analog ses kayıt ortamları ise çevresel etkilerden zarar görür ve kullanıldıkça aşınır. Bu aşınma ortam içerisinde bulunan ses bilgisine gürültü ekler ve zarar verir. Analog ortamların bant genişlikleri ve dinamik alanları oldukça sınırlıdır.

Analog ses uygun araçlar kullanılarak sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Bu işleme “analog – sayısal dönüştürme” adı verilir (Şekil 4).

Dönüştürme, analog sinyalden periyodik aralıklara genlik değerleri alınarak yapılır. Alınan bu değerler sayılar ile ifade edilirler (Rumsey, McCormick, 2006: 199). Sayısal ifade sürekli değil ayrık zamanlıdır. Bu şekilde ifade edilen ses, bellek ve sabit disk gibi sayısal ortamlarda saklanabilmekte ve bilgisayarlar tarafından işlenebilmektedir. Sayısal ses aktarılırken sinyale dahil olan gürültü ve oluşan bozulmalar, çeşitli algoritmalar ve araçlar kullanılarak giderilebilmektedir.

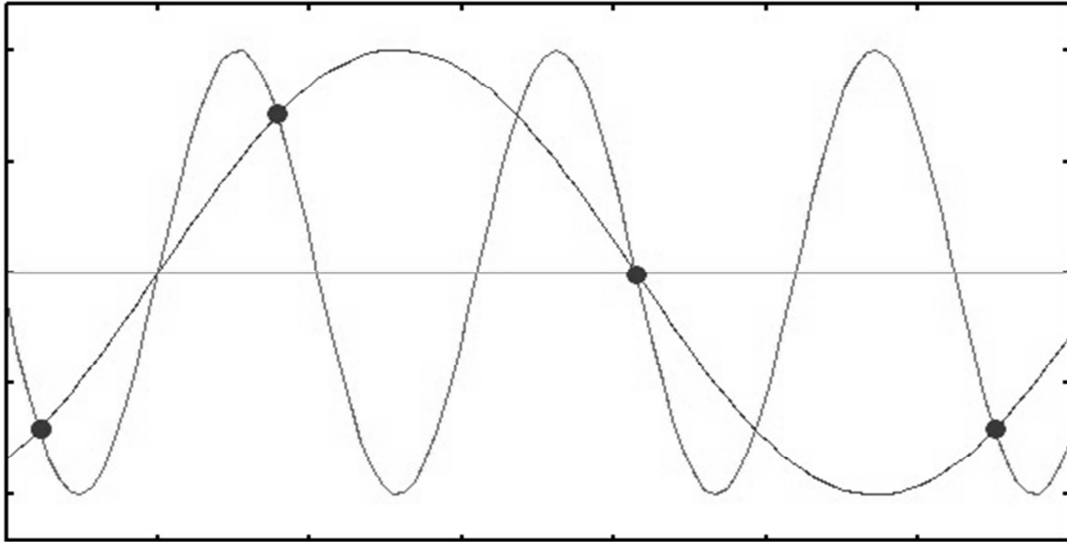
Analog sinyali sayısal veriye dönüştürmek için kullanılan araçlara analog - sayısal dönüştürücü (A/D converter) adı verilmektedir. Dönüşüm sonrası elde edilen

sayısal veriler işitme duyumuz tarafından doğrudan algılanabilecek nitelikte değildir. Sayısal sesin işitilebilmesi için yeniden analog sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan araçlara ise sayısal – analog dönüştürücü (D/A converter) adı verilmektedir.



Şekil 4 – (a) Sürekli analog sinyal, (b) Analog sinyalden periyodik aralıkla örnek alınarak elde edilen ayırık zamanlı genlik değerleri.

Dönüşüm sırasında elde edilen sayısal ses bilgisinin kalitesi ve aslına yakınlığı, birim zamanda alınan örnek sayısı ile ve her bir örneğin çözünürlüğü ile doğru orantılıdır. 1 saniyede alınan örnek sayısına örnekleme oranı (sampling – rate) adı verilmektedir. Herhangi bir sinyalden birim zamanda istenilen sayıda örnek alınabilir. Ancak belirli bir oranın altında alınan örnek sayısı, örtüşme bozulması (aliasing distortion) adı verilen bir olayın meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu teoriye Nyquist teorisi adı verilir. Nyquist teorisine göre bir sinyalden alınacak örnek sayısının sinyalin frekansının en az 2 katı olması gerekmektedir (Watkinson, 2006: 204). Alınan örnek sayısı Nyquist değerinin altında ise bu işlem “down-sampling”, üzerinde ise “over-sampling” olarak adlandırılır.



Şekil 5 – Analog sinyalden alınan örnek sayısı Nyquist değerinin altında olduğunda meydana gelen örtüşme

Şekil 5’te, sinyalden Nyquist değerinin altında örnek alındığında meydana gelen örtüşme durumu görülmektedir. Örnekleri temsil eden noktalar, örneklenmek istenen sinyalden dışında pek çok sinyali de (görüntüleri de) temsil etmektedir. Bu örnekler yeniden analog sinyale dönüştürülürken temsil edilen görüntüler de oluşacak ve işitilecektir (Watkinson, 2006: 204).

İnsan frekans algısının üst sınırı 20.000 Hz olarak ölçülmektedir. Müzikal seslerin büyük kısmında bulunan doğuşkanlar da bu değere oldukça yaklaşmaktadırlar. Bu nedenle müzik için örnekleme oranı 44.100 Hz olarak belirlenmiştir.

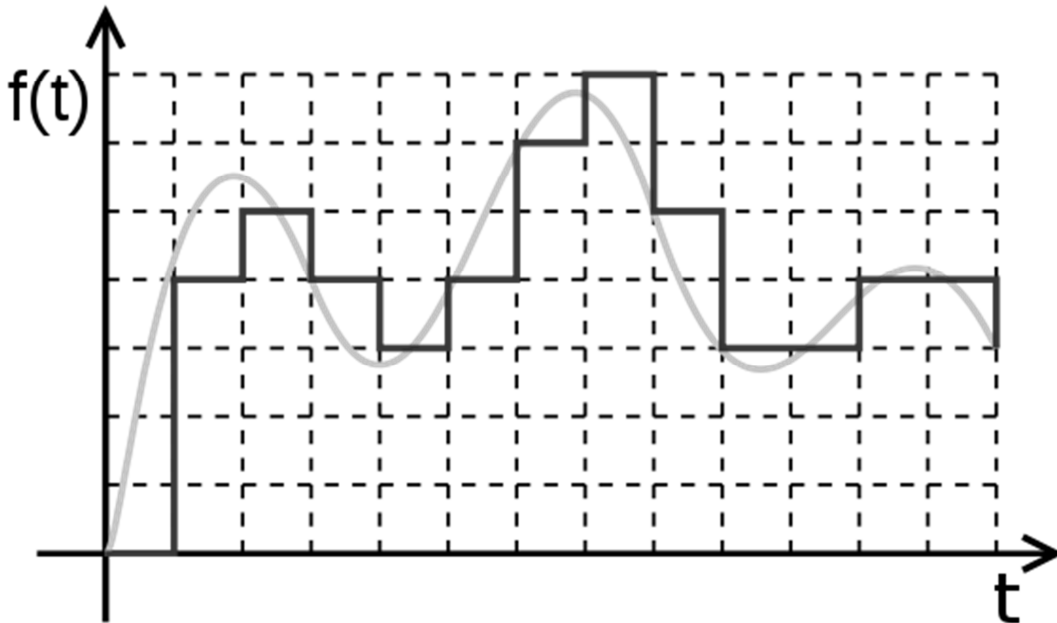
44.100 Hz’ den daha yüksek oranda örnek almak ve kaliteyi yükseltmek mümkündür. Ancak, örnekleme frekansı arttırıldıkça oluşacak verinin büyüklüğü de aynı oranda artacaktır. Bu nedenle örneklenecek materyalin niteliğine uygun örnekleme oranı tercih edilmelidir.

Alınan her bir örnek sayıya dönüştürülmekte ve anlık sinyal genliğini ifade etmektedir. Bu değeri ifade eden veriye “kelime uzunluğu (word length)” veya “bit derinliği (bit depth)” adı verilir. Kelime uzunluğu ne kadar çok bitten meydana geliyorsa ifade edebildiği kesinlik de o derece artar. Alınan örneğin genliği kelime ile tam olarak ifade edilemiyorsa en yakın basamağa yuvarlanır. Bu olaya “nicemleme (quantization)” adı verilir (Şekil 6). Yuvarlama işlemi sonucu meydana gelen bozulmalara ise “nicemleme bozulması (quantization distortion) ya da “nicemleme

gürültüsü (quantization noise)” denir (Rumsey ve McCormick, 2006).

Kelime uzunluğu büyüdükçe nicemlemeden kaynaklı bozulmalar azalır, dinamik alan büyür.

Günümüz CD standardında örnekleme oranı 44.100 Hz, kelime uzunluğu ise 16 bit olarak belirlenmiştir. Sayısal ses üzerinde işlem yapıldıkça matematiksel işlemlerden kaynaklı eldeler kelime tarafından ifade edilemez ve kırpılmalar (truncation) meydana gelebilir. Bu nedenle profesyonel stüdyo uygulamalarında kayıt, miks ve mastering gibi aşamalarda yüksek örnekleme oranları ve kelime uzunlukları tercih edilmektedir.



Şekil 6 – Nicemleme (quantization) ile örneklerin en yakın basamağa yuvarlanması

Sayısal ses verisinin büyüklüğü

Sayısal ses dosyasının büyüklüğü örnekleme oranı ve seçilen kelime uzunluğu ile doğru orantılıdır. Veri boyutu :

Örnekleme frekansı x Kelime uzunluğu

biçiminde hesaplanır. Örneğin 44100 Hz – 16 Bit bir örnekleme gerçekleştirildiğinde (CD standartı) oluşacak veri boyutu 1 saniyelik örnekleme için :

16 Bit = 2 Byte ise,

$$44100 \times 2 = 88200 \text{ Byte} = 86,13 \text{ Kbyte}$$

olur. Buradan 1 dakikalık dosya boyutu :

$$86,13 \times 60 \text{ sn} = 5160 \text{ Kbyte} = 5 \text{ Mb}$$

olarak hesaplanır. O halde 1 dakikalık stereo (2 kanallı) bir dosya ise yaklaşık 10 Mb büyüklüğünde olacaktır.

Sayısal ses verilerinin bilgisayar ortamında saklanması

Bilgisayarlarda işlenen tüm veriler bellek üzerinde saklanmaktadır. Bellek, birbiri ardına dizilmiş kutulardan oluşan bir zincir gibidir ve her kutunun yani bellek alanının bir adresi bulunmaktadır. İşlemci, istediği veriye bu adresi kullanarak ulaşır. İşlenen veri ise yeniden adres kullanılarak uygun bellek hücresine yerleştirilir (Abd-El-Barr ve El-Rewini, 2005: 15-16).

Bir bilgisayarın çalışmasını sağlayan işletim sistemi ve tüm uygulama yazılımları bellek üzerinde çalışmaktadır. Ancak, RAM (Read Access Memory – Okunur Yazılır Bellek) olarak adlandırılan bu bellekler içerisinde bulunan veri, bilgisayar çalışır durumda olduğu sürece korunmaktadır. Makine kapatıldığında RAM üzerindeki veriler de silinir. Bu nedenle işletim sistemi ve diğer yazılımlar sabit disk sürücüsü (HDD - Hard Disk Drive) adı verilen, manyetik olarak veri saklayan araçlar içerisinde depolanırlar. İlgili yazılım gerektiğinde sabit diskten okunur ve belleğe yerleştirilir. Aynı şekilde uzun süre saklanması gereken veriler de sabit diskler üzerinde depolanır.

Günümüz bilgisayar mimarisi, açık ve kapalı durumda bulunan anahtar sistemleri üzerinde kurulmuştur. Bellekleri meydana getiren ardışık kutucuklar da birer anahtardır. Bu mimariyle doğrudan uyumlu olan sayı sistemi ise ikilik sayı sistemidir. İkilik sayı sisteminde basamaklar 1 ve 0 olmak üzere yalnızca iki değerden meydana gelir. Benzer biçimde sayılar da bilgisayar sistemlerinde anahtarların kapalı ya da açık olması durumuyla ifade edilebilir.

İkilik sayı sisteminde her basamak “bit” olarak adlandırılır. 8 bitin bir araya getirilmesiyle oluşan veri grubuna “byte” adı verilir. Bundan sonraki nicelikler birbirinin 1024 katı biçiminde devam eder ve terabayt’a kadar aşağıdaki biçimde adlandırılmaktadır :

$$1024 \text{ Byte} = 1 \text{ KByte}$$

1024 KByte = 1 MByte

1024 MByte = 1 GByte

1024 GByte = 1 TByte

Birden fazla basamaktan meydana gelen sayıların değerine büyük oranda etki eden basamakları daha önemli (Most Significant – MS), daha az etki eden basamakları ise en az önemli (Least Significant – LS) olarak adlandırılır. Benzer biçimde sayısal sistemlerde birden fazla bayttan meydana gelen sayılarda da sayının daha büyük kısmında bulunan baytı MS Byte, küçük kısmında bulunan baytı ise LS Byte olarak adlandırılır (Şekil 7).

1010 0110	0010 1001
MS Byte	LS Byte

Şekil 7 - İki bayttan meydana gelen 16 bit uzunluğundaki sayının MS ve LS baytları

Dosya tiplerinin tanınması amacıyla öncelikli olarak dosya uzantısından faydalanılmaktadır. Dosya uzantısı dosya adından sonra nokta “.” işaretiyle eklenir ve uzunluğu işletim sistemine göre değişiklik gösterebilmektedir. Dosya uzantı adları genellikle bağlı oldukları yazılımın adıyla veya dosya tipiyle ilişkili olarak seçilmektedir.

Dosyaların yapılarına ilişkin bilgiler içeren bölümüne “dosya başlığı (file header)” adı verilmektedir. Dosyanın genellikle başlangıcında bulunan bu bölüm dosya tanımını ve yapısını ile ilgili bilgiler içermektedir. Dosya uzantısı değiştirilebilir bir özelliktir. Daha kesin bilgi içerdiğinden işletim sistemleri dosyanın türünü ve içeriğini anlamak için başlık kısmına bakmaktadırlar.

Örneklenmiş ses verileri de bilgisayar ortamında dosyalar halinde saklanabilir ve işlenebilirler (Watkinson, 2001: 30).

Bir veri dosyası basitçe, ardışık ya da parçalanmış olarak depolanmış, bloklar halinde biçimlenen bir dizi veri baytı olarak tanımlanabilir. Veri dosyaları genellikle işletim sisteminden ve dosya sisteminden bağımsızdırlar. Bu şekilde farklı sistemlere

aktarıldıklarında dosya bütünlüğü bozulmaz (Rumsey, 2004: 169).

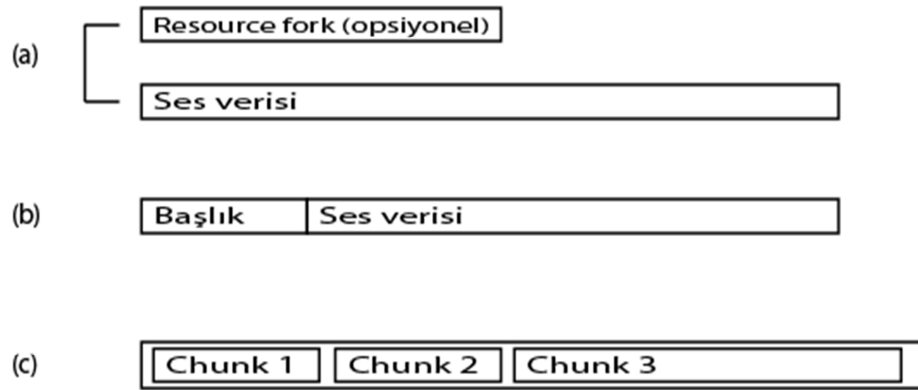
Ses dosyaları çeşitli yapılarda oluşturulabilir:

Sıklıkla kullanılan yapılardan bir tanesi “resource fork” ve “data fork” kısımlarından oluşan dosya biçimidir. Bu dosya yapısında ham (raw) ses verisi “data fork” kısmında saklanırken dosya ile ilgili bilgiler (ikonlar, görünüm bilgileri gibi) “resource fork” kısmında tutulmaktadır. “Resource fork”, her zaman bulunmayabilir.

Başka bir dosya biçimi ise “başlık (header)” ve “veri” kısımlarından meydana gelen yapıdır. Bu tip dosyalarda başlık, örnekleme oranı, veri çözünürlüğü gibi bilgiler içerirken, ses verisi başlık kısmını takiben yer almaktadır.

“Chunk-format (yığın – biçim)” ise her biri farklı bir fonksiyon üstlenen, chunk (yığın) adı verilen ardışık parçalardan meydana gelmektedir.

Üç tip ses dosyasına ait yapılar Şekil 8’ de görülmektedir.



Şekil 8 – Üç tip ses dosyası yapısı. (a) Yalnızca ham ses içeren biçim, opsiyonel olarak resource fork bulunmaktadır. (b) Bir başlık ve veriden oluşan biçim. (c) Chunk -format

Ses dosya formatları

Çeşitli yazılım üreticileri tarafından farklı amaçlara yönelik ses dosyası formatları geliştirilmiştir. Temel prensipleri aynı olmakla beraber her biri farklı bir yapıya sahip olan bu formatlar, üzerinde çalışacakları işletim sisteminin mimarisine uygun biçimde tasarlanırlar.

SD I (Sound Designer I) dosya formatı

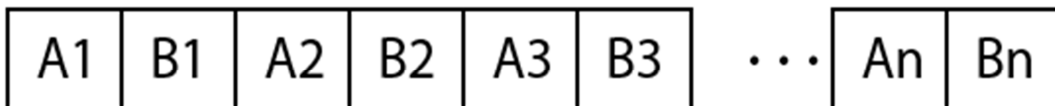
Sound designer dosya formatları Digidesign firması tarafından Macintosh tabanlı sistemler üzerinde geliştirilmiştir. Bu nedenle numerik veriler big-endian bayt düzeninde saklanmaktadır. Pek çok sistem tarafından desteklenen sound designer dosya formatları, çoğunlukla kısa ses örneklerinin ve ses efektlerinin CD-ROM' lar üzerinde dağıtılabilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Sound Designer I (SD I) formatı mono ve kısa süreli sesler için uygundur. Bu formatta “resource fork” bölümü bulunmaz. “Data fork” içerisinde ses verisinden önce gelen 1336 byte uzunluğundaki başlık bölümü, ses örneğinin Sound Designer düzenleme yazılında ne şekilde gösterileceği, “loop” noktaları, örnekleme oranı, kelime uzunluğu ve kullanılacak tampon bellek miktarı gibi bilgiler içermektedir. 8 veya 16 bit kelime uzunluğu olan ses verisine ait her bir örnek MS bayt ve LS bayt sırasıyla temsil edilmektedir (Rumsey, 2004).

SD II (Sound Designer II) dosya formatı

SD II, öncülü olan SD I' den daha esnek bir formattır. Yine Macintosh kökenli bir format olan SD II, “resource fork” bölümüne sahiptir. Böylelikle “data fork” yalnızca 8 veya 16 bitlik ses bilgisi içerir. SD II dosya formatı “interleaved” (Şekil 9) olarak düzenlenmiştir ve birden fazla ses kanalını desteklemektedir. Buna rağmen bu formatta genellikle en fazla 2 kanal (stereo) tercih edilmektedir.

Mac dosyalarında “resource fork” bölümü “data fork” tan ayrı olarak yazılabildiğinden SD II dosyalarında açıklayıcı bilgiler veri kısmına dokunulmadan güncellenebilmektedir. Ses verisi üzerinde değişiklik yapılmadığı durumlarda sadece “resource fork” un güncellenebilmesi zaman kazandırması açısından avantajlıdır.” (Rumsey, 2004)

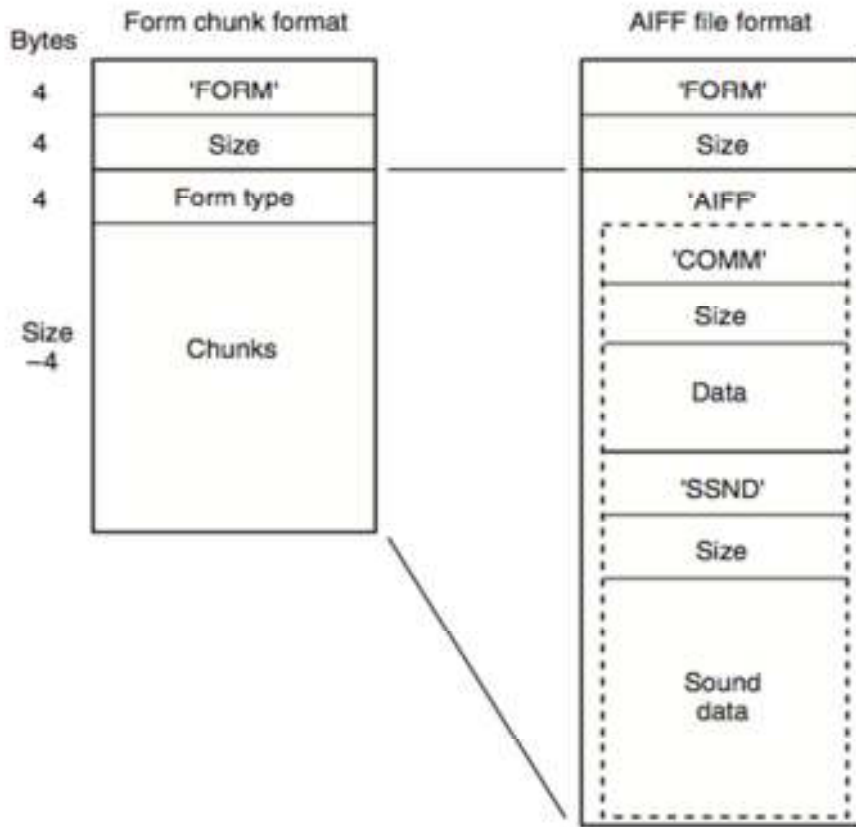


Şekil 9 – İki kanallı Interleaved bir ses dosyasının yapısı. A ve B harfleri iki kanala ait ses verisini ifade etmektedir.

AIFF dosya formatı

AIFF, EA IFF (Interchange File Format) 85 standardı üzerine kurulu bir ses dosyası formatıdır ve çoğunlukla Apple Macintosh tabanlı ses yazılımları ile birlikte kullanılmaktadır. Format, farklı çözünürlüklere ve birden fazla kanal sayısına destek vermekle beraber “resource fork” içermediğinden pek çok platforma aktarılabilmektedir.

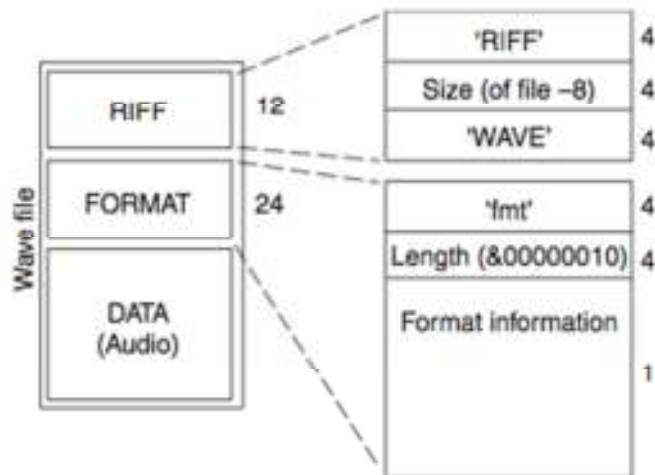
Tüm IFF dosyaları yığınlardan (chunks) meydana gelmektedir. Bu yığınların her biri bir başlık ve bir dizi veri baytı içerir. En basit haliyle AIFF dosyası, bir biçim yığını (form chunk) içerisinde saklanan bir ortak yığın (common chunk) ve ses verisi yığınından (sound data chunk) meydana gelmektedir (Şekil 10). Ortak yığın içerisinde kanal sayısı, örnekleme oranı, kelime uzunluğu gibi bilgiler, ses verisi yığınında ise kelime uzunluğuna bağlı olarak 1, 2, 3, veya 4 bayttan meydana gelen ses örnekleri SD II formatında olduğu gibi “interleaved” biçimde saklanmaktadır. AIFF dosyası içerisinde MIDI örnekleyiciler ile birlikte kullanılacak işaretçi (marker) bilgisi, döngü (loop) noktaları gibi bilgiler içeren tercihe bağlı yığınlar da bulunabilir (Rumsey, 2004).



Şekil 10 – AIFF dosya formatı içerisinde ortak yığın ve ses verisi yığını

RIFF WAVE dosya formatı

WAV dosyası olarak da anılan RIFF WAVE, Apple'ın AIFF dosyasının Microsoft tarafından geliştirilmiş bir benzeridir. WAVE dosyası AIFF gibi IFF standardı üzerine kurulmuştur. PC sistemler üzerinde çalışan ses yazılımları ile birlikte kullanılmak üzere tasarlanmış olan WAVE “cue” noktaları ve çalma listeleri (playlist) gibi ilave bilgiler de içerebilir. Temel olarak WAVE dosyası “RIFF Chunk”, “FORMAT Chunk” ve “DATA Chunk” yığınlarından meydana gelmektedir (Şekil 11). Genellikle “mono” veya “stereo” olarak kullanılmasına rağmen WAVE dosyaları “interleaved” biçimde birden fazla kanalı desteklemektedir (Rumsey, 2004).



Şekil 11 – RIFF WAVE dosya formatı yığın yapısı. Kutuların sağında görülen rakamlar bölümlerin bayt cinsinden uzunluğunu vermektedir.

Sıkıştırılmış ses formatları

Sayısal ses dosyaları daha küçük bir boyuta indirgenmek amacıyla çeşitli algoritmalar kullanılarak sıkıştırılabilirler. Ancak sıkıştırılma işlemiyle birlikte ses kalitesi de düşer. Profesyonel uygulamalarda yüksek kaliteli ses söz konusu olduğundan sıkıştırılmış bir format kullanmak uygun değildir (Middleton ve Gurevitz, 2008).

Sıkıştırma algoritmaları temel olarak insan işitme sisteminin sınırlılıkları göz

önünde bulundurulmuş olarak geliştirilmektedir. Örneklenmiş ses dalgaları zaman domeninden (time domain), frekans domenine dönüştürülür. Psiko-akustikten faydalanılarak hangi frekansların ne şekilde maskelendiği belirlenir ve bu bileşenler insan işitme algısının dışında kalacağından ses dosyası içerisinde silinir. Bu şekilde dosya boyutları küçültülmüş olur.

Bugün yaygın olarak kullanılmakta olan sıkıştırılmış ses formatlarının başında “mp3” gelmektedir. Mp3, Fraunhofer Institute tarafından geliştirilmiştir ve ortalama bir ses kalitesinde 11:1 oranına varan sıkıştırma yapabilmektedir.

Ogg Vorbis, Xiph.Org kuruluşu tarafından açık kaynaklı, özgür yazılım projesi olarak geliştirilmiştir. Benzerlerine kıyasla daha fazla sıkıştırma yapabilirken eşdeğer bir ses kalitesi sunmaktadır.

FLAC, Josh Coalson tarafından geliştirilmiş olan bir ses sıkıştırma algoritmasıdır. FLAC algoritması ile sıkıştırılmış bir ses dosyası açıldığında orijinal dosyanın birebir kopyası elde edilebilmektedir. FLAC, %50 - %60 arasında sıkıştırma oranı sunmaktadır.

Mp3'ün bir nevi devamı olarak ortaya çıkan AAC, aynı bit oranlarında daha yüksek bir ses kalitesi üretmektedir. Bugün pek çok oyun konsolunda standart ses dosya formatı olarak kullanılan ACC, ISO ve IEC tarafından MPEG-2 ve MPEG-4 şartnamesinin bir parçası olarak belirlenmiştir.

Sayısal Ses İşleme (DSP)

DSP, sayısal ses sinyallerinden bilgi toplamak, analiz etmek, işlemek veya sentezlemek amacıyla kullanılan bir tekniktir (Self, 2010). Sürekli zaman sinyaller (analog) örneklenerek ayrık zamanlı (sayısal) sinyallere dönüştürülür. Ayrık zamanlı sinyaller birbiri ardına dizilmiş sayılardan oluşurlar ve seriler (sequences) olarak da adlandırılırlar. DSP, bu sayılar üzerinde matematiksel işlemler gerçekleştiren algoritmalar olarak ifade edilebilir. Ses ile ilgili yazılımlar DSP kullanarak EQ, “compression/limiting”, miks ve “reverb” gibi çeşitli etkiler meydana getiririler (Gallagher, 2009).

Ses dosyalarının sıkıştırılmasında kullanılan yöntemler temelde sayısal ses işleme algoritmalarıdır. Bu algoritmalar kullanılarak analog ortamda gerçekleştiren ses işleme teknikleri sayısal ses sinyalleri üzerinde gerçekleştirilebilir (Gottlieb, 2007). Ses işlemcileri literatürde efekt olarak da adlandırılırlar.

Sayısal ses işlemciler genel olarak 3 kategoride incelenebilir :

1. Zaman tabanlı işlemciler
2. Frekans tabanlı işlemciler
3. Dinamik alan işlemciler

Zaman tabanlı işlemciler

Bu sınıfa giren işlemciler temel olarak orijinal sinyalin kopyalanarak zaman ekseninde kaydırılması prensibine dayanarak çalışırlar.

Delay:

Delay, sesin oluştuktan belirli bir süre sonra, geciktirilerek duyulmasını sağlar. Genel olarak orijinal sinyal ile gecikmiş sinyal bir arada kullanılır. Bazı durumlarda gecikmiş sinyal geri besleme yöntemiyle tekrarlanır. Sesin yansımalarını taklit eden bu efekt genellikle mekansal bir etki yaratmak amacıyla kullanılır (McGuire ve Pritts, 2008: 120). Orijinal sinyal ile birlikte duyurulan gecikmiş sinyalin, bir LFO kullanılarak modüle edilmesiyle “chorus”, “flanger” ve “phaser” gibi delay tabanlı efektler elde edilir.

Reverb:

Mekansal etki oluşturan zaman tabanlı bir efekttir. Temel olarak çok sayıda delay ünitesinin bir araya gelmesiyle oluşur. sesin kapalı bir mekandaki çınlama etkisinin yapay olarak gerçekleştirilmesinde kullanılır.

Frekans tabanlı işlemciler

Sesin tınısı üzerinde etkili olan işlemciler frekans tabanlı işlemciler olarak sınıflandırılır.

Filtreler:

Sinyal içerisinde bulunan belirli frekansların genliklerine müdahale etmeye yarayan araçlardır. Temel olarak 3 çeşit filtre bulunur. HPF, belirli bir frekansın üstünü geçiren altını kesen filtrelerdir. LPF, HPF'lerin tersi biçiminde belirli bir frekansın altını geçiren üstünü kesen filtrelerdir. Üçüncü bir tip filtre olan BPF ise iki frekans arasında kalan bölgeyi (bandı) geçirir, bu bant aralığı dışında kalan frekansları keser.

EQ:

EQ çeşitli tipte filtrelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş araçlardır. Parametrik ve grafik olmak üzere iki çeşit EQ bulunmaktadır. Çeşitli frekans bantlarına müdahale etmek amacıyla kullanılan EQ'lar ses işleme ve müzik prodüksiyon uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Dinamik alan işlemciler

Sinyal genliğinin kontrol edilmesinde kullanılan işlemciler bu sınıfa girmektedir. Genel olarak kullanılan dinamik işlemciler komprasör, limiter ve gate'dir.

Komprasörler belirli bir eşik seviyesinin üzerine çıkan sinyali belirlenen oranda sıkıştırır. Limiter, temel olarak sonsuz sıkıştırma oranına sahip bir komprasördür. Sinyal genliğini eşik seviyesi ile sınırlandırır. Gate, belirli bir eşik seviyesi altında kalan sinyalleri tamamen keser. Sinyal eşik seviyesi üzerine çıktığında genliğe herhangi bir müdahalede bulunmadan geçmesine izin verir.

Konvolüsyon

Konvolüsyon, sonik bir nesnenin veya ortamın özelliklerinin bir diğerine yansıtılması işlemi olarak adlandırılabilir. Herhangi bir ortamın sonik bir dürtüye karşı

verdiği tepki o ortamın dürtü yanıtı olarak adlandırılır. Bir ortamın (mekanın, çalgı gövdesinin, elektriksel ses işleme aracının vs.) dürtü yanıtı uygun teknikler kullanılarak kaydedilebilir. Kaydedilen dürtü yanıtı herhangi bir sinyal ile konvolüsyon işlemine tabi tutulduğunda sinyal, ortamın özelliklerini yansıtacak biçimde değişime uğrar. Bu amaçla kullanılan işlemciler konvolüsyon işlemcisi (Şekil 12) adı verilmektedir.



Şekil 12 – NI Kontakt 4 içerisinde bulunan konvolüsyon işlemcisi

Ses sentezleme yöntemi olarak örnekleme

Örnekleme, bir ses kaynağının bir seferde yalnızca belirli bir kısmının kaydedilmesidir. Bu iş için kullanılan araçlara örnekleyici (sampler) adı verilmektedir. Örnekleme işlemi doğrudan bu araçlar kullanılarak gerçekleştirilebildiği gibi farklı ortamlara kaydedilmiş örnekler de sonradan örnekleyiciler içerisine yerleştirilebilir. Gerekli düzenlemeler yapılarak oluşturulan örneklenmiş çalgılar uygun MIDI kontrol araçları kullanılarak seslendirilebilirler.

Örnekleme kabaca aşağıdaki aşamalardan geçilerek gerçekleştirilir :

1. Akortlu çalgılar her perde farklı teknik ve gürlükte, vurmali çalgılar ise yapılarına uygun farklı teknik ve gürlüklerde seslendirilerek parçalar halinde kaydedilir.
2. Kayıtlar uygun biçimde düzenlenir.
3. Düzenlenmiş örnekler örnekleyici içerisine yerleştirilir. Yerleştirme aşaması her örneğin tek bir tuşa ya da tuş grubuna ayrılmış bölgelere atanması ile gerçekleştirilir.
4. Son olarak bir MIDI sıralayıcısı (sequencer) ya da klavyesi kullanılarak seslendirilir.

Örnekleyiciler (Samplers)

Örnekleyiciler, yazılım ya da donanım tabanlı olarak üretilmektedirler. Bu araçların çeşitliliği basit örnek çalıcılardan (sample players), karmaşık örnekleme yapabilen donanım – yazılımlara kadar uzanır (McGuire ve Pritts, 2008).

Örnek çalıcılar, başka yazılım ya da donanımlar kullanılarak oluşturulmuş örnekleri seslendirmek amacıyla kullanılırlar. Bu nedenle kapasiteleri belli başlı özellikler ile sınırlandırılarak yalnızca gerekli temel değişiklikleri yapabilecek şekilde üretilmektedirler.

Daha karmaşık yapıya sahip profesyonel örnekleyiciler, örnekleme, düzenleme ve seslendirme işlerinin tümünü gerçekleştirebilecek özelliklere sahiptir. Ses kitaplıkları oluşturarak ticari firmalar örnek kaynaklarını saklı tutmak amacıyla ürünlerini örnek çalıcılar biçiminde piyasaya sunarlar. Bu çalgıların ses kitaplıkları yalnızca kendi çalıcısının tanıyabileceği formatlara dönüştürülmekte böylece içerik saklı

tutulabilmektedir. Şekil 13’de görülmekte olan bir senfoni orkestrası sanal çalgısı olan Edirol Orchestral kendine özgü bir çalıcıya (player) sahiptir. Ses örnekleri kendi formatında saklanmaktadır.



Şekil 13 - Edirol Orchestral



Şekil 14 - Native Instruments Alicia's Keys Piyano Kitaplığı

Profesyonel örnekleme yazılımlarının ya da donanımlarının açabileceği formatta temin edilebilen sanal çalgı kitaplıkları da bulunmaktadır. Şekil 14’de görülen NI – Alicia’s Keys piyano kitaplığı NI – Kontakt 4 örnekleme yazılımı içerisinde açılmaktadır.

Teyp (bant) tabanlı örnekleme

Teyp yöntemi, Chamberlain ve Mellotron gibi ilk örnekleme cihazları tarafından kullanılmıştır. Bu yöntemde örnekler, çalgı üzerinde bulunan her tuş tarafından seslendirilen ayrı bir bant üzerine kaydedilmektedir (Şekil 15) . Bantların belirli bir uzunluğu olması nedeniyle, alınan örnekler bu uzunlukla sınırlıdır. Bu çalgılar günümüzde kullanılmamaktadır.



Şekil 15 - Mellotron içerisinde bulunan bantlar

Örnekleme cihazlarının sunduğu olanaklar

Kaydedilmiş örneklerin, örnekleme cihazlarına yerleştirilmesinin ilk adımı örnek dosyasının çağırılması, “import” edilmesidir. Çağırılan dosya ilgili tuş ya da tuşlar üzerine atanır. Atama işlemi “mapping” olarak adlandırılmaktadır.

Başlangıç – bitiş noktalarının ayarlanması

Örnekleme sırasında her örnek için yeni bir dosya oluşturulabileceği gibi tek bir dosya içerisinde kaydedilen örnekler ilgili yazılımlar kullanılarak sonradan da

ayrıştırılabilir. Kabaca yapılan bu ayrıştırma işleminden sonra örneğin başlangıç ve bitiş kısımlarında kalacak boşlukların uygun biçimde kesilmesi gerekmektedir. Bu işlem harici bir yazılımla gerçekleştirilebileceği gibi örnekleyici içerisinde de örneğin çalınmaya başlayacağı ve biteceği noktalar belirlenebilir (McGuire ve Pritts, 2008).



Şekil 16 – Kontakt 4 “wave editor” penceresinde başlangıç ve bitiş noktalarının ayarlanması

Şekil 16’de Kontakt 4 yazılımının “wave editor” penceresi içerisinde çalınacak örneğin başlangıç ve bitiş noktalarının ne şekilde ayarlandığı görülmektedir. Burada “S” ve “E” harfleri ile işaretlenmiş çizgiler sağa sola kaydırılarak başlangıç ve bitiş noktalarının pozisyonu ayarlanabilmektedir.

Ses seviyelerinin ayarlanması

Örnekleme sırasında kaydedilen ses seviyelerinin istenilenden düşük veya yüksek olması durumunda, örnekleyici yazılım içerisinde her bir örneğin ses seviyesi değiştirilebilmektedir (Şekil 16). Böylelikle örneklerin yeniden kaydedilmesine gerek kalmadan genliğine müdahale edilebilmektedir.



Şekil 17 – Kontakt 4 “mapping editor” penceresinde ses seviyesinin ayarlanması

Perde kaydırma (pitch shifting)

Atama işlemi sırasında örneğin hangi perdeden kaydedilmiş olduğu örnekleyiciye bildirilmelidir. Bu özelliğe “root key (kök ton)” adı verilmektedir. Aksi halde örnekleyici perdeyi kaydırarak uygun tona transpoze yapar. Do3 perdesinden kaydedilen bir örneğin kök tonu örnekleyiciye Do3 olarak bildirilmişse, Do3 tuşu basıldığında örnekleyici herhangi transpoze gerçekleştirmez. Aynı örneğin kök tonu Re3 olarak ayarlanırsa Re3 tuşu basıldığında örnekleyici Do3 çalar (McGuire ve Pritts, 2008).

Bir örnek belirli bir tuş aralığına atanabilir. Bu durumda örnekleyici kök tonu göz önünde bulundurarak örneği her tuşa göre transpoze eder.



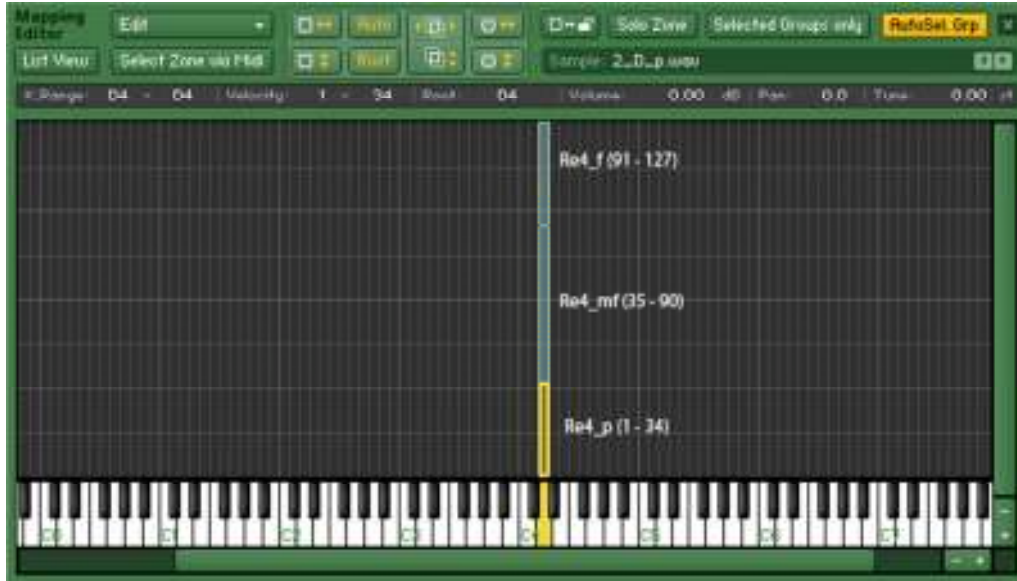
Şekil 18 – Re4 perdesinden kaydedilmiş örneğin transpozitesi

Şekil 18’de Re4 perdesinden alınmış bir örnek Re4 – La4 tuş aralığına atanmıştır. Kök tonu Re4 olarak ayarlanan örnek tüm aralığı seslendirecek biçimde transpoze edilerek çalınır.

Katmanlama (layering)

Akustik çalgılarda uyarıcı etkinin şiddeti çalgının tınısını etkilemektedir. Gerçekçi ses kitaplıkları yaratabilmek için örnekleyiciler, farklı tuş hızlarında farklı örnekleri seslendirebilen katmanlama özelliğine sahiptir. MIDI kontrol klavyeleri tarafından üretilen tuş hız (key velocity) değerleri örnekleyiciler tarafından değerlendirilerek belirli değer aralıklarında istenilen örneklerin seslendirilmesine olanak

sağlarlar.



Şekil 19 – Kontakt 4 “mapping editör” penceresinde katmanlama

Şekil 19’de görülen 3 farklı nüansta örneklenen Re4 perdesi, 3 katmana yerleştirilmiştir. Re4 tuşu basıldığında tuş hızı 1 – 34 değerleri aralığında Re4_p (piano), 35 – 90 değerleri aralığında Re4_mp (mezzopiano) ve 91 – 127 değerleri aralığında Re4_f (forte) adlı örnekler seslendirilecektir.

Gruplama ve anahtar tuşlar (key switch)

Farklı özelliklere sahip örneklerin sınıflandırılarak belirlenen koşullar altında seslendirilebilmesi amacıyla örnekleyicilerin gruplama özelliğinden faydalanılmaktadır. Bir grubun hangi koşullar altında seslendirileceği grup oluşturulurken belirlenebilmektedir. Herhangi bir grup, klavye üzerinde bulunan bir tuş ya da tuş aralığı basıldığında seslendirilecek şekilde ayarlanabilir. Bu şekilde atanmış tuşlara anahtar tuş (key switch) adı verilmektedir.

Kodlama (scripting)

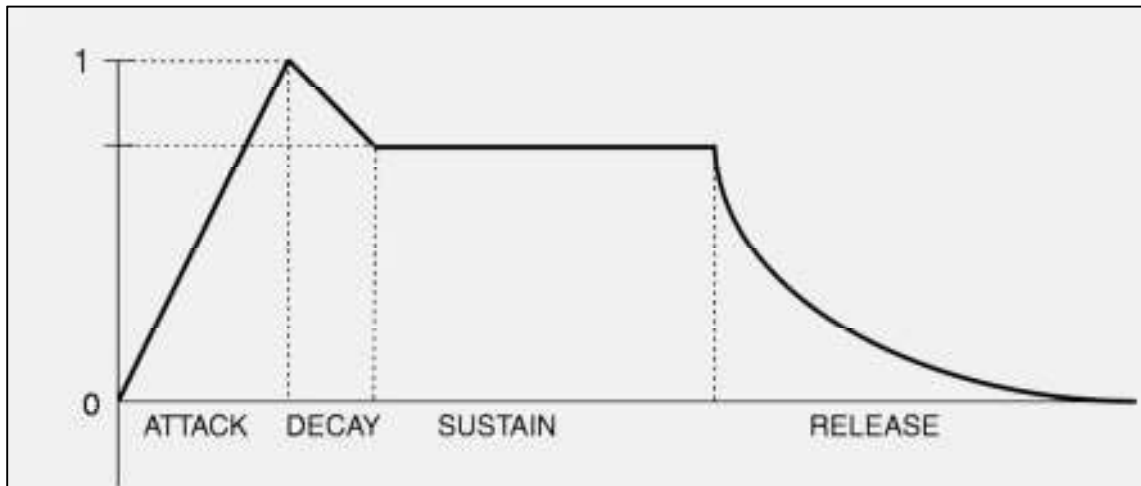
Gelişmiş örnekleyici yazılımlar kodlama (scripting) adı verilen, yazılımın ihtiyaçlar dahilinde esnetilmesini sağlayan bir özelliğe sahiptir. Bir çeşit programlama dili olarak da değerlendirilebilen kodlar yazılarak örnekleyicilerin çeşitli kontroller ve koşullar altındaki davranışları belirlenebilir.

ADSR Zarfı (ADSR Envelope)

Sesin zamana karşı genlik değişimi grafiğine zarf adı verilmektedir (Russ, 1996). Her ses kaynağının zarfı kaynağın fiziksel özelliklerine ve ne şekilde titreşime zorlandığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Pek çok sentezleyicide olduğu gibi örnekleyici yazılımlar üzerinde de bir zarf kontrolü bulunur.

Bir ADSR zarf 4 bölüme ayrılır (Şekil 20). Bu bölümler “Attack”, “Decay”, “Sustain” ve “Release” bölümleridir. “Attack”, tuşa basıldığı andan itibaren sesin başlangıç anından ne kadar süre sonra en yüksek genlik değerine ulaşacağını belirler. “Decay”, en yüksek seviyeden kararlı “sustain” seviyesine geçiş süresidir. “Sustain”, tuş basılı olduğu sürece devam eder ve kararlı ses seviyesini belirler. Tuş bırakıldığı andan itibaren “release” aşamasına geçilir. “Release”, sesin sönüm süresidir.

Farklı sayıda bölümlerden oluşan çeşitli zarf türleri de bulunmaktadır.



Şekil 20 - ADSR zarfı

Mikrofonlar

Mikrofon, ses dalgaları tarafından taşınan enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştüren araçtır. Böylelikle ses elektriksel olarak ifade edilmiş olur. Kayıt zincirinin ilk halkası olan mikrofonların ses alma karakteristikleri yerleştirme, uzaklık, çalgının kendisi, çalıcı ya da şarkıcı ve akustik ortam gibi dış etkenlerle beraber, mikrofonun çalışma prensibi, tasarımı, özellikleri ve kalitesi gibi faktörlere bağlı olarak da değişir. Çeşitli özellik ve yapılarda mikrofonlar üretilmiş olmakla birlikte hangi mikrofonun hangi uygulamalarda kullanılacağına karar vermek tecrübe ustalık gerektirmektedir (Huber ve Runstein, 2005: 115).

Çalışma prensiplerine göre mikrofonlar

Farklı yapılarda ve özelliklerdeki mikrofonlar akustik enerjiyi elektrik enerjiye dönüştürürken farklı yöntemler kullanırlar. Her bir yöntem ses kalitesi üzerinde farklı bir etki meydana getirir.

Dinamik mikrofonlar

Dinamik mikrofonlar elektromanyetik indüksiyon prensibine bağlı olarak çalışırlar. Bu prensibe göre manyetik alan içerisinde hareket eden (tersi de doğrudur) bir iletken üzerinde elektriksel potansiyel meydana gelir.

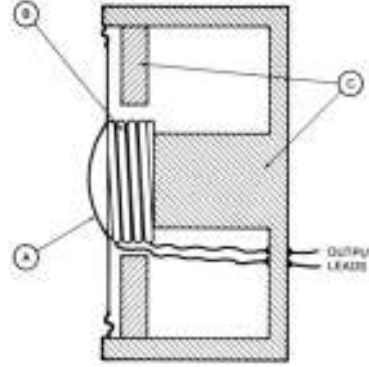
İki tür dinamik mikrofon bulunmaktadır. Bunlar, moving-coil (hareketli bobin) ve ribbon (şerit) olarak adlandırılmaktadırlar. Ancak dinamik mikrofon denildiğinde akla ilk gelenler moving-coil mikrofonlardır (Gottlieb ve Hennerich, 2009: 60).

“Moving-coil” mikrofonlar

Genellikle mylar (maylar) adı verilen sentetik maddeden üretilmiş bir diyaframın arka tarafına sabitlenmiş bir bobin (sargı), güçlü bir mıknatıs tarafından oluşturulan elektromanyetik alan içerisinde asılı durur. Havada yayılan ses dalgaları mikrofonun diyaframına çarparak diyaframa bağlı bulunan bobinin manyetik alan içerisinde hareket etmesini sağlar. Böylelikle bobin üzerinde, ses basınç değişimlerine bağlı olarak bir elektrik akımı oluşur (Şekil 21) (Bartlett, 2005).

Moving-coil mikrofonlar en iyi frekans yanıtına sahip mikrofonlar değildir. Ancak sağlam yapıları sayesinde canlı seslendirmeler başta olmak üzere pek çok kullanım alanı bulmaktadırlar. Yüksek ses basınç düzeylerine sahip ses kaynakları

önünde de kullanılmaya çok uygun olan moving-coil mikrofonlar, aşırı yüklenmeye (overload) karşı da oldukça dayanıklıdır.



Şekil 21 – Moving-coil bir mikrofonun çalışma prensibinin gösteren çizim. A- diyafram, B- bobin, C- mıknatıs

Şerit (ribbon) mikrofonlar

Şerit mikrofonların çalışma prensibi dinamik mikrofonlara çok benzer. Aradaki tek fark, dinamik mikrofonlardaki diyafram-bobin sistemine karşılık olarak, şerit mikrofonlarda manyetik alan içerisinde hareket eden çok ince bir metalik şerit bulunmasıdır. Ses basınç değişimlerinin şerite çarpmasıyla, manyetik akı içerisinde hareket eden şerit üzerinde, sesin şiddetine ve frekansına orantılı olarak bir elektrik akımı (indüksiyon akımı) oluşur (Bartlett, 2005).

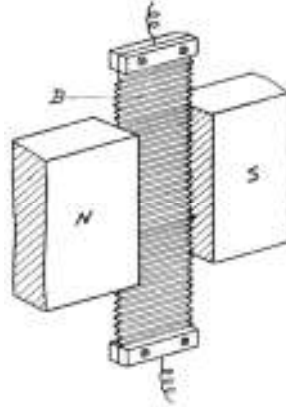
Şerit oldukça hafif bir malzemenen üretildiğinden havada yayılan ses dalgalarına karşı oldukça kolay tepki verebilir. Bu nedenle şerit mikrofonların frekans yanıtı oldukça yüksektir. Ancak kırılğan yapılarından dolayı şerit mikrofonlar canlı seslendirmeler gibi zor koşullarda kullanılmaya uygun değildir.

Kondansatör mikrofonlar

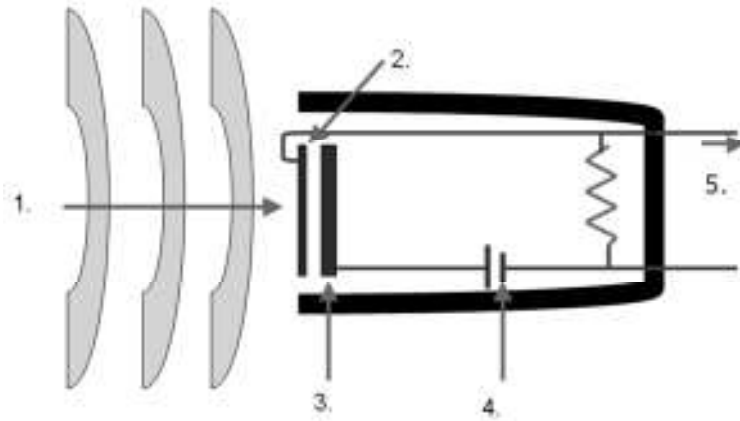
İki iletken levha birbirlerine karşılıklı olarak bakacak şekilde yerleştirilirse, bir kondansatör elde edilir. Kondansatör üzerinde elektrik akımı depolayabilen bir araçtır. Kondansatörün depolama kapasitesi levhaların birbirlerini gören yüzey alanı ile doğru orantılı, levhalar arasındaki uzaklık ile ters orantılı olarak değişir. Seri bağlanmış bir kondansatör, bir direnç ve bir elektrik kaynağından oluşan devrede levhalar arasındaki uzaklık değiştirildikçe direnç üzerinde pozitif ve negatif yönlere doğru hareket eden bir

elektrik akımı meydana gelir.

Kondansatör mikrofonlar aynı prensibe bağlı olarak çalışırlar (Şekil 23).



Şekil 22 – Bir şerit mikrofonun çalışma prensibini gösteren çizim. İki mıknatıs kutbu arasında hareket eden şerit B harfi ile gösterilmiştir.



Şekil 23 – Kondansatör mikrofonun çalışma prensibini gösteren çizim. 1- Diyaframa gelen ses dalgaları, 2- Diyafram, 3- Arka plaka, 4- Elektrik kaynağı, 5- Direnç üzerinden ölçülen elektrik akımı

Arka plaka (back plate) olarak adlandırılan bir iletken levha ile diyafram görevi gören çok ince ikinci bir levha (genellikle altın ya da nikel ile kaplanmış plastik veya mylar) karşılıklı olarak yerleştirilmiştir (Huber ve Williams, 1998). Diyafram ve arka plaka bir elektrik kaynağı ile şarj edilir. Yüzeyine çarpan ses dalgalarına paralel biçimde ileri geri hareket eden diyafram ile arka plaka arasındaki uzaklık değişir. Bu şekilde

devreye seri olarak bağlanmış direnç üzerinde bir elektrik akımı meydana gelir. Bu akım havada yayılmakta olan ses dalgalarına paralel biçimde değişmektedir (Bartlett, 2005). Kondansatör mikrofonları besleyen elektrik enerjisine fantom gerilimi adı verilir. Fantom gerilimi 9 – 48 V arasında değişebilen bir doğru akım kaynağıdır. Kondansatör mikrofonların kullanılacağı ön yükselticilerin fantom gerilimi sağlayabilmesi gerekmektedir. Aksi halde harici bir fantom kaynağı kullanılabilir.

Kondansatör mikrofonların bir türü de elektret mikrofonlardır. Elektret mikrofonların diyafram ve arka plakaları üretimleri sırasında şarj edilirler. Bu nedenle fantom gerilimine ihtiyaç duymazlar (Shea, 2005: 294).

Kondansatör mikrofonlar çok kırılğan bir yapıya sahiptir. Yüksek seviyeli ses kaynakları önünde kolaylıkla aşırı yüklenebilirler. Buna karşılık çok yüksek bir frekans yanıtına sahiptirler. Hassasiyetleri de oldukça yüksek olan kondansatör mikrofonlar ses kayıt stüdyolarında en çok tercih edilen mikrofon türüdür.

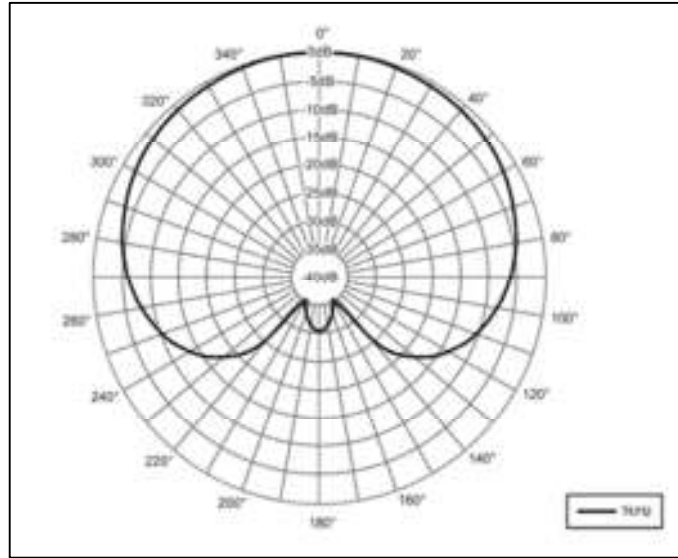
Mikrofonlarda yönsellik

Mikrofonlar ses alma yönelimlerine göre aşağıdaki biçimde sınıflandırılmaktadır:

1. Tek yöne duyarlı mikrofonlar (Uni-Directional ya da Cardioid)
 - a. Super cardioid (süper yöreksel)
 - b. Hyper cardioid (hiper yöreksel)
2. İki yöne duyarlı mikrofonlar (Bi-Directional ya da Figure 8)
3. Her yöne duyarlı – yönsüz mikrofonlar (Omni-Directional)
4. Çok yönlü mikrofonlar (Multi-directional)

Tek yöne duyarlı (Kardioid) mikrofonlar

Kardioid mikrofonlar isimlerini kalp şekline benzeyen yönsel desenlerinden almaktadırlar. Yapısı itibarıyla bu mikrofonlar tam karşıdan gelen (eksen üstü, 0° açı ile) seslere son derece duyarlı olmakla beraber yanlardan gelen (90° ve 270° açı ile) sesleri 6 dB kadar kesmekte, tam arkadan gelen seslere karşı ise tamamen duyarsızdırlar (Şekil 24).

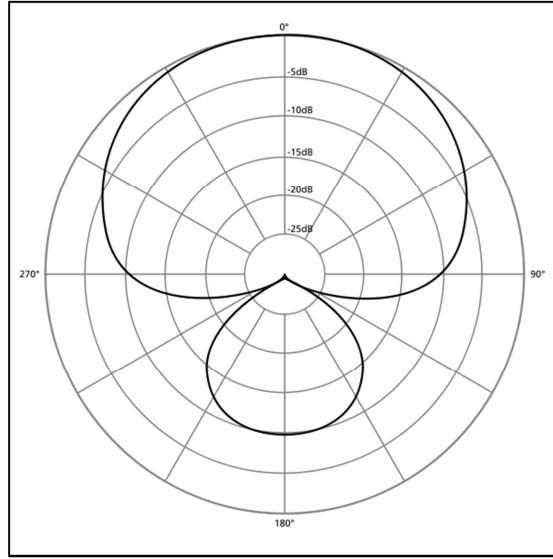


Şekil 24 – Kardioid bir mikrofonun yönsel deseni

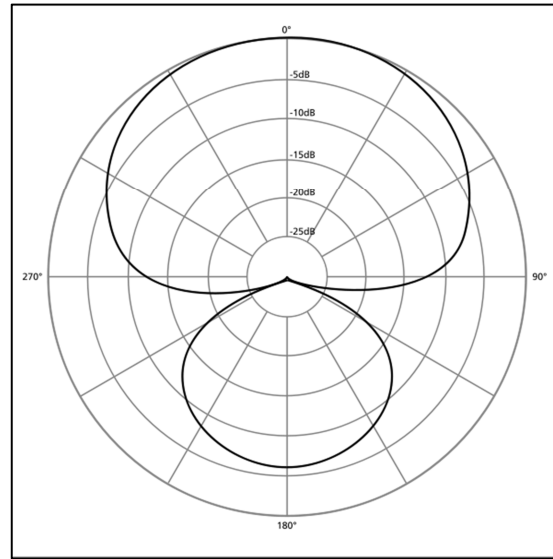
Yalnızca belirli bir yöndeki ses kaynaklarına odaklanabilen kardioid mikrofonlar arkadan ve yanlardan gelen yansımış seslere duyarlı kalır ve bu özelliğiyle özellikle uzak mikrofonlama tekniklerinde kullanılmaya oldukça uygundur (Huber ve Willimas, 1998).

Süper kardioid mikrofonlar kardioidlere oranla daha yönseldir. Yanlardan gelen seslere daha az duyarlı olan bu mikrofonlarda desen yönselleştikçe arkadan gelen seslere karşı duyarlı hale gelmeye başlar. Süper kardioid mikrofonların daha yönsel hale getirilmesiyle üretilen hiper kardioidlerde ise yanlardan kesme oranı bir hayli yükselirken geriden gelen seslere karşı duyarlılık daha da artmaktadır.

Kardioid mikrofonlar doğrudan ses kaynağına odaklanmak gereken durumlarda kullanılmak için oldukça uygun mikrofonlardır. Böylelikle yansıyan seslere karşı duyarlılık azalır ve ortam sesi alınmamış olur.



Şekil 25 - Süper-kardioid bir mikrofonun yönel deseni



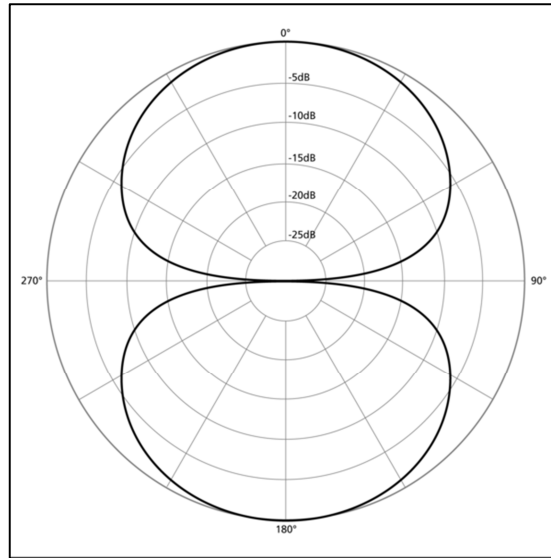
Şekil 26 – Hyper-kardioid bir mikrofonun yönel deseni

İki yöne duyarlı (Figür 8) mikrofonlar

Figür 8 mikrofonlar önden ve arkadan gelen seslere karşı duyarlı, yanlardan gelen seslere karşı ise duyarsızdır (Huber ve Williams, 1998). Yan seslerin hiç istenmediği durumlar için oldukça uygun olan bu mikrofonlar, geriden yansıyan ortam seslerini almak üzere tercih edilebilir (Şekil 27).

Her yöne duyarlı – Yönsüz (Omni-directional) mikrofonlar

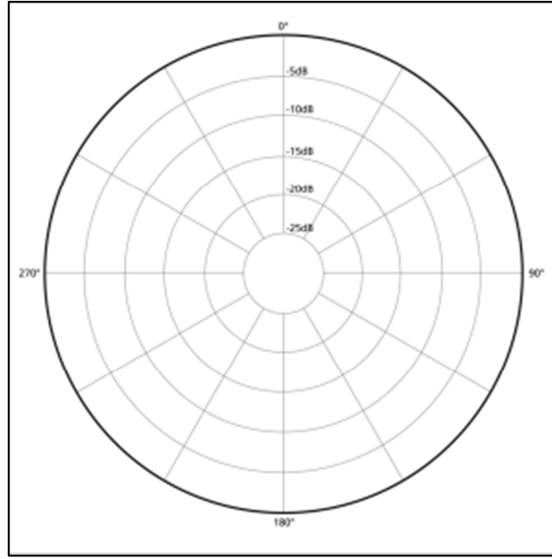
Omni – Directional ya da her yöne duyarlı mikrofonlar yönsüz mikrofonlar olarak da adlandırılmaktadırlar. Yönsüz mikrofonlar her yönden gelen sesleri alırlar (Şekil 28). Bu tip mikrofonlarda frekans karakteristikleri son derece düzgündür (Dutar, 1986). Yönsüz mikrofonlar ortam akustiğinin kayda dahil edilmek istendiği durumlar için oldukça uygundur (Huber ve Williams, 1998).



Şekil 27 – Figür 8 bir mikrofonun yönsel deseni

Çok yönlü mikrofonlar

Bu tip mikrofonlar, üzerlerinde bulunan bir anahtar aracılığı ile farklı yönsel karakteristiklere göre ayarlanabilmektedir (Şekil 29). Bazı türlerinde gövde ile kapsül birbirinden bağımsız olup, kapsül değiştirilerek de mikrofonun yönsel karakteristiği belirlenebilir. Böylelikle bir tek mikrofon pek çok farklı uygulama için kullanılabilir.



Şekil 28 – Omni –Directional (Yönsüz) bir mikrofunun deseni



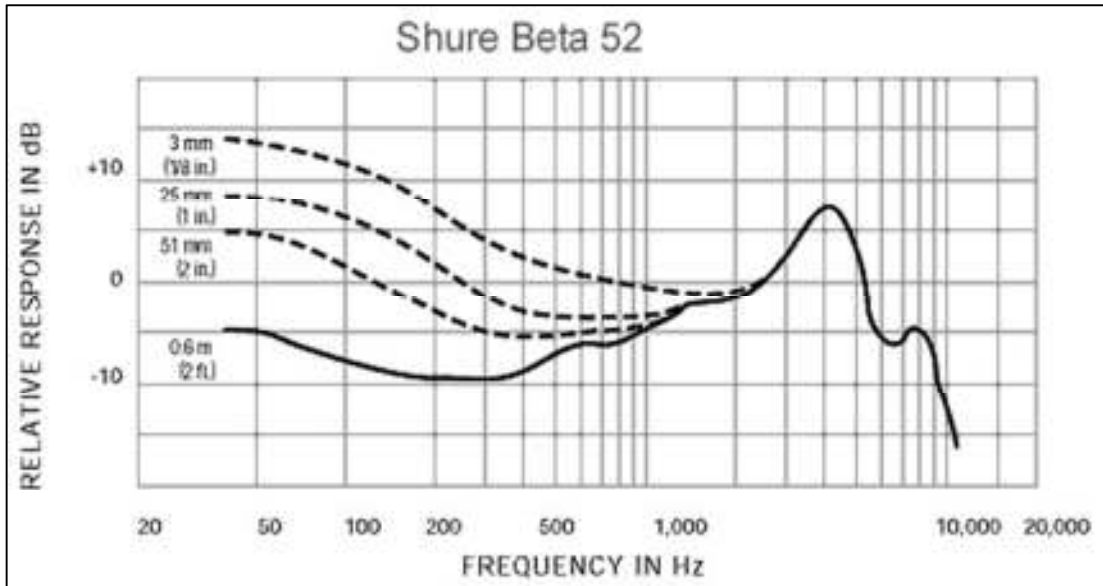
Şekil 29 - Çok yönlü (Multi-Directional) bir mikrofonda desen değiştirme anahtarı

Mikrofonlarda frekans karakteristiği

Mikrofonlar tüm frekanslara aynı şekilde tepki veremezler. En kaliteli profesyonel mikrofonlarda bile frekans karakteristiği doğrusal değildir (Nisbett, 1995). Bir genelleme yapmak gerekirse dinamik mikrofonların en kararsız, şerit mikrofonların nispeten kararlı, kondansatör mikrofonların ise en kararlı frekans karakteristiğine sahip olduğu söylenebilir (Huber ve Williams, 1998).

Doğrusal bir karakteristiğe sahip olmamak bir mikrofonun kullanışsız olduğu anlamına gelmez. Pek çok uygulamada belirli frekanslara daha fazla tepki veren mikrofonlar özellikle tercih edilmektedir. Mikrofonların frekans karakteristiğini

gösteren grafikler üretici firmalar tarafından verilmektedir (Şekil 30).



Şekil 30 – Shure Beta 52 model dinamik mikrofona ait frekans karakteristiği eğrisi

Eksen üstü (on-axis) frekans karakteristiği

Mikrofonların ön yüzünden dik olarak çıktığı düşünülen hayali doğruya o mikrofona ait eksen denir. Yönel bir mikrofona en düz frekans karakteristiği eksen üstünden, yani diyaframa tam karşıdan gelen sesler söz konusu olduğunda ölçülür. Ses kaynağı ile mikrofona eksen arasındaki açı değiştikçe frekans karakteristiği de değişir.

Eksen dışı (off-axis) frekans karakteristiği

Bir mikrofona eksen dışından ses aldığında genel tonal kalitesinde değişiklikler meydana gelir. Akustik çalgıların mikrofona alınması sırasında eksen dışı frekans karakteristiği olumsuz sonuçlar doğurabilir. Mikrofonun bu davranışı önceden bilinirse bu özellik avantaja da dönüştürülebilir.

Düşük frekans tepkisi

Pek çok mikrofona frekans bölgesi 20 Hz ile 20 kHz aralığını kapsamaktadır. Bu kadar geniş bir bant aralığı istenmeyen bazı seslerin mikrofona tarafından alınmasına neden olmaktadır. Mikrofonun kullanıldığı ortamda yüzey ya da hava aracılığıyla yayılan düşük frekanslı gürültüler geniş bant aralığına sahip mikrofona tarafından

kolaylıkla yakalanabilmektedir. Bu sorunun giderilmesi için aşağıdaki yöntemlere başvurulabilir (Huber ve Williams, 1998) :

- Uygun malzemelerden faydalanılarak mikrofonun yüzeylerden izole edilmesi
- Düşük frekans bölgesine duyarlı olmayan bir mikrofon seçilmesi
- Yüksek frekans geçiren (hi-pass, - low-cut) bir filtre kullanarak istenmeyen frekansların filtre edilmesi

Yakınlık etkisi (proximity effect)

Yönsel mikrofonlar ses kaynağına yakınlaştıkça bas duyma eğilimleri artar. Bu durum mikrofon ile ses kaynağı arasındaki uzaklık yaklaşık 30 cm kadar olduğunda ortaya çıkmakla birlikte yakınlık arttıkça etki de artar. Bu özellik dolgun ve hacimli ses elde etmek amacıyla özellikle radyo spikerleri ve vokalistler tarafından kullanılmaktadır. Çok yakın mikrofonlama yapılmasının gerekli olduğu durumlarda ortaya çıkan bu durumun giderilebilmesi için yüksek frekans geçiren bir filtre kullanılabilir. Bazı mikrofonlar üzerinde böyle bir filtre bulunmaktadır.

Yakınlık etkisi figür 8 ve kardiod mikrofonlarda en yüksek oranda gözlemlenmekle birlikte, yönsüz mikrofonlarda böyle bir durum ortaya çıkmamaktadır. Yakın mikrofonlamalarda yönsüz bir mikrofon kullanmak yakınlık etkisini gidermenin başka bir yoludur (Huber ve Williams, 1998).

Şekil 30'deki kesikli çizgiler mikrofonun çeşitli uzaklıklardaki yakınlık etkisini göstermektedir.

Geçiş tepkisi (transient response)

Geçiş tepkisi bir mikrofonun ani ses basınç değişimleri karşısında ne kadar hızlı tepki verebildiğinin bir ölçüsüdür. Bu durumun işitsel etkisi özellikle yüksek frekanslı ses dalgaları söz konusu olduğunda ortaya çıkar.

Dinamik mikrofonların diyafram ve bobinden oluşan hareketli sistemleri nispeten ağırdır. Bu nedenle dinamik mikrofonlar ani değişimlere hızlı tepki veremezler. Özellikle yüksek frekanslı bileşenlerin yarattığı parlaklık etkisinin ortadan kalkmasına neden olan bu durum olumsuz bir özellik gibi görünse de, çoğu uygulama için oldukça uygun bir ortam yaratır.

Şerit mikrofonların hafif diyaframı yüksek frekansları daha iyi yakalayabilmesine olanak sağlar. Dinamik mikrofonlar ile karşılaştırıldığında şerit mikrofonlar nispeten daha parlak ve açık bir tınıya sahiptir.

En hafif diyaframa sahip olan kondansatör mikrofonlar yüksek frekanslı ses dalgalarına oldukça kolay tepki verebilirler. Böylelikle tüm mikrofon türleri arasında en iyi geçiş tepkisine sahip kondansatör mikrofonlar aynı zamanda en parlak ve açık tınıya sahip mikrofonlardır.

Mikrofonlarda hassasiyet

Hassasiyet, bir mikrofonun standart bir ses basınç seviyesi (genellikle 74 veya 94 dB SPL) karşısındaki çıkış seviyesinin ölçütüdür. Böylelikle mikrofon seviyesinin hat seviyesine (line level) getirilebilmesi için gereken yükseltme (amplifikasyon) miktarı da belirlenmiş olur. Yüksek hassasiyetli bir mikrofonun çıkışı yüksek, düşük hassasiyetli bir mikrofonun çıkışı ise düşüktür.

Şerit mikrofonların hassasiyetleri dinamik ve kondansatör mikrofonlara kıyasla düşüktür. En yüksek hassasiyete sahip olan kondansatör mikrofonlarda ise büyük diyaframlı olanlar küçük diyaframlı olanlara kıyasla daha hassastır (Huber, Willimas, 1998).

Aşırı sinyal yüklenmesi (signal overload)

Mikrofonlar yapısal özelliklerine bağlı olarak çeşitli ses basınç seviyeleri karşısında çeşitli çıkış seviyelerine sahiptir. Dinamik mikrofonlar 140 dB şiddetindeki ses basınç seviyelerine kadar çalışabilirken, şerit mikrofonlar hassas yapıları nedeniyle bu denli yüksek basınç karşısında zarar görebilirler. Kondansatör mikrofonların diyaframları yüksek ses basınç seviyelerine karşı dayanıklı olmakla birlikte kapsül tarafından üretilen akım mikrofon içerisinde bulunan ön yükselticiyi aşırı sürerek sinyalde bozulmalara (distortion) neden olabilir. Bu problemin önüne geçebilmek için pek çok kondansatör mikrofon üzerinde “pad” adı verilen sinyal seviyesini düşürmeye yarayan bir devre bulunmaktadır (Şekil 31).



Şekil 31 - Mikrofon üzerinde “Pad” anahtarı

Büyük diyafram – küçük diyafram etkisi

Mikrofonlar, çeşitli boyutlarda diyaframlara sahiptir. Özellikler kondansatör mikrofonlarda diyafram boyutu 1 cm'den 4 cm'ye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Şerit mikrofonlarda ise şerit boyutu 1 cm ile 5 cm arasında değişiklik göstermektedir. Bu durum mikrofonun tınsal karakteristiği üzerinde oldukça etkilidir. Küçük diyaframlı mikrofonlar eksen üstü kullanımda daha iyi bir frekans karakteristiği sergilerler. Tizleri daha iyi alırlar ve daha düzgün bir yönselliğe sahiptirler. Büyük diyaframlar ise daha dolgun bir tınıya sahip olup pek çok vokal ve çalgı üzerinde oldukça iyi sonuç verirler. Ayrıca büyük diyaframlı mikrofonların gürültü seviyeleri daha düşüktür.

Bir genelleme yapılacak olursa düşük frekanslı ses kaynakları önünde büyük diyafram, yüksek frekanslı kaynaklar önünde ise küçük diyafram daha etkili sonuç vermektedir denilebilir.

Mikrofonlama teknikleri

Farklı yapıları ve tasarımlarıyla her mikrofon kendisine özgü bir ses alma özelliğe sahiptir. Her çalgı ve duruma uygun bir mikrofon vardır ve nasıl seçileceği tecrübe ve bilgi gerektirir (Huber ve Runstein, 2005). Bununla beraber olanaklar da söz konusudur. Düşük bütçeli proje stüdyolarında pek çok amaca yönelik az sayıda mikrofon bulunurken, profesyonel stüdyolar her çalgı ve duruma yönelik mikrofonlardan oluşan geniş bir yelpaze sunmaktadır.

Uygun mikrofon seçimi ve yerleştirilmesi

Uygun mikrofon seçimi problemin küçük bir kısmını oluşturmakla beraber, doğru mikrofon yerleşimi çok önemli bir rol oynamaktadır. Mikrofon yerleşimi bir sanat olduğundan doğru ya da yanlış kavramları yoktur. Değişen ve yeni ortaya çıkan müzik türleri ile birlikte bugün kötü olarak değerlendirilen bir teknik, bir kaç yıl sonra iyi olarak nitelendirilebilir. (Huber ve Runstein, 2005)

Huber, mikrofon seçimi ve yerleştirilmesine rehber olması açısından 3 basit kuraldan bahsetmektedir. Huber'a göre :

- Kural 1 – *Kural yoktur, yalnızca yol gösterici kılavuzlar vardır.* Kılavuzlar her ne kadar yardımcı olsa da içeriklerinde anlatılanların kişisel şartlara uygun tecrübeler ile pekiştirilmesi gerekmektedir.
- Kural 2 – *Ses sinyalinin genel kalitesi sinyal zincirindeki en zayıf halkaya göre belirlenir.* Mikrofonlama zincirin ilk halkası olduğuna göre bu aşamadan kaynaklanacak bir sorunun sonradan giderilmesi oldukça zahmetli olacaktır.
- Kural 3 – *Mümkün olan her durumda “iyi” kuralını uygulayın. İyi müzisyen + iyi çalgı + iyi performans + iyi akustik + iyi mikrofon + iyi mikrofon yerleşimi = iyi ses.*

Kaliteli ekipman kaliteli sesi garanti etmez (Owsinski, 2005: 72). Owsinski'ye göre her değişkenin ses kalitesine katkısı tam olarak belirlenemese de aşağıdaki biçimde bir genelleme yapmak mümkündür :

- Çalıcı ve çalgı genel ses kalitesinin %50'sini oluşturur. Bu oran aşağı yukarı çok az değişse de en büyük payın performansa ait olduğu bir

gerçektir.

- Odanın özellikleri ses kalitesinin %20'sini kapsar. Yakın mikrofonlamada bile bu durum geçerlidir.
- Mikrofon yerleşimi ses kalitesinin %20'lik bölümünü meydana getirir.
- Uygun mikrofon seçimi genel kalitenin %10'luk kısmından sorumludur.

Mikrofon yerleşimi

Gerek stüdyoda gerekse sahne kayıtlarında, ses kaynağı ve mikrofon arasındaki uzaklıkla ilgili olarak uzak mikrofonlama, yakın mikrofonlama, aksan mikrofonlama ve ambient mikrofonlama olarak adlandırılan 4 tip mikrofonlama tekniği bulunmaktadır.

Uzak mikrofonlama

Bir veya birden fazla mikrofon ile ses kaynağından 1 m ve daha uzak mesafede yapılan mikrofon yerleşimleri, uzak mikrofonlama olarak değerlendirilmektedir. Uzak mikrofonlamada mikrofon mesafesi, ses kaynağının büyüklüğüyle doğru orantılı olarak belirlenir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki biçimdedir :

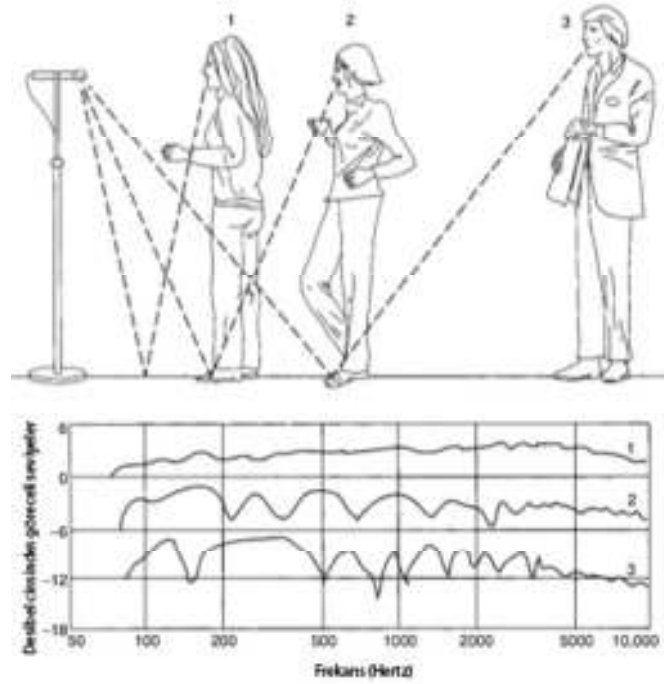
- Ses kaynağının çok büyük bir bölümünün yakalanabilmesinin yanı sıra genel tonal denge korunmuş olur.
- Kaynaktan doğrudan gelen ses ile birlikte mekanın akustik özelliğinden kaynaklanan yansımalar da mikrofon tarafından dengeli bir biçimde yakalanır.

Uzak mikrofonlama orkestra ve koro gibi büyük müzik topluluklarının kaydedilmesinde tercih edilen bir yöntemdir. Genel ses dengesi, ses kaynağının büyüklüğüne, kaynaktan yayılan sesin şiddetine, mikrofonun uzaklığına, pozisyonuna ve mekanın akustik özelliklerine göre değişiklik gösterir. Bu teknikle elde edilen genel tını canlı ve açık olarak nitelendirilir.

Uzak mikrofonlamada, mikrofonun yüksekliği ile ilgili olarak yer veya tavandan yansiyarak gelen ses ile doğrudan gelen ses dalgalarının yaratabileceği faz problemlerine dikkat etmek gerekmektedir (Huber ve Runstein, 2005).

Şekil 32'de 3 farklı mikrofon uzaklığının yarattığı faz etkisi görülmektedir. Mikrofon ile şarkıcı arasındaki uzaklığa bağlı olarak doğrudan ses ile yansiyarak gelen

ses arasındaki mesafe farkının dalga boyu ile ilişkisinden kaynaklanan bozulma grafikte gösterilmiştir. Bu etkiye tarak filtreleme adı verilmektedir.



Şekil 32 – Uzak mikrofonlamada yansılardan kaynaklanan faz etkisi (Huber, 2005 'den değiştirilerek)

Yakın mikrofonlama

2 – 3 cm ile 1 metreye kadar uzaklıklardan yapılan mikrofonlama yakın mikrofonlama olarak adlandırılır. Bu teknikte elde edilen tını sıkışık ve varlıklı olarak nitelendirilmektedir. Yakın mikrofonlama ile akustik ortam etkisi neredeyse yok denilecek seviyeye indirgenir.

Mikrofonun, ses kaynağının hangi bölümünü gördüğüne bağlı olarak tınıda fark edilir değişiklikler meydana gelir. 1 – 2 cm'lik pozisyon değişikliği bile belirgin tınısal farklılıklar yaratır.

Mikrofonlama mesafesi ne olursa olsun yansıtıcı yüzeye yakın bir noktaya yerleştirilen mikrofon tarafından alınan doğrudan ve yansıyan ses dalgaları faz problemlerine neden olabilir. Bu sorunun önlenmesi için mikrofon ve ses kaynağı yansıtıcı yüzeylerden yeterince uzak bir noktada konumlandırılmalıdır.

Aksan mikrofonlama

Büyük müzik toplulukları içerisinde solosu olan ya da özellikle öne çıkarılmak istenen bir çalgı ya da vokal olduğu durumlarda uzak mikrofonlamanın yanı sıra vurgulanmak istenilen ses kaynağına yakın mikrofonlama yapılabilir. Bu tekniğe aksan mikrofonlama adı verilmektedir. Aksan mikrofonu ses kaynağını gruptan ayırmayacak bir mesafede konumlandırılmalıdır.

Ambiant mikrofonlama

Mekan akustik özelliklerinin kaynaktan gelen sestən daha fazla alınmak istenildiği durumlarda tercih edilir. Ambient mikrofonlama genellikle stereo tekniklerden faydalanılarak gerçekleştirilir.

Elektronik Çalgılar Arasında İletişim

Elektronik çalgıların gelişmesi, küçülmesi ve ucuzlamasıyla birlikte çeşitli müzik türleri içerisinde kullanımları da yaygınlaşmıştır. Birden fazla çalgının bir arada kullanıldığı durumlarda çalgıların eşgüdömlü çalışabilmesi ve tek bir merkezden kontrol edilebilmesi ihtiyacı doğmuştur. Sınırlı özelliklere sahip ilk iletişim yöntemleri, sayısal teknolojinin gelişmesi ile birlikte pek çok müzikal ifadeyi gerçekleştirmeyi sağlayan çeşitli kontrolleri iletebilecek kapasiteye ulaşmıştır. Bilgisayarlar güçlendikçe ortaya çıkan ve donanım sentezleyicilerin yerini alan sanal çalgılar neredeyse tüm donanım giriş – çıkışlarını ve bilgisayar ağlarını haberleşmek için kullanabilmektedirler.

Kontrol voltajı

Analog sentezleyicilerin yaygın olduğu dönemlerde elektronik çalgılar arasında iletişim kurmak için “kontrol voltajı” adı verilen bir yöntemden faydalanılmıştır. Bu yöntemde doğru akım taşıyan bir hat değişken voltaj değerleri ile notaları temsil etmektedir. Genellikle oktav başına 1 Volt alınan gerilim uygun şekilde bölünerek tüm notaları seslendirecek biçimde düzenlenmektedir. Nota değerleri belirlendikten sonra başka bir hat üzerinden gelen tetikleyici darbe sinyali notaların çalınmasını sağlamaktadır. Bu yöntem monofonik olarak adlandırılan ve aynı anda bir tek ses üretebilen çalgılarda kullanılmıştır. Dahili sıralayıcılara (sequencer) sahip çalgıların eşgüdömlü çalışmasını sağlamak amacıyla tempo, başla, dur ve devam et gibi kontroller de kontrol voltajı ile sağlanmıştır (Rumsey, 1994).

MIDI

Sayısal teknolojinin ortaya çıkmasıyla birlikte elektronik çalgılar da mikroişlemciler ile kontrol edilebilir hale gelmişlerdir. Ancak farklı üreticilerin farklı mimariler kullanması bu çalgıların eşgüdümlü çalıştırılmasında ve uzaktan kontrol edilmesinde birtakım zorluklara neden olmuştur. Farklı mimarilere sahip çalgıların aynı dili kullanarak haberleşebilesini sağlayan MIDI, 1982 - 83 yıllarında geliştirilmiş ve bir standart olarak üreticiler tarafından kabul edilmiştir.

MIDI mikroişlemci kontrolüne dayanan sayısal bir iletişim arayüzüdür. Hemen her elektronik çalgının yanı sıra pek çok stüdyo ekipmanı, sahne, ışık ve görüntü sistemi MIDI desteğine sahiptir.

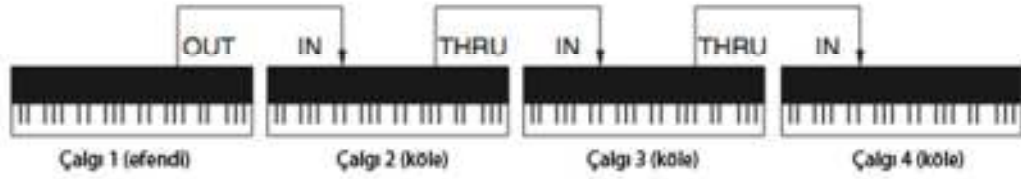
MIDI arayüzü

Standart MIDI arayüzü IN, OUT ve THRU portlarına sahiptir. Bu bağlantılar kullanılarak ilgili mesajlar donanımlar arasında aktarılabilir. IN portu cihaza gelen verinin alındığı, OUT portu cihazın kendi ürettiği verinin gönderildiği, THRU portu ise IN portundan gelen verinin değiştirilmeden dışarıya aktarıldığı porttur. En basit MIDI bağlantısı OUT - IN biçiminde yapılan bağlantıdır. Bu bağlantıda 1. çalgının OUT portu, 2. çalgının IN portuna bağlanır. Bu durumda 1. çalgı efendi, 2. çalgı ise köle olarak adlandırılır (Şekil 33). MIDI tek yönlü bir iletişim protokolüdür (Durmaz, 2000).



Şekil 33 – Basit MIDI bağlantısı (Rumsey, 2004'den değiştirilerek)

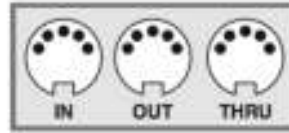
THRU portu kullanılarak pek çok sayıda çalgı seri olarak birbirlerine bağlanabilmektedir. Bu şekilde yapılan bağlantıda 1. çalgı efendi, diğer çalgılar ise köle olarak adlandırılır (Şekil 34).



Şekil 34 – THRU portu kullanılarak yapılan bağlantı (Rumsey, 2004'den değiştirilerek)

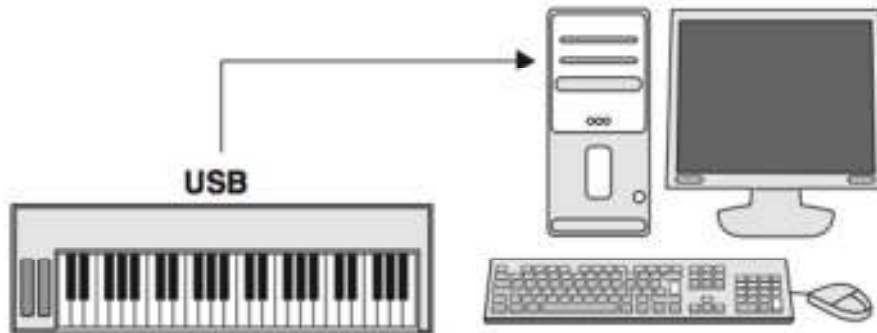
MIDI mesajları kanallar üzerinden iletilir. Bir OUT portu 16 farklı kanaldan mesaj gönderebilir. Böylelikle 16 farklı kanala ayarlanmış 16 çalgı birbirlerinden bağımsız olarak kontrol edilebilir.

MIDI arayüzlerinde standart soket tipi 5-pin DIN'dir (Şekil 35). Bu soket 5 uçlu olmasına rağmen yalnızca 3 tanesi kullanılmaktadır.



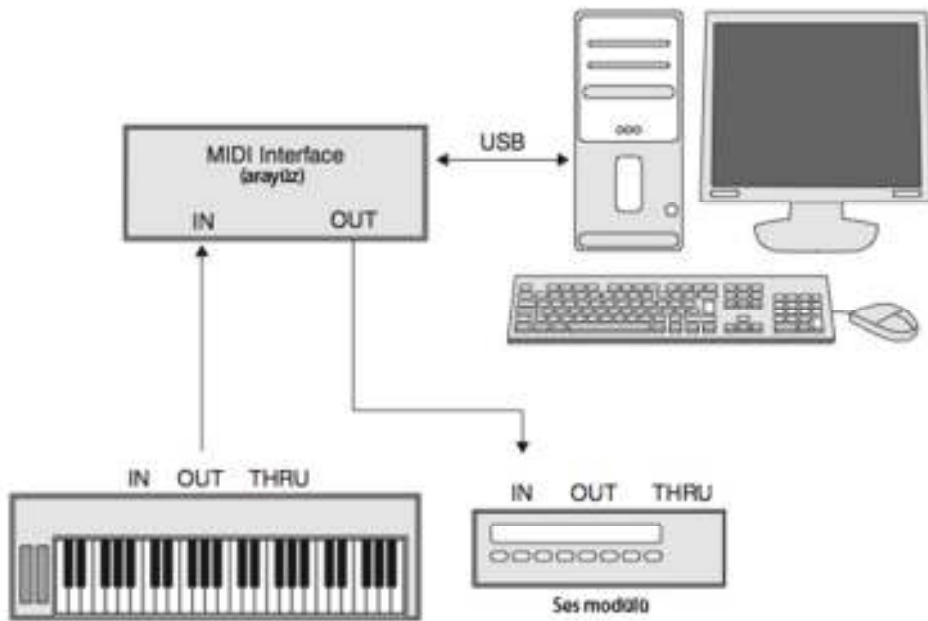
Şekil 35 – 5-pin DIN MIDI portu (Middleton, Gurevitz, 2008)

Bilgisayarlar üzerinde bulunan USB portları üzerinden de MIDI mesajları gönderilebilmektedir. Yarı profesyonel bazı MIDI kontrol üniteleri üzerinde 5-pin soketler yerine yalnızca USB portu mevcuttur. Bu üniteler bilgisayarlara doğrudan bağlanabilmektedirler.



Şekil 36 – USB üzerinden MIDI klavye ile bilgisayar arasında doğrudan bağlantı (Middleton, Gurevitz, 2008)

Bilgisayarlar doğrudan 5-pin DIN bağlantılara sahip değildir. 5-pin MIDI portuna sahip bir klavye ile bilgisayar arasında bağlantı yapabilmek için bir MIDI Interface (arayüz) donanımı kullanmak gerekmektedir (Şekil 37) (Middleton ve Gruvitz, 2008). MIDI arayüzleri bilgisayar ile USB ya da diğer seri veya paralel portlar üzerinden haberleşirler. Kapasitelerine bağlı olarak MIDI arayüzleri çeşitli sayıda giriş ve çıkış portlarına sahiptir.



Şekil 37 – MIDI arayüz kullanılarak bilgisayar ve klavye arasında bağlantı (Middleton ve Gurevitz, 2008’den değiştirilerek)

MIDI mesajları

MIDI’de mesajlar baytlardan meydana gelmektedir. Mesajın türünü belirten ilk bayt “status byte (durum baytı)” olarak adlandırılır. Durum baytını mesaj türüne bağlı olarak bir veya iki “data byte (veri baytı)” takip eder.

MIDI mesajları aşağıdaki biçimde sınıflandırılmaktadır:

1. Kanal mesajları
 - a. Kanal mesajları

2. Sistem mesajları

- a. System realtime (gerçek zamanlı) mesajları
- b. System common (ortak) mesajları
- c. System exclusive mesajları

Kanal mesajları

Kanal mesajları kanallara özel bilgileri ileten mesajlardır. Notalar, nüanslar ile ilgili kontroller ve çalgı değişimleri gibi olaylar kanal mesajları ile iletilirler. Bu olaylar donanım ya da yazılım sentezleyiciler veya örnekleyiciler tarafından değerlendirilerek performansa yönelik çeşitli olanaklar sağlarlar. Kanal mesajları Tablo 1’de görülmektedir.

Mesaj	Durum Baytı	Veri Baytı 1	Veri Baytı 2
Note off	&8n	Nota numarası	Hız (velocity)
Note on	&9n	Nota numarası	Hız (velocity)
Polifonik Aftertouch	&An	Nota numarası	Basınç
Control change	&Bn	Kontrol numarası	Değer
Program Change	&Cn	Program numarası	-
Channel Aftertouch	&Dn	Basınç	-
Pitch Wheel	&En	LSByte	MSByte

Tablo 1 – MIDI kanal mesajları ve bayt içerikleri

Durum baytları Tablo 1’de onaltılık sayı sisteminde gösterilmiştir. Durum baytlarının son hanesi olan “n” kanal numarasını belirten bir değişken olarak kullanılmıştır.

“Note on” ve “Note off” olayları hangi notanın çalınmaya başlandığı ve susturulduğu bilgisini taşımaktadırlar. Bu mesajlarda veri baytları, nota numarası ve hız bilgisini barındırır. Hemen her sentezleyici ve MIDI kontrol klavyesi üzerinde bulunan

tuşlar, tuşa ne kadar hızlı basıldığına veya ne kadar hızlı bırakıldığına dair 0 – 127 arasında değişen bir değer üretir. Bu değer çoğunlukla gürlük değişimi için kullanılmaktaysa da ilgili sentezleyicinin nasıl ayarlandığına bağlı olarak farklı görevler de üstlenebilir.

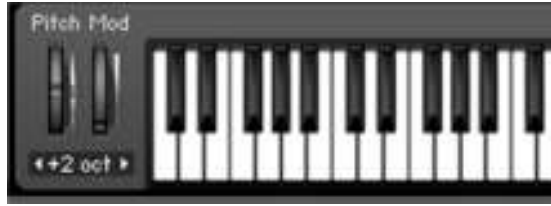
“Aftertouch” olayları, “Channel aftertouch” ve “Polyphonic Aftertouch” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. MIDI kontrol klavyeleri üzerinde bulunan tuşlar basıldıktan sonra üzerlerine uygulanan basınca bağlı olarak 0 – 127 arasında değer üretirler. Bu özellik her tuş için ayrı değer ürettiğinde meydana gelen olay “Polyphonic aftertouch”, tüm kanal için değer ürettiğinde ise “Channel aftertouch” olarak belirlenir. Channel aftertouch mesajı yalnızca basınç değeri gönderirken, polyphonic aftertouch tuş numarasını da içerir. Aftertouch bilgileri ilgili sentezleyici içerisinde istenilen fonksiyonu kumanda etmek amacıyla kullanılabilir.

Breath controller (nefes kontrolü), foot controller (ayak kontrolü), sustain pedal (uzatma pedalı), modulation (modülasyon) ve portamento (kaydırma) gibi pek çok kontrol “control change (kontrol değişimi)” mesajı ile gerçekleştirilmektedir. Bu mesajın 1. veri baytı kontrol numarasını, 2. veri baytı ise kontrolün değerini içermektedir.

Sentezleyici veya örnekleyici içerisinde hangi programın (çalgı sesinin) seçileceği program change mesajı ile belirlenir. Bu mesaj 0 – 127 arasında değer iletmektedir. Bazen ilgili donanım ya da yazılım üzerinde bankalar halinde gruplandırılmış 128 den daha fazla program bulunabilir. Bu durumunda, “control change” içerisinde bulunan “bank select” kontrolü ile ilgili banka seçildikten sonra “program change” ile program değişimi gerçekleştirilebilir.

Pek çok MIDI kontrol klavyesi üzerinde çalınan notanın perdesini değiştirebilmek amacıyla kullanılan ve “pitch wheel (bend)” olarak adlandırılan bir kontrol bulunmaktadır (Şekil 38). Bu kontrol kullanılmadığında orta noktada durur. İstenildiğinde sola – sağa veya yukarı – aşağı (her üreticiye göre değişiklik gösterebilir) hareket ettirilerek pest veya tiz tarafa doğru perde değişimi gerçekleştirilebilir. 0 – 127 arasındaki değerler gürlük değişimlerinin bölümlenmesinde yeterli olmaktadır. İnsan kulağının perde değişimlerine, gürlük değişimlerine oranla daha hassas olması nedeniyle geçişlerin daha yumuşak duyulabilmesi için bu kontrolde bölümlenmenin daha sık olması gerekmektedir. Bu nedenle “pitch wheel” kontrolüne ait veri baytları içerdiği LSbyte ve MSbyte değerleri birleştirilerek daha yüksek çözünürlüklü bir

bölümlere elde edilir (Rumsey, 1994).



Şekil 38 - NI Kontakt 4 üzerinde Pitch Wheel ve Modülasyon tekeri

Sistem mesajları

MIDI mimarisinde tüm sistemi ilgilendiren mesajlar sistem mesajları olarak adlandırılır. Sistem mesajları (Tablo 2) performanstan çok zamanlama ve sıralayıcıların çalışmasına yönelik bilgileri içerirler.

Mesaj	Durum Baytı	Veri Baytı 1	Veri Baytı 2
System exclusive			
System exclusive start	&F0	Üretici ID	Data, (data) ..
End of Sysex	&F7	-	-
System common			
Quarter frame	&F1	Data	-
Song pointer	&F2	LSByte	LSByte
Song select	&F3	Şarkı numarası	-
Tune request	&F6	-	-
System realtime			
Timing Clock	&F8	-	-
Start	&FA	-	-
Continue	&FB	-	-
Stop	&FC	-	-
Active sensing	&FD	-	-
Reset	&FF	-	-

Tablo 2 – Sistem mesajları ve bayt içerikleri

Geleneksel Türk Müziğinde Ses Sistemi ve Makam

Farklı kültürlere ait müzikler içerisinde çıktıkları toplumun özelliklerini yansıtır. Kullanılan ses sistemi ve ritmik öğeler de bu özelliklere bağlı olarak toplumdan topluma değişiklik gösterebilir.

Geleneksel Türk müziğinde ses sistemi

Batı müziği ses sisteminde bir sekizli (oktav) 12 eşit aralığa bölünmüştür. Geleneksel Türk müziği'nde kullanılmakta olan perde sistemi ise 19. YY'a kadar belirli bir kuramsal tabana oturtulamamıştır. Bu konu ile ilgili olarak ilk ciddi açıklamayı 13. yy'da Safiyüddin Abdülmümin Urmevî (1237 – 1294)'nin “Kitâb ül- Edvâr” adlı eserinde buluyoruz. Bu eserde Urmevî 17'li perde sisteminden bahsetmektedir. 1650 – 1730 yılları arasında yaşamış olan olan Nâyî Osman Dede ise “Rabt-ı Tâbirât-Mûsikî” adlı eserinde bir sekizli içerisinde 15 perdenin adını vermiştir. Hızır Ağa 18. yy ortalarında yazmış olduğu “Tefhim ü'l Makâmât fî Tevlîd i'n Nagâmât” adlı edvârında perde sayısını bir arttırarak bir sekizli içerisinde 16 perde tanımlamış ve ilk perdenin oktavı da dahil olmak üzere 17 perdenin bulunduğunu belirtmiştir. Abdülbâki Nâsır Dede (1765 – 1821) ise “Tahririye” adlı eserinde Hızır Ağa'nın sistemindeki bir perdenin adında değişiklik yaparak yaklaşık beş yüzyıl sonra Safiyüddin'in perde dizgesinin aynısını vermiştir. 1828 yılında Mızıkâ-yı Hümâyûn'un, yani saray bandosunun kurulmasıyla birlikte Batı notası yaygınlaşmaya başlamış, bu sisteme ait diyez ve bemol işaretleri de ilk olarak Muallim İsmail Hakkı Bey (1866 – 1927) tarafından kullanılmıştır. Batı müziğine ait bu değiştirici işaretlerin geleneksel Türk müziği perde sistemini tam anlamıyla karşılayamaması, yazılan müzik ile çalınan müzik arasında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Daha sonra Ali Rıfat Çağatay yeni diyez ve bemol işaretleri geliştirerek daha sağlıklı bir dizge önermiştir (Akdoğan, 1994).

Geleneksel Türk müziği ses sistemine ilişkin sorunların çözümüne ilk öneri 20. yy başlarında Rauf Yekta'dan gelmiştir. Yekta, bir sekizlinin 24 eşit olmayan aralığa bölünmesi gerektiğini söylemiş, Çağatay tarafından önerilen işaretleri daha da geliştirerek bu sistemin notalaması içerisinde kullanmıştır. Rauf Yekta'nın bu dizgesinin daha sonra pek çok kimse tarafından kabul gördüğü elde edilen çeşitli bulgulardan anlaşılmaktadır.

1933 yılında yayımlanan “Nazarî ve Amelî Türk Mûsikîsi” adlı kitabında Dr.

Suphi Ezgi aynı dizgeyi vermiş, 1948 yılında Hüseyin Saadettin Arel tarafından yayınlanan “Mûsikî Mecmuâsı” adlı dergide aynen yer alan bu dizge, dolayısıyla Arel tarafından da kabul edilerek desteklenmiştir. Uzdilek tarafından fiziksel ve matematiksel temellere dayandırılarak açıklanan bu dizgenin adı Yekta'nın ismi bir kenara bırakılıp “Arel – Ezgi – Uzdilek Sistemi” adıyla anılmaya başlanmıştır (Akdoğan, 1994: 24-25). Bu sistem günümüzde de geçerliliğini korumaktadır.

24'lü Türk müziği ses sisteminde kullanılan değiştirici işaretler ve bu işaretlere ait koma değerleri ile rumuzları Tablo 1'de, perdeler ve dizek üzerinde gösterimleri ise Şekil 39'de görülmektedir.

Adı	Koma Değeri	Diyezi	Bemolü	Rumuzu
Koma	1	‡	∩	F
Bakıyye	4	‡‡	∩∩	B
Küçük Mücennep	5	‡‡‡	∩∩∩	S
Büyük Mücennep	8	‡‡‡‡	∩∩∩∩	K
Tanini	9	∩∩	∩∩	T

Tablo 3 – Geleneksel Türk müziğinde kullanılmakta olan değiştirici işaretlerin isimleri, sembolleri, koma değerleri ve rumuzları


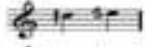








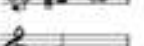






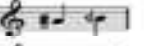







Geleneksel Türk müziğinde makam

“Makam, kendine özgü sesleri, aralıkları, durakları, güçlü ve asma kararları, inici-çıkıcı karakteri ve bütün bu öğeleri içeren belli ve kendine özgü (SEYİR) i olan ses dizisidir” (Akan, 1989)

Batı müziğinin tonal yapısına karşın geleneksel Türk müziği makamsal bir yapıya sahiptir. Bu makamsal yapı Türk müziğinin kendine has ses sistemi ile birlikte örülmüştür.

Geleneksel Türk müziğinde makamlar iki bölümde incelenir:

- Basit makamlar: Yapılarının kolay anlaşılabilirliği nedeniyle “basit” olarak adlandırılan temel makamlardır. Bu makamlar çargâh, buselik, kürdî, rast, uşşak, hüseyni – muhayyer, neva – tahir, hicaz, humayûn, uzzal, zirgüleli hicaz (zengüle), karcığar, suzinâk makamlarıdır.
- Bileşik makamlar: Temel makamların bütün dizileri ya da bazı bölümlerinin birbirleriyle birleşmesi ile oluşturulmuş makamlardır (Akan, 1989)

1. Oktav	2. Oktav
 Yegah	 Neva
 Kaba Nim Hisar	 Hisar
 Kaba Hisar	 Dik Hisar
 Kaba Dik Hisar	 Hüseyni
 Hüseyni Aşiran	 Acem
 Acem Aşiran	 Dik Acem
 Dik Acem Aşiran	 Eviç
 Irak	 Mahur
 Geveşt	 Dik Mahur
 Dik Geveşt	 Gerdaniye
 Rast	 Nim şehnaz
 Nim Zirgüle	 Şehnaz
 Zirgüle	 Dik Şehnaz
 Dik Zirgüle	 Muhayyer
 Dügah	 Sünbüle
 Kürdi	 Dik Sünbüle
 Dik Kürdi	 Tız Segah
 Segah	 Tız Buselik
 Buselik	 Tız Çargah
 Dik Buselik	 Tız Nim Hicaz
 Çargah	 Tız Hicaz
 Nim Hicaz	 Tız Dik Hicaz
 Hicaz	 Tız Neva
 Dik Hicaz	

Şekil 39 – Geleneksel Türk müziğinde perdeler ve dizik üzerinde görünümleri

Tanbur

Tanbur, Türk müziği ses sisteminin tüm öğelerini üzerinde barındıran bir çalgıdır. Bu nedenle geleneksel Türk müziğinin temel sazı olarak değerlendirilmektedir.

Tanburun tarihçesi

Bugüne kadar pek çok araştırmacı tanbur kelimesinin köküne dair etimolojik çalışmalarda bulunmuştur. Bu araştırmalar sonucu elde edilen bulgular her ne kadar tanbur kelimesiyle yakınlık gösteriyor olsalar da akla yatkın, fakat kesin olmaktan uzaktırlar.

Arap yazarları tanbur kelimesinin Farsça'da kuzunun kuyruğu anlamına gelen “dünbe-i bere” den veya Arap söyleyişiyle “dunba-i barra” dan değişme ile ortaya çıktığını yazmışlardır. Fransızlar'ın Larousse ve Darmesteder gibi büyük sözlüklerinde tanburun Farsça davul demek olan “tebir” den geldiği söylenmektedir. Henri Reynaud adlı Fransız yazarı kelimenin kaynağının Keldanice “at derisiyle şarkı söylemek” anlamına gelen “ta-bâ-ur” deyimine bağlamaktadır.

İngiliz bilim adamı Francis William Galpin, Sümer medeniyeti üzerine yaptığı araştırmalar sonucu kaleme aldığı “The Music of The Sumerians” adlı eserinde, tanbur kelimesinin kaynağının Sümerce'de küçük yay anlamına gelen “pantur” kelimesine dayandığını söylemiştir. Ermeniler bugün bu çalgıya “pantir”, Gürcüler “panturi”, Yunanlılar ise Grekler'den kalma benzer bir çalgıya “pandura” adını vermektedirler. Bu bilgiler Galpin'in iddiasını destekler niteliktedir.

Mezopotamya'da yapılan kazılarda çıkartılan M.Ö. 2000'li yıllara ait kabartmalarda, yapısı tanbura benzeyen çalgı aletleri görülmektedir. O halde çalgının 4000 yıldır çalınıp değiştirilerek bugünkü halini almış olabileceği sonucuna varılması mümkündür (Akan, 1989).

Araştırmalar, X. yüzyılda iki tip tanbur olduğunu göstermektedir:

- Tanbur al mizani (Tunbur al Bağdadî)
- Tunbur al Hurasanî

Irak'ın güneybatısında kullanılmakta olan Tunbur al Bağdadî putperestlik devrinin perde sistemi olan “gamme” yi muhafaza etmiştir., Tunbur al Hurasanî ise Irak'ın kuzey ve kuzeybatısında kullanılmıştır. Her iki tip tanbur da iki telli olmakla

beraber, Tunbur al Hurasanî bazen üç telli olarak da kullanılmıştır. Bu tanburlar Farabî tarafından ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Daha sonra bu tanburların özellikleri kaybolmuş İhvan al Safâ (X. yy), İbni Sinâ (ölm. 1037), İbn Zayla (ölm. 1048) ve Safî al-din abd al Mu'min (ölm. 1294) tarafından yalnızca isimleri kaydedilmiştir. Safiüddin de “Kitab al-advâr” adlı eserinde iki telli bir sazı anlatmıştır.

İbn Gaybî üç tip tanbur hakkında bilgi vermektedir:

- Tunbur-i Şirvinân
- Tunburak-i Türkî
- Nay Tanbur

Tunbur-i Şirvinân armut şeklinde gövdeli ve iki tellidir. Tunburak-i Türkî iki ya da üç telli olarak kullanılmış, Tunbur-i Şirvinân'dan daha küçük gövdeli fakat daha uzun saplıdır. Her iki tanburda parmak ile çalınmaktadır. Nay Tanbur ise mızrap ile çalınmaktadır ve iki tellidir (Aksüt, 1994)

İki telli tanbur bugün hala Hazar Denizi civarında yaşayan Kırgızlar ve Kalmuklar tarafından kullanılmaktadır (Akan, 1989).

Kâtip Çelebi ve Evliyâ Çelebi, tanburu 17. yy'da Türk çalgısı olarak saymışlardır.

Yüzyıllar boyu çeşitli kavimler tarafından değişik yapılarda üretilerek çeşitli şekillerde çalınan tanbur, en kullanışlı halini son bir iki yüzyıl içerisinde almıştır. Bu devre Türk müziğinin zirvesinde olduğu döneme denk gelmektedir. Arap ve İranlı müzikçiler de bu saza önem vermiş ve kullanmışlardır.

Tanburun yapısı

Tanbur iki kısımdan oluşur:

1. Gövde
 - a. Göğüs
 - b. Sırt (tekne)
2. Sap

Gövde: Asimetrik bir elips görünümündedir. Yarıçapı ve derinliği aşağı yukarı eşittir ve yaklaşık olarak 16 – 17 cm dir. Tanburun gövdesi göğüs ve sırt (tekne)

bölümlerinden meydana gelmektedir. Göğüs gövdenin yüz kısmıdır. Tanburun ses tahtası olarak da adlandırılır. Göğüs tahtası olarak çam cinslerinden olan ladin ve köknar tercih edilir (Akan, 1989). Göğüs gövdenin baş ve dip takozları üzerine oturtularak sıcak tutkal ile yapıştırılır ve gövde ile birleştiği kısma çepeçevre ağaçtan bir çember geçirilir (Aksüt, 1994).

Göğüs üzerinde bulunan damarların sıklığının tanbur sesi üzerinde etkili olduğu söylene de her iki tür ağaçtan da nitelikli tınıya sahip tanburların olduğu bilinmektedir. Sık damarlı ağaçlardan yapılan göğüslerin, tellerin basıncına daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 40 - Tanbur gövdesi

Tanbur göğsü iki ya da üç parçadan yapılmaktadır. Parçalar, damarlar göğsün ortasından geçen çizgiye simetrik olacak şekilde birleştirilir. Tanburda göğüs çöküktür. Bu çöküklük yapılış sırasında verilmez, tellerin basıncıyla meydana gelir. Ancak göğsün çökme payı yapım esnasında ayarlanır. Göğüsteki çökme tanburun tınısında etkilidir. Az veya çok çökme sesi etkiler. Göğüs tahtası cilalanmaz (Akan, 1989).

Göğüs zerinde bulunan eşik “ana eşik” olarak adlandırılır. Ana eşik genellikle ardıç ağacından yapılmaktadır. Eşik gövdeye yapıştırılmaz, hareketlidir. Hava koşullarından kolaylıkla etkilenen göğüs ile birlikte yükselip alçalabilir. Bu hareketle beraber tanburda tel yüksekliği de değişir. Teller çok düşük olduğunda cızlama meydana gelebilir. Çok yüksek olduğunda ise çalım zorlaşır. Bu nedenle birden fazla, değişik yüksekliklere sahip eşikler bulundurularak uygun olan kullanılır.



Şekil 41 - Tanbur göğsünde çökme

Sırt kısmı 17 – 21 – 23 dilimden ve bu dilimlerin arasına konulan ince filetolardan meydana gelir. Sırt yapımında genellikle maun, kelebek, ceviz, pelesenk, kestane, ardiç, dut, çınar, Hint gülü ve mışmış ağaçlarından yararlanılır. 7 – 9 – 11 parçadan oluşan geniş dilimli tanburlar da yapılmıştır. Bazı tanburlarda dilimler arasına hiç fileto konulmadığı da görülmektedir. Tüm dilimler ve filetolar tanburun baş ve dip kısmında bulunan takozlara bağlanır (Aksüt, 1994). Şu ana kadar edinilen bilgilere göre dilimlerin sayısı estetik konusudur, yapan ustanın zevkine kalmıştır (Akan, 1989).

Sap: Perdelerin bağlı olduğu kısım ve akort burgularının bulunduğu kısım olarak iki bölümden meydana gelir. Bu iki kısım bir eşik ile birbirinden ayrılır. Teller bu eşik üzerinden atlayarak akort burgularının bulunduğu kısma geçerler. Gövdeden bu eşiğe kadar olan uzunluk 75 – 85 cm arasında değişmektedir. Sap, sıcak ve soğuktan çok etkilenmeyen, fırınlanmış, eğilip bükülmeyen düzgün damarlı ağaçlardan yapılmaktadır. Sapın kalınlığı fazla olduğunda sağlamlığı artmakla birlikte sol elin hareketlerini engellemesi bakımından olumsuz bir niteliktir. Çok ince saplar ise kolay eğildiğinden, yaylanarak entonasyonda sıkıntılar meydana gelmesine neden olabilmektedir. Perdeler kısmıyla, burgular kısmı arasında bulunan eşit çok sert ağaçlardan veya sert plastik malzemeden yapılmaktadır (Akan, 1989).



Şekil 42 - Tanburda sırt

Burgular sert ya da yumuşak ağaçlardan üretilmektedirler. Yumuşak ağaçların daha kolay akort tuttuğu söylenmektedir.



Şekil 43 - Tanburda akort burguları

Tanburda perdeler geleneksel Türk müziğinin 24 perde esasına göre düzenlenmiştir. Böylelikle 2 sekizli içerisinde 48 perde aralığı yani 49 perde bağı bulunmaktadır. Perdeler misina denilen plastik bağlar ya da ameliyatlarda kullanılan kalküt adı verilen malzemelerden bağlanmaktadır. Perdeler, perde bağlarının kalınlığı ve sarma sayısına göre üç kısımdır:

1. Tiz nevedan kürdî perdesine kadar (kürdî perdesi hariç) olan 33 perde

ince perde bağıyla, 6 sıra sarılarak,

2. Kürdî ve acemaşiran perdeleri dahil bu aralıktaki 11 perde orta kalınlıkta pede bağıyla 5 sıra sarılarak,
3. Acemaşiran ile yagâh arasındaki 4 perde kalın perde bağıyla 4 sıra sarılarak bağlanır.

Böylelikle perde kalınlıklarının gerek estetik gerekse çalım kolaylığı açısından aynı olması sağlanır (Akan, 1989).

Tanbur çeşitleri

Tanbur 3 çeşittir:

1. Kız tanburları
2. Erkek tanburları
3. Meydan tanburları

Bu üç çeşit tanbur arasındaki fark boyutlarıdır. Boyutlarına göre tanbur çeşitleri Tablo 4’de görülmektedir.

KIZ TANBURLARI		
Gövde boyu	Sap boyu	Tel boyu
32.5 cm	73.5 cm	98 cm
33.5 cm	75 cm	100 cm
34 cm	76.5	102 cm
ERKEK TANBURLARI		
Gövde boyu	Sap boyu	Tel boyu
35 cm	78 cm	104 cm
35.5 cm	79.5 cm	106 cm
36 cm	81 cm	108 cm
MEYDAN TANBURLARI		
Gövde boyu	Sap boyu	Tel boyu
37 cm	82.5 cm	110 cm
38 cm	84 cm	112 cm

Tablo 4 – Tanbur çeşitleri ve boyutları

Tanburda teller ve düzen

Tanburda dört adet ikişerli sıralanmış sekiz tel bulunmaktadır. Bu teller aşağıdan yukarıya doğru 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b biçiminde numaralandırılırlar. Aynı rakama sahip a ve b telleri aynı sese akordlanır. Yalnızca 4b, 4a'dan bir oktav pesttir. Bazı tanburlarda 4 numaralı tel grubu tek telden oluşur. Bu durumda yalnızca 4b teli kullanılır ve 4 olarak adlandırılır. Böylelikle yedi telli tanburlar da bulunmaktadır.

Tanburda çeşitli düzenler aşağıda verilmiştir :

- **Ahteri düzeni:** Bu düzende tanburun 1 numaralı tel çifti diyapozonun 97,7 frekanslı sol sesini vermektedir.
- **Bolahenk düzeni:** Bu düzende 1 numaralı tel çifti diyapozonun 110 frekanslı La sesine çekilmekte ve bu ses “yegah” sesi olarak kabul edilmektedir.
- **Şah düzeni:** Bu düzende 1 numaralı tel çifti bolahenk düzeninden 1,5 ses daha dik olan “do” sesine ayarlanır ve bu ses “yegah” sesi olarak kabul edilir.
- **Mansur düzeni:** Bu düzende 1 numaralı tel çifti doğrudan 146,6 frekanslı “re” sesine ayarlanır.

Tercih edilen düzen hangisi olursa olun 1 numaralı tel grubu “yegah” perdesi olarak kabul edilir.

Ahteri düzeni tanbur için çok düşük bir düzendir. Mansur düzeninde ise teller çok fazla gerildiğinden bu düzen tanburun sapı ve göğsü için oldukça sakıncalıdır. Bugün tanburlarda en çok kullanılan düzen bolahenk düzenidir.

Bolahenk düzeninde akort aşağıdaki biçimde yapılır :

- Birinci çift tel : Re (yegâh)
- İkinci çift tel : Seslendirilecek makama göre Sol (kaba rast) veya La (kaba dügâh)
- Üçüncü çift tel : Birinci çift tel ile aynı Re (Yegâh)
- Dördüncü çift tel : Birinci ve üçüncü çift tellerin bir sekizli pestindeki

Re (kaba yegâh)

Tanburda ezgi çoğunlukla 1 numaralı tel grubu kullanılarak seslendirilmektedir. Ancak aceliteli çalılarda çok uzak pozisyonlara atlamamak için ya da transpoze (göçürme) seslendirmelerde bazen 2 numaralı tel de kullanılmaktadır. Günümüz tekniğinde tanburilerin ara sıra da olsa en üst teli bile kullandıkları söylenebilir (Aksüt, 1994: 23). Bazı kalışlar düzene bağlı olarak 2, 3 ve 4 numaralı boş teller mızraplanarak vurgulanır. Bununla beraber ezgi birinci telden çalınırken diğer teller rezonans teli olarak iş görür (Erkut, 1999). Rezonans tellerindeki titreşimler tanburdaki inlemeyi meydana getirir (Akan, 1989). Böylelikle tanbura özgü derinlik etkisi oluşur.

3. YÖNTEM

Araştırma modeli

“Geleneksel Türk Müziği Çalgılarından Tanbur’un Sanal Çalgı Kitaplığının Oluşturulması” başlıklı araştırmanın gerçekleştirilmesinde deneysel model tercih edilmiştir. Bu modelin tercih edilmesinin nedeni, araştırma ile ilgili gözlemlenecek olan verilerin laboratuvar (stüdyo) ortamında üretilecek olmasıdır. Verilerin analizi ilgili bilgisayar yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup, analiz sonuçları karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir.

Araştırma aşağıdaki aşamalar izlenerek yürütülmüştür:

- Konuyla ilgili ses ve müzik teknolojilerine yönelik kuramsal bilgiler taranarak, araştırmanın gerçekleştirilmesinde faydalı olacağı düşünülen kısımlar tespit edilmiştir.
- Elde bulunan ve temin edilebilecek teknik olanaklar değerlendirilerek araştırmanın amacına uygun laboratuvar ortamı yaratılmıştır.
- Tespit edilen kuramsal bilgiler ışığında, ilgili ses kitaplığının oluşturulmasına yönelik ham veriler laboratuvar ortamında elde edilmiştir.
- Elde edilen ham veriler kuramsal bilgiler ışığında işlenerek ilgili ses kitaplığının oluşturulmasına uygun biçimde düzenlenmiştir.
- Düzenlenmiş veriler örnekleyici yazılıma aktarılmış olup yazılım, sağladığı olanaklar çerçevesinde programlanarak ilgili ses kitaplığı oluşturulmuştur.
- Oluşturulan kitaplığın seslendirilmesi ile elde edilen veriler yeniden analiz edilerek öncekilerle karşılaştırılmış ve araştırmanın amaçlarına ne derece ulaşılabildiği sonuçlar bölümünde yorumlanmıştır.

Araştırma Malatya İnönü Üniversitesi’nde yaklaşık 2 yıllık bir süre içerisinde tamamlanmıştır.

Evren ve Örneklem

Sanal çalgı kitaplıkları oluşturulması sırasında çalgının tınısal ve makamsal

özelliklerinin uygun biçimde yansıtılmasıyla ilgili olarak, geleneksel Türk müziği çalgıları araştırmanın evrenini oluşturmaktadır.

Geleneksel Türk müziği çalgılarından tanbur, araştırmanın örnekleme olarak belirlenmiştir.

Verileri toplama teknikleri

Araştırmanın yürütülmesine yönelik kuramsal bilgilerin elde edilmesinde kaynak tarama yönteminden faydalanılmıştır. Bu aşamada öncelikle konuyla doğrudan ilintili olan kaynaklara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Kaynaklardan elde edilen bilgiler ışığında, gerekli araçların bir araya getirilmesiyle oluşturulan laboratuvarında (ses kayıt stüdyosu) ses örnekleri alınarak işlenmiş ve çalgı kitaplığı oluşturulmuştur. Gerçek tanburdan alınan örnekler ile oluşturulan salan çalgı seslendirilerek alınan örnekler analiz edilerek karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Tanbur:

Örneklenecek tanbur temin edildikten sonra çalgı en yüksek performansı sergileyebilecek şekilde ayarlanmış, ses kalitesinin arttırılmasına yönelik gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Perdeler Arel-Ezgi-Uzdilek sistemine göre düzenlenmiştir.

Stüdyo:

Kayıtlar, gerekli akustik düzenlemeye ve ses izolasyonuna sahip İnönü Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi bünyesinde bulunan ses kayıt stüdyosu içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Kayıt ortamı:

Ses örneklerinin alınması aşamasında tüm kayıtlar bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Yazılım olarak Steinberg firması tarafından geliştirilmiş “Wavelab 7 LE” tercih edilmiştir. Örneklerin düzenlenmesi de aynı yazılım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikrofon olarak, teorik bilgiler göz önünde bulundurularak tanbura uygunluğu tespit edilen Microtech Gefell UMT 800 kullanılmıştır. Ses arayüzü olarak TC Electronics Impact Twin model firewire ses kartı ile aynı kart üzerinde bulunan pre-amplifikatörler (önyükselticiler) kullanılmıştır.

Analiz araçları:

Analizler bilgisayar ortamında Chris Cannam tarafından Queen Mary Üniversitesi'nde geliştirilen "Sonic Visualizer v1.7.2" yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Örnekleyici:

Araştırma sürecinde oluşturulan ses kitaplığı, sunduğu olanaklar göz önünde bulundurularak, NI Instruments tarafından geliştirilmiş "NI Kontakt 4" adlı örnekleyici yazılım üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Diğer ses işleme ortamları:

Sap sallama tekniğinin gerçekleştirilmesinde dürtü yanıtının işlenmesi amacıyla "Csound v5.12" yazılımından faydalanılmıştır.

Verilerin analizi

Araştırmanın yürütülmesi sırasında elde edilen veriler sınıflandırma, analiz, çözümlenme ve karşılaştırma araçları kullanılarak işlenmiştir.

Araştırmada tanburun karakteristik tınısını meydana getiren rezonans tellerinin etkisinin konvolüsyon yöntemi ile oluşturulmasında ne derece gerçekçilik sağlandığının tespit edilmesi amacıyla bilgisayar ortamında spektrum analizinden faydalanılmıştır. Analiz sonuçları çözümlenip yorumlanarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Türk müziği ses sistemini kullanan bir çalgının 12 eşit aralıklı tampere sisteme dayanan MIDI klavye üzerine aktarılmasına yönelik önerilen sistemin geçerliliği, bu sistem kullanılarak çeşitli makam dizilerinin seslendirilebildiği gösterilerek ölçülmüştür.

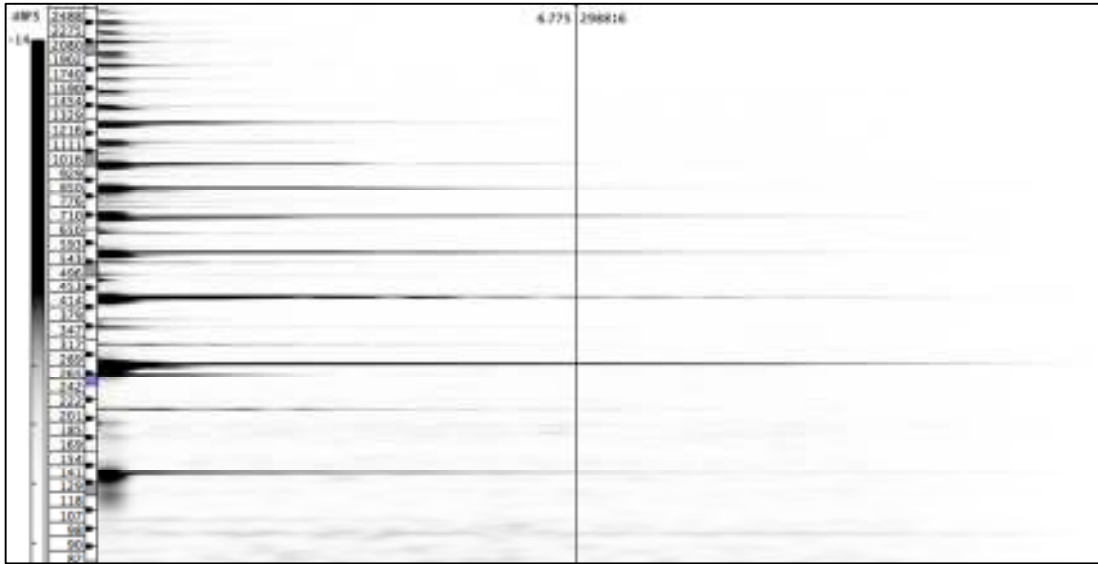
4. BULGULAR VE YORUMLAR

Örneklerin kaydedilmesi

Tanburun tınısal özellikleri ve çalım teknikleri çerçevesinde, gerekli ses örnekleri uygun tekniklerden faydalanılarak alınmıştır.

Tanburda rezonans tellerinin işlevi ve analizi

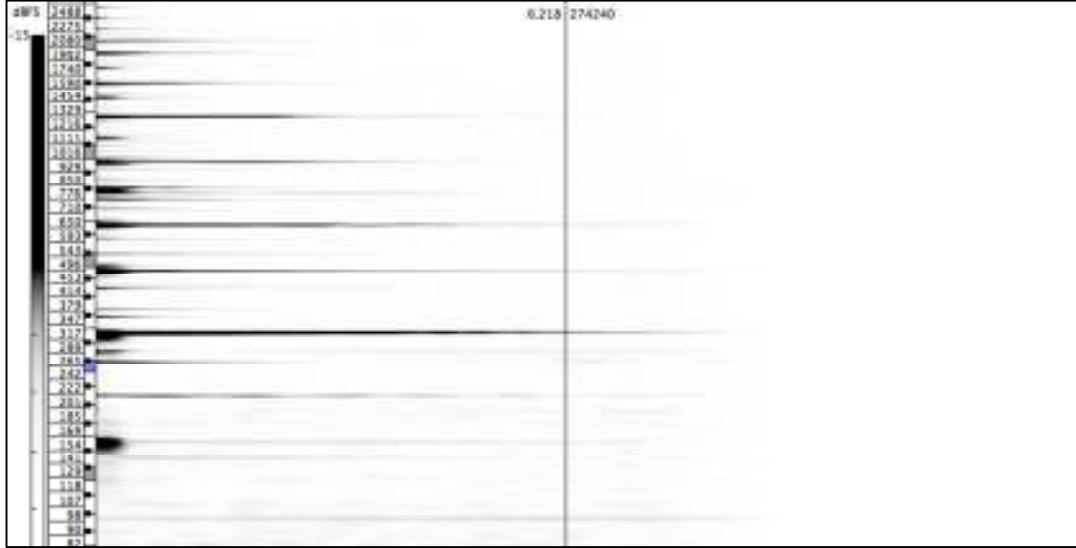
Geleneksel tanbur icrasında ezgi çoğunlukla 1 numaralı tel (en alt) üzerinde seslendirilirken, kullanılmayan üst teller bir çeşit rezonatör görevi görerek titreşir ve tanburun karakteristik tınısının oluşmasında önemli bir rol oynar. Bu etkinin ne şekilde ortaya çıktığının anlaşılması açısından stüdyo ortamında çeşitli perdelerden kayıtlar alınmış ve spektrum analiz yazılımı kullanılarak üst teller üzerinde oluşan rezonanslar incelenmiştir. Kayıtlar sırasında 1 numaralı telde seslendirilen perdeler mızraplandıktan kısa süre sonra susturulmuş, böylelikle yalnızca oluşan rezonansların gözlemlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra aynı perdeler bir dizi oluşturacak şekilde seslendirilerek bileşke rezonansların oluşması sağlanmış ve elde edilen veri analiz edilmiştir.



Şekil 44 -1 numaralı tel üzerinde seslendirilen rast perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar

1 numaralı tel üzerinde bulunan rast perdesinin rezonans telleri üzerinde yarattığı doğuşkanlar Şekil 44'de görülmektedir. Rast perdesi seslendirildikten yaklaşık

yarım saniye sonra susturulmuş, böylelikle yalnızca rezonans tellerinin titreşimlerinin devam etmesi sağlanmıştır.



Şekil 45 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen düğâh perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar

Şekil 45’ da düğâh perdesinin rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar görülmektedir. Üst doğuşkanlara doğru gidildikçe genliklerinin azaldığı ve sönümlerin daha kısa zamanda gerçekleştiği göze çarpmaktadır.



Şekil 46 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen buselik perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar

Şekil 46' de buselik perdesinin rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar görülmektedir.



Şekil 47 - 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen çargah perdesinin rezonatör teller üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar

Şekil 47'de çargah perdesinin rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkanlar görülmektedir.



Şekil 48 - Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin art arda seslendirilmesi ile ortaya çıkan doğuşkan örüntüsü

Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin art arda seslendirilmesi ile üst teller üzerinde meydana gelen doğuşkanlar Şekil 48’de görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen örüntü incelendiğinde farklı perdelerin arka arkaya çalınması ile oluşan doğuşkan çeşitliliğinin tek başına perdelerin meydana getirdiğinden çok daha zengin olduğu gözlenmektedir

Farklı perde kombinasyonlarından oluşan çeşitli ezgiler, tanburun rezonans telleri üzerinde farklı doğuşkanların meydana gelmesine neden olmaktadır.

Tanburun karakteristik tınısının önemli bir parçası olan bu etkinin sanal çalgı tarafından gerçekleştirilmesi için konvolüsyondan faydalanılabilir. Rezonans tellerine ait bir “impulse response (dürtü yanıtı)” kaydedilerek Kontakt üzerinde bulunan konvolüsyon işlemcisine (convolution processor) yerleştirilirse, seslendirilen örneklerin benzer etkiyi yaratması mümkün olacaktır. O halde perdelerden örnek alınırken rezonans tellerinin sökülmesi ya da susturulması ve 1 numaralı tel grubunun tek başına örneklenmesi gerekmektedir. Böylelikle üst 3 tel grubunun rezonans etkisi yalnızca konvolüsyon işlemcisi tarafından gerçekleştirilecektir.

Rezonans telleri dürtü yanıtının (impulse response) kaydedilmesi

Tanbur bir masa üzerine yere yatay bir pozisyon alacak şekilde yatırılmış, ve Microtech Gefell UMT800 model mikrofon, tanburun göğsüne yaklaşık 25 cm uzaklıkta, cardioid bir pattern seçilerek konumlandırılmıştır (şekil 49).



şekil 49 - Dürtü yanıtı kaydedilecek tanburun mikrofonlanması

Yalnızca rezonans tellerine ait dürtü yanıtı kaydedileceğinden, 1 numaralı tel grubu diğerk tellerden uzaklaştırılmış ve el yardımı ile susturularak titreşmesi engellenmiştir (şekil 50).



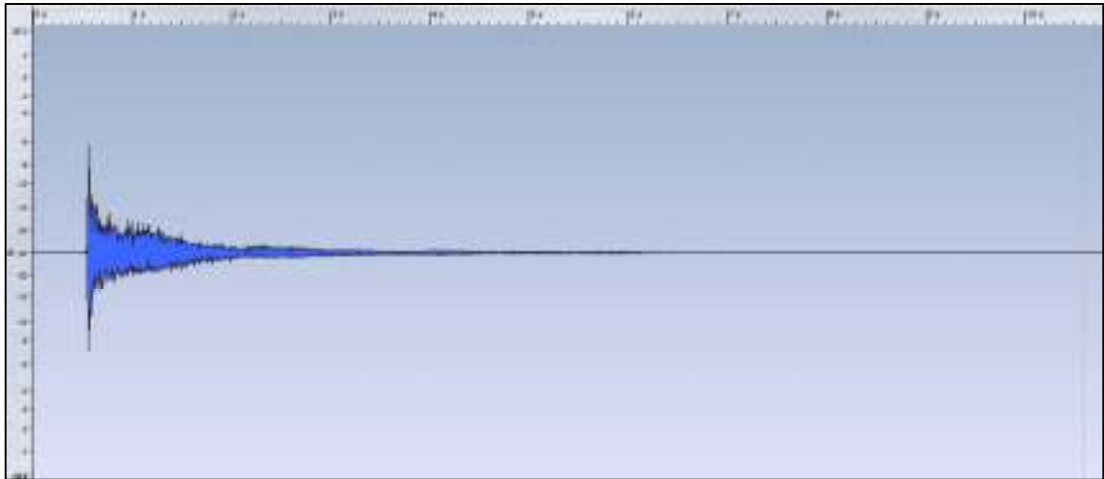
şekil 50 - 1 numaralı tel grubunun el yardımıyla susturulması

Bağa yardımı ile rezonans tellerinin tümüne aynı anda darbe uygulanmış ve oluşan titreşim sönünceye kadar kaydedilmiştir (Şekil 51).



Şekil 51 - Bağa ile darbe uygulanarak rezonans tellerinin titreştirilmesi

Yaklaşık 10 sn uzunluğundaki kaydedilmiş dürtü yanıtı Şekil 52'de görülmektedir.

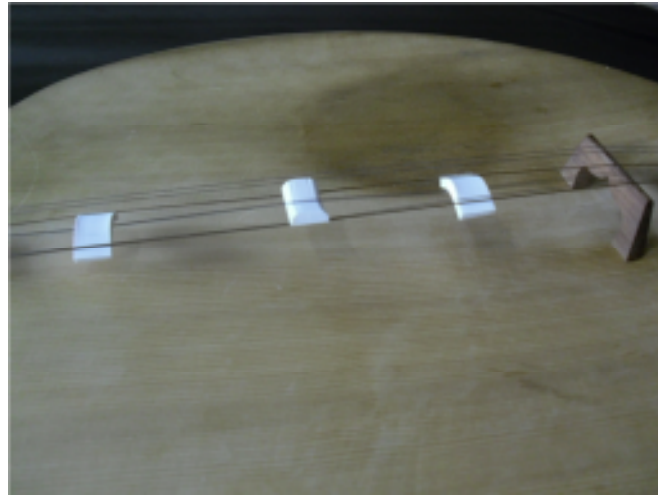


Şekil 52 - Örnekleilmiş dürtü yanıtının Wavelab üzerinde görünümü

Perdelerin örnekleme

Oluşturulacak ses kitaplığında rezonans tellerinin etkisi konvolüsyon ile

gerçekleştirileceğinden perdelerden alınan örnekler içerisinde bu tellerin titreşimlerinin bulunmaması gerekmektedir. Ancak rezonans telleri söküldüğünde sapın teller tarafından dengelenen gerilimi bozulmakta ve sap bir miktar öne doğru eğilmektedir. Sapın öne eğilmesi 1 numaralı tel grubunun yükselmesine neden olacak ve gerek performans gerekse tınısal açıdan olumsuz etki yaratacaktır. Bu nedenle rezonans telleri sökülmek yerine lastik sürdinler kullanılarak susturulmuş böylece sapın eğilmesi engellenmiştir (Şekil 53) (Şekil 54). Rezonans telleri de dahil olmak üzere tüm teller bolahenk düzenine göre akordlanmıştır. Titreşimi engellenmiş olmasına rağmen rezonans tellerinin uygun biçimde akordlanması göğüs üzerindeki basıncın ve sap eğiminin korunması açısından önemlidir.



Şekil 53 – Rezonans tellerinin lastik sürdinler kullanılarak susturulması 1



Şekil 54 - Rezonans tellerinin lastik sürdinler kullanılarak susturulması 2

Örnekleme için tercih edilen Microtech Gefell UMT800 model mikrofon tanburun tüm göğsünden yayılan titreşimleri alabilecek şekilde cardioid olarak ayarlanmış, göğüsten 30 – 40 cm uzaklıkta ve orta noktasından 4 – 5 cm sapa doğru kaydırılarak yerleştirilmiştir (Şekil 55) (Şekil 56). Mekan akustiğinden kaynaklanan yansımaların mikrofonu sızmasını engellemek amacıyla cardioid desen ile yakın mikrofonlama tekniği tercih edilmiştir.



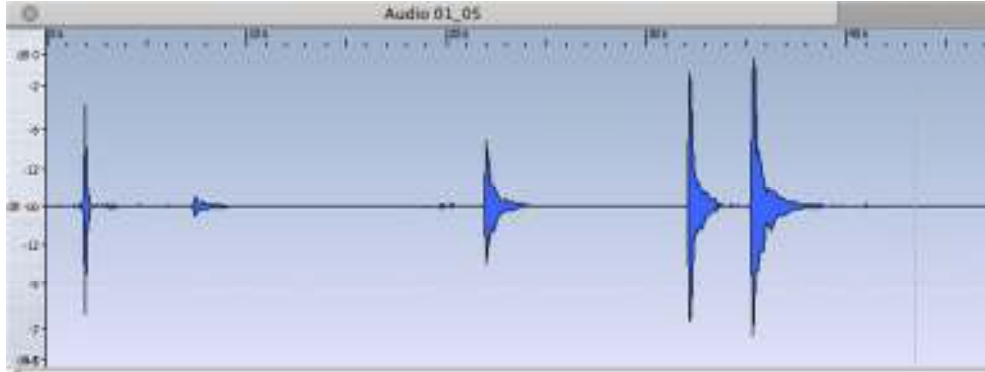
Şekil 55 – Tanburun mikrofonlanması (yandan)



Şekil 56 – Tanburun mikrofonlanması (karşıdan)

Katmanlamada kullanılmak amacıyla örnekleme, her perde 3 farklı nüans (piano – mezzopiano – forte) ile seslendirilerek gerçekleştirilmiştir. Her seslendirme birden fazla tekrarlanmış, böylelikle içerisinden en temiz olanını seçebilme imkanı doğmuştur.

Şekil 57’de Wavelab üzerinde tekrarlanarak kaydedilmiş, ayrıştırılmamış örnekler görülmektedir.



Şekil 57 – Ayrıştırılmamış örnekler

Bu aşamada örneklenmiş perdeler : Yegah, Kaba nim hisar, Hüseyini aşiran, Acem aşiran, Irak, Rast, Nim zirgüle, Dügah, Kürdi, Buselik, Çargah, Nim hicaz, Neva, Nim hisar, Hüseyini, Acem, Eviç, Gerdaniye, Nim şehnaz, Muhayyer, Sünbüle, Tiz buselik, Tiz çargah, Tiz nim hicaz, Tiz neva perdeleridir. Diğer perdeler, örneklenmiş olan bu perdeler üzerinde “pitch shift” kullanılarak oluşturulacaktır.

Boş tellerin örneklenmesi

Ezginin seslendirilmesi sırasında özellikle bazı kalış yerlerinde seslendirilen 2, 3 ve 4 numaralı tel grupları örneklenirken benzer teknikler uygulanmıştır. 2 numaralı tel grubu rast ve düğah olacak şekilde akordlanarak her iki şekilde örneklenmiştir. Boş teller 1 nüans ile kaydedilmiştir.

Akorların örneklenmesi

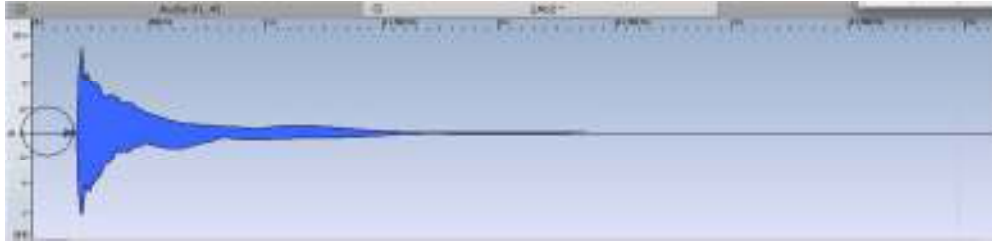
Tanbur icrası sırasında, bazı karar ve kalışlarda 2, 3, ve 4 numaralı tel grupları kırık bir akor oluşturacak şekilde mızraplanarak bir çeşit çok seslilik elde edilmektedir. Ancak bu akorların pest taraftaki 3 sesi boş tellerin akordu ile sabit olmakla birlikte, tiz sesi 1 numaralı tel grubunda seslendirilen perdeye göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle 2 numaralı tel grubu rast ve düğah perdelerine akordlanarak, yalnızca 2, 3 ve 4 numaralı tel gruplarını kapsayan 3 sesli kırık akorlar 3 farklı tempoda mızraplanarak örneklenmiştir (Şekil 58). Örnekleme 1 nüans ile yapılmıştır.



Şekil 58 – Boş teller ile seslendirilen kırık akorlar (GTSM'ne göre)

Örneklerin ayrıştırılması ve düzenlenmesi

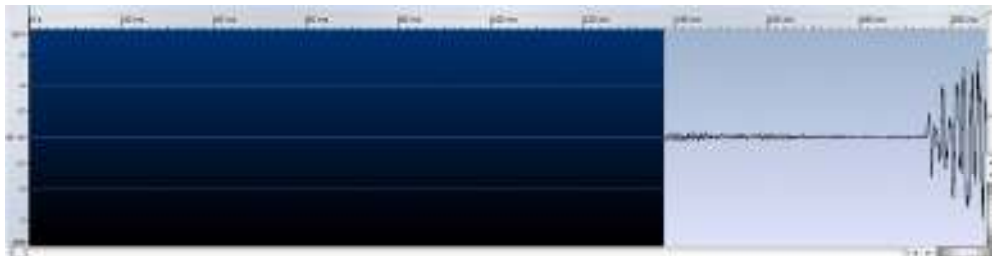
Şekilde görülmekte olan dalga biçimleri mızraplanmış perde örneklerine aittir. Bu örnekler yazılıma yerleştirilmeden önce Wavelab içerisinde başlangıç ve bitiş noktalarından kabaca kesilerek ayrıştırılmıştır.



Şekil 59 – Kabaca ayrıştırılmış bir örnek

Şekil 59'de kabaca kesilerek ayrıştırılmış bir örnek görülmektedir. Örneğin başlangıç ve bitiş kısımlarında bulunan sessiz bölgelerin temizlenmesi, ilgili bölgelerin daha ayrıntılı büyütülmesiyle gerçekleştirilmelidir.

Gerekli yakınlaştırma yapılarak yeterince detaylı bir görüntü elde edildikten sonra, örneğin başlangıcında bulunan istenilmeyen bölge işaretlenerek kesilmiştir (Şekil 60).



Şekil 60 – Örneğin istenilmeyen kısımlarının detaylı görünümde kesilmesi

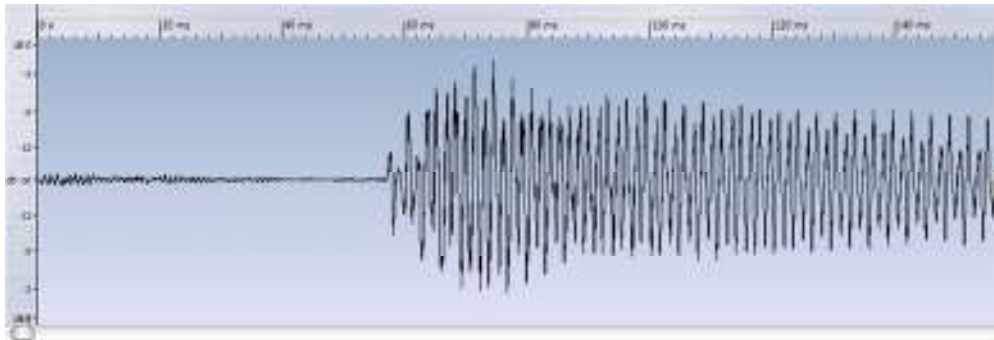
Kesme sırasında zero-crossing bölgeleri dikkate alınmıştır. Şekil 61'da uygun

olmayan bir noktadan kesilmiş örnek görülmektedir. Bu örnek kesilirken zero-crossing dikkate alınmadığından, seslendirmesi sırasında “click” sesinin oluşmasına neden olabilir.



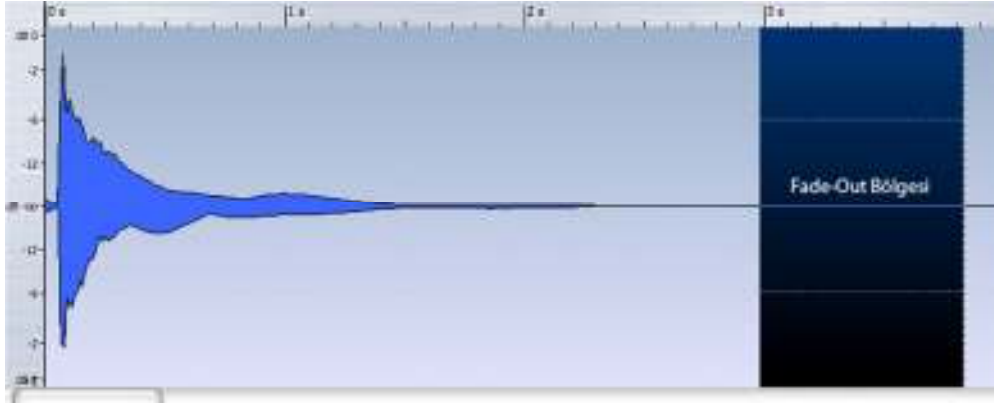
Şekil 61 – Zero-Crossing bölgesi dışında kesilmiş örnek

Wavelab yazılımı, seçim yapılırken en yakın zero-crossing bölgesini otomatik olarak tespit etme özelliğine sahiptir. Tüm örnekler düzenlenirken bu özellik açık tutulmuştur. Uygun biçimde kesilmiş bir örnek Şekil 62’de görülmektedir.



Şekil 62 – Uygun biçimde kesilmiş örnek

Seslendirilen perdenin tınlaması belirli bir süre sonra sona ermektedir. Örneğin bitiş kısmı neredeyse sessiz olmasına rağmen herhangi bir “click” sıkıntısının yaşanmaması için tüm örneklerin bitiş bölümünde yaklaşık 1 saniyelik “fade-out” uygulanmıştır (Şekil 63).



Şekil 63 – Örneklerin bitişine uygulanan “fade-out” bölgesi

Düzenlenen örneklerin isimlendirilmesi

Örneklerin kesilmesi ve düzenlenmesi ile elde edilen örnek sayısı 85’dir. Bu kadar sayıda örnekle başa çıkabilmek amacıyla dosya isimleri aşağıdaki biçimde belirlenmiştir:

Dosya ismi = Oktav Numarası_Perde_Nüans Sembolü.wav

Örnek:

Birinci oktav, mezzoforte nüans ile örneklenmiş do diyez perdesi için “1_C#_m.wav” ismi kullanılmıştır.

Tüm örnekler benzer biçimde isimlendirilmiştir.

Alınacak örneklerin kalitesi açısından sıkıştırılmamış bir ses dosya formatı olan RIFF WAVE tercih edilmiştir.

Çalgı kitaplığının oluşturulması

Alınan örnekler yazılıma yerleştirilmeden önce, kullanılacak kontrol aracı olan MIDI klavyenin yapısı ile Türk müziğinin ses sistemi arasında bir ilişkilendirmeye gidilerek, biçimsel temele dayalı bir sistem geliştirilmiştir.

Makamsal yapının MIDI klavyeye uyarlanması

Sanal çalgılar için temel seslendirme aracı MIDI klavyedir. MIDI klavyeler Batı müziğinin 12 eşit aralıklı tampere ses sistemine uygun biçimde düzenlenmiş olduğundan bir oktav içerisinde 12 tuş bulunmaktadır. Bu durumda Türk müziğinde kullanılmakta olan perdelerin tamamının aynı anda klavye üzerinde bulundurulması mümkün değildir. Kontakt yazılımı farklı tuş dizilimleri oluşturabilmek amacıyla “key switch (anahtar tuş)” özelliği sunmaktadır. O halde bu özellikten faydalanılarak farklı makamlardaki dizileri seslendirebilmek üzere pratik anahtar tuş düzenlemeleri geliştirmek gerekmektedir.

Türk müziği ve Batı müziği notasyonu karşılaştırıldığında değiştirici işaret almayan perdeler ile bakıyye diyezi veya küçük mücennep bemolü alan anarmonik (sesdeş) perdelerin kullanımının ortak olduğu göze çarpmaktadır. O halde öncelikle bu perdelerin klavye üzerine yerleştirilmesi bir başlangıç noktası oluşturması açısından uygun olacaktır.

Biçim 1:

Düzenlemenin kolay anlaşılabilmesi ve sınıflandırılabilmesi için her bir anahtar tuş üzerinde kullanılan perde yapısına bir biçim numarası verilmiştir. Değiştirici almayan ve sadece bakıyye diyezi ile küçük mücennep bemolü almış perdelerden meydana gelen ses dizisi “Biçim 1” olarak adlandırılmış ve C1 tuşu bu biçim için anahtar tuş olarak atanmıştır.

Bileşik makamlar basit makamların dizilerinin tamamının ya da bazı bölümlerinin birleşimlerinden meydana geldiklerinden, bileşik makamların seslendirilebilmesi için özel biçimler oluşturulmasına gerek yoktur. Yalnızca basit makam dizilerinin seslendirilebilmesi dolaylı olarak bileşik makamların da seslendirilebilmeleri için yeterli olmaktadır.

“Biçim 1” kullanılarak seslendirilebilecek basit makam dizileri aşağıda

görülmektedir:

Çargâh Makamı



Buselik Makamı



Kürdî Makamı




“Biçim 1” olarak adlandırılmış yapının aktif hale gelmesi için C1 anahtar tuşu basılmalıdır. Böylelikle C1 anahtar tuşu basıldıktan sonra her hangi bir anahtar tuş değişikliğine gerek kalmadan seslendirilebilecek makamlar: çargâh, kürdî ve buselik makamlarıdır. C1 anahtar tuşu ile tanımlanmış olan “Biçim 1” perde düzeni Şekil 64’ de görülmektedir.

Biçim 2:

Basit makamlardan rast, uşşak, hüseyinî ve neva makamlarının dizileri incelendiğinde makamların “Biçim 1” yapısına büyük oranda uygun oldukları gözlenmekle birlikte bu makamlarda buselik perdesinin yerini segâh perdesinin aldığı görülmektedir. O halde “Biçim 1” yapısı içerisinde bulunan buselik ve tiz buselik perdelerinin yerine segâh ve tiz segâh perdelerinin yerleştirilmesi ile “Biçim 2” oluşturulabilir ve bu yeni yapı C#1 anahtar tuşu ile tanımlanabilir. Bu şekilde oluşturulmuş yapı Şekil 65’da görülmektedir.

Rast Makamı



Uşşak Makamı



Hüseyinî Makamı



Neva Makamı

**Biçim 3:**

Basit makamlar içerisinde hicaz ailesinden olan aşağıdaki hicaz, humayûn ve uzzal makam dizilerinde “Biçim 1” den farklı olarak dik kürdî perdesi dikkati çekmektedir. O halde “Biçim 1” de bulunan kürdî ve oktavındaki sünbüle perdelerinin yerine dik kürdî ve dik sünbüle getirilerek oluşturulan yeni yapıya “Biçim 3” adı verilebilir. “Biçim 3” oluşturularak D1 anahtar tuşu ile tanımlanmıştır. Yapı Şekil 66'da görülmektedir.

Hicaz Makamı



Humayûn Makamı



Uzzal Makamı

**Biçim 4**

Hicaz ailesinden zirgüle makamı dizisi içerisinde dik acem perdesi bulunmaktadır. O halde zirgüle dizisinin seslerinden meydana gelen ve Şekil 67'de görülen “Biçim 4” oluşturulabilir. Bu biçim oluşturularak D#1 anahtar tuşu ile tanımlanmıştır.

Zirgüle Makamı

**Biçim 5**































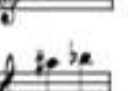



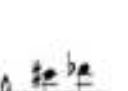
Karcığar ve suzinâk makamları dizisi içerisinde “biçim 1” den farklı olarak segah ve hisar perdeleri bulunmaktadır. Bu perdeler ile oktavları olan kaba hisar ve tiz segah seslerini içeren “Biçim 5” adlı yapı Şekil 68’ de görülmektedir. “Biçim 5” E1 anahtar tuşu ile tanımlanmıştır.

Karcığar Makamı















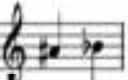



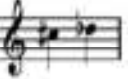










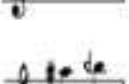

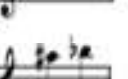






Suzinâk Makamı











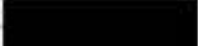



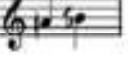

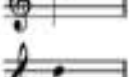

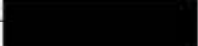



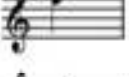








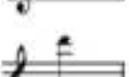





	Yegah		
	Hüseyni aşiran		Kaba nim hisar 
	Acem aşiran		
	Rast		Irak 
	Düğah		Nim Zırgüle 
	Buselik		Kürdi 
	Çargah		
	Neva		Nim hicaz 
	Hüseyni		Nim hisar 
	Acem		
	Gerdaniye		Eviç 
	Muhayyer		Nim şehnaz 
	Tiz buselik		Sünbüle 
	Tiz çargah		
	Tiz neva		Tiz nim hicaz 
















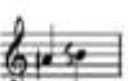

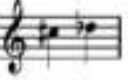

















Şekil 64 – Biçim 1 : Natürel sesler ile bakıyye diyezi ve küçük mücennep bemolü almış perdelerin MIDI klavye üzerine dizilmesi ile oluşturulmuştur. Bu biçim C1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak çargâh, buselik ve kürdi makamlarının dizileri seslendirilebilir.

	Yegah		
	Hüseyni aşiran		Kaba nim hisar 
	Acem aşiran		
	Rast		Irak 
	Dügah		Nim Zirgüle 
	Segah		Kürdi 
	Çargah		
	Neva		Nim hicaz 
	Hüseyni		Nim hisar 
	Acem		
	Gerdaniye		Eviç 
	Muhayyer		Nim şehnaz 
	Tiz segah		Sünbüle 
	Tiz çargah		
	Tiz neva		Tiz nim hicaz 


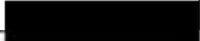








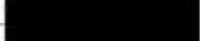

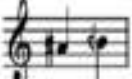

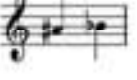






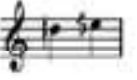














Şekil 65 – Biçim 2 : Biçim 1’de bulunan buselik ve tiz buselik perdelerinin segah ve tiz segah perdeleriyle değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Biçim C#1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak rast, uşşak, hüseyni ve neva makamlarının dizileri seslendirilebilir.

	Yegah		
	Hüseyni aşiran		Kaba nim hisar 
	Acem aşiran		
	Irak		Irak 
	Rast		Nim Zirgüle 
	Düğah		Dik Kürdi 
	Buselik		
	Çargah		
	Neva		Nim hicaz 
	Hüseyni		Nim hisar 
	Acem		
	Eviç		Eviç 
	Gerdaniye		Nim şehnaz 
	Muhayyer		Dik sünbüle 
	Tız buselik		
	Tız çargah		
	Tız neva		Tız nim hicaz 

Şekil 66 – Biçim 3 : Biçim 1’de bulunan kürdi ve sünbüle perdelerinin dik kürdi ve dik sünbüle perdeleri ile değiştirilmesiyle oluşturulmuştur. Biçim D1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak hicaz, hümayun ve uzal makamlarının dizileri seslendirilebilir.

	Yegah		
	Hüseyni aşiran		Kaba nim hisar 
	Dik acem aşiran		
	Rast		Irak 
	Düğah		Nim Zirgüle 
	Buselik		Dik Kürdi 
	Çargah		Nim hicaz 
	Neva		Nim hisar 
	Hüseyni		
	Dik Acem		Eviç 
	Gerdaniye		Nim şehnaz 
	Muhayyer		Dik sünbüle 
	Tız buselik		
	Tız çargah		Tız nim hicaz 
	Tız neva		

Şekil 67 – Biçim 4 : Biçim 3’de bulunan acem aşiran ve acem perdelerinin dik acem aşiran ve dik acem perdeleri ile değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Biçim D#1 anahtar tuşuna atanmıştır. Bu yapı kullanılarak zirgüle makamı dizisi seslendirilebilir.

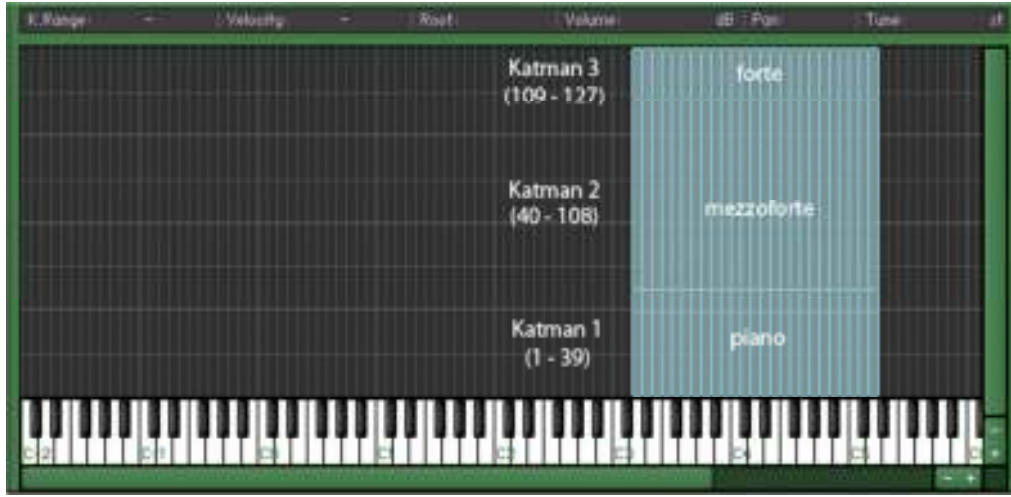
	Yegah		
	Hüseyni aşiran		Kaba hisar 
	Acem aşiran		
	Rast		Irak 
	Dügah		Nim Zirgüle 
	Segah		Kürdi 
	Çargah		
	Neva		Nim hicaz 
	Hüseyni		Hisar 
	Acem		
	Gerdaniye		Eviç 
	Muhayyer		Nim şehnaz 
	Tiz segah		Sünbüle 
	Tiz çargah		
	Tiz neva		Tiz nim hicaz 

Şekil 68 – Biçim 5 : Biçim 1'de bulunan buselik ve tiz buselik ile nim kaba hisar ve nim hisar perdelerinin, segah ve tiz segah ile kaba hisar ve hisar perdeleri ile değiştirilmesiyle meydana getirilmiştir. Yapı kullanılarak karcığar ve suzinâk makamları dizileri seslendirilebilir. Biçim 5, E1 anahtar tuşuna atanmıştır.

Örneklerin yazılıma yerleştirilmesi ve katmanlama

B biçimlerin oluşturulması amacıyla Kontakt'ın grublama özelliğinden faydalanılmıştır. Böylelikle her biçim bir grup oluşturacak şekilde düzenlendikten sonra anahtar tuş kullanılarak ilgili grubun seslendirilmesi sağlanabilecektir.

Örneklerin tuşlar üzerinde yerleştirilmesinde GTSM nota sistemi dikkate alınmıştır. Böylelikle KBM'de La olarak adlandırılan perde klavyenin Re tuşuna gelecek şekilde konumlandırılmıştır.



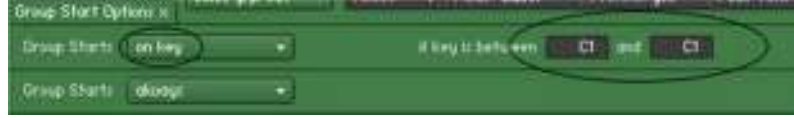
Şekil 69 – Örneklerin katmanlara yerleştirilmesi

Yegah perdesi D3 tuşuna denk gelecek biçimde yerleştirilmiştir. Klavyenin Alt oktavları diğer fonksiyonlar ve örnekler için ayrıldığından D3 tercih edilmiştir. Tüm ses kitaplığı 4 oktavlık bir klavye ile oktav kaydırması yapılmadan seslendirilebilecek biçimde düzenlenmiştir.

3 farklı nüans ile alınan örnekler kendi grubu içerisinde 3 farklı katmana yerleştirilmiştir. Katman 1, 1 – 39 tuş hızı, Katman 2, 40 – 108 tuş hızı Katman 3 ise 109 – 127 tuş hızı aralıklarına denk gelecek biçimde düzenlenmiştir. “Piano” örnekler 1. katmana, “mezzoforte” örnekler 2. katmana, “forte” örnekler ise 3. katmana yerleştirilmiştir.

Biçimlerin oluşturulması

Biçim 1 için oluşturulan grup “Form 1 ” olarak adlandırılmış ve C1 anahtar tuşuna atanmıştır.



Şekil 70 – Gruba anahtar tuş atanması

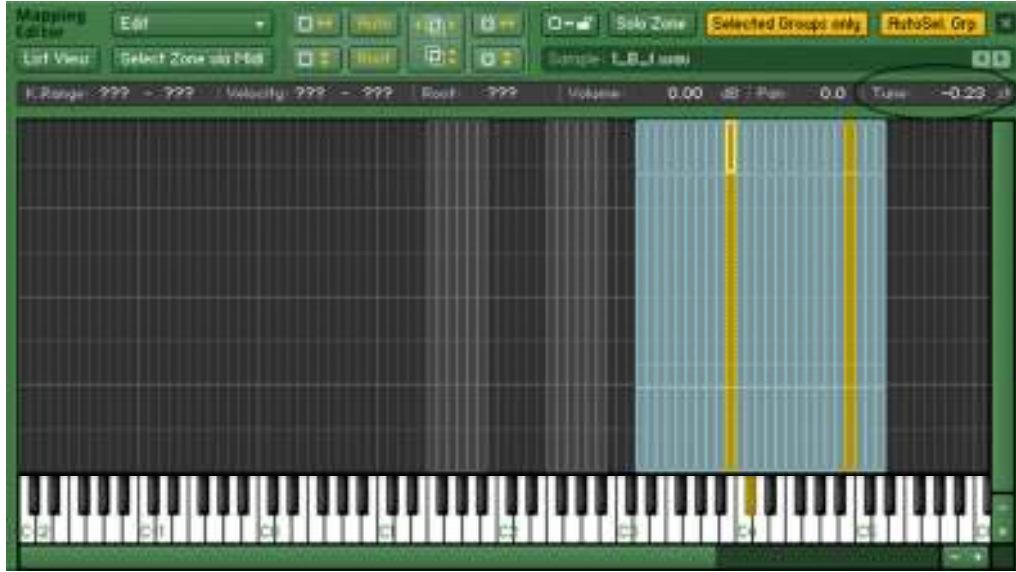
Şekil 70’de Form 1 adlı grup için “Group Start Options” penceresinde C1 anahtar tuşunun ne şekilde ayarlandığı görülmektedir.

Biçim 2’yi oluşturabilmek için Form 1 adlı grup kopyalanarak Form 2 adlı ikinci bir grup meydana getirilmiştir. Buselik ve tiz buselik perdeleri tüm katmanlarda seçilerek “mapping editor” ün tune parametresi özelliği ile 1 yaklaşık komaya karşılık gelen 23 cent kadar pestleştirilmiş, böylelikle segah ve tiz segah perdeleri oluşturulmuştur. (Şekil 71). Form 2, C#1 anahtar tuşuna atanmıştır.

Biçim 3’ün oluşturulması amacıyla Form 1 adlı grup kopyalanarak Form 3 adlı üçüncü bir grup meydana getirilmiştir. Kürdi ve sünbüle perdeleri tüm katmanlarda seçilip aynı teknik ile 23 cent dikleştirilerek dik kürdi ve dik sünbüle perdeleri oluşturulmuştur. Form 3, D1 anahtar tuşuna atanmıştır.

Biçim 4’ün oluşturulması amacıyla Form 3 adlı grup kopyalanarak Form 4 adlı dördüncü bir grup meydana getirilmiştir. Acem aşiran ve acem perdeleri aynı teknik ile 23 cent dikleştirilerek dik acem aşiran ve dik acem perdeleri oluşturulmuştur. Form 4, D#1 anahtar tuşuna atanmıştır.

Biçim 5’in oluşturulması amacıyla Form 2 adlı grup kopyalanarak Form 5 adlı beşinci bir grup meydana getirilmiştir. Nim kaba hisar ve nim hisar perdeleri 23 cent dikleştirilerek kaba hisar ve hisar perdeleri oluşturulmuştur. Form 5, E1 anahtar tuşuna atanmıştır.



Şekil 71 – Buselik perdesi pestleştirilerek segah perdesinin oluşturulması

“Pitch Bend” değerinin belirlenmesi

Seslendirme sırasında istenilen perdenin el yordamı ile 1 koma kadar pestleştirilip tizleştirilebilmesi amacıyla “pitch bend” kontrolünden faydalanılmıştır. “Pitch bend”, yalnızca biçimleri kapsayan gruplar üzerinde kullanılacak şekilde düzenlenmiştir. Bend değeri 24 cent olarak belirlenmiştir.



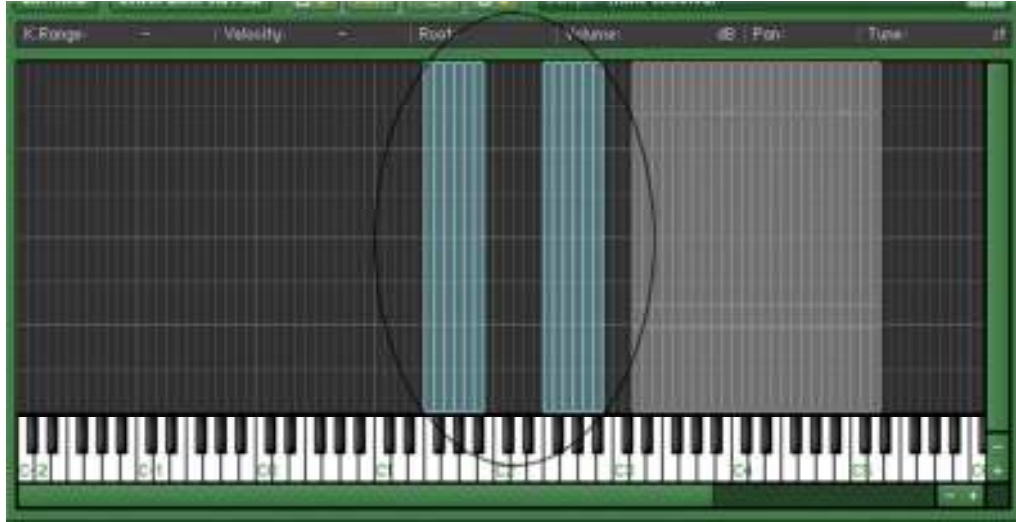
Şekil 72 – Pitch Bend kontrolü

Boş teller ile kırık akorların yerleştirilmesi

2, 3 ve 4 numaralı tel gruplarından alınan örnekler ile kırık akor örneklerinin yerleştirilmesi amacıyla “empties and chords” adlı bir grup oluşturulmuştur. 2 numaralı tel grubu rast perdesine akortlanarak alınan örnekler F2, düğah perdesine akortlanarak alınan örnekler F1 tuşundan başlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Boş telleri ile kırık akorların gerek görsel gerek performans anlamında ayrıştırılması amacıyla boş teller siyah tuşlara (F#1, G#1, Bb1, F#2, G#2, Bb2), kırık akorlar beyaz tuşlara (F1, G1, A1, F2, G2, A2) yerleştirilmiştir (Şekil 74). Grup anahtar tuşlardan bağımsız olarak, her koşulda seslendirilecek biçimde ayarlanmıştır (Şekil 73).



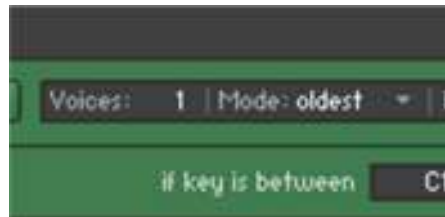
Şekil 73 – Grubun her koşulda seslendirilecek biçimde ayarlanması



Şekil 74 – Boş teller ve kırık akorların yerleştirilmesi

Polifoninin belirlenmesi

Tanburda ezginin aynı tel üzerinde seslendirilmesi (1. tel grubu), seslerin birbirine karışmadan, monofonik bir biçimde tınlamasına neden olmaktadır. Bu nedenle Form 1, 2, 3, 4 ve 5 adlı gruplar aynı anda bir ses tınlayacak şekilde olarak sınırlandırılmıştır (Şekil 75). Tanburda 2, 3, ve 4 numaralı tel grupları tınlamasını sürdürdüğünden “Empties and Chords” adlı gruba böyle bir sınırlandırma getirilmemiştir.



Şekil 75 - Gruplarda polifoni sınırlandırılması

Konvolüsyon işlemcisinin kullanılması

Kontakt 4 içerisinde bulunan “send effects” in 1 ve 2 numaralı slotlarına farklı etkiler yaratabilmek amacıyla iki adet konvolüsyon işlemcisi oluşturulmuştur (Şekil 76). 1. işlemciye rezonans tellerinden alınan dürtü yanıtı yerleştirilmiştir.



Şekil 76 – Konvolüsyon işlemcilerin oluşturulması

Bu işlemcilere gerekli sinyalin gönderilebilmesi amacıyla “insert effects” in 2 numaralı slotuna bir “send levels” işlemcisi seçilerek konvolüsyon işlemcilerinin her birine gönderilecek sinyal seviyeleri -19.3 dB olarak ayarlanmıştır (Şekil 77). Bu oran rezonans etkisinin ne düzeyde etkili olacağını belirlemek üzere tercihe göre değişiklik gösterebilir.



Şekil 77 – Insert üzerinde “send levels” işlemcisinin kullanılması

Sap sallama tekniğinin modellenmesi

Tanbur sapının sallanması ile elde edilen vibrato etkisi tüm tel gruplarında işitilmektedir. Gerçekçiliğin sağlanması açısından her tel grubunun işlevine uygun bir vibrato tekniği uygulamak gerekmektedir.

Bu amaca yönelik olarak 1 numaralı tel grubundan alınan örnekler ile 2., 3. ve 4. tel gruplarından alınan boş tel örnekleri ve kırık akorların bulunduğu gruplar üzerinde doğrudan vibrato etkisi oluşturulmuştur.



Şekil 78 – Gruplara modülatör eklenmesi

Vibrato etkisi gruplara düşük frekanslı sinüs osilatörleri (LFO) yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Osilatörlerin çıkışları perdeyi (pitch) modüle edecek şekilde ayarlanmıştır (Şekil 78). Düşük frekans osilatörünün frekansı sapın saniyede yaklaşık 4 kere sallandığı varsayılarak 4.4 Hz frekansına ayarlanmıştır (Şekil 79).



Şekil 79 – Düşük frekans osilatörünün frekansının ayarlanması

Tanburun sapı sallandığında rezonans tellerinin üzerinde meydana gelen vibrasyon etkisi, bu tellerden alınan dürtü yanıtının frekansının modüle edilmesiyle oluşturulmuştur. Modülasyon, “Csound” yazılımı ile (Şekil 80) deki kod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Frekans modülasyonu, 1. tel grubunun vibrasyon etkisinde tercih edilen yaklaşık 4 Hz’lik bir frekansta uygulanmıştır.


```

<CsoundSynthesizer>
<CsOptions>
</CsOptions>
<Csinstruments>
sr = 44100
kr = 4410
kamps = 10
nohns = 1
instr 1
  kamp = 30000
  kcps = 3.9
  km = 1

  k1 oscil 1, 4, 2
  kvib = k1 / 20
  a1 lfo2 kamp, kcps+kvib, km
  out a1
endin
</Csinstruments>
<CsScore>
i 1 0 1040070 1 "libL0_0_2.wav" 0 4 0
f 2 0 16384 10 1
i 1 0 10
*
</CsScore>
</CsoundSynthesizer>

```

Şekil 80 – Rezonans tellerinden alınan dürtü yanıtını modüle eden Csound kodu

Şekil 77’de görüldüğü üzere seslendirilen örneklere ait sinyal her iki konvolüsyon işlemcisine de aynı seviyede gönderilmektedir. Bu durumda rezonans tellerinin hem vibratolu hem de vibratosuz etkisi aynı anda oluşturulmaktadır.

Sap sallama etkisinin gerçekleştirilmesi amacıyla MIDI klavye üzerinde bulunan modülasyon tekeri (modulation wheel) tercih edilmiştir. Kontakt içerisinde “kodlama (scripting)” özelliği kullanılarak tekerin hangi parametreleri ne oranda değiştireceği belirlenmiştir. Modülasyon tekerinin iki temel işlevi bulunmaktadır. Bunlar :

1. Birinci tel grubuna uygulanan vibrato etkisinin genliğini değiştirmek
2. Konvolüsyon işlemcilerinin çıkış seviyelerini değiştirerek uygun etkiyi yaratmak

Birinci tel grubu üzerinde uygulanan vibrato etkisinin genliği, modülasyon tekerinin ürettiği değer ile doğru orantılı bir biçimde artıp azalmaktadır. Böylelikle sapın sallanması sonucu 1. tel grubu üzerinde meydana gelen vibrasyon etkisi doğrudan oluşturulabilmektedir.

Modülasyon uygulanmamış dürtü yanıtını kullanan konvolüsyon işlemcisinin çıkış genliği, modülasyon tekerinin yüksek değerleri için düşük, düşük değerleri için yüksek bir seviyeye geçişecek biçimde programlanmıştır. Modülasyonlu dürtü yanıtını

kullanan ikinci konvolüsyon işlemcisi ise modülasyon tekeri tarafından üretilen değer ile doğru orantılı bir biçimde değişmektedir. Böylelikle hangi etkinin ne oranda işitileceği tekerin pozisyonu tarafından belirlenebilmektedir. İlgili program kodu (script) aşağıda verilmiştir:

```

on init
  declare $lfo_intensity
  declare $cc_value
  make_perfview
end on

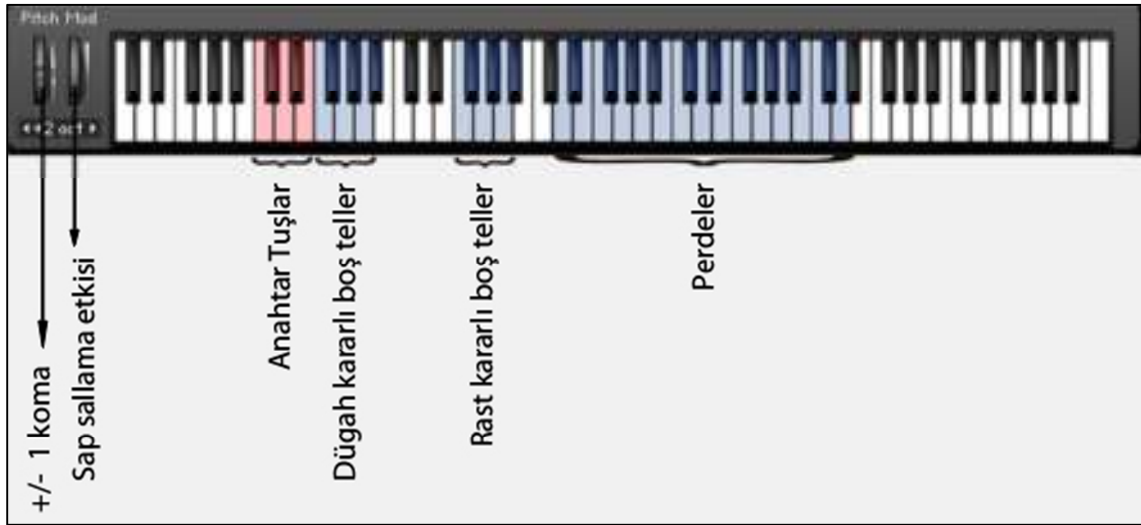
on controller
  if ($CC_NUM = 1)
    $cc_value := %CC[$CC_NUM]
    message ($cc_value)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 0, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 1, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 2, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 3, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 4, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_MOD_TARGET_INTENSITY, ($cc_value*1100), 5, 1, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_SEND_EFFECT_OUTPUT_GAIN, (399000 -
($cc_value*1640)), -1, 0, -1)
    set_engine_par ($ENGINE_PAR_SEND_EFFECT_OUTPUT_GAIN, 200000 +
($cc_value*1550), -1, 1, -1)
  end if
end on

```

MIDI klavye üzerinde sanal çalgının görünümü

Ses kitaplığının oluşturulmasına yönelik tüm aşamaların gerçekleştirilmesi ile meydana gelen sanal çalgının MIDI klavye üzerindeki görünümü Şekil 81'da görülmektedir.

Do1 – Mi1 tuş aralığı anahtar tuşların kullanımına ayrılmıştır. Seslendirilecek olan gruba ait anahtar tuş basıldığında Re3 – Re5 aralığında ilgili gruba ait örnekler aktif hale gelecektir. Böylelikle, seslendirilecek olan biçime ait grup ilgili anahtar tuş yardımı ile seçilebilmektedir.



Şekil 81 – Oluşturulan sanal çalgının MIDI klavye üzerindeki görünümü

Fa1 – Sib1 aralığında kalan tuşlar üzerinde düğah kararlı bolahenk düzeninden alınmış boş tel ile kırık akor örnekleri bulunmaktadır. Kırık akorlar 3 farklı kırılma hızı ile örneklenmiş olup La1, Sol1 ve Fa1 tuşları üzerine yerleştirilmişlerdir. 2, 3 ve 4'üncü tel gruplarından alınan boş tel örnekleri ise aynı aralıktaki siyah tuşlar üzerine yerleştirilmiştir. Böylelikle Sib1 tuşu ile 2 numaralı boş tel olan kaba düğah, Lab1 tuşu ile 3 numaralı boş tel olan yegah ve Fa#1 tuşu ile 3 numaralı boş tel olan kaba yegah telleri seslendirilebilmektedir.

Benzer şekilde, Fa2 – Sib2 aralığında kalan tuşlar üzerinde rast kararlı bolahenk düzeninden alınmış boş tel ile kırık akor örnekleri bulunmaktadır. Kırık akorlar düğahta olduğu gibi 3 farklı kırılma hızı ile örneklenmiş olup La2, Sol2 ve Fa2 tuşları üzerine yerleştirilmişlerdir. 2, 3 ve 4'üncü tel gruplarından alınan boş tel örnekleri ise aynı aralıktaki siyah tuşlar üzerine yerleştirilmiştir. Böylelikle Sib2 tuşu ile 2 numaralı boş tel olan kaba rast, Lab2 tuşu ile 3 numaralı boş tel olan yegah ve Fa#2 tuşu ile 3 numaralı boş tel olan kaba yegah telleri seslendirilebilmektedir.

Boş teller ve kırık akorların bulunduğu Fa1 – Sib1 ile Fa2 – Sib2 tuş aralıklarındaki örnekler “Empties and Chords” isimli gruba yerleştirilmiştir. Bu grup her koşulda seslendirilecek biçimde ayarlanmış olup seslendirilen örneklerin sonuna kadar tınlamasını sağlamak üzere “release” süresi 6.4k ms olacak şekilde belirlenmiştir..

Perdelerin seslendirilmesi Re3 – Re5 tuşları arasında kalan bölge üzerinde

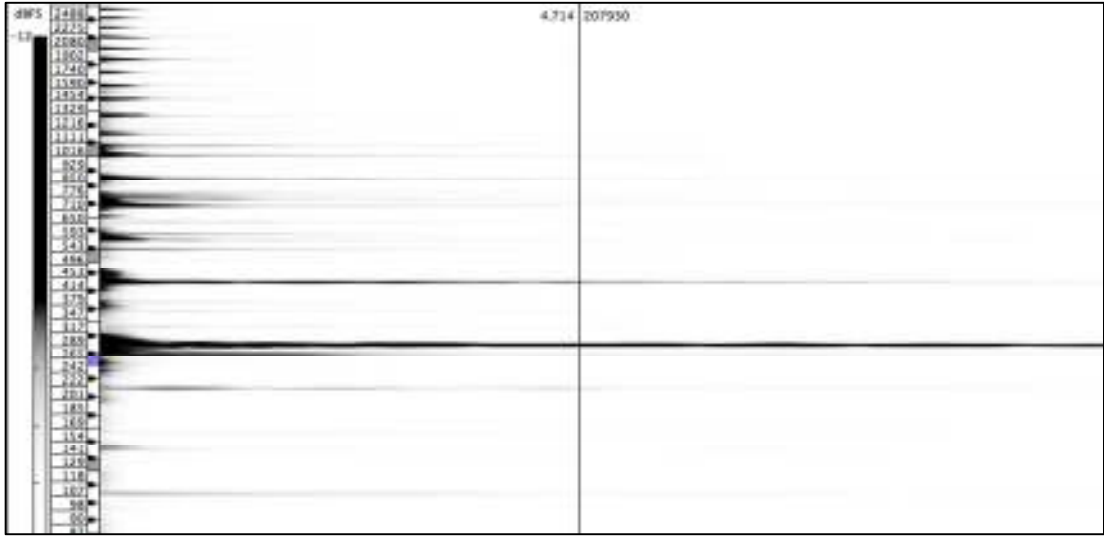
gerçekleştirilmektedir. Do1 – Mi1 anahtar tuşları ile bu bölge üzerinde hangi biçimin aktif hale geleceği belirlenir. Tüm biçim gruplarında “release” süresi 309 ms olarak belirlenmiştir. Böylelikle herhangi bir perdeye ait tuş bırakıldığında örneğin seslendirilmesi sona erecektir. Bu gruplarda polifoni 1 ses olarak ayarlandığından aynı anda 1 ses tınlayacak ve seslendirilen örnekler birbirine karışmayacaktır. Bu şekilde biçimlere ait grupların seslendirilmesinde uzatma pedalı (sustain pedal) kullanılarak bağlı çalma tekniği gerçekleştirilebilir.

Sanal çalgının oluşturulmasında “pitch bend” ve “modulation” kontrollerinden yararlanılmıştır. “Pitch bend” kontrolü + / - 1 koma (24 cent) değerinde perde kaydırması yapacak şekilde ayarlanmıştır. Bu kontrol kullanılarak istenilen perde 1 koma kadar dikleştirilip pestleştirilebilir. Böylelikle çeşitli makam dizilerinin seslendirilmesi mümkün hale gelir. “Modulation” kontrolü tanburda sap sallama etkisinin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Bu kontrol ile üretilen değerın büyüklüğü sapın sallanmasıyla meydana gelen vibrato etkisinin derinliğini belirlemektedir.

Sanal çalgının seslendirilmesinde kullanılacak MIDI klavye üzerinde “pitch bend”, “modulation” kontrolleri ile birlikte “key velocity (tuş hızı)” özellikleri bulunmalıdır. Klavye, Do1 – Re5 tuş aralığını kapsayacak oktav genişliğini sunabilecek tuş sayısına sahip olmalıdır.

Konvolüsyon ile gerçekleştirilmiş rezonans etkisinin analizi

Oluşturulan sanal çalgının seslendirilmesi ile kaydedilen ve konvolüsyon kullanılarak gerçekleştirilmiş rezonans etkisinin frekans analizleri aşağıda görülmektedir.



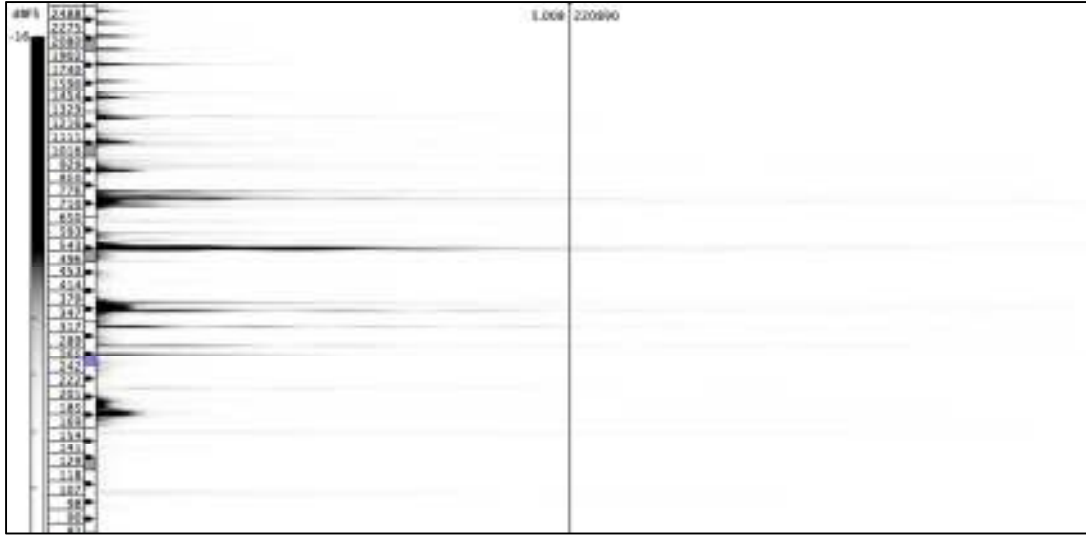
Şekil 82 – Rast perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar

Sanal çalgı ile seslendirilen rast perdesinin konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkanlar Şekil 82’da görülmektedir.



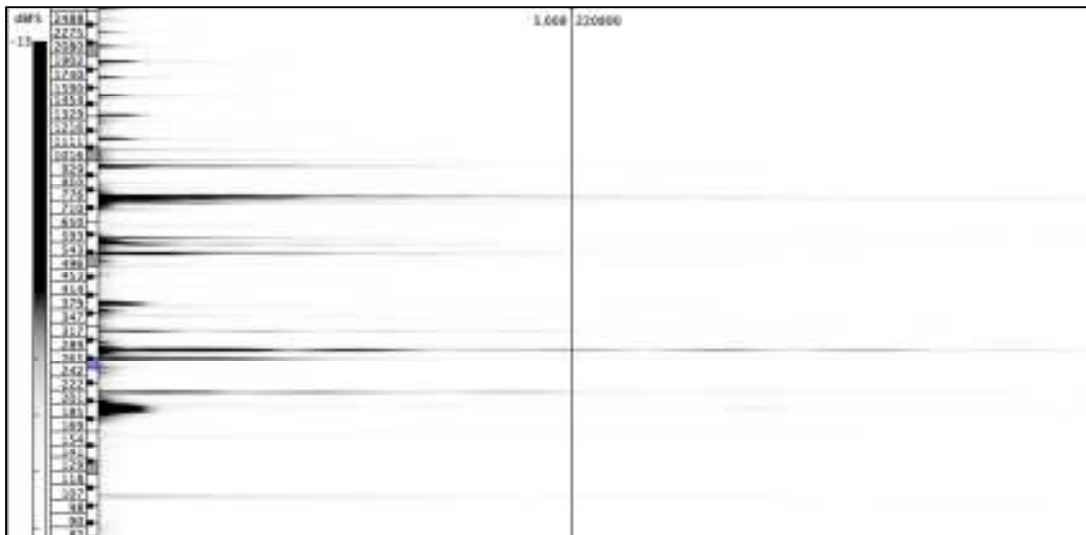
Şekil 83 – Dügah perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar

Sanal algı ile seslendirilen dügah perdesinin konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkanlar Şekil 83’de görülmektedir.



Şekil 84 – Buselik perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar

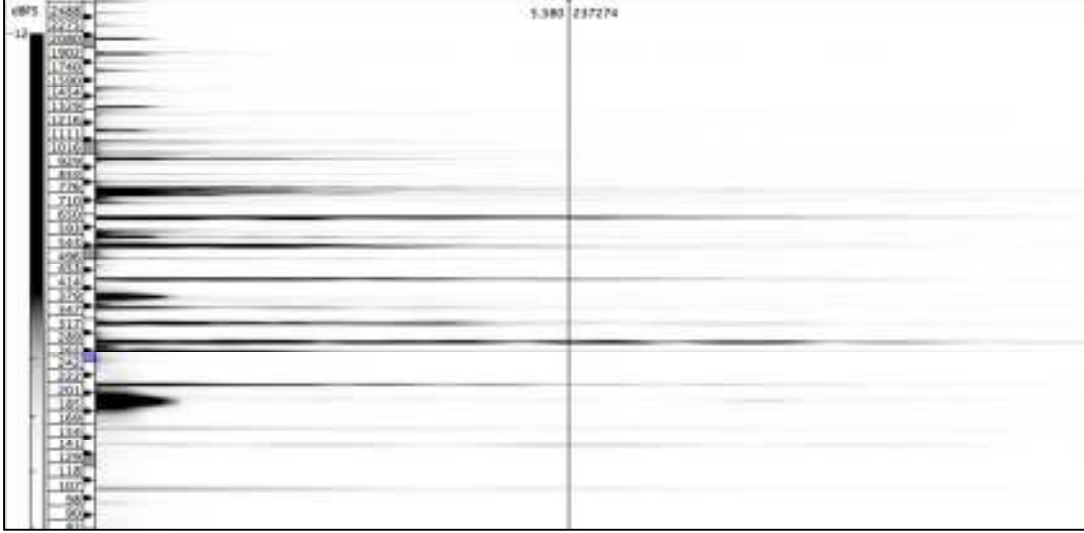
Sanal algı ile seslendirilmiŐ buselik perdesinin konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkanlar Şekil 84’de görülmektedir.



Şekil 85 - argah perdesinin konvolüsyonu ile meydana gelen doğuşkanlar

Sanal algı ile seslendirilen argah perdesinin konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkanlar Şekil 85’de görülmektedir.

Sanal çalgı ile art arda seslendirilen rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkanlar Şekil 86’de görülmektedir.

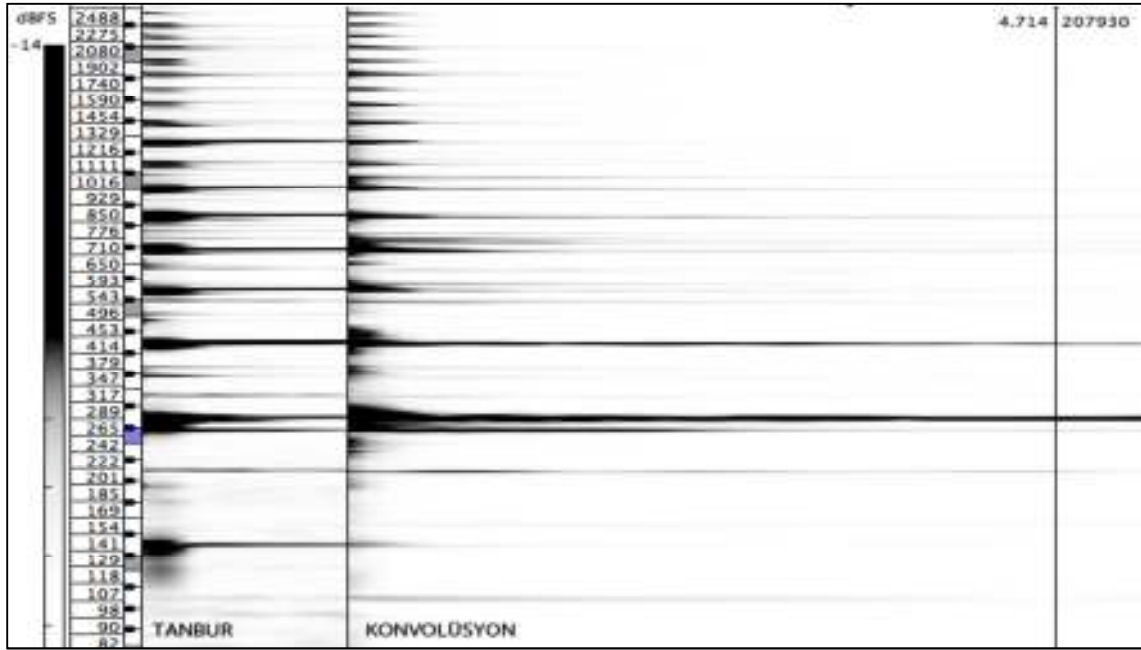


Şekil 86 – Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin konvolüsyonu ile oluşan doğuşkanlar

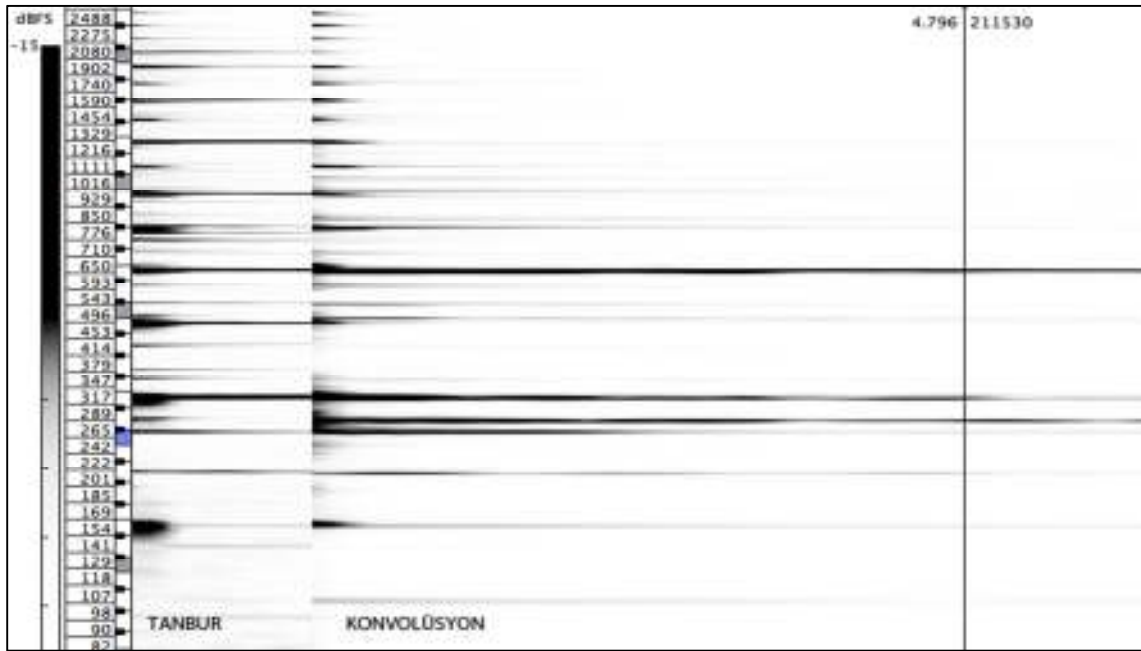
4.1. Rezonans tellerinin etkisine yönelik analizlerin karşılaştırılması

Tanburdan alınan rezonans teli örnekleri ile aynı perdelerin ve dizinin oluşturulan sanal çalgı kullanılarak seslendirilmesiyle alınan örnekler karşılaştırılmıştır. Böylelikle konvolüsyon kullanılarak elde edilmek istenen etkinin aslını ne derece yansıttığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Karşılaştırma, analizlerden elde edilen örüntü grafiklerinin üst üste getirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Tanburdan alınan örneklerin analiz görüntüsü sola, sanal çalgının seslendirilmesiyle alınan örneklerin analiz görüntüsü ise sağ tarafa yerleştirilmiş ve zaman ekseninde ileriye doğru kaydırılmıştır.

Şekil 87’de rast perdesinin tanburdaki rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkan yapısı ile, oluşturulan sanal çalgı üzerinde konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkan yapılarına ait analiz grafiklerinin karşılaştırılması görülmektedir. Konvolüsyon ile ortaya çıkan doğuşkanların genliklerinde bir takım farklılıklar gözlemlenmekle birlikte yapının birebir örtüştüğü görülmektedir.

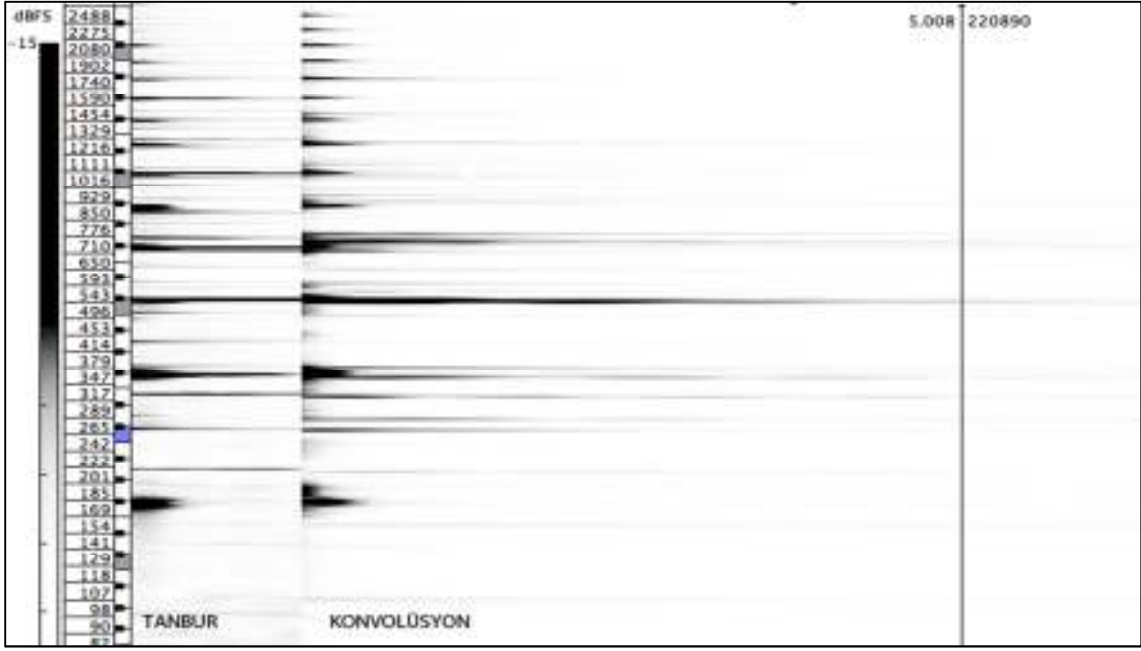


Şekil 87 – Rast perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması



Şekil 88 - Düğah perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması

Şekil 88’de düğah perdesinin tanburdaki rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkan yapısı ile, oluşturulan sanal çalgı üzerinde konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkan yapılarına ait analiz grafiklerinin karşılaştırılması görülmektedir. Yapılar birebir örtüşmekle beraber, bazı doğuşkanların genliklerinde ve tınlama sürelerinde bir takım farklılıklar gözlemlenmektedir.

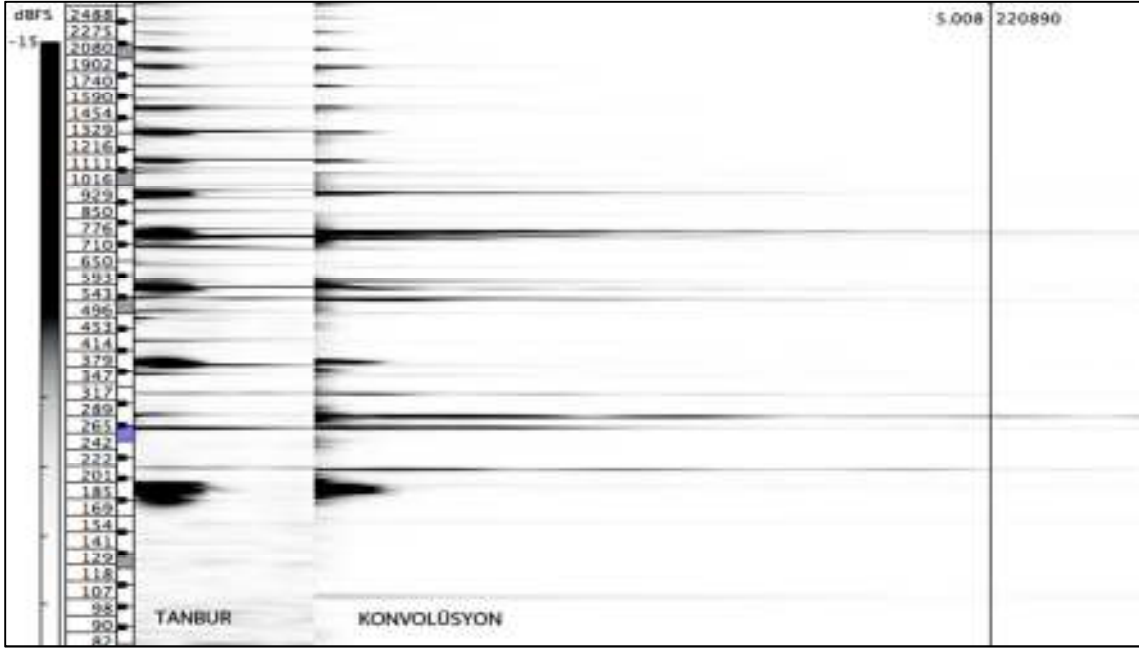


Şekil 89 - Buselik perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması

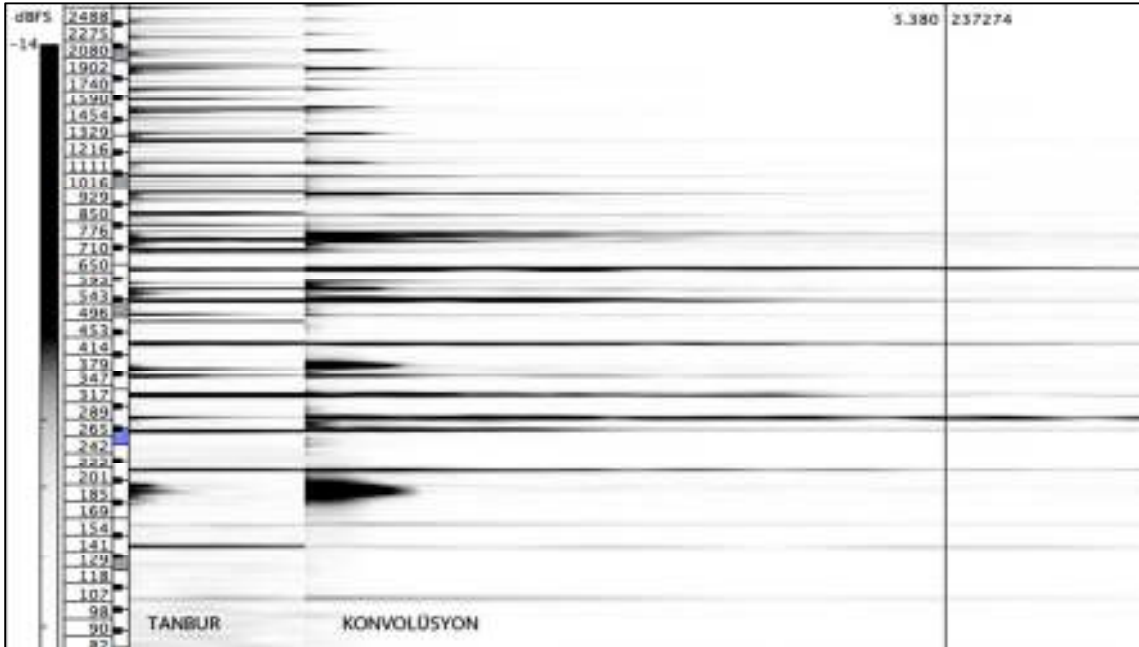
Şekil 89'da buselik perdesinin tanburdaki rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkan yapısı ile, oluşturulan sanal çalgı üzerinde konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkan yapılarına ait analiz grafiklerinin karşılaştırılması görülmektedir. Yapılar birebir örtüşmekle beraber, bazı doğuşkanların genliklerinde ve tınlama sürelerinde bir takım farklılıklar gözlemlenmektedir.

Şekil 90'de çargah perdesinin tanburdaki rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkan yapısı ile, oluşturulan sanal çalgı üzerinde konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkan yapılarına ait analiz grafiklerinin karşılaştırılması görülmektedir. Yapılar birebir örtüşmekle beraber, bazı doğuşkanların genliklerinde ve tınlama sürelerinde bir takım farklılıklar gözlemlenmektedir.

Şekil 91' de art arda seslendirilen rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin tanburdaki rezonans telleri üzerinde meydana getirdiği doğuşkan yapısı ile, oluşturulan sanal çalgı üzerinde konvolüsyon kullanılarak meydana getirdiği doğuşkan yapılarına ait analiz grafiklerinin karşılaştırılması görülmektedir. Yapılar birebir örtüşmekle beraber, bazı doğuşkanların genliklerinde ve tınlama sürelerinde bir takım farklılıklar gözlemlenmektedir.



Şekil 90 - Çargah perdesinin meydana getirdiği doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması

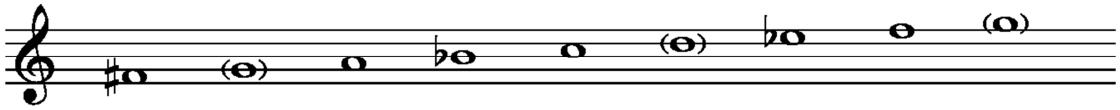


Şekil 91 – Rast, düğah, buselik ve çargah perdelerinin oluşturduğu doğuşkan örüntülerinin karşılaştırılması

Basit makamlar dışında kalan makamların seslendirilmesi

TRT, GTSM repertuvarında bulunan eserler içerisinde kullanım sıklığına göre ilk 20 makam Tablo 5’de görülmektedir (Sağır, 2003). Bu makamlar içerisinde bulunan basit makamların hangi biçimler kullanılarak seslendirilebileceği 4.2.1’de belirlenmiştir. Kalan 13 makamın seslendirilmesi aşağıdaki biçimde gerçekleştirilebilir:

Nihavend makamı:



Şekil 92 – Nihavend makamı dizisi

Bakıyye diyezi almış irak perdesi ile küçük mücennep bemolü almış olan kürdi ve nim hisar perdelerini içeren nihavend dizisi (Şekil 92) “Biçim 1” kullanılarak seslendirilebilir.

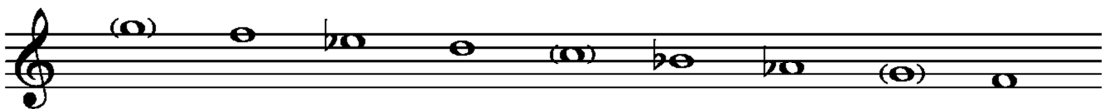
Hüzzam makamı:



Şekil 93 – Hüzzam makamı dizisi

Sahip olduğu perdeler açısından hüzzam makamı dizisine (Şekil 93) en uygun biçim yapısı, “Biçim 5” dir. Makam seslendirilirken tercihen “pitch bend” kullanılarak hisar ve eviç perdeleri 1 koma kadar dikleştirilip, pestleştirilebilir.

Kürdili Hicazkar makamı:



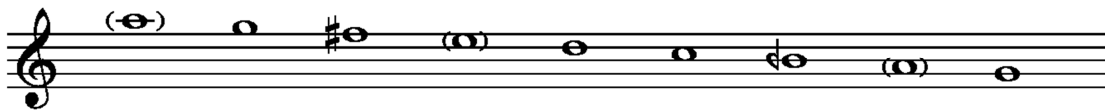
Şekil 94 – Kürdili Hicazkar makamı dizisi

Sıra NO	Makam Adı	Eser Sayısı
1	Hicaz	1623
2	Nihavend	1450
3	Hüzzam	987
4	Kürdili Hicazkar	875
5	Rast	851
6	Uşşak	847
7	Hüseyni	590
8	Muhayyer	456
9	Mahur	428
10	Hicazkar	402
11	Karçiğar	397
12	Suzinak	396
13	Muhayyer Kürdi	395
14	Segah	384
15	Saba	275
16	Acem Aşiran	238
17	Acem Kürdi	235
18	Buselik	193
19	Nikriz	157
20	Beyati	153

Tablo 5 – TRT GTSM repertuarında kullanım çokluğuna göre makamlar (Sağır, 2003)

Nim zirgüle, kürdi ve nim hisar perdelerini içeren Kürdili Hicazkar makamı dizisi (Şekil 94)“Biçim 1” kullanılarak seslendirilebilir.

Muhayyer makamı:



Şekil 95 – Muhayyer makamı dizisi

Muhayyer makamı dizisi (Şekil 95) eviç ve segah perdelerini içermektedir. Makam “Biçim 1” kullanılarak seslendirilebilir.

Mahur makamı:



Şekil 96 – Mahur makamı dizisi

Mahur makamı dizisi (Şekil 96) “Biçim 1” kullanılarak seslendirilebilmektedir. Ancak, 5 koma değerindeki küçük mücennep diyezi almış olan mahur perdesinin seslendirilebilmesi için eviç perdesi çalınarak “pitch bend” yardımıyla 1 koma dikleştirilmesi gerekmektedir.

Hicazkar makamı:



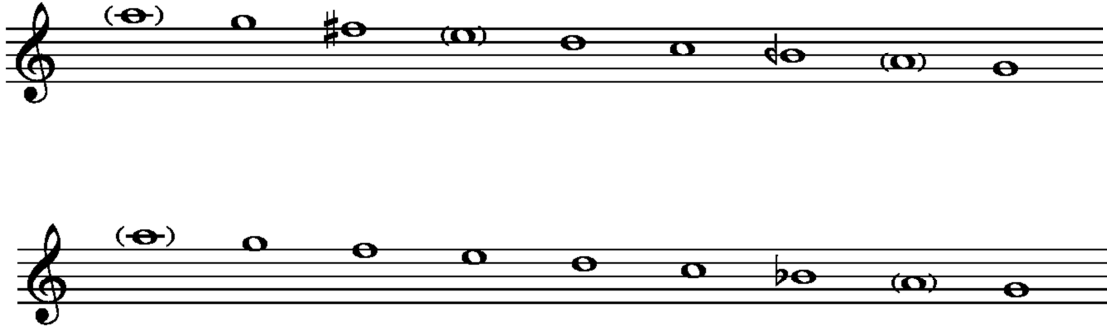
Şekil 97 – Hicazkar makamı dizisi

Hicazkar makamı dizisinin (Şekil 97) seslendirilmesinde perde yapısı itibarıyla “biçim 5” kullanılabilir. Ancak, dizide bulunan zirgüle perdesinin seslendirilebilmesi için nim zirgüle perdesi çalınarak “pitch bend” yardımı ile 1 koma dikleştirilmesi gerekmektedir.

Muhayyer kürdi makamı:

Muhayyer kürdi makamı, yerinde muhayyer makamı ve yerinde kürdi makamları dizilerinin karışımından meydana gelmiştir (Şekil 98) (Sağır, 2003). Her iki

diziye ait perdeleri içermesi bakımından “biçim 2”, bu makamın seslendirilmesi için uygundur.



Şekil 98 - Muhayyer (üstte) ve kürdi (altta) makamları dizilerinin bir arada kullanılmasıyla meydana gelmiş muhayyer kürdi makamı dizisi

Segah makamı:



Şekil 99 – Segah makamı dizisi

Segah makamı dizisinin (Şekil 99) seslendirilmesi amacıyla “biçim 2” kullanılabilir. Biçim içerisinde bulunmayan dik hisar perdesi, hüseyini perdesinin “pitch bend” kullanılarak 1 koma pestleştirilmesiyle oluşturulabilmektedir.

Saba makamı:



Şekil 100 – Saba makamı dizisi

Saba makamı dizisinin (Şekil 100) seslendirilmesinde segah ve tiz segah perdelerini barındırması açısından “biçim 2” kullanılabilir. Dizi içerisinde bulunan hicaz ve şehnaz perdeleri, nim hicaz ve nim şehnaz perdelerinin “pitch bend” yardımı ile 1

koma tizleştirilmesi ile meydana getirilebilmektedir. Benzer biçimde dik hisar perdesi de hüseyini perdesinin “pitch bend” kullanılarak 1 koma kadar pestleştirilmesiyle oluşturulabilmektedir.

Acem aşiran makamı:



Şekil 101 – Acem aşiran makamı dizisi

İçerdiği perdeler itibariyle acem aşiran makamı dizisinin (Şekil 101) seslendirilmesinde “biçim 1”, “biçim 2” ve “biçim 5” kullanılabilir.

Acem kürdi makamı:



Şekil 102 – Acem kürdi makamı dizisi

Acem kürdi makamının seslendirilmesinde içerdiği perdeler itibariyle “biçim 1”, “biçim 2” ve “biçim 3” kullanılabilir.

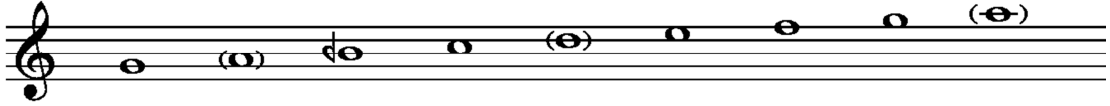
Nikriz makamı:



Şekil 103 – Nikriz makamı dizisi. Neva üzerinde buselik dörtlüsü ile (üstte), neva üzerinde rast dörtlüsü ile (altta)

“Biçim 3”, perde sistemi itibariyle nikriz makamı dizisinin her iki biçiminin de (Şekil 103) seslendirilmesi için uygundur.

Beyati makamı:



Şekil 104 – Beyati makamı dizisi

Beyati makamı dizisinin (Şekil 104) seslendirilmesinde “biçim 2” ve “biçim 5” kullanılabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Geleneksel Türk Müziği Çalgılarından Tanbur’un Sanal Çalgı Kitaplığının Oluşturulması” başlıklı bu araştırmanın amacı örnekleme yöntemi kullanılarak tanbur ait bir sanal çalgı ses kitaplığı meydana getirmektir. Araştırmanın gerçekleştirilmesinde deneysel model tercih edilmiştir. Oluşturulacak sanal çalgı kitaplığının, tanbura ait çeşitli seslendirme tekniklerini barındırması, Türk müziğinin makamsal özellikleri ile tanburun tınısal özelliklerini yansıtması araştırmanın diğer amaçlarını oluşturmaktadır.

Bir sanal çalgı oluşturabilmek için gerekli araçlar ve teknikler ilgili alana yönelik kaynaklar taranarak ortaya konmuştur. Tanbur yapısal olarak incelenerek çalgının tınısal özelliklerini meydana getiren özellikleri belirlenmiştir. Oluşturulacak sanal çalgının seslendirilmesinde kullanılacak MIDI klavyenin sunduğu olanaklar ile Batı müziği ses sistemi ve Türk müziği ses sistemlerinin farklılıkları ortaya konmuş, Türk müziği makamsal dizilerinin MIDI klavye ile seslendirilebilmesine olanak sağlayan “biçim” sistemi geliştirilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında gerekli laboratuvar (stüdyo) ortamı meydana getirilerek sanal çalgının oluşturulmasında kullanılacak ham ses örnekleri kaydedilmiştir. Kaydedilen örnekler bilgisayar ortamında ayrıştırılıp düzenlenerek örnekleyci yazılım içerisine yerleştirilebilecek hale getirilmiştir. Kaydedilen örnekler önceden meydana getirilmiş biçimleri oluşturacak şekilde yazılıma yerleştirilmiş, ilgili parametreler performansa yönelik olarak gerekli biçimde ayarlanmıştır. Gerçek tanburdan alınan örnekler ile sanal çalgı ile seslendirilen örnekler frekans analizi yöntemi ile karşılaştırılarak, oluşturulan sanal çalgının gerçek tanburun özellikleri ne derece yansıttığı ortaya konmuştur. Basit makamlar dışında kalan bazı makam dizilerinin, meydana getirilen “biçim” yapıları ile seslendirilebildiği bulgular ve yorumlar bölümünde gösterilmiştir.

Sonuçlar

1- Tanbur, geleneksel Türk müziğinin makamsal ses sistemine göre düzenlenmiş bir çalgıdır. Tanburda perdeler Arel – Ezgi – Uzdilek sistemi olarak da adlandırılan 24’lü ses sistemine göre düzenlenmiştir. Bu sistemde bir sekizli (oktav) eşit olmayan 24 aralığa bölünmüştür. Sanal çalgıların seslendirilmesinde kullanılan MIDI klavyeler Batı müziği ses sistemine göre düzenlenmiş olup bir sekizli içerisinde 12 tuş bulunmaktadır. Bu durumda Türk müziği makam dizilerini meydana getiren tüm perdeleri MIDI klavye üzerine yerleştirmek mümkün değildir. Araştırmada bu problemin çözülmesine öneri

olarak “biçim” sistemi getirilmiştir. Bu sistemin temel öğeleri olan biçimlerin meydana getirilmesinde basit makamlar dikkate alınmıştır. Böylelikle 13 basit makam dizisini seslendirebilecek 5 farklı biçim meydana getirilmiştir. Bu biçimler, örnekleyici yazılımın sunduğu gruplama özelliğinden faydalanılarak 5 farklı grup halinde oluşturulmuştur. Anahtar tuş (key switch) kullanılarak aktif hale getirilebilen her bir grup ile farklı bir makam dizisi seslendirilebilmektedir. Bununla birlikte MIDI klavyeler üzerinde bulunan “pitch bend” kontrolü, perdeleri 1 koma (24 – 25 cent) kadar tizleştirip pestleştirerek şekilde ayarlanmıştır. “Pitch bend” kontrolü kullanılarak basit makamlar (çargah, buselik, kürdi, rast, uşşak, hüseyini, neva, hicaz, humayun, uzal, zirgüle, karcıgar, suzinak makamları) dışında kalan ve TRT repertuarı içerisinde bulunan eserler arasından kullanım sıklığına göre belirlenmiş 13 makamın (nihavend, hüzzam, kürdili hicazkar, muhayyer, mahur, hicazkar, muhayyer kürdi, segah, saba, acem aşiran, acem kürdi, nikriz, beyati makamları) seslendirilmesi mümkün hale gelmiştir.

Kalışların vurgulanması amacıyla seslendirilen 2, 3 ve 4 numaralı tellerden alınan boş tel örneklerinden ayrı bir grup meydana getirilmiştir. Böylelikle bu örnekler ilgili tuşlar ile seslendirilerek kalışlar vurgulanabilmektedir.

2- Tanburda her biri iki telden meydana gelen 4 adet tel grubu bulunmaktadır. Ezgi en alt grup olan 1 numaralı tel grubu kullanılarak seslendirilmektedir. Performans sırasında 2, 3 ve 4 numaralı boş teller mızraplanarak kalış sesleri vurgulanmaktadır. Bununla birlikte bu boş teller rezonatör telleri olarak iş görür ve tanbura özgü derinlik etkisini meydana getirerek tanburun karakteristik tınısının oluşmasında büyük rol oynar. Rezonans etkisi, 1 numaralı tel üzerinde seslendirilen perdelerin rezonatör telleri üzerinde farklı doğuşkanlar meydana getirmesine bağlı olarak, ezginin gelişine göre değişiklik göstermektedir. Araştırmada bu etkinin sanal çalgı üzerinde oluşturulması amacıyla konvolüsyon yönteminden faydalanılmıştır. Bu amaçla 1 numaralı tel grubu susturulmuş ve 2, 3 ve 4 numaralı tellerin bağa darbesi ile titreştirilmesiyle meydana gelen darbe yanıtı kaydedilmiştir. Kaydedilen örnek, örnekleyici yazılım içerisinde bulunan konvolüsyon işlemcisine yerleştirmiştir. Etki, konvolüsyon ile gerçekleştirileceğinden 1 numaralı tel üzerinde perde örneklerinin alınması sırasında 2, 3 ve 4 numaralı teller lastik sürdünler kullanılarak susturulmuştur.

Gerçek tanburun seslendirilmesi sırasında rezonatör teller üzerinde meydana gelen doğuşkanlar ile sanal çalgı kullanılarak konvolüsyon ile elde edilen doğuşkan

örüntüleri frekans analizi yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda bazı doğuşkanların genliklerinde ve tınlama sürelerinde farklılıklar tespit edilmekle beraber örüntülerin her iki seslendirme sonucunda benzer biçimde meydana geldiği gözlemlenmiştir.

3- Tanburda seslendirme sırasında özellikle kalışlarda, alğının sapı ileri – geri sallanarak bir çeşit vibrato etkisi meydana getirilmektedir. Etki, ezginin seslendirilmesi sırasında kullanılan 1. tel grubu üzerinde gözlemlenmekle birlikte, titreşen rezonans telleri üzerinde de vibrato etkisi meydana gelmektedir. Araştırma dahilinde oluşturulan sanal çalgı üzerindeki vibrato etkisi iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada ezginin seslendirilmesinde kullanılan gruplara atanan düşük frekans osilatörü (LFO), her bir grubun perdesini (pitch) modüle edecek biçimde bağlanmıştır. Frekansı 4 Hz olarak belirlenen osilatörlerin modülasyon genlikleri MIDI klavye üzerinde bulunan modülasyon tekeri ile kontrol edilmektedir. Böylelikle gruplara ait perdeler seslendirilirken modülasyon tekeri hareket ettirilerek 1. tel grubu üzerindeki vibrato etkisi gerçekleştirilebilmektedir.

İkinci aşamada, rezonans tellerinden alınan dürtü yanıtı, csound yazılımı kullanılarak frekans modülasyonu ile vibrato yapacak biçimde işlenmiş ve ikinci bir konvolüsyon işlemcisi içerisine yerleştirilmiştir. Modülasyon tekerinin ürettiği yüksek değerler için vibratolu konvolüsyon, düşük değerler için vibratosuz konvolüsyon devreye girmekte böylelikle rezonans tellerinin vibrato etkisi gerçekleştirilebilmektedir. 1 numaralı tel grubu ve rezonans tellerinin vibrato etkilerinin bir arada meydana gelmesiyle birlikte gerçek tanburda uygulanan sap sallama tekniği, sanal çalgı üzerinde gerçekleştirilebilmektedir.

4- Makamsal yapının MIDI klavyeye uyarlanması amacıyla ortaya konulan “biçim” sistemi ve “pitch bend” kontrolü ile geleneksel Türk müziğinde kullanılan 26 makama ait dizi seslendirilebilmektedir. Bu biçimlerin tamamı tek bir dosya altında toplanmıştır. Benzer biçimde tanbur icrasında kullanılan sap sallama tekniği ile 2, 3 ve 4 numaralı boş tel gruplarından alınan örnekler de aynı dosya içerisinde bulunmaktadır. Araştırma dahilinde meydana getirilen tanbura ait sanal çalgı kitaplığında farklı teknikler ve diziler için farklı kitaplıkların yüklenmesine gerek kalmamaktadır.

Öneriler

1- Araştırma sırasında elde edilen bulgular ve ortaya konulan yöntemler gerek diğer Türk müziği çalgıları, gerekse farklı etnik müzik türlerine ait çalgıların sanal ses kitaplıklarının oluşturulmasında da kullanılabilir. Çalgının yapısal özelliklerine ve çalım tekniklerine bağlı olarak bir takım değişiklikler gösterebilmekle birlikte, örnekleyici yazılımların sunduğu imkanlar doğrultusunda temel teknikler aynıdır.

2- Oluşturulan sanal çalgı kitaplığının gerçekçiliğinin yansıtılması açısından alınan örneklerin sayısı artırılabilir. Bununla birlikte performansa yönelik olarak, MIDI klavye dışındaki farklı kontrol araçlarından da faydalanılabilir.

3- Çeşitli çalım teknikleri ve makamsal yapının tek bir kitaplığa sıkıştırılması sırasında karşılaşılan olumsuzlukların söz konusu olduğu veya örnekleyici yazılım – donanımın yetersiz kalabildiği durumlarda farklı teknikler farklı kitaplıklar halinde düzenlenebilir.

KAYNAKÇA

- ABD-EL-BARR, M ve EL-REWINI, H. (2005). *Fundamentals of Computer Organization and Architecture*. Wiley.
- AKAN, E. (1989). *Tanbur Metodu*. İzmir: Ege Üniversitesi Ofset Basımevi.
- AKSÜT, S. (1994). *Tanbur Metodu*. İstanbul: İnkılap Kitabevi.
- AKDOĞU, O. (1994). *Türk Müziğinde Perdeler*. Ankara: Müzik Ansiklopedisi Yayınları.
- BARTLETT, B ve BARTLETT, J. (2005). *Practical Recording Techniques*. Focal Press.
- CAN, Cihat. (1995). *Çeşitli Kültürlerin Müziklerinde Ses Sistemleri*. Yayımlanmamış ders notları, Ankara.
- DURMAZ, S. (2000). *MIDI*. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları.
- DUTAR, C. (1986). *Ses Frekans Tekniği Cilt II*. İzmir: Bilgehan Basımevi.
- ERKUT, C. ve TOLONEN, T ve KARJALAINEN, M. ve VALIMAKI, V. (1999). *Acoustical Analysis of Tanbur, A Turkish Long-Necked Lute*. Web: http://www.acoustics.hut.fi/research/tanbur/icsv_tanbur_V1.ps adresinden 10 Ocak 2011’de alınmıştır.
- FULFORD, W. Sampling. *Grove Music Online*. Web: <http://www.oxfordmusiconline.com:80/subscriber/article/grove/music/47228> adresinden 12 Ağustos 2010’da alınmıştır.
- GALLAGHER, M. (2009). *Dictionary: A glossary of Audio-Related Terms and Technologies*. Canada: Course Technology PTR.
- GOTTLIEB, G. ve HENNERICH, P. (2009). *Recording on The Go: The Definitive Guide to Live Recording*. Course Technology.
- GOTTLIEB, G. (2007). *Shaping Sound in the Studio and Beyond: Audio Aesthetics and Technology*, Course Technology.
- HUBER, D. M. ve RUNSTEIN, R. E. (2005). *Modern Recording Techniques*. Focal Press.
- HUBER, D. M. ve WILLIAMS, P. (1998). *Professional Microphone Techniques*. Artist Pro Series.

- JENKINS, M. (2007). *Analog Synthesizers Understanding, performing, buying: from the legacy of moog to software synthesis*. Great Britain: Focal Press.
- MANNING, P. (2004). *Electronic and Computer Music*. New York: Oxford University Press.
- McGUIRE, S. ve PRITTS, R. (2008). *Audio Sampling: A Practical Guide*. Focal Press.
- MIDDLETON, P. ve GUREVITZ, S. (2008). *Music Technology Workbook: Key Concepts and Practical Projects*. Focal Press.
- MILLWARD, S. (2002). *User's Guide to Sound Synthesis with VST Instruments*. Ohio: Muska&Lipman Publishing.
- MOORE, F. R. (1990). *Elements of Computer Music*. New Jersey: Prantice Hall.
- MUMMA, G. ve RYE, H. ve KERNFELD, B. Recording: I. Technological Developments. *Grove Music Online*. Web:
<http://www.oxfordmusiconline.com:80/subscriber/article/grove/music/J371600>
adresinden 14.08.2010'da alınmıştır.
- NISBETT, A. (1995). *The Sound Studio*. Focal Press.
- OWSINSKI, B. (2005). *The Recording Engineer's Handbook*. Artist Pro Publishing.
- ÖNE, U. (2007). *Ses Kayıt ve Müzik Teknolojileri*. İstanbul: Çitlenbik Yayınları.
- RUMSEY, F. (1994). *MIDI Systems and Control*. Focal Press.
- RUMSEY, F. (2004). *Desktop Audio Technology*. Focal Press.
- RUMSEY, F. ve McCORMICK, T. (2006). *Sound and Recording: An Introduction*. Focal Press.
- RUSS, M. (1996). *Sound Synthesis and Sampling*. Focal Press.
- SAĞER, Turan. (2003). *Geleneksel Türk Sanat Müziği*. Yayımlanmamış ders notları, Malatya.
- SELF, Douglas. (2010). *Audio Engineeing Explained*. Focal Press.
- SHEA, M. (2005). *Studio Recording Procedures: How to Record Any Instrument*. MacGraw-Hill.
- TALBOT-SMITH, M. (2002). *Sound Engineering Explained*. Focal Press.

Tanburi Cemil Bey. (1993). *Rehber-i Musiki* (çev. M. Hakan CEVHER). İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

WATKINSON, J. (1994). *An Introduction to Digital Audio*. Focal Press.

WATKINSON, J. (2001). *The Art of Digital Audio*. Focal Press.

ZEREN, A. (1997). *Müzik Fiziği*. Pan Yayınları.