

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İŞİTSEL PEYZAJDA SES ÇEVRESİ MEMNUNİYET DÜZEYİNİN BULANIK
MANTIK İLE TAHMİN EDİLMESİ: DİYARBAKIR SURİÇİ UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

Derya ÇAKIR AYDIN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

MART 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İŞİTSEL PEYZAJDA SES ÇEVRESİ MEMNUNİYET DÜZEYİNİN BULANIK
MANTIK İLE TAHMİN EDİLMESİ: DİYARBAKIR SURİÇİ UYGULAMASI**

DOKTORA TEZİ

**Derya ÇAKIR AYDIN
(502082001)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sevtap YILMAZ

MART 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502082001 numaralı Doktora Öğrencisi Derya ÇAKIR AYDIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İŞİTSEL PEYZAJDA SES ÇEVRESİ MEMNUNİYET DÜZEYİNİN BULANIK MANTIK İLE TAHMİN EDİLMESİ: DİYARBAKIR SURİÇİ UYGULAMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sevtap YILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL**
İstanbul Esenyurt Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Nurgün TAMER BAYAZIT
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **01 Şubat 2017**
Savunma Tarihi : **17 Mart 2017**





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Sevtap Yılmaz'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince önemli tavsiyeleri ve katkılarıyla destek olan jüri üyesi hocalarım Yrd.Doç.Dr. Nurgün Tamer Bayazıt ve Prof.Dr. Ayşe Erdem Aknesil'e ayrıca teşekkür ederim. Çalışmamda yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr. Z.Fuat Toprak ve Yrd.Doç.Dr. Ersin Uysal'a da yapıcı eleştiri ve katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Doktora programına başladığım ilk günden itibaren benden bir an olsun yardımını esirgemeyen arkadaşım Mine Aşçıgil Dinçer'e çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve yüreklendiren, her zaman yanımda olan sevgili anneme ve babama çok teşekkür ederim.

Son olarak, büyük bir sabırla çalışmamın sonuçlanmasını bekleyen eşim Özcan Aydın'a, çocuklarım Ahmet Dara ve Ali Eymen'e destekleri için çok teşekkür ederim.

Mart 2017

Derya Çakır Aydın
(Yüksek Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	2
1.2 İşitsel Peyzaj Konusunda Yapılan Çalışmalar	2
1.2.1 Nesnel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar	5
1.2.2 Öznel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar	7
1.2.3 Yapay zekâ teknikleriyle yapılan çalışmalar	15
1.2.4 Türkiye’de yapılan çalışmalar	16
2. İŞİTSEL PEYZAJ VE AKUSTİK PARAMETRELER	25
2.1 İşitsel Peyzaj Kavramı	25
2.2 Akustik Parametreler	26
2.2.1 Nesnel parametreler	26
2.2.2 Öznel parametreler	27
2.2.3 Ses kalitesi parametreleri	28
2.2.3.1 Gürlük	30
2.2.3.2 Keskinlik	33
2.2.3.3 Kabalık	33
2.2.3.4 Dalgalanma şiddeti/kuvveti	34
2.2.3.5 Ton-gürültü oranı	35
2.2.3.6 Belirginlik oranı	35
3. YAPAY ZEKÂ VE BULANIK MANTIK TEKNIĞİ	37
3.1 Yapay Zekâ ve Uygulama Teknikleri	37
3.1.1 Yapay zekânın tanımı ve tarihsel gelişimi	37
3.1.2 Yapay zekânın amaç ve hedefleri	39
3.1.3 Yapay zekâ uygulama teknikleri	40
3.1.3.1 Uzman sistemler	40
3.1.3.2 Yapay sinir ağları	41
3.1.3.3 Genetik algoritma	42
3.1.3.4 Bulanık mantık	43
3.2 Bulanık Mantık Genel Yapısı	44
3.2.1 Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları	46
3.2.2 Üyelik fonksiyonları şekilleri	52
3.2.2.1 Üçgen üyelik fonksiyonu	52

3.2.2.2 Yamuk üyelik fonksiyonu	53
3.2.2.3 Gaussian üyelik fonksiyonu.....	53
3.2.2.4 Çan eğrisi üyelik fonksiyonu	54
3.2.2.5 S ve Z şeklindeki sigmoidal üyelik fonksiyonu.....	55
3.2.3 Bulanık küme işlemleri	56
3.2.4 Bulanıklaştırma	56
3.2.5 Bulanık kural tabanı	57
3.2.6 Bulanık çıkarım	58
3.2.7 Durulaştırma	60
3.2.7.1 Sentroid (ağırlık merkezi) yöntemi.....	61
3.2.7.2 En büyük (maksimum) üyelik derecesi yöntemi	61
3.2.7.3 Ortalama en büyük (mean-max) üyelik derecesi yöntemi.....	62
3.2.7.4 Ağırlıklı ortalama yöntemi	63
3.2.8 Bulanık mantık yaklaşımının avantajları ve dezavantajları	63
4. MEMNUNİYET DÜZEYİ TAHMİN MODELİNİN BULANIK MANTIKLA OLUŞTURULMASI	67
4.1 Alan Çalışması.....	67
4.1.1 İki kulaklı ses kayıtları	68
4.2 Laboratuvar Çalışması	72
4.2.1 Ses kliplerinin hazırlanması ve ses kalitesi metriklerinin hesaplanması...	73
4.2.2 Jüri testi	75
4.2.2.1 Jüri testinin uygulaması	75
4.2.2.2 Jüri testi analizi	80
4.3 Bulanık Mantık Tekniğiyle Tahmin Modelinin Oluşturulması	85
4.3.1 Giriş – Bağımsız değişkenler	88
4.3.1.1 Bağımsız değişken - Gürlük	91
4.3.1.2 Bağımsız değişken - Keskinlik	95
4.3.1.3 Bağımsız değişken - Kabalık	98
4.3.2 Giriş - Bağımlı değişken.....	101
4.3.2.1 Bağımlı değişken - Memnuniyet düzeyi.....	101
4.3.3 Kurallar	106
4.3.4 Çıkış.....	113
5. MEMNUNİYET DÜZEYİ TAHMİN MODELİNİN UYGULAMASI VE SINAMASI.....	119
5.1 Modelin Uygulaması	119
5.2 Modelin Sinaması	122
5.2.1 Alanda elde edilen memnuniyet düzeyleri ile tahmin edilen memnuniyet düzeylerinin değerlendirilmesi.....	126
5.2.2 Ses kalitesi metrikleri ile ölçülen ve tahmin edilen memnuniyet düzeylerinin değerlendirilmesi.....	128
5.2.3 Kullanıcıların cinsiyetleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirmesi.....	131
5.2.4 Kullanıcıların yaşları ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi.....	132
5.2.5 Kullanıcıların eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi	133
5.2.6 Kullanıcıların alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi	135
5.2.7 Kullanıcıların alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi	137

5.2.8 Kullanıcıların alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi	138
5.2.9 Kullanıcıların ses çevresi tercihlerini etkileyen faktörlerin değerlendirmesi	139
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	143
KAYNAKLAR	149
ÖZGEÇMİŞ.....	163



/



KISALTMALAR

ANN	: Artificial Neural Networks
BM	: Bulanık Mantık
COST	: European Cooperation in Science and Technology
EPSRC	: Engineering and Physical Sciences Research Council
FL	: Fuzzy Logic
GA	: Genetik Algoritma
ISO	: International Organization for Standardization
MATLAB	: Matrix Laboratory
MLR	: Multiple Linear Regression
OLR	: Ordinal Lojistik Regresyon
PANAS	: Positive and Negative Affect Schedule
PSP	: The Positive Soundscape Project
RT	: Çınlama Süresi
SMRGT	: Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique
SPL	: Ses Basınç Düzeyi
SQI	: Ses Kalitesi İndeksi
STI	: Konuşmanın İletim İndeksi
SVM	: Support Vector Machines
TESE	: Towards a Social Ecological Soundscape
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
US	: Uzman Sistemler
WHO	: World Health Organization
WSP	: Worl Soundscape Project
YSA	: Yapay Sinir Ağları



SEMBOLLER

F₁₀	: Ölçme süresinin %10'unda aşılan dalgalanma şiddeti düzeyi
F₅₀	: Ölçme süresinin %50'sinde aşılan dalgalanma şiddeti düzeyi
F₉₅	: Ölçme süresinin %95'inde aşılan dalgalanma şiddeti düzeyi
L_{Aeq}	: A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
L_{Amin}	: Minimum A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
L_{Amax}	: Maksimum A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
L_{eq}	: Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
L₅	: Ölçme süresinin %5'inde aşılan ses düzeyi
L₁₀	: Ölçme süresinin %10'unda aşılan ses düzeyi
L₅₀	: Ölçme süresinin %50'sinde aşılan ses düzeyi
L₉₀	: Ölçme süresinin %90'ında aşılan ses düzeyi
L₉₅	: Ölçme süresinin %95'inde aşılan ses düzeyi
N₁₀	: Ölçme süresinin %10'unda aşılan gürlük düzeyi
N₉₀	: Ölçme süresinin %90'ında aşılan gürlük düzeyi
p	: Ses basıncı
p(ref)	: Referans ses basıncı
R₅	: Ölçme süresinin %5'inde aşılan kabalık düzeyi
R₅₀	: Ölçme süresinin %50'sinde aşılan kabalık düzeyi
R₉₅	: Ölçme süresinin %95'inde aşılan kabalık düzeyi
S₅	: Ölçme süresinin %5'inde aşılan keskinlik düzeyi
S₅₀	: Ölçme süresinin %50'sinde aşılan keskinlik düzeyi
S₉₅	: Ölçme süresinin %95'inde aşılan keskinlik düzeyi
uILD2	: Kentsel kulaklar arası düzey farkı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Ses kalitesi metrikleri ve birimleri	29
Çizelge 4.1 : Ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel değerleri	76
Çizelge 4.2 : Laboratuvarda uygulanan jüri testinde kullanılan anket föyü	78
Çizelge 4.3 : Ses kliplerinde yer alan ses kaynakları.....	79
Çizelge 4.4 : Laboratuvarda yapılan jüri testinin istatistiksel değerlendirmesi.....	81
Çizelge 4.5 : Ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri ile katılımcıların memnuniyet algısı arasındaki korelasyonlar	83
Çizelge 4.6 : Çoklu regresyon yöntemiyle elde edilen ses kalitesi indeks denklemi tablosu	85
Çizelge 4.7 : Bulanık Mantık modellemesi için yazılan kurallar	112
Çizelge 5.1 : Modelin sınama aşamasında kullanılan anket föyü.....	124
Çizelge 5.2 : Cinsiyet ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	131
Çizelge 5.3 : Yaş grupları ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	133
Çizelge 5.4 : Eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	134
Çizelge 5.5 : Alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	136
Çizelge 5.6 : Alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	137
Çizelge 5.7 : Alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler	139
Çizelge 5.8 : Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyini etkileyen faktörleri sıralama tercihleri	140



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yıllara göre yayınlanan işitsel peyzaj yayın sayıları.....	3
Şekil 2.1 : Ses kalitesi metriklerinin şematik gösterimi	30
Şekil 2.2 : Ses yüksekliği eğrileri	31
Şekil 2.3 : Phon ve Sone eğrileri arasındaki ilişki	31
Şekil 2.4 : Sone ile dBA eğrileri arasındaki	32
Şekil 2.5 : Gürlük ile memnuniyet düzeyi ilişkisi	32
Şekil 2.6 : Keskinlik ile memnuniyet düzeyi ilişkisi	33
Şekil 2.7 : Kabalık ile memnuniyet düzeyi ilişkisi	34
Şekil 3.1 : Uzman sistemin genel akış şeması	41
Şekil 3.2 : Yapay sinir ağları genel akış şeması	42
Şekil 3.3 : Genetik algoritma genel akış şeması	43
Şekil 3.4 : Klasik sistem	45
Şekil 3.5 : Genel bulanık sistem	46
Şekil 3.6 : Klasik kümelerin Venn şeması ile gösterimi.....	47
Şekil 3.7 : Bulanık kümelerin Venn şeması ile gösterimi	48
Şekil 3.8 : Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme	49
Şekil 3.9 : Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları	50
Şekil 3.10 : Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları.....	50
Şekil 3.11 : Üyelik fonksiyonu genel kısımları	51
Şekil 3.12 : Üçgen üyelik fonksiyonu.....	52
Şekil 3.13 : Yamuk üyelik fonksiyonu	53
Şekil 3.14 : Gaussian üyelik fonksiyonu	54
Şekil 3.15 : Çan eğrisi üyelik fonksiyonu.....	54
Şekil 3.16 : S tipi sigmoid üyelik fonksiyonu	55
Şekil 3.17 : Z tipi sigmoid üyelik fonksiyonu	55
Şekil 3.18 : Öznel değerlendirme için kullanılan bulanık sayılar.....	57
Şekil 3.19 : Mamdani bulanık çıkarım yöntemi	59
Şekil 3.20 : Sentroid yöntemi ile durulaştırma	61
Şekil 3.21 : En büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulaştırma	62
Şekil 3.22 : Ortalama en büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulaştırma.....	62
Şekil 3.23 : Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma	63
Şekil 4.1 : Alanında yapılan iki kulaklı ses kayıtlarında izlenen akış şeması	69
Şekil 4.2 : İki kulaklı ses kayıtlarında kullanılan ses ölçüm cihazı ve iki kulaklı mikrofon seti	70
Şekil 4.3 : Alan çalışmasının gerçekleştirildiği Diyarbakır Suriçi bölgesi.....	71
Şekil 4.4 : İki kulaklı ses kayıtlarının yapıldığı Suriçi bölgesindeki rotalar ve noktalar	72
Şekil 4.5 : İki kulaklı ses kayıtlarına başlamadan önce ve kayıtları bitirdikten sonra mikrofonların kalibrasyonlarının gerçekleştirildiği ses düzeyi kalibratörü	72

Şekil 4.6 :	İki kulaklı ses kayıtlarından ses klipleri ve kliplerin ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerini elde etmede izlenen akış şeması	74
Şekil 4.7 :	Laboratuvarda uygulanan jüri testi ve sonuçlarının istatistiksel analizleri için izlenen akış şeması.....	77
Şekil 4.8 :	Ses kalitesi metrikleri ile (a: gürlük, b: keskinlik, c: kabalık) memnuniyet düzeyi arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi	84
Şekil 4.9 :	Bulanık mantık ile oluşturulan tahmin modelinin genel akış şeması	86
Şekil 4.10 :	Çalışmada kullanılan bulanık mantık sistem şeması	87
Şekil 4.11 :	Girdi verilerinin belirlenip bulanıklaştırma işlemlerinin gerçekleştirildiği akış şeması	89
Şekil 4.12 :	Girdiler için kullanılan birim genişliğin, çekirdek değerin ve anahtar değerlerin şekilsel gösterimi	90
Şekil 4.13 :	Gürlük üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi.....	93
Şekil 4.14 :	Gürlük metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü	94
Şekil 4.15 :	Keskinlik üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi ...	96
Şekil 4.16 :	Keskinlik metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü.....	97
Şekil 4.17 :	Kabalık üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi	99
Şekil 4.18 :	Kabalık metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü	100
Şekil 4.19 :	Çıktı verilerinin belirlenip bulanıklaştırma işlemlerinin gerçekleştirildiği akış şeması	101
Şekil 4.20 :	Çıktı verileri için kullanılan birim genişliğin, çekirdek değerin ve anahtar değerlerin şekilsel gösterimi	102
Şekil 4.21 :	Çıktının üyelik fonksiyonları için hesaplanan değerler.....	104
Şekil 4.22 :	Çıktıya ait bulanık kümelerin (1,2,3,4,5) Matlab’da görünümü.....	104
Şekil 4.23 :	Kural tabanının oluşturulması için izlenen akış şeması	106
Şekil 4.24 :	Kuralların Matlab gösterimi	113
Şekil 4.25 :	Kuralların grafiksel görünümü	114
Şekil 4.26 :	Memnuniyet-Keskinlik-Gürlük yüzeysel görüntü.....	115
Şekil 4.27 :	Memnuniyet-Kabalık-Gürlük yüzeysel görüntü.....	115
Şekil 4.28 :	Memnuniyet-Kabalık-Keskinlik yüzeysel görüntü	116
Şekil 4.29 :	Bulanık mantık ile hazırlanan modelin genel akış şeması.....	117
Şekil 5.1 :	Modelin uygulama ve sınamaya akış şeması	120
Şekil 5.2 :	Modelin uygulama aşamasında ses kayıtları için seçilen alan	121
Şekil 5.3 :	Matlab’da bulanık mantık ile hazırlanan modelin girdi ve çıktı verilerinin görüntülendiği ekran görüntüsü	122
Şekil 5.4 :	SQI ile tahmin edilen memnuniyet düzeyi ile alanda elde edilen memnuniyet düzeyi arasındaki ilişki.....	127
Şekil 5.5 :	BM ile tahmin edilen memnuniyet düzeyi ile alanda elde edilen memnuniyet düzeyi arasındaki ilişki.....	127
Şekil 5.6 :	Gürlük metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.....	128
Şekil 5.7 :	Keskinlik metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.....	129
Şekil 5.8 :	Kabalık metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.....	130
Şekil 5.9 :	Cinsiyet ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler	132
Şekil 5.10 :	Yaş grupları ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.....	133

Şekil 5.11 : Eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler....	135
Şekil 5.12 : Alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler	136
Şekil 5.13 : Alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler	138
Şekil 5.14 : Alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler	139
Şekil 5.15 : Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörleri sıralama tercihlerine ait yüzdelikler.....	141





İŞİTSEL PEYZAJDA SES ÇEVRESİ MEMNUNİYET DÜZEYİNİN BULANIK MANTIK İLE TAHMİN EDİLMESİ: DİYARBAKIR SURİÇİ UYGULAMASI

ÖZET

Kullanıcıların, bulundukları açık ya da kapalı mekânlardaki akustik konforlarının sağlanması için en önemli koşullardan biri, mekânların rahatsızlık verici olan ve istenmeyen seslerden (gürültüden) arındırılmasıdır. Yasal uygulamalarda gürültü, sadece toplamsal düzeye bağlı olarak ifade edilmektedir. Ancak araştırmalarda insanların gürültüden etkilenme durumlarının beklenenlerle örtüşmediği ortaya konmuştur. Bu nedenle kentsel akustik konforda “soundscape” yaklaşımı ortaya çıkmıştır. “Soundscape - işitsel peyzaj” terimi “bir alanda/mekânda oluşan sesler” olarak tanımlanmaktadır. Bu terim ilk olarak şehirlerin akustik özelliklerini belirtmek için kullanılmış, daha sonra “peyzajın işitsel özellikleri” olarak somutlaştırılmıştır.

Başlangıçta müzik ve akustik ekoloji çalışmalarında ilk işitsel peyzaj konsepti ile karşılaşmış, daha sonrasında çok hızlı bir şekilde diğer disiplinlerde de yaygınlaşmıştır. İşitsel peyzaj ile ilgili özellikle son on beş yıl içerisinde dünya genelinde birçok önemli proje ve çalışma gerçekleştirilmiştir. Küçük alanlardan, büyük kentlere, kapalı, yarı-kapalı mekânlardan kentsel açık alanlara kadar farklı ülkelerde, farklı kültürlerde oldukça kapsamlı veriler elde edilmiştir.

Günümüzdeki işitsel peyzaj araştırmalarında gürültü kontrolü politikalarından, çok disiplinli yaklaşımlara doğru bir paradigma değişimi görülmektedir. Çevresel sesler bir gürültü olarak değil, bir kaynak olarak mekânsal planlama ve tasarım sürecinin bileşeni şeklinde ele alınmaktadır. İşitsel peyzajın anlamını sorgulayarak başlayan çalışmalarda, araştırmalar sadece fiziksel ölçümlerle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda ülkeler ve kültürler arasındaki işitsel peyzaj çeşitliliğini de hesaba katan bir işbirliğini beraberinde getirmektedir.

Kentsel mekânlarda işitsel peyzajı fiziksel, sosyal, kültürel, psikolojik, mimari ve bunlar gibi birçok etkenler ile birlikte çok yönlü ve bütüncül değerlendirmek gerekmektedir. Olumsuz ses kaynakları kadar olumlu ses kaynaklarını da göz önüne alarak çalışmalar yürütülmelidir. Böylelikle işitsel peyzajın insan algısı üzerine çeşitli disiplinlerden elde edilen yöntemleri birleştirerek farklı bir bakış açısı geliştirilebilecektir. Konu ile ilgili araştırmalar çok çeşitli akademik disiplinler tarafından geliştirilip, zaman içerisinde birçok farklı yöntemler uygulanmıştır.

Ancak işitsel peyzaj çalışmaları ile ilgili bilimsel ve pratik yönlendirmelerin hızlı ve sistematik bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bu nedenledir ki son yıllarda farklı yöntemler geliştirilerek çeşitlendirilmiş, özellikle de bilgisayar simülasyon ve yapay zekâ tekniklerinin çalışmalarda kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Bu noktadan yola çıkarak tez çalışmasında, işitsel peyzaj yaklaşımıyla kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede uzun zaman alan aşamaların daha hızlı ve sistemli bir şekilde ilerlemesine olanak

sağlayacak bir tahmin modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen amaç kapsamında aşağıda belirtilen bölümler üzerinden çalışma yürütülmüştür.

Birinci bölümde, çalışmanın amaç ve kapsamı açıklanıp, hedefler ortaya konmuştur. Literatürde işitsel peyzaj kavramı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların değerlendirmeleri yapılmıştır. Türkiye’de yapılmış işitsel peyzaj çalışmaları ayrıca incelenmiştir.

İkinci bölümde, işitsel peyzaj kavramı ve işitsel peyzaj çalışmalarında kullanılan akustik parametreler irdelenmiştir. Akustik parametrelerden nesnel, öznel parametreler ile özellikle kullanıcıların öznel algılarının değerlendirmelerinde kullanılan ses kalitesi (psikoakustik) parametreleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, oluşturulan modelin kuramsal yapısı açıklanmıştır. Yapay zekâ kavramı, hedefleri ve teknikleri tanımlanıp, bu tekniklerden çalışmada kullanılan “Bulanık Mantık-BM” genel yapısı detaylandırılmıştır.

Dördüncü bölümde, kullanıcıların kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeylerinin tahmin edilmesine yönelik yapay zekâ tekniklerinden BM ile bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Modelin kurgulanması aşamasında alan ve laboratuvar çalışmalarında elde edilen veriler kullanılmıştır. Diyarbakır kentini sosyal, kültürel ve tarihsel yönden oldukça iyi temsil eden Suriçi bölgesinde alan çalışması yapılmıştır. Ses yürüyüşü yöntemi ile çalışma alanında iki kulaklı ses kayıtları gerçekleştirilmiştir. Yapılan ses kayıtlarından ses kalitesi metriklerinin (gürlük, keskinlik, kabalık) nicel verileri hesaplanmıştır. Laboratuvar ortamında ses kayıtları katılımcılara dinletilerek jüri testi uygulanmış ve analizlerinin istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Ses kalitesi metrikleri ile jüri testine katılan katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca jüri testlerinin sonuçları ve ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerine ait nicel veriler kullanılarak çoklu regresyon yöntemiyle Ses Kalitesi İndeksi (SQI) oluşturulmuştur. Literatür araştırmalarından da bilindiği üzere işitsel peyzaj çalışmalarında kullanıcıların ve mekânların özelliklerinin yansıtıldığı çalışmalar daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle de çalışmada SQI gibi sadece nicel verilerin değil, aynı zamanda deneyimlerin aktarılmasına da olanak sağlayan BM ile bir model geliştirilmiştir. Modelin giriş kısmı için bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken belirlenmiştir. Bu çalışmada modelin bağımsız değişkenleri ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleridir. Kullanıcıların kentsel mekânlar için ses çevresi memnuniyet düzeyi ise bağımlı değişken olarak belirlemiştir. Model için 27 kural yazılarak bulanık kural tabanı oluşturulmuş ve çıkış elde edilmiştir.

Beşinci bölümde, oluşturulan modelin uygulaması ve sınaması alan çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ses kalitesi metriklerinden elde edilen SQI ve nicel verilerle birlikte kullanıcı ve mekân özelliklerinin yansıtıldığı kurallarla oluşturulan BM modeli, Diyarbakır Suriçi bölgesinde uygulanmıştır. Alanda gerçekleştirilen anket çalışmasıyla eş zamanlı yapılan iki kulaklı ses kayıtları ile çalışmanın sınaması gerçekleştirilmiştir. Kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ile SQI ve BM ile oluşturulan modelin doğruluğu, alan çalışmasından elde edilen bulgularla sınanmıştır. Ayrıca kullanıcıların memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek çeşitli parametreler de çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde, yapılan tez çalışmasının sonuçları ve ileriye yönelik araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

Bu tez çalışmasında BM ile oluşturulan modelin SQI'ye oranla daha iyi sonuçlar verdiği deneyimlenmiştir. BM modeli ile istatistiksel hesaplama yöntemlerine farklı bir alternatif oluşturulmuştur. Bu model yardımıyla sözel kavramlardan sayısal sonuca varılabilmektedir. Sadece nicel verilere değil, deneyimlerin aktarılmasına da olanak tanıyan tahmin modeli, nicel ve nitel metriklerin çeşitlendirilmesine esneklik tanımakta ve geri dönüşümler ile geliştirilebilmektedir. Farklı kentsel mekânların özellikleri modele yansıtılabildiğinden, oluşturulan bu model farklı özelliklere sahip mekânlar için de kullanılabilecektir. Bu model önerisi kentsel mekânlarda işitsel peyzaj değerlendirmelerinin daha hızlı ve sistemli bir şekilde ilerlemesine olanak sağlayacaktır.

İşitsel peyzaj kavramının yaygınlaşmasını ve yeni modellemelerle geliştirilmesini hedefleyen bu çalışma süresince, Diyarbakır'ın işitsel peyzajları ve özellikli ses kaynakları belgelenmiş, Diyarbakır kent kimliğinin önemli işitsel verilerinin arşivlenmesi sağlanmıştır. Bu tür işitsel peyzaj çalışmaları, kullanıcı beklentilerinin karşılandığı, özgün ve kimlikli mekânların oluşmasına da katkı sağlayacaktır.





PREDICTION OF SOUND ENVIRONMENT PLEASANTNESS LEVEL BY FUZZY LOGIC IN THE SOUNDSCAPE: DİYARBAKIR SURİÇİ APPLICATION

SUMMARY

One of the most important conditions for providing users with acoustical comfort in open or closed spaces is to decontaminate the spaces from uncomfortable and undesirable sounds (noise). In legal administration, noise is expressed only in terms of additive level.

However, research has shown that noise conditions which effect people are not the ones that are expected. For this reason, the “soundscape” approach has emerged in urban acoustic comfort. The term "soundscape" is defined as "the sound of a space". This term was first used to describe the acoustic properties of the cities, which was subsequently embodied as "the auditory features of the landscape".

Initially, the first audio-visual landscape concept was encountered in music and acoustical ecology studies, and later became widespread in other disciplines. Especially in the past fifteen years, many important projects and studies around the world have been made about soundscape. Comprehensive data has been obtained from small areas to large cities, from closed, semi-closed spaces to urban open spaces in different countries and in different cultures.

There is a paradigm shift from noise control policies to multidisciplinary approaches in today's soundscape surveys. Environmental sounds are not considered as noise but as a source of spatial planning and design process. In studies that begin by questioning the meaning of soundscape, research is not only confined to physical measurements, but also brings together a collaborative effort that adds soundscape diversity between countries and cultures.

In urban spaces, soundscape needs to be versatile and integrated with many factors such as physical, social, cultural, psychological, architectural, and so on. Studies should be conducted taking into account the positive sound sources as well as the negative sound sources. Thus, a different point of view can be developed by combining the methods of soundscape obtained from various disciplines on human perception. Research on the subject has been developed by various academic disciplines and many different methods have been applied over time.

However, scientific and practical guidance on soundscape studies needs to be achieved quickly and systematically.

This is because in recent years different methods have been developed and diversified, especially computer simulation and artificial intelligence techniques have been used in studies.

From this point of view, it was aimed to develop a prediction model that will enable the users to proceed in a more rapid and systematic way, rather than with long time consuming steps, in determining the sound environment pleasantness levels in the

urban spaces with the soundscape approach. Thesis study has been carried out through the following sections within the scope of the specified purpose.

In the first part, the purpose and scope of the study is explained and the targets are revealed. In the literature, evaluations of the studies performed using the concept of soundscape have been made. The soundscape studies carried out in Turkey have also been examined.

In the second part, the concept of soundscape and the acoustic parameters used in soundscape studies are examined. From acoustic parameters, objective and subjective parameters and psychoacoustic parameters that used in evaluating the subjective perceptions of users are explained.

In the third part, the theoretical structure of the created model is explained. The concept, aims and techniques of artificial intelligence are defined and the general structure of "Fuzzy Logic-FL" used in studying these techniques is provided in detail.

In the fourth part, a prediction model with FL, which is an artificial intelligence technique, was developed for the estimation of users' pleasantness levels of sound environment in urban spaces. The data obtained from field and laboratory studies were used in constructing the model. Field study was carried out in the Suriçi region, which represents the city of Diyarbakır quite well from the social, cultural and historical point of view. Binaural recordings were performed in the study area by the sound walk method. Quantitative data of sound quality metrics (loudness, sharpness, roughness) are calculated from the binaural sound recordings. The jury test was applied in the laboratory environment and the statistical evaluations of the analysis were made. The correlations between the sound quality metrics and the levels of the sound environment pleasantness of jury test participants were determined. In addition, the results of the jury tests and the quantitative data of the sound quality metrics of the sound recordings are used to generate the Sound Quality Index (SQI) by multiple regression method. As it is known from the literature studies, the works which reflect the characteristics of the users and spaces in soundscape studies give more successful results. For this reason, in the study, a model was developed with FL, which not only provides quantitative data such as SQI, but also allows expert opinions and experiences to be transmitted. Independent variables and dependent variables were determined for the input part of the model. In this study, the independent variables of the model are loudness, sharpness and roughness. The users' pleasantness level of the sound environment for urban spaces is determined as a dependent variable. For the model, 27 rules were written and the fuzzy rule base was created and output was obtained.

In the fifth part, the generated model was implemented and tested with a field study. The SQI obtained from the sound quality metrics and the FL model formed by the quantitative data together with the rules reflecting the user and space characteristics, were implemented in the Diyarbakır Suriçi region.

The test of the work was performed with the questionnaire survey and the simultaneous binaural recordings on the field. Findings from the study were used to test the correctness of the model formed by both SQI and FL with the users' pleasantness of the sound environment in urban areas. In addition, various parameters that may affect the satisfaction level of the users have been evaluated within the scope of the study.

In the sixth part, the results of the thesis work and suggestions for future research are presented.

In this thesis, it is observed that the model created with FL provides better results than SQI. A different alternative to the statistical calculation methods was established with the FL model. Numerical results were obtained from verbal concepts using this model. The prediction model, which allows not only quantitative data but also sharing of experiences, provides flexibility in the diversification of quantitative and qualitative metrics and can be improved by feedbacks. Since the characteristics of different urban spaces can be modeled, this model can also be used for spaces with different characteristics. This model proposal will allow soundscape assessments to progress more quickly and systematically in urban spaces.

During this study, aiming the development of the concept of soundscape and development of new models, the soundscape of Diyarbakir and their specific sound sources were documented and the archiving of important sound data of Diyarbakir city identity was ensured. Such soundscape studies will also contribute to the creation of unique and identified places that will meet user expectations.



1. GİRİŞ

Kullanıcıların, bulundukları açık ya da kapalı mekânlardaki akustik konforlarının sağlanması için en önemli koşullardan biri rahatsızlık verici olan ve istenmeyen seslerden (gürültüden) arındırılmasıdır. Yasal uygulamalarda gürültü, sadece toplamsal düzeye bağlı olarak ifade edilmektedir. Ulusal ve uluslararası literatürde gürültü için kullanılan büyüklüğün “A-weighted equivalent sound pressure level – A ağırlıklı eşdeğer ses basınç düzeyi (L_{Aeq})” olduğu bilinmektedir (WHO, 2011; T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). Son yıllarda yapılan pek çok çalışmada, çevresel gürültü politikalarının odaklandığı gürültü kontrolü için (European Parliament and Council, 2002; WHO, 1999) amaçlanan ses düzeyi azalımının kentsel alanlardaki yaşam kalitesini geliştirmede ve akustik konforu arttırmada yeterli olmadığı vurgulanmaktadır (Yang ve Kang, 2005b; Yu ve Kang, 2010; Kang ve Zhang, 2010; Kang, 2011; Maffei, 2008; Alves ve diğ., 2015; Andringa ve diğ., 2013; Asdrubali, 2014; van Kempen ve diğ., 2014). Araştırmalarda insanların gürültüden etkilenme durumlarının beklenenlerle örtüşmediği ortaya konmuştur. Bu nedenle kentsel akustik konforda “soundscape” yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Soundscape terimi ilk olarak kent plancısı Southworth tarafından 1969 yılında şehirlerin akustik özelliklerini belirtmek için kullanılmış (Southworth, 1969; Pijanowski ve diğ., 2011b), Kanadalı müzisyen R. Murray Schafer ise 1977 yılında bu terimi “peyzajın işitsel özellikleri” olarak somutlaştırmıştır (Coates, 2005; Pijanowski, 2011b). Ulusal düzeyde ilgili kelimeler için yapılan araştırmalar ve konunun uzmanlarınca yapılan görüşmeler sonucunda “soundscape” kavramının Türkçe karşılığı olarak Özçevik (2012) tarafından “işitsel peyzaj”, Bahalı (2015) tarafından “işitsel ortam”, Akkaya (2014) tarafından ise “ses peyzajı” terimleri kullanılmıştır. Bu çalışmada “soundscape” kavramı için “işitsel peyzaj” teriminin kullanılması uygun bulunmuştur.

Yapılan araştırmalarda işitsel peyzaj kavramı sadece gürültü kontrolü kapsamında düşünülmemekte, ses olgusu bir kaynak olarak mekânsal planlama ve tasarım sürecinin bileşeni şeklinde ele alınmaktadır. Günümüzde işitsel peyzaj çalışmaları

ses kaynaklarının etkin kullanımı, tasarımı ve yönetimi ile ilgili yürütülmektedir. Bu çalışmalarda zaman içerisinde birçok farklı yöntemler uygulanmış ve bu yöntemler geliştirilerek çeşitlendirilmiştir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Kentsel mekânlarda işitsel peyzajı fiziksel, sosyal, kültürel, psikolojik, mimari ve bunlar gibi birçok etkenler ile birlikte çok yönlü ve bütüncül değerlendirmek gerekmektedir. Bu nedenledir ki konu ile ilgili araştırmaların; antropoloji, mimarlık, ekoloji, tasarım, beşeri coğrafya, dil bilim, tıp, gürültü kontrol mühendisliği, psikoloji ve sosyoloji gibi akademik disiplinler tarafından geliştirildiği, son yıllarda bilgisayar simülasyon ve yapay zekâ tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada; kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede uzun zaman alan aşamaların daha hızlı ve sistemli bir şekilde ilerlemesine olanak sağlayacak bir tahmin modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Belirlenen amaç kapsamında; literatürde işitsel peyzaj kavramı kullanılarak yapılmış çalışmaların değerlendirmeleri yapıp, işitsel peyzaj kavramı ve akustik parametreler irdelenmiştir. Çalışmada kullanılacak yapay zekâ tekniklerinden bulanık mantık ile modelin kuramsal yapısı açıklanıp, tahmin modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin uygulaması ve sınaması alan çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir.

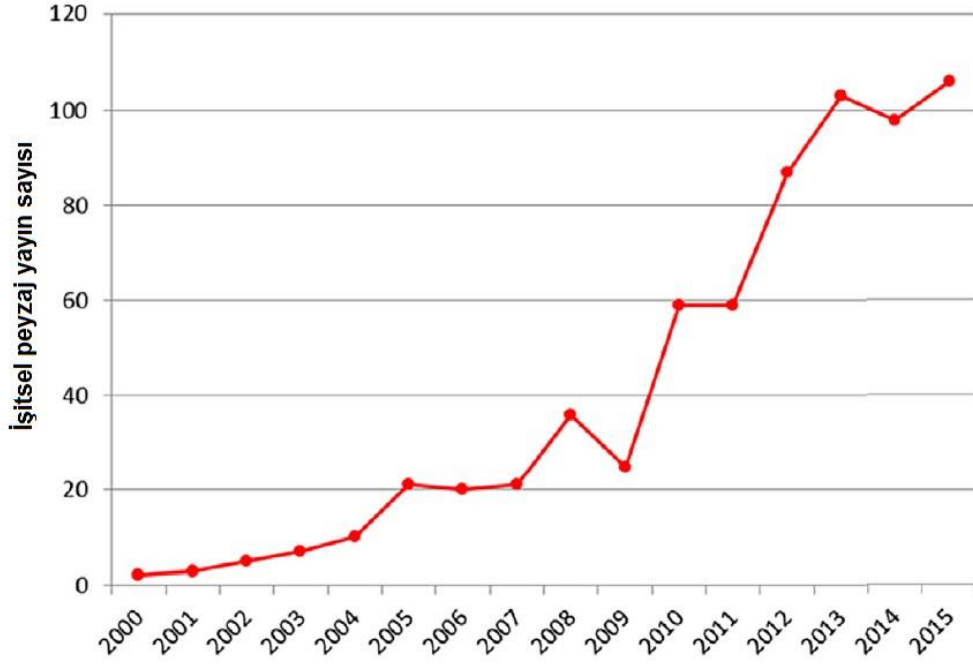
Yapılan bu çalışma,

- işitsel peyzaja yönelik araştırmaların Türkiye’de çeşitlenerek artmasını,
- kentsel mekânların işitsel peyzaj değerlendirmelerine katkı sağlamayı,
- uzun zaman alan süreçlerin sistemli bir şekilde yürütülmesini,
- dünya literatürüne yapay zekâ tekniklerinden bulanık mantık tekniğini kullanarak işitsel peyzaja farklı bir yaklaşım sunmayı hedeflemektedir.

1.2 İşitsel Peyzaj Konusunda Yapılan Çalışmalar

1960’lı yılların sonunda başlayan işitsel peyzaj çalışmalarında, ilk makaleler 1999 yılında görülmeye başlanmış (Davies, 2013a) ve son 15 yıl içerisinde belirgin bir artış göstermiştir (Şekil 1.1). Bazı dergilerde işitsel peyzaj için özel sayılar da yayınlanmıştır (Schulte-Fortkamp ve Dubois, 2006; Pijanowski ve Farina, 2011c;

Davies, 2013a; Schulte-Fortkamp ve Kang, 2013). İşitsel peyzaj ile ilgili dünya genelinde birçok önemli proje ve çalışma gerçekleştirilmiştir. Küçük alanlardan, büyük kentlere, kapalı, yarı-kapalı mekânlardan kentsel açık alanlara kadar farklı ülkelerde, farklı kültürlerde oldukça kapsamlı veriler elde edilmiştir.



Şekil 1.1 : Yıllara göre yayınlanan işitsel peyzaj yayın sayıları (Kang, 2016).

İşitsel peyzaj konusunda yapılmış çalışmalar incelendiğinde World Soundscape Project (WSP) - Dünya İşitsel Peyzaj Projesi'nin ilk ve en kapsamlı çalışma olduğu anlaşılmaktadır. Bu proje Kanadalı besteci R. Murray Schafer öncülüğünde Simon Fraser Üniversitesi'nde 1960 sonlarıyla 1970 başlarında sürdürülmüştür. Projede, çevresel ses toplama, sesin değişen karakterini belirleme, işitsel çevrede toplumun ses farkındalığını ortaya çıkarma ve gürültü kirliliğine farklı bir bakış olarak işitsel peyzaj tasarımının genel yaklaşımı ve uygulaması hedeflenmiştir. Projede, akustik çevrenin ve teknolojinin çevre üzerindeki etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. İnsan topluluğunun ses çevresi ile arasındaki ilişkinin uyum içinde olduğu ekolojik olarak dengede olan işitsel çevreler için çözümler bulmak hedeflenmiştir. Bu proje işitsel peyzaj araştırmalarının yapılmasına ve gelişmesine öncülük etmiştir (Url-1; Url-2). Dünya İşitsel Peyzaj Projesi'nden elde edilen deneyim ve bulguların da yardımıyla Schafer tarafından yazılan "The Tuning of the World" kitabı işitsel peyzaj konusundaki en ayrıntılı yayınlardan birisidir (Schafer, 1977).

Kentsel mekânlarda yapılacak işitsel peyzaj çalışmalarında; fiziksel, sosyal, kültürel, psikolojik ve mimari etkenler gibi çok yönlü ve bütüncül düşünmek gerekmektedir. Olumsuz ses kaynakları kadar olumlu ses kaynaklarını da göz önüne alınarak çalışmalar yürütülmelidir. Bu nedenle de işitsel peyzaja ilişkin çalışmalar disiplinler arası bir yapı gerektirmektedir (Cain ve diğ, 2008; Zhang and Kang, 2007; Maffei, 2008; Raimbault ve diğ, 2003; Raimbault, 2006; Akpınar ve diğ, 2013; Irvine ve diğ, 2009).

Başlangıçta işitsel peyzaj çalışmalarının birçoğu tek disiplinden yürütülürken çalışmaların zamanla disiplinler arası yürütüldüğü görülmüştür. Böylelikle işitsel peyzajın insan algısı üzerine çeşitli disiplinlerden elde edilen yöntemleri birleştirerek farklı bir bakış açısı geliştirilebilmiştir. Örneğin; The Positive Soundscape Project (PSP), EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council) tarafından desteklenmiş ve disiplinler arası (akustik, ses kalitesi, ses sanatı, sosyal bilimler, psiko-akustik, akustik ekoloji, üretim, fizyoloji) yürütülmüş bir projedir. 2006-2009 yılları arasında yürütülen proje, çevresel seslerin yeniden değerlendirilmesini farklı disiplinlerle araştırmıştır (Hume ve Ahtamad, 2013; Davies ve diğ, 2007; Davies ve diğ, 2009a, 2009b; Davies ve diğ, 2013b; Adams ve diğ, 2008; Adams ve diğ, 2009a, 2009b).

Çoklu disiplinler arası bakışın gerekli olduğunu belirten “COST - Bilim ve Teknolojide Avrupa İşbirliği (European Cooperation in Science and Technology)”, ulusal kaynaklarla desteklenmiş araştırma projelerinin Avrupa düzeyinde koordinasyonunu sağlamak ve Avrupa bilim insanlarının ortak çalışmalarını desteklemek amacıyla kurulmuş bir organizasyondur. COST işitsel peyzaj araştırmalarının, sadece fiziksel ölçümlerle değil beşeri/sosyal bilimlerle (psikoloji, sosyoloji, antropoloji, mimarlık, sağlık gibi) birlikteliği içererek geleneksel yaklaşımlara değişim sunduğu belirtilmektedir. Türkiye’nin de kurucu ülkeler arasında yer aldığı COST 1971 yılında kurulmuştur. Cost’un çalışmalarında yer alan COST Action TD0804, “Soundscape of european cities and landscapes” başlığı altında yürütülmüştür. Proje, 2009-2013 yıllarını kapsayan 4 yıllık bir çalışmadır. Bu projede Avrupa’da bulunan 18 ülke, Avrupa dışından ise 7 ülke olmak üzere 25 ülke yer almaktadır. Proje kapsamında araştırmacılar ve araştırma projeleri atölye çalışmaları ve buluşmalarla belirli periyodlarda bir araya gelmişlerdir. COST’la mevcut araştırma yöntemleri modernize ve harmonize edilip, böylece dünya çapında

yapılan çalışmalar karşılaştırılabilmiştir. Projede, Avrupa Birliği çevresel gürültü politikasının amaçladığı ses düzeyi azalımının kentsel/kırsal alanlardaki yaşam kalitesini geliştirmede yeterli olamadığı vurgulanmaktadır. Ayrıca işitsel peyzajın ülkelere, kültürlere göre değişiklik gösterdiğini açıklamaktadır. Proje, planlanan ve yeniden şekillendirilen kentsel/kırsal alanları tasarlayanlara ve karar mercilerine destek sağlayacak araçları, laboratuvar/alan çalışmasından oluşan veri tabanını sunmayı amaçlamaktadır (COST Action TD0804; Brown, 2012).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda ses çevresinin değerlendirilmesinde işitsel peyzaj kavramının yoğun bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu konuyla ilgili çalışmalarda farklı disiplinlerde ve fiziksel alanlarda uygulamaların gerçekleştirildiği, çeşitli amaçların, değerlendirme ölçütlerinin ve yöntemlerin ortaya konulduğu anlaşılmaktadır. İşitsel peyzaj konusunda yapılan kapsamlı çalışmalardan, çeşitli amaçlar doğrultusunda, değerlendirilmeler için iki ana yöntemin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bunlar, ses seviyesinin değerlendirildiği nesnel değerlendirmeler ve ses tercihlerinin değerlendirildiği öznel değerlendirmeler şeklinde gerçekleştirilmektedir.

1.2.1 Nesnel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar

Nesnel değerlendirmelerde ses seviyesinin nicel verileri elde edilmekte ve bu verileri elde etmek için fiziksel ölçümler yapılmaktadır. Akustik konforun belirlenmesinde en çok kullanılan ve nicel verilerin elde edilmesi yöntemlerinden birisi gürültü düzeyi ölçümleri, özellikle de gürültü haritalarının hazırlanmasıdır. 2002 yılında tüm Avrupa Birliği ülkelerinin “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi” yönergesi (European Parliament and Council, 2002; T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010) çerçevesinde, nüfusun yoğun olduğu ve ana yolların bulunduğu alanlarda gürültü analizlerinin yapılması zorunlu hale getirilmiştir (Hiramatsu, 2004; Stimac, 2005; Tsai ve diğ., 2009).

İşitsel peyzaj çalışmalarında kullanılan nicel veriler sıklıkla ses basınç düzeyi (SPL), A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi (L_{Aeq}) ile ses kalitesi (psikoakustik) metrikleridir. Bu veriler ses düzeyi ölçüm cihazlarından ya da iki kulaklı (binaural) ses kayıt cihazlarıyla gerçekleştirilen ses kayıtlarından elde edilmektedir. Nicel ölçümlerle ses kaynakları tanımlanabilmekte, işitsel peyzaj haritaları

oluşturulabilmektedir. Ayrıca işitsel peyzaj sınıflandırmaları da nesnel değerlendirmelerle yapılabilmektedir.

Morillas ve diğ. (2013) İspanya'nın Caceres kentinde ses düzeyi ölçüm cihazıyla gerçekleştirdikleri nicel ölçümlerden edindikleri veriler ile (Escobar ve diğ, 2012) çok sayıda ve çeşitlilikte gürültü kaynaklarını tanımlamışlardır. Bu kaynaklar gruplandırılıp (araçlar, geçenler, kuşlar, ziller, çalışmalar, insanlar, hayvanlar), her bir grup için ses düzeyi ölçümleri (L_{eq}) yapıp, istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Bu çalışma nicel verilerle mekânların ses enerjilerinin analiz edilebildiğini, ses kaynaklarının maskeleye etkilerinin belirlenebildiğini göstermiştir.

Nicel verileri elde etmede kullanılan iki kulaklı ses kayıtları belirlenen bir noktada ya da bir rota boyunca ses yürüyüşü (soundwalk) yöntemi ile yapılabilmektedir (Semidor, 2006). İşitsel peyzaj ile ilgili yapılan birçok çalışmada ses yürüyüşlerinin gerçekleştirildiği, bu yürüyüşlerle ses kayıtlarının yapıldığı görülmüştür. Yapılan ses kayıtlarından uygun yazılımlar kullanılarak nicel veriler hesaplanabilmektedir. Ses kayıtları hem yapılan nicel analizlerle çalışma alanlarının değerlendirilmesinde (Semidor, 2006; Semidor ve Venot-Gbedji, 2007; Rychtarikova ve Vermeir, 2009, 2013; Liu ve diğ, 2013; Fernandez ve diğ, 2014), hem de laboratuvar ortamında yapılan anketlerde (Axelsson ve diğ, 2010; Hall ve diğ, 2013; Yu ve Kang, 2010; Ge ve Hokao, 2005; Davies ve diğ, 2013b; Davies ve Murphey, 2012) kullanılabilmektedir.

Semidor (2006) ses yürüyüşü (soundwalk) yöntemini açıkladığı çalışmasında, kentsel işitsel peyzajın bazı bileşenlerini tanımlamada ses yürüyüşünün faydalı olabileceğini belirtmektedir. Bu çalışmasında aynı caddede gerçekleştirdiği iki ses kaydından birini cepheye yakın, diğerini caddenin ortasında gerçekleştirmiştir. Her iki kayıta da ses kaynaklarının aynı olmasına rağmen düzeylerinin farklı oluşuna dikkat çekmiştir. Semidor ve Venot-Gbedji (2007) Cenova'nın tarihi bölgelerinde yaptıkları çalışmada ise önceki çalışmadan farklı olarak ses yürüyüşü iki kişi tarafından aynı bölgelerde, aynı zamanda farklı iki rotadan (birbirinin tersi) yapılmıştır. Bu çalışmada, ses yürüyüşüne ait akustik görüntülerin analizleri grafikler üzerinden yapılarak çalışma alanı tanımlanmıştır.

Ses yürüyüşü yöntemini kullanarak iki kulaklı ses kayıtları yapan araştırmacılardan Rychtarikova ve Vermeir (2009, 2013) “Development of the Urban Public Spaces Towards Sustainable Cities” projesi kapsamında nicel akustik parametrelerin dayanağında işitsel peyzaj sınıflandırmasını oluşturmuşlardır. Çalışmalarında parklar, meydanlar, sokaklar gibi kentsel toplu mekânlarda ses kayıtlarını gerçekleştirmişlerdir. 15-20 dakikalık 370 ses yürüyüşü kayıtlarının analizleri yapıp A ağırlıklı ses basınç düzeyi (L_5 , L_{50} , L_{95}), kabalık (R_5 , R_{50} , R_{95}), dalgalanma şiddeti (F_{10} , F_{50} , F_{95}), keskinlik (S_5 , S_{50} , S_{95}), kentsel kulaklar arası düzey farkı (uILD2) olmak üzere 13 akustik parametre için nicel veriler hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen nicel verilere göre 20 farklı kümeleme yapıp, işitsel peyzaj kategorileri oluşturulmuştur.

Mei ve Kang (2012) tarafından yapılan çalışmada ise tipik bir ofis kompleksinin beş katlı geniş bir atriumunda ses dağılımı ve çınlama deneysel olarak değerlendirilmiş, temel ses alanı karakteristikleri açıklanmıştır.

Liu ve diğ. (2013) çalışmalarındaki ses kayıtlarını Ağustos 2011 yılında Rostock, Almanya’da gerçekleştirmişlerdir. Üç temel kaynağa ayrılan ses atmosferi için - jeofoni (herhangi bir yaşam alanında meydana gelen biyolojik olmayan sesler), biophony (belli bir yaşam alanındaki bütün organizmalar tarafından oluşturulan tüm sesler) ve antropofoni (insanlar tarafından üretilen kontrollü ya da düzensiz, anlaşılmaz tüm sesler)- alanda yapılan ses kayıtları kullanılarak işitsel peyzaj haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonucunda kentsel işitsel peyzajda antropofoni olarak tanımlanan seslerin baskın olduğunu, jeofoni ve antropofoninin de belirgin bir rolü olduğu vurgulanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere nicel ölçümler aracılığıyla kentsel mekânlarda işitsel peyzaj haritaları oluşturulabilmekte, ses kaynakları tanımlanabilmekte, işitsel peyzaj sınıflandırmaları yapılabilmektedir.

1.2.2 Öznel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar

Ses çevrelerinin nicel verilerine odaklı çalışmalar işitsel peyzaj çalışmalarının büyük bir kısmını oluştursa da mekânların ses basınç düzeylerinin ya da gürültü düzeylerinin azaltılmasıyla işitsel peyzaj kalitelerinin arttırılamadığı bilinmektedir. Bir mekânın işitsel peyzaj algısının belirlenmesinde sesin sadece fiziksel olarak ele alınması değerlendirmede yeterli olmamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar da

sesin sadece fiziksel özelliklerinin değil, kullanıcı tercihlerinin de önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle kullanıcıların ses çevrelerine yönelik tercihlerini, beklentilerini tespit etmek oldukça önemlidir. Schafer'ın (1994) "The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the World" kitabında belirttiği gibi; bilim, toplum ve sanat arasındaki orta yol olarak ilk kavramsallaştırılan işitsel peyzaj çalışmalarının alan çalışmalarında sosyal bilimlerin yöntemlerinden incelemeler, anketler ve derinlemesine görüşmeler önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde yapılan birçok projede; European Five Villages Soundscapes ve devamındaki çalışma olan Acoustic Environments In Change, Tokyo'daki Kanda Soundscape Project, One Hundred Finnish Soundscape, Towards a Social Ecological Soundscape (TESE) bu kanıtlanmıştır (Hiramatsu, 2004, 2006; Kytö ve diğ. 2007; Leadley, 2015; Url-3; Url-4; Url-5). Kullanıcıların ses tercihlerinin değerlendirilmesi için öznel verilerin kullanılması gerekmektedir. Bunun için, uzman görüşlerini ve kullanıcı verilerini elde etmekte kullanılan sözlü görüşmeler ve/veya anketler işitsel peyzaj çalışmalarında sıklıkla uygulanmaktadır.

Kullanıcıların ses çevresi algısını belirlemeye yönelik öznel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalar, sözlü görüşmeler, yazılı notlar ya da anket formları aracılığı ile olabilmektedir. Bu çalışmalarda kullanıcılardan elde edilen öznel verilerin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisi "Anlamsal Ayrılık Analizi - Semantic Differential Analysis" tekniğidir. Osgood ve diğ. (1957) tarafından geliştirilen, kelimelerin duygusal anlamlarını tanımlamaya yönelik olan bu teknik ile kullanıcıların dilbilimsel (linguistik) ve psikolojik düzeyde duyularının, kentsel mekânlardaki ses kaynakları ile bağlantısının kurulması mümkün olmaktadır (Davies ve diğ, 2009b; Kang and Zhang, 2010).

Öznel değerlendirmeler hem kullanıcılarla hem de akustik uzmanları, mimarlar, kent plancıları ya da öğrencilerle yapılabilmektedir. Bu çalışmalar uygun laboratuvar koşullarında (Lavandier ve Defréville, 2006; Axelsson ve diğ, 2010; Suhanek, 2012; Davies ve Murphey 2012; Hall ve diğ, 2013; Payne, 2013; Cain ve diğ, 2013) veya alanda (Skanberg ve Öhrström 2002; Hiramatsu, 2003; Raimbault ve diğ, 2003; Raimbault ve Dubois, 2005; Raimbault, 2006; Yang ve Kang 2005b; Zhang ve Kang 2007; Nilsson ve Berglund, 2006; Nilsson, 2007; Liu ve diğ, 2014; Axelsson ve diğ, 2014; Ismail, 2014; Aletta ve diğ, 2016c) gerçekleştirilmektedir. Bazı çalışmalarda hem alanda hem de laboratuvarda öznel değerlendirilmelerin yapıldığı görülmektedir

(Ge ve Hokao, 2005; Brambilla ve Maffei, 2006; Yu ve Kang, 2010; Davies, 2013b; Bruce ve Davies, 2014).

Axelsson ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada iki kulaklı ses kayıtlarını deneklere dinletmişlerdir. Londra ve Stokholm'un 10 farklı kentsel açık alanların işitsel peyzajlarına ait iki kulaklı kayıtlarının yer aldığı geniş bir veri tabanından 50 adet 30 saniyelik kayıtlar seçilmiştir. Bu kayıtların seçiminde çeşitli çevresel sesleri içermesi ve geniş bir SPL aralığının olması (43–79 dB $L_{Aeq,30s}$) amaçlanmıştır. Ses kayıtları insan sesleri, doğa sesleri ve teknolojik sesler olarak üç gruba ayrılmıştır. Üniversite öğrencilerine dinletilen bu kayıtlardan memnuniyet, hareketlilik ve aşinalık algısı A ağırlıklı ses basınç düzeyi (L_{A10} - L_{A90}) ve Zwicker gürlüğü (N_{10} - N_{90}) metrikleriyle ölçülmüş, ana bileşenler modeli oluşturulmuştur.

Davies ve Murphey (2012) yaptıkları çalışmada öznel değerlendirmeyi sadece laboratuvar ortamında uygulamışlardır. Manchester'da bulunan dört kentsel mekânda ses kayıtlarını gerçekleştirip, kayıtları üniversite öğrencileri ve öğretmenleriyle anlamsal ayrılık analizi tekniğini kullanarak değerlendirmişlerdir. Ancak bu çalışmada kayıtlar iki kulaklı mikrofona yapılmamıştır. Bu nedenle de katılımcılara ses kayıtları 3D hoparlörün kullanıldığı yarı-çınlamasız odada dinletilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları Kang'ın (2007) da benzer şekilde anlamsal ayrılık analizi tekniğini kullandığı ve alanda yaptığı anket çalışmasının sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçlarında benzerlikler bulunmuştur.

Suhanek (2012), benzer işitsel peyzajlarda ani oluşan ses gürlüğü değişikliklerinin algılanması ile ilgili yaptığı çalışmada Zagreb'i tanımlayan birkaç işitsel mekânın öznel değerlendirmesini yapmıştır. Zagreb'te belirli kentsel mekânlarda sesleri kaydederek analizlerini gerçekleştirmiştir. Bu mekânları kullanan kişilere laboratuvar ortamında anket uygulanmıştır. Bu araştırmada, hangi mekânın en sevilen ve arzu edilen, hangi mekânın ise katlanılamaz ve sinir bozucu olduğunu ve nedenlerini saptamak amaçlanmıştır.

Hall ve diğ. (2013) kentsel işitsel peyzajın algısal, psikoakustik ve akustik özelliklerinin istatistiksel olarak değerlendirdikleri çalışmalarında İngiltere'deki arşivlenmiş ses kayıtlarını kullanmışlardır. 8 saniyelik 219 klip laboratuvar ortamında 21-55 yaş arası 15 kişiye dinletilerek anket uygulanmıştır. Bu çalışmada memnuniyetlik ve coşkunluk derecelerini diferansiyel sıfat çiftleriyle belirlemeye

çalışmışlardır. Ayrıca memnuniyet ve canlılık ses kliplerinin akustik ve psikoakustik metrikleriyle de değerlendirilip anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir.

Laboratuvarlar kontrollü bir değerlendirme yapmaya yardımcı olsa da karmaşık ses kaynaklarının oluşturulması, sesin fiziksel etkenlerle birlikte sosyal, kültürel gibi etkenlerle etkileşiminin sağlanması mümkün olmayabilmektedir. Bu yöntem yapay bir senaryoyu yansıttığından gerçekçilik duygusundan yoksun olabilmektedir. Bu nedendir ki işitsel peyzaj çalışmalarında öznel değerlendirmeler sıklıkla alan çalışmaları ile gerçekleştirilmektedir.

Skanberg ve Öhrström (2002) “Soundscape Support to Health” projesi kapsamında yaptıkları çalışmada kentsel yerleşim mekânlarında işitsel peyzaj tasarımını optimize etmek için alan anketlerinden ve nicel ölçümlerin analizlerinden yararlanarak algılanan işitsel peyzaj, refah ve sağlık arasındaki bağlantıyı kurmayı amaçlamışlardır.

Raimbault ve diğ. (2003) iki Fransız kentinde aynı anda uygulanan paralel iki çalışma ile kentsel mekânların işitsel peyzaj algısını araştırmışlardır. Mekânlardan geçerken kullanıcılara yapılan anketlerle o andaki ses çevresiyle ilgili düşünceleri sorulmuş ve aynı anda ortamdaki sesler de kayıt altına alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda ana caddeler için akustik parametrelerin belirttiği sonuçlar ile ankete katılanların yaptığı yorumların örtüştüğü belirlenmiştir. Mekânsal boyut algısı ve akustik faktörler arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Yang ve Kang (2005b) araştırmalarında 14 Avrupa kentinde, kentsel açık alanlarda L_{eq} ölçümlerini yapmışlardır. Yapılan bu araştırmanın sonucunda, ses düzeyinin 73 dBA değerinin altına düştüğü zaman, öznel değerlendirmelerin olumlu yönde etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Nilsson (2006, 2007) ise çalışmasında kaliteli bir işitsel peyzaj oluşturabilmek için, gün içerisinde mekânlardaki ses düzeyinin 50 dBA altında olması gerektiğini önermektedir. Teknolojik seslerin işitsel peyzaj kalitesini olumsuz yönde etkilediğini, doğal seslerin ise olumlu etki yaptığını vurgulamıştır.

Yang ve Kang’ın (2005b) çalışmalarında L_{eq} ölçümleri her bir anket için görüşmenin hemen sonrasında ya da görüşme sessizce uygulanırken yapılmıştır. Benzer şekilde Meng ve Kang’ın (2013), Raimbault (2006) ve diğ. (2003) çalışmasında da her bir anket görüşmesi sonrasında L_{Aeq} ölçümleri yapılmıştır.

Brambilla ve Maffei (2006) İtalya’da iki deneysel araştırma ile bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın ilki, Napoli’deki üç kent parkında kullanıcıların öznel algılarıyla ilgili yürütülen alan çalışmasıdır. İkincisi ise, kırsal parklarda farklı sinyal-gürültü oranlarına sahip çeşitli kaynaklardan elde edilen seslerle iki kulaklı yapılan ses kayıtlarından elde edilen kliplerin bir grup katılımcıya laboratuvar ortamında dinletilerek uygulanmasıdır. Yapılan çalışmanın sonucunda özel bir ortamda denekler tarafından ses kaynaklarının duyulduğu ortama uygun duyulma beklentisinin, katılımcıların rahatsızlıklarını etkilediğini göstermiştir. Ayrıca sesin düzeyinin ve doğal olmayan seslerin algılanırlığının az olması ile kabul edilebilirliği artmaktadır.

Sesin fiziksel özelliklerinin dışında demografik, sosyolojik ve kültürel etkenler de kullanıcıların ses çevresiyle ilgili işitsel peyzajın öznel değerlendirmeleri üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin Zhang ve Kang (2007) çalışmalarında belirli ses tipleri için kullanıcı tercihlerinin farklı ülkelerdeki çalışmalarda değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. Bununla birlikte gün ışığı, nem oranı, rüzgâr gibi fiziksel etkenlerin de, kullanıcıların mekândaki işitsel peyzaj tercihlerini etkileyebildiğini belirtmişlerdir.

Kang ve Zhang (2010) araştırmalarında uyguladıkları anketleri 3 aşamadan oluşturmuşlardır. Birinci aşamada 48 üniversite öğrencisiyle Schefffield’in dört tipik kentsel açık mekânlarında işitsel peyzaj yürüyüşü yapıp öğrencilere anketler düzenlenmiştir. İkinci aşamada iki bölgede 491 denekten oluşan genel halkla detaylı bir işitsel peyzaj değerlendirmesi yapılmıştır. Üçüncü aşamada 223 mimarlık öğrencisiyle işitsel peyzaj değerlendirmesi yapılmıştır. Anlamsal ayrılık analizinin kullanıldığı anketlerde kentsel mekânların işitsel peyzaj değerlendirmesinde demografik faktörlerin önemli olduğu belirtilmiştir. Genel halk ile tasarımcılar karşılaştırıldığında, tasarımcıların doğal ses kaynaklarını ve yeşil mekânları daha fazla tercih ettikleri ve değerlendirmelerinin daha çeşitli olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca Kang ve Zhang bu çalışmada iki iklimsel dönemde (ilkbahar/yaz ve sonbahar/kış) 100-150 katılımcı ile yapılan çalışmaların kentsel açık mekânların işitsel peyzaj değerlendirmesi için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yu ve Kang (2010), Avrupa ve Çin’de 2001-2005 yılları arasında 19 bölgede alan çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Bu bölgelerde yapılan çalışmalarda kişilerin sosyal/kültürel altyapıları, bölgedeki aktiviteleri ve davranışları, sesleri tanımlamaları

ve ses tercihlerini içeren anketler hem alanda hem de laboratuvarda uygulanmıştır. 56 katılımcıyla gerçekleştirilen laboratuvar çalışmasında katılımcıların ses tercihlerinde sosyal/demografik faktörlerin (yaş, eğitim düzeyi, cinsiyet, meslek) etkisi, fiziksel, davranışsal ve psikolojik faktörlerin etkisi, konutlarının durumu ve konutlarındaki ses çevrelerinin etkisi anketler aracılığıyla araştırılmıştır.

İşitsel peyzaj konusunda yapılan bazı çalışmalarda görsel algı ile işitsel algı ilişkileri de araştırılmıştır. Görsel mekânların, işitsel peyzaj algısındaki etkilerinin anlaşılması amacıyla görsel ve işitsel kombinasyonlar oluşturulmuştur. Carles ve diğ. (1999) çalışmalarında görsel ve işitsel uyaranlar arasındaki ilişkinin etkilerini araştırmışlardır. Araştırma kapsamında ses ve görüntü kombinasyonları katılımcılara gösterilip dinletilerek katılımcıların memnuniyet düzeyleri ölçülmüştür. Bu çalışma ses ve görüntü arasında tutarlılık ve uyumun kullanıcılar tarafından tercih edildiğini göstermektedir.

Viollon ve diğ. (2002) çalışmalarında ne kadar çok görüntü, o kadar çok ses kirliliği düşüncesini test etmeyi ve kötü görüntülerin ses algısını da etkileyip etkilemediğini tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Yaptıkları değerlendirmeler sonucunda, özellikle insan sesi içermeyen tüm ses kaynakları eşliğinde gösterilen görüntülerde kentsel nitelikler arttıkça, işitsel peyzaj değerlendirmelerinin de olumsuz yönde etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Arras ve diğ. (2003) tarafından Sardunya Adası'nın Cagliari kentinde 6 işitsel ve mimari peyzaj alanında iki kulaklı ses kayıtları yapılmış ve mekânlara ait fotoğraflar çekilmiştir. 36 kombinasyon 107 katılımcı ile değerlendirilerek akustik ve görsel uyarıcıların peyzaj algısına etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada ortaya çıkan görsel ve işitsel ilişkilerle iki duyuşsal uyarıcının katılımcıların değerlendirmelerine daha fazla olanak sağladığını göstermiştir. Ayrıca katılımcıların kararlarında seslerin, görsel imajlardan daha baskın olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma da diğer birçok çalışmada olduğu gibi, mekânlar tasarlanırken toplumun özellikle ses ile ilgili olan algısının tasarımlara dâhil edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Ge ve Hokao (2005) tarafından Japonya'nın Saga şehrinin 8 sokağında işitsel peyzajın mekânsal analizi üzerine yürüttükleri çalışmada insanların ses tercihleri, işitsel peyzaj algısı, işitsel ve görsel elemanlar arasındaki ilişkiler tanımlanmaya çalışılmıştır. Alanda 75 yetişkinle yapılan anket çalışmasında kullanıcıların

çevrelerindeki sesleri tercih edip etmedikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca eş zamanlı ses ve görüntü kayıtları yapılmıştır. 45 üniversite öğrencisine 8 bölgeden elde edilen işitsel ve görsel kayıtlar dinletilmiş ve izletilmiştir. İlk olarak sadece kaydedilen sesleri dinleterek ve sonrasında ses ve görüntüyü birlikte dinletip izleterek ve anlamsal ayrılık analizi tekniği kullanılarak anket uygulanmıştır. Bu çalışmada işitsel imajlar ve görsel faktörler arasında etkileşim araştırılarak işitsel peyzaj tipleri belirlenmiş ve kümeleme analizi yoluyla özellikleri ayrıştırılmıştır.

Payne, (2013), Yu ve Kang (2010), Cain ve Jennings (2007)'in yaptıkları çalışmada, katılımcılara Ge ve Hokao'nun (2005) çalışmalarındaki gibi hem sesli kayıtlar dinletilerek hem de görüntülü kayıtlar izletilerek ses çevrelerinin etkisi araştırılmıştır.

Literatür araştırmasından işitsel peyzajda birçok yöntemin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bazı çalışmalarda çeşitli yöntemlerin birlikte kullanılabildiği de görülmektedir. Örneğin; The Positive Soundscape Project'te (PSP), nesnel ve öznel verileri elde etmede nicel ölçümler, alan çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, ses yürüyüşleri, görüşmeler, anketler gibi çok çeşitli değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır (Davies, 2013b; Adams, 2009a; Adams, 2008; Davies, 2007). De Coensel ve diğ. (2010) kentsel planlamanın erken safhalarında işitsel peyzaj yaklaşımının çok etkili olabileceğini belirttikleri çalışmalarında da çeşitli değerlendirme yöntemlerini birlikte kullanmışlardır.

İşitsel peyzaj çalışmaları ilk olarak kentsel açık mekânlarda başlasa da zaman içerisinde kapalı mekânlarda da yoğunlaşmıştır.

Berglund ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada kullanıcıların işitsel peyzaj değerlendirmelerini hem kapalı mekânlarda hem de kentsel açık alanlarda yapmışlardır. Chen ve Kang'ın (2004) alışveriş merkezlerinin atrium mekânlarında düzenledikleri anketler, müşterilere ve çalışanlara akustik konfor değerlendirmesi için uygulanmıştır.

Kang (2006) 8 çeşit yapıda (demiryolu istasyonları, alışveriş merkezleri, kütüphaneler, açık planlı ofisler, yüzme alanları, yemek alanları, futbol stadyumları, kiliseler) gerçekleştirdiği alan çalışmasında, bu yapılarda akustik çevre konforu için nesnel ve öznel parametreler arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sosyal ve demografik altyapı, psikolojik adaptasyon, ses tercihi, akustik işlem tercihi,

akustik ve diğer çevresel faktörler arasındaki etkileşim ve yetersiz akustik kalitenin muhtemel sağlık etkilerini içermektedir.

Dökmeci ve Kang (2010, 2011a) kapalı mekânlar için yaptıkları araştırmada işitsel peyzaj çalışmalarında kullanılması gereken ölçütleri ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmalarında iç mekânlar için öznel değerlendirmelerde önemli bir yeri olan psikoakustiğin önemini vurgulamışlardır.

Okçu (2011), yaptığı çalışmada sağlık yapılarında işitsel peyzajın iyileştirilmesi için tasarım yöntemleri geliştirmeye çalışmıştır (Okçu ve diğ. 2011).

Meng ve Kang (2013) araştırmalarını Çin'in Harbin şehrindeki 6 alışveriş merkezinde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kullanıcıların sosyal ve davranışsal karakteristiklerinin akustik konfor ve öznel gürlük üzerindeki etkisini belirlemeye çalışmışlardır.

Mackrill ve diğ. (2013, 2014) kapalı mekân olarak hastane yapıları için yaptıkları çalışmada, hastanelerin pozitif işitsel peyzajlarının sağlanması gerekliliği belirtilmiştir. Tang ve diğ. (2013) ise işitsel peyzaj çalışmalarını yer altı alışveriş merkezinde gerçekleştirmişlerdir.

Sıklıkla alan ve laboratuvar ortamlarında nicel ölçümler ile öznel değerlendirmelerin uygulandığı çalışmalarda işitsel peyzaj değerlendirme yöntemleri için Cordeiro ve diğ. (2013), kaliteli ve geçerliliği olan laboratuvar test teknikleri geliştirmeye çalışmışlardır. 25 katılımcıyla gerçekleştirdikleri çalışmada üniversite kafeteryasında kaydettikleri sesleri laboratuvar ortamında iki farklı test yöntemiyle deneklere dinleterek yaptıkları anket sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada kafeteryada oturan bir kişi oturduğu pozisyonda ses kaydı ve video kaydı yapmıştır. İlk aşamada katılımcılara ses kayıtları kulaklıkla dinletilmiştir. İkinci aşamada üniversite kafeteryasında kaydettikleri sesleri duvarlarda konumlandırılmış 16 ayrı hoparlörlü çok kanallı çevre sistemi ile donatılmış laboratuvarında katılımcılara dinletmişlerdir. Mekânın duygusunu verebilmesi için test alanında bazı kafeterya koşulları oluşturulmuştur (üzerlerinde tabakların, içeceklerin bulunduğu masalar gibi). Katılımcıların önüne video projeksiyonun yansıtıldığı geniş bir ekran yerleştirilmiştir. Laboratuvarın tavanında katılımcının masasını aydınlatan sadece bir tane aydınlatma elemanı kullanılmıştır. İki kulaklı dinleme ve çok kanallı çevresel dinlemeden oluşan iki çalışmanın sonucunda katılımcılar, en gerçekçi işitsel

deneyimi sağladığından çevresel sistemi seçmişlerdir. Bu çalışmanın devamında üç duvarda video projeksiyonun ve 6 hoparlörün tavanda bulunduğu kubbe benzeri kurulum oluşturarak sistemi geliştirmek hedeflenmektedir.

Literatürde yer alan işitsel peyzaj çalışmaları incelendiğinde gerek kentsel açık alanlar, gerekse de kapalı alanlar gibi çeşitli mekânlar ve farklı amaçlar için birçok değerlendirme yöntemlerinin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Öznel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalarda işitsel peyzaj algısına yönelik daha kapsamlı verilerin elde edildiği görülmektedir. Özellikle ilk defa çalışmanın yapılacağı bir bölgenin işitsel peyzaj algısı değerlendirilirken nesnel verilerle birlikte öznel verilerin de elde edilmesi daha anlamlı sonuçlar sağlayacaktır.

1.2.3 Yapay zekâ teknikleriyle yapılan çalışmalar

İşitsel peyzaj ya da ses kalitesi ile ilgili çalışmalarda, ses çevrelerinin nesnel olarak değerlendirilmesinde ya da kullanıcı algısının belirlenmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan model Çoklu Lineer Regresyon (Multiple Linear Regression - MLR) olmakla birlikte (Pietila ve Lim, 2012) son yıllarda birçok bilimsel alanda olduğu gibi akustikte ve özellikle de işitsel peyzajda yapay zekâ tekniklerinin kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

Yu ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada, kentsel mekânlarda işitsel peyzaj değerlendirmeleri için yapay sinir ağları (ANN) ve ordinal lojistik regresyon (OLR) tekniklerini kullanılarak tahmin modelleri geliştirmişlerdir.

Yu ve Kang (2009) tarafından kentsel açık mekânlarda işitsel peyzaj kalitesi değerlendirmelerinin tahmin edilmesinde bilgisayar temelli modellemelerin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Alan çalışmalarından elde edilen veriler ile işitsel peyzaj değerlendirmeleri için fiziksel, sosyal, davranışsal, demografik ve psikolojik özellikler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yapay sinir ağları (Artificial Neural Network - ANN) ile modellemenin yapıldığı çalışmada bireysel alan çalışmalarına dayanan modellerin daha iyi işlemekte olduğu, çeşitli bölge ve fonksiyonlara uygun özel modellerin güvenilir olabildiği belirtilmiştir. Bu çalışmanın devamında Yu ve Kang'ın 2010'da gerçekleştirdiği çalışmada ise; doğa sesleri, insan sesleri, mekanik ve endüstriyel sesler gibi değişik ses türleri dikkate alınmış ve ses tercihlerini etkileyen faktörler olarak değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Araştırma sonuçlarının

yapay sinir ağıları tekniğinin kullanıldığı işitsel peyzaj tahmin modellemelerine veri sağlanması amaçlanmıştır.

Yu (2009) doktora tezinde kentsel açık mekânlarda işitsel peyzaj değerlendirmesi ve ANN modellemesi gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, ANN ile geliştirilen modelle potansiyel kullanıcıları tasarım aşamasına dâhil etmek amaçlanmıştır. Ayrıca ANN modeli temelinde işitsel peyzaj haritalarının üretilebileceği belirtilmiştir. Torija ve diğ. (2014) işitsel peyzaj sınıflama modelini Support Vector Machines (SVM) ile oluşturmaya çalışmışlardır.

Literatür araştırmalarında yapay zekâ uygulamalarının yer aldığı işitsel peyzaj çalışmalarının oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Son yıllarda birçok bilim alanında kullanılan yapay zekânın işitsel peyzaj alanında da uygulama tekniklerinin çeşitlenerek artırılması gerekmektedir.

1.2.4 Türkiye’de yapılan çalışmalar

Ülkemizde işitsel peyzaj kavramı çok yeni bir kavram olmakla beraber tasarım-planlama disiplinlerinde henüz yeterli düzeyde çalışmalar yapılmamıştır. Ancak yapılan araştırmalardan yıllar içerisinde bu konuyla ilgili çalışmaların farklı disiplinlerle birlikte arttığı anlaşılmaktadır. Bu bölümde Türkiye’de işitsel peyzaj ile ilgili yapılmış çalışmalar açıklanmıştır.

Türkiye’de işitsel peyzaj kavramıyla yapılmış çalışmalar ilk olarak Inter-Noise 2007 sunulmuş bildirilerde görülmektedir. Bu bildirilerden Brambilla ve diğ. (2007a) yaptıkları çalışmada, kent planlama, Akdeniz kültürü, deniz kenarı yerleşimi, kentsel taşıma yöntemleri, turizm çekiciliği gibi konularda ortak özelliklere aynı zamanda farklı kültürel kimliğe sahip 2 tarihi kent olan İstanbul ve Napoli’de yapılan işitsel peyzaj analizi sonuçlarını içermektedir. Her iki kentte ortak niteliğe sahip farklı kullanım alanlarından 6 bölgede -kamusal mekân (İstiklal Caddesi-Via Toledo), tarihi çarşı (Fuat Paşa-Porta Nolana), tarihi/turistik merkez (Sultanahmet-Spaccanapoli), dini alan (Süleymaniye Camii-San Martino), dinlenme alanı (İstanbul Üniversitesi Parkı-Orto Botanico), deniz kıyısı (Meclisi Mebusan Caddesi-Via Marina)- ses yürüyüşleri ile iki kulaklı (binaural) ses kayıtları yapılmıştır. Yapılan analizler, kentsel planlama benzerlikleri ve farklı kültürel özellikleri olan 2 Akdeniz ülkesinde işitsel peyzaj üzerinde farklı faktörlerin etkileri olduğunu göstermiştir.

Yerel politikaların tarihi kentleri koruma ile ilgili görüş ve çalışmaları arasında işitsel peyzajın akustik miras olarak yer alması gerekliliği vurgulanmıştır.

Inter-Noise 2007’de sunulmuş bildirilerden bir diğeri ise kapalı mekânların akustik konfor değerlendirmelerinde işitsel peyzajın kullanılabilirliğine yönelik çalışmadır. Geniş çapta hazırlanmış çalışmanın bir bölümünün sunulduğu bu çalışmada, İstanbul’da tarihi bir alışveriş merkezi (Kapalıçarşı) ve Modern Alışveriş Merkezi olan iki kapalı ticari alanın işitsel peyzaj yapısı değerlendirilmiştir. Bu alanlarda ses yürüyüşü yöntemiyle iki kulaklı ses kayıtları yapılarak nesnel değerlendirmeler; laboratuvar ortamında 10 katılımcıya dinleme testleri uygulanarak ise öznel değerlendirmeler yapılmıştır. İki kapalı ticari alan için zaman-düzey grafikleri oluşturulmuş, bu grafiklerde ses kaynakları tespit edilmiştir. Ses kayıtlarından L_{Aeq} , L_{Amin} , L_{Amax} , L_{A5} , L_{A50} ve L_{A90} değerleri hesaplanmış, iki alan için karşılaştırılmıştır. Laboratuvar çalışmasında katılımcılardan duyduklarını yazmaları istenmiştir. Analizler mekânın kapalı ya da açık olma durumunun katılımcılar tarafından algılanabilirliği, mekânların işlevsel yapısının anlaşılabilirliği, mekâna özgü ses kaynaklarının belirlenebilirliği doğrultusunda yapılmıştır (Özçevik ve diğ, 2007). Bu çalışmanın ikinci aşamasında tarihi (Kapalıçarşı) ve modern (Modern Alışveriş Merkezi) kapalı ticari alanlar ile tarihi (Fuat Paşa ve Çadırcılar Sokak) ve modern (İstiklal Caddesi) açık ticari alanların işitsel peyzaj yapısı karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Dört mekân için nesnel ve öznel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, kapalı ticari mekânların kendine özgü işitsel peyzaj yapısı olduğu ve bu yapının ortamın kapalı ya da açık olma koşullarına bağlı olmadan işitsel peyzaj yaklaşımı ile değerlendirilebileceği açıklanmıştır (Özçevik ve Can, 2008, 2011).

Özçevik ve Can (2010) tarafından İstanbul’da Kanlıca ve Ortaköy meydanları, İstiklal Caddesi ile Fuat Paşa ve Çadırcılar sokaklarında gerçekleştirilen çalışmada işitsel peyzaj değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda ses yürüyüşü yöntemiyle ses kayıtları gerçekleştirilmiş ve bu kayıtlardan nicel veriler hesaplanmıştır. Ses kayıtları laboratuvar ortamında deneklere dinletilerek dinleme testleri uygulanmıştır. Ayrıca çalışma alanlarında katılımcılara anket uygulanıp öznel veriler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda “soundmark” varlığı ve algısının işitsel peyzajın olumlu değerlendirilmesine etki ettiği belirtilmiştir.

Özçevik (2012) tarafından yapılan doktora çalışmasında “işitsel peyzaj kavramının kentsel akustik konforun değerlendirilmesinde, korunmasında ve iyileştirilmesinde kullanılabilmesi için bir yaklaşım önerisi” geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla gerekli ses çevrelerinin verilerini elde etmek için alan ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Alan ölçmeleri (ses düzey ölçmeleri, iki kulaklı ses kayıtları) ve alan anket uygulaması (anket soruları, ses çevresi tanımlayıcı sıfat çiftleri) yapılmıştır. Sadece sembol seslerin olduğu bölümlerin bir araya getirilerek düzenlendiği ses kayıtları kullanılarak ses kalitesi metrik analizi ile dinleme ve jüri testleri yapılmış, sonrasında alan ve laboratuvardan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerinden gürlük/seslilik, keskinlik/sertlik, dalgalanma şiddeti, kabalık/pürüzlülük istatistiksel metrik değerlerine göre istisnai olaylar (%5 ya da %10), olası durum (%50) ve devamlı durum (%95) değerleri ile ses çevresini tanımlayan sıfat çiftleri ve jüri testi verileri arasında ilişkinin matematiksel ifadelendirilmesi yapılmıştır. Ses kalitesi metrik açıklayıcılığı bulunan ve ses çevresi memnuniyetini belirleyen sıfat çifti listelerinin alan ve laboratuvar verilerine bağlı olarak açıklayıcı denklemleri oluşturulmuştur. Bu veriler ile yaklaşım önerisi taslağı geliştirilip sınaması yapılmıştır. Beşiktaş ve Ortaköy İskele Meydanları, Bağdat Caddesi ve Barbaros Bulvarı’nda yapılan çalışmalar ile yaklaşım önerisi sunulmuş, Yıldız Parkı, Bebek Parkı, Meclis-i Mebusan Caddesi ve Fındıklı Parkı, Serencebey Parklarında sınanmıştır. Çalışmada işitsel peyzaj kalitesinin sembol sesin algılanabilirliği üzerinden nesnel olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Wallace (2012) doktora çalışmasında mevcut işitsel peyzajların, İzmir kenti örneğinde irdelenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Farklı kurguları ve amaçları olan kamusal dış mekânlarda kullanıcı tercihlerinin işitsel yönden saptanması temel alınmış, işitsel peyzajların tanımlanmasına ve sorgulanmasına, elde edilen birikimin mekânların fiziksel biçimlendirilmesine uygulanması için bir çalışma yürütülmüştür. İzmir kentini sosyal, kültürel ve tarihsel yönden iyi temsil ettiği düşünülen kamusal dış mekânlar, ‘işitsel verinin hafızadan çağırılması’ (phonomnesia) ve ‘rotalı dinleyiş’ (soundwalk) yöntemleri ile sınanmıştır. Bu doğrultuda, Kordon, Kültürpark, Karşıyaka - sahil, Kemeraltı - Hisarönü ve Konak Meydanı işitsel peyzajları, sessel çeşitliliği ve işitsel anlaşılabilirliği en yüksek araştırma alanları olarak saptanmış ve çalışma kapsamında ele alınmışlardır.

Kullanıcı profilinin işitsel algı yönünden belirlenmesine yönelik anket çalışması uygulanmıştır. Bu çalışma ile ses çevresi ile insan etkileşiminin sınırlarını belirleyen (acoustic ecology) ve insan odaklı işitsel tercihleri ortaya koyan bir profil oluşturulmuştur. İrdelenen işitsel peyzajları oluşturan ses öğeleri üzerinden, ses enerjisinin akustik iletişimdeki (acoustic communication) işlevini ortaya koyan bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ile çağdaş mekânların yaratılabilmesi için, peyzaj mimarları, araştırmacılar ve yerel yönetimler tarafından ilgili çerçevenin karar aşamalarında kullanılmak üzere, planlama, tasarım ve yönetim süreçlerine dâhil edilebilecek bir model oluşturulmuştur.

Akpınar vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen 110Y186 numaralı TÜBİTAK projesinde işitsel peyzaj algısı ve kullanıcı tercihleri kent parklarında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sesin planlamada bir kaynak ve tasarımda ise bir tasarım elemanı olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamak, kent parkları ile işitsel peyzaj kavramını ilişkilendirmek ve parklardaki ses seviyesi ve tipleri ile kullanıcıların tercihlerini kentsel yaşam kalitesi çerçevesinde değerlendirmek hedeflenmiştir. Çalışmada; ses tipi ve basıncı ile kullanıcı algısı üzerine öznel ve nesnel ölçüm ve değerlendirmeler yaparak, kent parkları bağlamında işitsel peyzaj kavramını gündeme getirmek ve kentsel yaşam kalitesi ve mekânsal kullanılabilirlik açısından, kent parklarındaki ses olgusunu değerlendirebilmek amaçlanmıştır. Çalışma, Ankara'daki 5 kent parkında (Altınpark, Botanik Parkı, Gençlik Parkı, Güvenpark, Seğmenler Parkı) gerçekleştirilmiştir. Bu parklarda ses yürüyüşleri, gözlemler, L_{Aeq} ölçümleri ve kullanıcıların işitsel peyzaj algısını belirlemek üzere anket çalışmaları yapılmıştır. Ölçüm çalışmaları ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde, hafta içi ve hafta sonu gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucu elde edilen değerler sayısallaştırılarak parklar için ses yürüyüşü grafikleri ve ses haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada 750 katılımcıya anket uygulanarak kullanıcıların tercihleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen ses haritalarından parkların içerisindeki ses basınç seviyelerinin, ulusal yönetmelikler ve uluslararası literatürle karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu anlaşılmıştır. Çalışmada trafik sesi tüm araştırma alanlarında kullanıcılar tarafından rahatsız edici olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle araç trafiğinden kaynaklanan gürültünün azaltılması için bitkisel ya da yapısal malzemeler ile önlemler alınması gerektiği vurgulanmıştır. Ölçümlerde ses basınç seviyesini en fazla etkileyen etkenlerin fışkiyeli havuzlar ve

insan kaynaklı ses tipleri olduğu belirlenmiştir. Sert zeminin daha yoğun ve bitkisel dokunun daha az olduğu parklarda ses basınç seviyesinin daha yüksek ölçüldüğü belirtilmiştir. Bitkisel dokunun daha yoğun olduğu parklarda ve özellikle bitkilerin yapraklı olduğu dönemlerde ses basınç seviyesinin en düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Parkların tasarımlarından kaynaklanan aktivite tipleri, çeşitliliği, kullanıcı profili ve aktivite seçimleri de ölçüm değerlerini etkilediği sonucu çıkartılmıştır. Kullanıcılara ilişkin demografik özellikler açısından işitsel peyzaj algısı ve tercihleri üzerinde yaş ve eğitim durumu etkiliyken, cinsiyet ve çalışma durumunun etkili olmadığı ortaya konulmuştur. Fiziksel çevreden duyulan memnuniyet arttıkça, işitsel peyzaja ilişkin değerlendirmelerin de olumlu olduğu anlaşılmıştır. Anket çalışmaları sonucunda, kullanıcıların işitsel peyzaja ilişkin algılarının ve tercihlerinin ölçüm değerlerinden bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır (Kaymaz ve diğ., 2013, 2015).

Akkaya (2014) yüksek lisans tezinde, işitsel peyzaj kavramı ve kentsel tasarım disiplinleri arasındaki ilişkileri ortaya koymayı amaçlamıştır. Saha çalışması yapılacak alana ait bir alt bölgede (Kadıköy Tarihi Çarşı) yapılan pilot çalışmada kavramsal araştırma sonuçları değerlendirilmiş ve saha araştırmasının yöntemi oluşturulmuştur. Ses yürüyüşleri ile ses kayıtları yapılmış, parametreler analiz edilmiştir. Katılımcılara anket uygulanmış ve sonik akslar ve sonik odaklar, ses anıtları ve sembol sesler, sonik bariyerler, sonik bölgeler haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada Kadıköy işitsel peyzaj stratejik planı oluşturulması önerilmektedir.

Bora (2014) yüksek lisans tezinde metro istasyonu kullanıcılarının, kapalı mekâna yönelik pozitif ve negatif algılarını araştırmayı amaçlamıştır. Kapalı ve açık mekânların işitsel peyzajlarının karşılaştırmalı değerlendirmesi için, Ankara'da bulunan Akköprü Metro İstasyonu ve yakın çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. İstasyon ile aynı çevreyi paylaşan park açık mekân; istasyonun giriş katı yarı açık mekân ve istasyonun platform katı ise kapalı mekân olarak seçilmiştir. Belirtilen üç mekânda nesnel, öznel ve psikoakustik ölçümler yapılmıştır. Nesnel olarak A-Ağırlıklı Eşdeğer Ses Seviyesi (L_{eqA}), Ses Basınç Seviyesi (SPL), Çınlama Süresi (RT), Konuşmanın Anlaşılabilirliği İndeksi (STI) ölçülmüştür. Öznel olarak, ses yürüyüşü (soundwalk) yöntemi ile ses kayıtları yapılmış ve eş zamanlı gürültü rahatsızlığı için anket uygulanmıştır. Psikoakustik ölçümler kapsamında, mekânların, ses kayıtlarının dinleme yoluyla algılanabilirliğinin araştırılması için bir dinleme testi ve anketi hazırlanmıştır. Akustik ölçümler yapılarak elde edilen değerler,

yönetmelikte belirtilen sınırın üzerinde çıkmıştır. Gürültü rahatsızlığını belirlemek için yapılan anket sonuçlarına göre, kapalı mekândaki gürültü rahatsızlığı, açık mekândaki gürültü rahatsızlığına göre daha fazla çıkmıştır. Deneklerin yaş, cinsiyet, eğitim durumu gibi demografik özellikleri ile mekân algısı arasında kayda değer bir istatistiksel ilişki gözlenmemiştir. Dinleme testi sonuçlarına göre, mekânlara özgü sembol sesler (soundmarks) benzerlik göstermiştir.

Acun (2015) yaptığı yüksek lisans tezinde, açık planlı ofislerde bulunan ses kaynaklarını tespit edip çalışanların bu kaynakları nasıl algıladığını ve bu kaynakların çalışanların ruh hali ve çalışma performansları üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma için iki farklı açık planlı ofis ortamında ölçümler ve görüşmeler yapmıştır. Subjektif bir yaklaşım olan "Grounded Theory – Köklenmiş Teori", açık planlı ofis ortamını canlandırmak ve işitsel peyzajın, çalışanların algısı üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılmıştır. Çalışanların ruh hallerini değerlendirmek için "Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) – Pozitif ve Negatif Etki Çizelgesi" testi kullanılmıştır. Çalışma alanının akustik koşullarını belirlemek için L_{Aeq} ölçümü yapıp, Konuşma İletim İndeksi (STI) ve Çınlama Süresi (T 30) hesaplanmıştır. Çalışanlar ile yapılan görüşmelerin sonuçları, çalışanların ofis ortamlarının işitsel peyzajına olan öznel yaklaşımlarını canlandıran bir kavramsal sistem yaratmak için kullanılmıştır (Acun, 2015).

Bahalı (2015) yüksek lisans tezinde İstanbul'da Gezi Parkı ile Tünel Meydanı arasında (Gezi Parkı, Taksim Meydanı, Galatasaray Meydanı, Tünel Meydanı) kentsel işitsel peyzaj araştırması yapmıştır. İşitsel peyzaj özelliklerinin çok yönlü bir şekilde ortaya konulması, daha sonra yapılabilecek olan araştırmalar ya da projeler için temel oluşturması, işitsel peyzajdaki değişkenlerin nasıl algılandığı ve bunların işitsel peyzaj üzerindeki etkileri irdelenerek özellikle güzergâh üzerindeki geçiş noktalarının genel anlamda ses çevresine etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen rotalar boyunca ses yürüyüşleri ile katılımcılara anketler uygulanmış, ses kayıtları yapılmıştır. Ses kayıtlarından ses basınç düzeyi ile kabalık, gürülük ve keskinlik metrikleri hesaplanmış, bölgeler arası karşılaştırmaları yapılmıştır (Bahalı ve diğ. 2015).

Çakır-Aydın ve diğ. (2015) Diyarbakır tarihi Suriçi bölgesinde yaptığı çalışmada sembol seslerin kullanıcılar üzerindeki algısını ölçmek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada sembol seslerin işitilebileceği bir rota üzerinde

kullanıcılara anket uygulanmış ve iki kulaklı ses kayıtları gerçekleştirilmiştir. Ses kayıtlarından ses basınç düzeyi, gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel veriler elde edilmiştir. Nicel veriler ile öznel veriler değerlendirildiğinde nicel verilere ait değerler yüksek olmasına rağmen kullanıcıların sembol seslere yönelik memnuniyet düzeyinin yüksek olduğu ve bu kaynakların sürdürülmesi istendiği sonucuna varılmıştır.

Koç Üniversitesi'nde doktora araştırması kapsamında gerçekleştirilen "İstanbul'un Sesleri – The Soundscape of Istanbul" projesi ile şehrin günlük yaşayışının ve geleneklerinin işitsellik açısından ele alınması, şehre özgü akustik değerlerin korunması ve şehrin akustik dokusunu sergi yoluyla sunarak bu değerlere olan farkındalığın artırılması amaçlanmıştır. Bu proje kapsamında, İstanbul'un sembol sesleri kullanıcılara uygulanan anket ve röportajlar doğrultusunda belirlenmiştir 2015 yılı boyunca kaydedilmiştir. Kaydedilen bütün sesler bir dijital koleksiyon ile erişime açılmıştır. Böylece kentin geçmiş ve gelecek kültürel ses alanlarının da sonradan eklenebileceği sistematik bir arşiv oluşturulmuştur. İstanbul'un Sesleri koleksiyonunu genişletmek adına "Soundsslike" projesi başlatılmıştır. Soundsslike projesi, İstanbul'daki korunmaya değer bulunan tüm seslerin paylaşılabileceği ve ilgilenen herkesin katkıda bulunabileceği interaktif bir platform olarak oluşturulmuştur. Bu projenin amacı; kentsel ve kültürel seslere olan farkındalığı artırmak ve bu seslerin korunmasını bütüncül bir çalışmaya dönüştürmektir (Url-6; Yelmi, 2016; Yelmi ve diğ., 2016).

Yukarıda açıklanan çalışmalardan anlaşıldığı üzere Türkiye'de 2007 yılında başlayan işitsel peyzaj ile ilgili çalışmalar özellikle 2012 yılından sonra farklı disiplinlerle birlikte artış göstermiştir. Ancak bu çalışmalar henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Farklı bölgelerde, kültürlerde ve disiplinlerde yoğunlaşarak artması gerekmektedir. Geniş kapsamlı işitsel peyzaj için deneysel ses verilerinin analizlerinin ve disiplinler arası çalışmaların bir araya getirilmesi, veri tabanlarının oluşturulması oldukça önemlidir.

Literatür araştırmalarından fiziksel ölçümlerle elde edilen nesnel verilerin ve görüşmeler/anketler ile elde edilen öznel verilerin özelliklerinde, elde etme ve değerlendirmelerinde kullanılacak yöntemlerde çeşitlilik olduğundan ve mekân/kullanıcı özelliklerinden dolayı, işitsel peyzaj değerlendirme yöntemlerinde uluslararası kabullerin yapılamadığı görülmektedir (Brooks, 2006). 2008 yılında,

ISO/TC 43/SCI/WG 54 “ Perceptual Assessment of Soundscape Quality of the International Organization for Standardization- Standartlaşma için Uluslararası Organizasyondaki İşitsel Peyzaj Kalitesinin Algısal Değerlendirmesi” başlıklı bir çalışma grubu kurulmuştur. Standardizasyon çalışmalarının ilk bölümü “ISO 12913-1 Acoustics-Soundscape-Definition and conceptual framework (Akustik -İşitsel Peyzaj -Tanım ve kavramsal çerçeve)” başlığı ile yayınlanmıştır. ISO/TC 43/SCI/WG 54 çalışma grubu, ISO 12913-1 ile kentsel açık mekânlarda işitsel peyzaj kalitesinin yöntem ve parametrelerinin standardize edilmesi için çalışmakta ve akustik çevrenin insanlar tarafından algılanan pozitif ve negatif yönlerine değinmektedir (ISO, 2014; Brown ve diğ, 2011).

Kang (2010) yaptığı incelemeler sonucunda işitsel peyzaj için bir çalışma sistemi oluşturmuştur. Bu sisteme göre; insanlar üzerinde işitsel peyzajın olumlu ya da olumsuz çeşitli etkilerinin anlaşılması gerekmektedir. İşitsel peyzaj tanımının kapsamı açıklanmalıdır ve işitsel peyzajı tanımlamada asıl faktörler belirlenmelidir. İşitsel peyzaj değerlendirme fizyolojik, psikolojik, duyuşsal, sosyal, bilişsel ve mimari yaklaşımlarla bağlantılı konsept ve yöntemlerle ilişkilidir. Ayrıca kültürel farklılıklar da önem taşımaktadır. Farklı alanlardan kazanılmış bilgilerin belirgin modellerle bütünlemek de önemlidir. Bunlar için açıklama, değerlendirme, tanımlama, modelleme yapılmaktadır. Deneysel ses verilerinin analizleri ve disiplinler arası çalışmalar oldukça önemlidir. Bunlar için sesler toplanmakta, anketler ve alan çalışmaları yapılmaktadır. Uyum sağlama ve standartlaştırmada çevresel ses kalitesinin geliştirilmesi için yeni göstergelerin, mevcut kullanılan kelimeler ve metodolojinin geliştirilmesi önemlidir. Standart protokollerin (metinler, görsel-işitsel dokümantasyon gibi) geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Göstergeler ve protokoller gelecekte uluslararası standartların ve standartlaşmanın temelini hazırlayabilecektir. Oluşturma ve tasarlamada uygulamalı araştırmalar temelinde işitsel peyzajda rehberlik ihtiyacı vardır. Kent plancılarının ve politikacıların işitsel peyzaj tasarımında ve uygulamasında kullanabilmesi için araçların ve ilgili yazılımların geliştirilmesi de önemlidir. Daha ileriye gitmek için politikacılar ve paydaşlar arasında kentsel işitsel peyzaj ile ilgili iletişim sağlanmalı ve farkındalık yaratılmalıdır. Genel halk üzerinde de farkındalık yaratmak eşit derecede önemlidir. İşitsel peyzaj çalışmalarının sadece mevcut ses çevrelerinin

geliştirilmesi için değil aynı zamanda akustik miras olarak sınıflandırılan ses çevremizin korunması olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

İşitsel peyzajın anlamını sorgulayarak başlayan çalışmalar, işitsel peyzajın bir planlama ve tasarım yaklaşımı olarak nasıl kullanılabileceği, sosyo-kültürel yapılarla nasıl ilişkilendirileceği araştırılmış, sağlık ve yaşam kalitesini ne düzeyde etkilediği incelenmiş ve akustik çevrelerin nasıl işitsel peyzaj haline gelebileceği tartışılmıştır. Ayrıca işitsel peyzajın nasıl ölçüleceği ve işitsel peyzaj araştırmalarının zorlukları ifade edilmiştir. Şimdiye kadar işitsel peyzaj konusunda önemli araştırma faaliyetleri yapılmış olsa da ses kaynaklarının etkin kullanımı, tasarımı ve yönetimi ile ilgili çalışmaların yürütülmesine devam edilmelidir.



2. İŞİTSEL PEYZAJ VE AKUSTİK PARAMETRELER

Çalışmanın bu bölümünde işitsel peyzaj (soundscape) kavramı ve işitsel peyzaj çalışmalarında kullanılan nesnel, öznel ve ses kalitesi parametreleri açıklanmıştır.

2.1 İşitsel Peyzaj Kavramı

Son yıllarda akustik konfor ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde “soundscape” terimi ile sıklıkla karşılaşılmakta ve bu terimin birçok disiplinde kullanıldığı anlaşılmaktadır (Pijanowski vd. 2011a). Etimolojide “-scape” terimi “alan, mekân, görüş alanı” olarak belirtilmektedir (Zonneveld ve Forman, 1990). “Soundscape” terimi de bir alanda/mekânda oluşan sesler olarak tanımlanmaktadır. Bu terim ilk olarak kent plancısı Southworth tarafından 1969 yılında şehirlerin akustik özelliklerini belirtmek için kullanılmıştır (Southworth, 1969; Pijanowski ve diğ, 2011b). Kanadalı müzisyen R. Murray Schafer ise 1977 yılında “Tuning of the World” kitabında soundscape terimini “peyzajın işitsel özellikleri” olarak somutlaştırmıştır (Coates, 2005; Pijanowski, 2011b). ISO 12913-1 (2014)’de ise soundscape, “bir kişi ya da kişiler tarafından algılanan veya deneyimlenen ve/veya anlaşılan akustik çevre” olarak tanımlanmaktadır.

Başlangıçta müzik ve akustik ekoloji çalışmalarında ilk işitsel peyzaj konsepti ile karşılaşılmıştır. Akustik ekoloji, insan ve ses çevresi arasındaki ilişkiyi sistematik olarak inceleyen bilim dalıdır (Adams ve diğ, 2007). Çok hızlı bir şekilde diğer disiplinlerde (akustik, mimarlık, çevre sağlığı, psikoloji, sosyoloji ve kentsel çalışmalar gibi) de ses çevresi ve algısının bütünsel yaklaşımı daha fazla ilgi uyandırmıştır (Kang ve diğ, 2016; Schafer, 1977; Truax, 1978). Kullanıcıların yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde ve/veya artırılmasında işitsel peyzajın kentsel planlama, tasarım ve yönetimindeki önemi zamanla artmaktadır. İşitsel peyzaj sadece gürültü kontrolü kapsamında düşünülmemekte, gürültü ve etkilerini yeniden düşündürerek ses olgusunu bir kaynak olarak mekânsal planlama ve tasarım sürecinin bileşenlerinden biri olarak ele almaktadır. İşitsel peyzaj çalışmaları da ses kaynaklarının etkin kullanımı, tasarımı ve yönetimi ile ilgili yürütülmektedir

(Brown ve Muhar, 2004; Brown, 2004; Ge ve Hokao, 2005; Adams ve diğ. 2007; Cain ve diğ, 2008; Schulte-Fortkamp, 2010; Akpınar ve diğ, 2013).

2.2 Akustik Parametreler

Literatürde işitsel peyzaj ile ilgili çalışmalar incelendiğinde bu çalışmalarda çeşitli akustik parametrelerin değerlendirildiği görülmektedir. Fiziksel ölçümlerle elde edilen nesnel ve ses kalitesi parametreleri ile kullanıcıların subjektif değerlendirmelerinin yapıldığı öznel parametreler bu bölümde açıklanmaya çalışılmıştır.

2.2.1 Nesnel parametreler

Kentsel akustik konfor ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalarda sıklıkla kullanılan ve insan kulağının duyarlılık değişimlerini göz önüne alan nesnel parametreler; ses basınç düzeyi (SPL) ve A-ağırlıklı eşdeğer ses basınç düzeyi (L_{Aeq})’dir.

Ses basınç düzeyi (SPL)

Hava moleküllerinin ses dalgalarından dolayı titreşmesiyle atmosferik basınçta oluşan değişim, ses basıncı olarak tanımlanmaktadır ve birimi Pascal (Pa)’dır (Yılmaz-Demirkale, 2007; Vér ve Beranek, 2006). Ses basınç seviyesi (sound pressure level- SPL) ise bir sesin referans bir değere göre ses basıncının logaritmik ölçüsüdür ve birimi desibel (dB)’dir (Long, 2006). Bir sesin basınç düzeyi ise Denklem 2.1’deki gibi ifade edilmektedir (Vér ve Beranek, 2006).

$$SPL = 20 \log \frac{p(t)}{p(ref)} \quad (2.1)$$

SPL : Ses basınç düzeyi, (dB)

$p(t)$: Ses basıncı, (Pa)

$p(ref)$: Referans ses basıncı, (20 μ Pa)

Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi ($L_{eq,T}$)

Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi, “belli bir süre içinde seviyeleri değişim gösteren, genellikle A ağırlıklanmış ses seviyesi olarak ölçülen, gürültünün enerji açısından eşdeğeri olan sabit seviyeyi” ifade etmektedir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). $L_{Aeq,T}$ belirli bir T zamandaki ortalama ses basınç düzeyini tanımlamak için kullanılmaktadır. Birimi desibel (dB)’dir. Aşağıdaki Denklem 2.2 kullanılarak hesaplanmaktadır (ISO 1996-1, 2016).

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \text{ dB} \quad (2.2)$$

T : Toplam ölçüm süresi (t_1 : başlangıç, t_2 : bitiş)

$p_A(t)$: A-ağırlıklı t periyodundaki ani ses basınç düzeyi

p_0 : Referans ses basıncı, (20 μ Pa)

2.2.2 Öznel parametreler

Nesnel veriler, daha elle tutulur sonuçlar verse de, işitsel peyzaj çalışmalarında öznel değerlendirme ve kullanıcıların algısal deneyimleri de, ses çevresi ile ilgili bilgi vermede oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Literatürde de birçok işitsel peyzaj çalışması, fiziksel ölçümlerle elde edilen nesnel veriler ile öznel verilerin birlikte ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerektiği ve öznel parametrelerin büyük öneminin olduğunu vurgulamaktadır (Szeremeta ve Zannin, 2009; Dökmeci ve Kang, 2011a). Kullanıcıların ses çevreleriyle ilgili ses tercihleri, ses tanıma ve gürültü rahatsızlığı öznel değerlendirmeleri etkilemektedir (Bora, 2014).

Ses tercihleri

Ses tercihi kullanıcıların bir ortamdaki tercih ettikleri ya da istemedikleri sesleri belirtmek için başvurdukları psikolojik bir görüştür. Kişiden kişiye farklılık gösterebileceği gibi koşullara göre de değişebilmektedir. Akustik konfor ile işitsel peyzaj arasındaki en temel farklılık ses tercihleridir. Ses tercihleri ses kaynaklarına, kullanıcıların yaşları, cinsiyetleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Yang ve Kang, 2005a).

Ses tanıma

İşitme aktivitesi ses kaynağı, etkinlik ve çevre hakkında zihinsel bir görüntü oluşturmaktadır. Kevin Lynch "The Image of City" kitabında sembol sesler, kent görüntüsü, mekân ve ses tanıma arasında ilişki olduğunu belirtmektedir (Bora, 2014). “Tanıma” kelimesi Türk Dil Kurumunda “daha önce bilinen bir şeyi anımsama, algılama” olarak açıklanmaktadır (Url-7). Kullanıcıların bulundukları mekânların ses çevrelerini ya da ses kaynaklarını tanımaları/anımsamaları işitsel peyzajda öznel değerlendirmelerini etkileyebilmektedir.

Gürültü rahatsızlığı

Gürültü rahatsızlığı belli bir sese karşı huzursuzluk, tedirginlik gibi istenmeyen duygular olarak tanımlanabilir. Gürültü rahatsızlığı kullanıcıların ses tercihlerine, ses kaynaklarını anımsamalarına göre değişebilmektedir. Semantik yöntemler, farklı koşullar altında kullanıcıların gürültü rahatsızlığına tepkilerini ölçmeye yardımcı olmaktadır (Long, 2006).

2.2.3 Ses kalitesi parametreleri

Sesin kendine özgü teknik amaç ve/veya görevdeki uygunluğu” olarak tanımlanan “sound quality-ses kalitesi” terimi 1980’lerde kullanılmaya başlanmıştır. Ses kalitesinin üç ana görüşü vardır.

1. Uyarıcı-tepki uygunluğu: sesin fonksiyonel durumudur.
2. Seslerin memnuniyeti: özel/özgün tercihler ve deneyimle birlikte çeşitli ses niteliklerinden ortaya aniden çıkan tüm etkiye dayanmaktadır.
3. Seslerin veya ses kaynaklarının tanımlanabilirliği: böylelikle insanlar çevrelerinde neler olduğunu bilmektedirler (Kang, 2007).

Ses kalitesinin değerlendirilmesi için psikoakustik metrikler ortaya konmuştur (Zwicker ve Fastl, 1999). Psikoakustik, akustik dalga parametreleriyle işitsel olayların arasındaki ilişkiyle ilgilenen, ölçümsel yöntemlerle işitsel nitelikler arasında köprü oluşturan bir bilimdir. Bireylerin seslere verdikleri algısal tepki sadece sesin teknik özelliklerine değil aynı zamanda bireyin algısını etkileyen psikolojik faktörlere de bağlıdır (Türkdoğan, 2002). Psikoakustik metrikler ise ses algısının matematiksel modeli olarak tanımlanmaktadır. İşitsel peyzaj ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, katılımcılara uygulanan anketlerle ya da

yapılan ölçümlerle bu metriklerin analizlerinin yapıldığı ya da farklı fonksiyonlardaki mekânların ses analizlerine göre mekânlar arası değerlendirilmelerin ortaya konulduğu birçok yayınlanmış araştırma bulunmaktadır (Özçevik, 2012; Dökmeci ve Kang, 2011b; Rychtarikova ve Vermeir, 2013; Botteldooren ve diğ, 2006; Guastavino, 2006; Genuit ve Fiebig, 2006; Schulte-Fortkamp ve diğ, 2007; Dubois ve Guastavino, 2007; Axelsson, 2009; Louwerse ve diğ, 2006; Defréville ve Lavandier, 2005; Faus ve diğ, 2007; Poxon ve diğ, 2009; Fiebig ve diğ, 2009; Romero ve diğ, 2010).

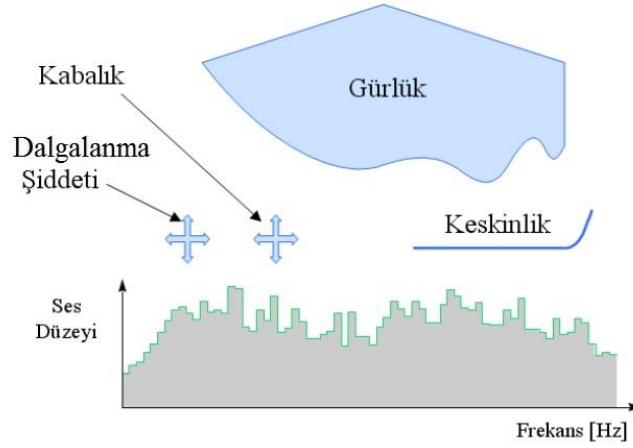
Literatürde çoğunlukla ses kalitesi metrikleri olarak loudness, roughness, sharpness, fluctuation strength, tone-to-noise ratio, prominence ratio metrikleriyle karşılaşılmaktadır. Ses kalitesi metrikleri, Türkçe karşılıkları ve birimleri Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Çizelge 2.1 : Ses kalitesi metrikleri ve birimleri.

Ses kalitesi metrikleri	Türkçe karşılığı	Birim
Loudness	Gürlük, yükseklik, seslilik	sone
Roughness	Pürüzlülük, kabalık	asper
Sharpness	Keskinlik, sertlik	acum
Fluctuation Strength	Dalgalanma kuvveti / şiddeti	vacil
Tone-to-noise ratio	Ton-gürültü oranı	dB
Prominence ratio	Belirginlik oranı	dB

Şekil 2.1’de ses kalitesi metriklerinden en çok kullanılan gürlük, kabalık, keskinlik ve dalgalanma şiddeti ile ilgili şematik gösterim görülmektedir. Bu şekil incelendiğinde:

- Gürlük metriğinin, sesin A ağırlıklı ses basınç düzeyi ile doğru orantılı,
- Keskinlik metriğinin, sesin yüksek frekans bileşeniyle ilişkili olduğu,
- Kabalık ve dalgalanma şiddeti metriklerinin, sesin belli frekans bölgelerindeki modülasyonlarıyla ilgili parametreler oldukları anlaşılmaktadır (Orhon, 2009).



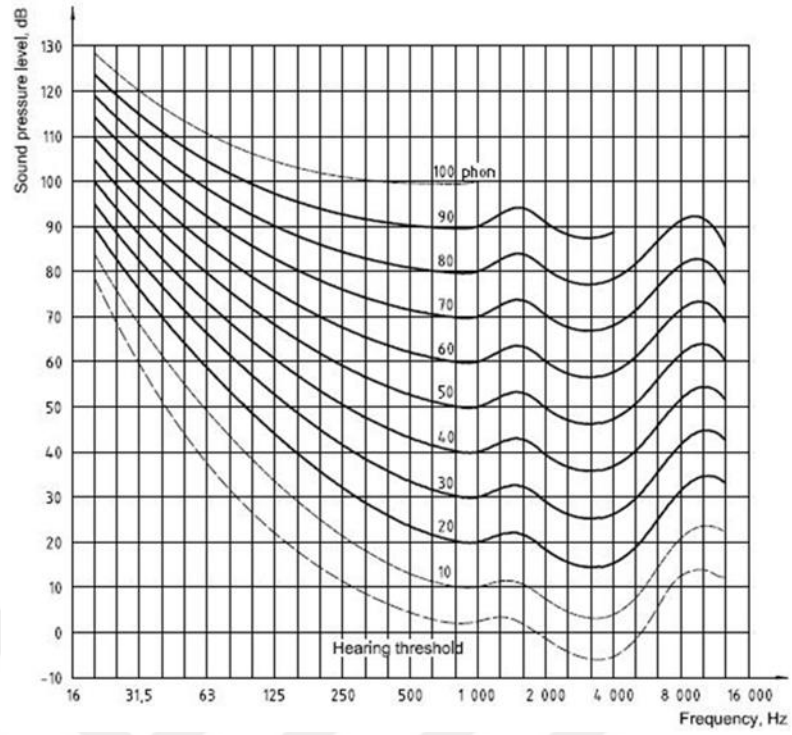
Şekil 2.1 : Ses kalitesi metriklerinin şematik gösterimi (Orhon, 2009).

Ses kalitesi metrikleri, doğrusal veya logaritmik frekans eksenleri ile değil, “Bark” adı verilen daha özel bir frekans eksenini kullanılarak tarif edilmektedir. Bark eksen; 0-500 Hz aralığında doğrusal eksen ile 500 – 15.500 Hz aralığında logaritmik eksen ile doğru orantılı olan, 0–24 Bark aralığında ölçeklendirilen özel tanımlanmış bantlardan oluşmaktadır. Bu bantların, insanın duyma mekanizmasındaki “belirli filtre grupları ile algılama” mekanizmasını daha iyi temsil ettiği düşünülmektedir (Akaydın, 2013).

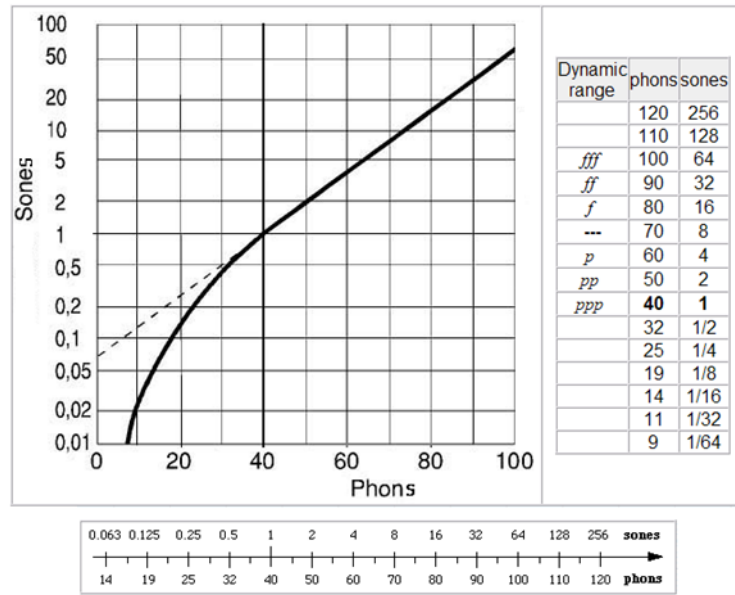
2.2.3.1 Gürlük

Gürlük (loudness), sesin şiddetinin öznel hissediliş şeklidir (Hızalan, 2001). Birimi phon (P) olup, değerleri 1kHz’teki SPL değeriyle eşittir (Şekil 2.2) (Zwicker ve Fastl, 1999). Gürlük N (sone) ile gürlük P (phon) arasındaki ilişki Şekil 2.3’teki, gürlük N (sone) ile dBA arasındaki ilişki Şekil 2.4’teki gibidir. Stanley Smith Stevens’a göre 1 sone 40 phon’a eşit olup, 1 kHz’teki gürlük düzeyi (Mather, 2015):

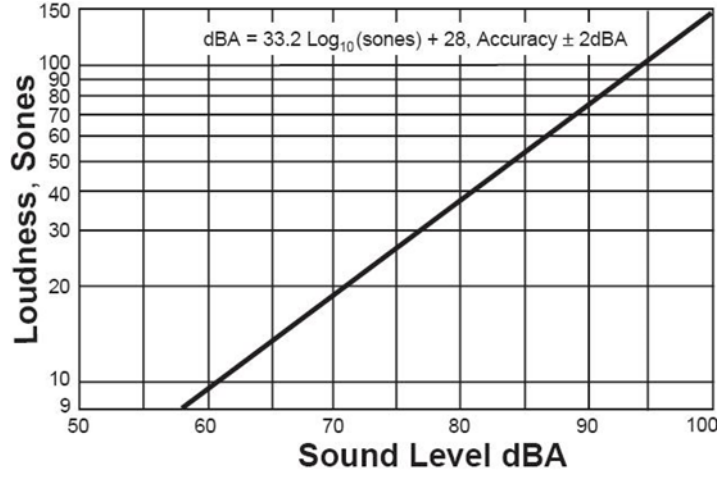
$$L_N = 40 \text{ dB SPL'dir.}$$



Şekil 2.2 : Ses yüksekliği eğrileri (ISO 226:2003).

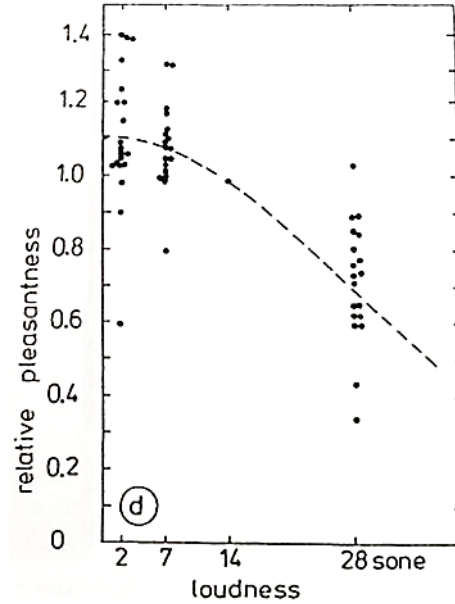


Şekil 2.3 : Phon ve Sone eğrileri arasındaki ilişki (Url-8).



Şekil 2.4 : Sone ile dBA eğrileri arasındaki (Url-8).

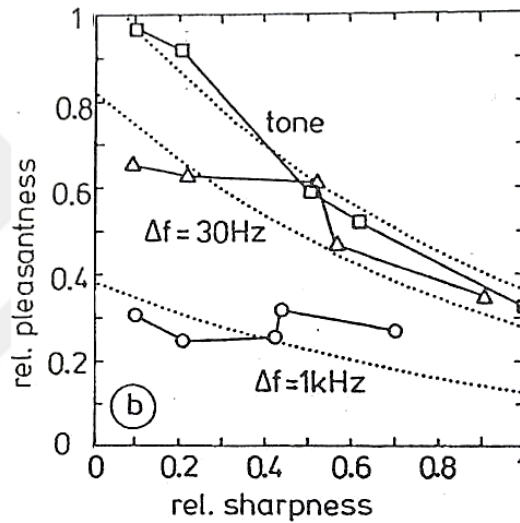
Zwicker ve Fastl (1999) bir sesin ne kadar yüksek ya da yumuşak olduğu sorusunun cevaplanmasıyla gürlük metriğinin duyu-uyarıcı ilişkisinin ölçülebileceğini belirtmişlerdir. Duyusal memnuniyetin gürlük metriğine bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Zwicker ve Fastl'a (1999) göre gürlüğü yaklaşık 14 sone olması algısal memnuniyet olarak tanımlanabilmektedir. 20 sone'dan yüksek değerlerde algısal memnuniyetin azaldığını belirtmektedirler (Şekil 2.5). Ses kalitesi metrikleri, gürlük metriğine ait değerlerin zaman serilerini temel alarak hesaplanmaktadır (Rychtarikova, 2013).



Şekil 2.5 : Gürlük ile memnuniyet düzeyi ilişkisi (Zwicker ve Fastl, 1999).

2.2.3.2 Keskinlik

Keskinlik (sharpness), düşük ve yüksek frekanslar arasındaki spektral dengenin göstergesidir (Kang, 2007). Birimi ‘acum’dur. 1 kHz merkez frekansında 1 Bark bant genişliğindeki 60 dB ses basınç düzeyi genlikli bir gürültünün değeri 1 acum olmaktadır (Vorländer, 2008). Keskinlik metriği tek başına dikkate alınabileceği gibi, bir sesin keskinliği ile başka bir sesin keskinliği de karşılaştırılabilir. Zwicker ve Fastl (1999) keskinliğin duyusunu ‘yoğunluk-density’ ile ilişkilendirilebileceğini belirtmişler, ayrıca duyusal memnuniyetle de yakından ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Keskinlik değeri yükseldikçe kullanıcıların memnuniyet düzeyinin düştüğü belirtilmektedir (Şekil 2.6).



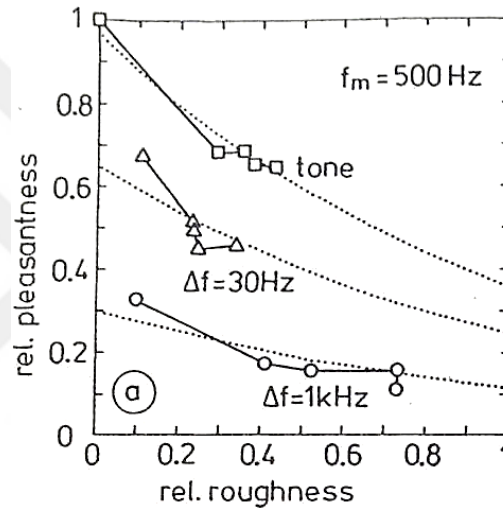
Şekil 2.6 : Keskinlik ile memnuniyet düzeyi ilişkisi (Zwicker ve Fastl, 1999).

Özçevik (2012) yaptığı anketlerde keskinlik metriğini; sesin spektral yapısını, zaman içerisindeki sürekliliğini ve aşinalık durumunu belirlemek için kullanmıştır. Bunları belirlerken sesin spektral yapısı için ‘keskin değil-keskin’ sıfat çiftini, sesin zaman içerisindeki sürekliliği için ‘düzenli-düzensiz’ sıfat çiftini, aşinalık durumu için ise ‘alışılmış-farklı’ sıfat çiftini kullanmıştır.

2.2.3.3 Kabalık

Sesin zamansal değişiminin iki çeşit etkisi vardır. Bunlardan biri kabalık/pürüzlülük (roughness), diğeri ise dalgalanma kuvveti/şiddetidir (fluctuation strength). Kabalık sesin yüksekliğinin 70 Hz civarındaki geçici yavaş değişimlerini vurgulamaktadır (Lee, 2008). Birimi “asper”dir. Kabalık metriğinin değerleri gürlük metriğinin zaman serisinin 500 ms aralıklarından hesaplanmaktadır (Rychtarikova, 2013).

Kabalık; gıcırdayan, cırlak, kulağı tırmalayan olarak tanımlanabilen modülasyon tabanlı bir metriktir. Tıraş makinesi ya da dikiş makinası gibi uğultulu sesleri içeren örnekler pürüzlü/kaba seslere örnek verilebilir. Bu karakterdeki bir ses genellikle memnuniyet verici olmayan bir etki oluşturmaktadır (Kang, 2007). Anketlerde kullanılan ‘memnuniyet verici değil - memnuniyet verici’ sıfat çifti kabalık metriği için kullanılabilmektedir. Kabalık değeri yükseldikçe kullanıcıların memnuniyet düzeyinin düştüğü belirtilmektedir (Şekil 2.7). Ayrıca gıcırdayan veya kulak tırmalayan sıfatlar da anketlerde yer alabilmektedir (Zwicker, 1999). Özçevik (2012) ise yaptığı anket çalışmalarıyla kabalık metriğini alıcıya olan mesafeye bağlı olarak sesin algılanabilirliğini ‘uzak plan ses-yakın plan ses’ sıfat çiftiyle değerlendirmiştir.



Şekil 2.7 : Kabalık ile memnuniyet düzeyi ilişkisi (Zwicker ve Fastl, 1999).

2.2.3.4 Dalgalanma şiddeti/kuvveti

Kang'a (2007) göre eğer iki tonun frekansları, sadece genlik dalgalanmalarıyla ya da modülasyonlarla/geçişlerle çok az farklıysa, bu iki ton algılanabilir. 13 Hz civarına kadar modülasyon frekansı düzenli gürlük değişiminin etkisine sahiptir. Bu algısal miktar dalgalanma şiddeti/kuvveti olarak tanımlanmaktadır. Dalgalanma şiddeti (fluctuation strength) kararlı olmayan gürlük temel alınarak hesaplanmakta ve sesin yüksekliğinin 4 Hz civarındaki geçici yavaş değişimlerini vurgulamaktadır (Orhon, 2009; Rychtarikova, 2013; Cho ve Cho, 2007). Kang (2007) modülasyon frekansının 13 Hz ile 300 Hz arasında olduğunda dalgalanma şiddetinin, kabalık etkisine dönüştüğünü belirtmektedir. Dalgalanma şiddeti değerleri gürlük zaman serisinin 1000 ms aralıklarından hesaplanmaktadır (Rychtarikova, 2013).

2.2.3.5 Ton-gürültü oranı

Ton-gürültü oranı (tone-to-noise ratio), ses içerisindeki saf tonların ne derece baskın olduğunun bir ölçüsüdür (Akaydın, 2013). Bir tonun ses basınç düzeyi ile bu tonu merkez alan kritik banttaki gürültünün ses basınç düzeyinin farkıdır. Fark 6 dB'den fazla ise bu ton dikkate alınmaktadır (Türkdoğru, 2002).

2.2.3.6 Belirginlik oranı

Belirginlik oranı (prominence ratio) ton-gürültü oranı ile aynı amaçla kullanılmaktadır. Genellikle dB cinsinden ifade edilmektedir. Belirginlik oranında, ton-gürültü oranından farklı olarak bir banttaki toplam enerjinin yan bantlardaki enerjilere oranı hesaplanmaktadır (Akaydın, 2013).

Bu çalışmada ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri kullanılarak kentsel mekânların ses çevresi değerlendirilmiştir. Bu metriklerin nicel verilerinden yararlanılarak kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri tahmin edilmiştir.



3. YAPAY ZEKÂ VE BULANIK MANTIK TEKNİĞİ

Çalışmada, kentsel alanlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için **Yapay Zekâ** tekniklerinden **Bulanık Mantık (BM)** kullanılmıştır. Bu bölümün amacı 4. bölümde oluşturulan tahmin modelinin alt yapısını hazırlamak için bulanık mantığın kuramsal yapısını açıklamaktır. Bu bölümde öncelikle yapay zekâ tanımı yapıp, yapay zekânın hedefleri ve uygulama teknikleri açıklanmıştır. Modelde kullanılan yapay zekâ tekniklerinden Bulanık Mantık ile ilgili temel kavramlar verilmiş, bulanıklaştırma, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemleri açıklanmıştır.

3.1 Yapay Zekâ ve Uygulama Teknikleri

Son yıllarda farklı disiplinlerde birçok çalışmanın yapıldığı yapay zekâ ile ilgili temel kavramlar ve uygulama alanları bu başlık altında yer almaktadır. Yapay zekânın tarihsel gelişimi, hedefleri sunulmuş ve yapay zekâ uygulamasında kullanılan teknikler açıklanmıştır.

3.1.1 Yapay zekânın tanımı ve tarihsel gelişimi

Dünyanın en karmaşık makinası olarak kabul edilen insan beyni sayısal bir işlemi birkaç dakikada yapabilmekte, ancak idrak etmeye yönelik olayları çok kısa bir sürede yapmaktadır. İnsan beynini üstün kılan en önemli özellik sinirsel algılayıcılar yardımıyla kazanılmış ve sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesidir. Aynı zamanda, beynin bilgiyi alıp hızlı ve doğru biçimde analiz etmesidir. Bu da zekâ ile sağlanabilmektedir. Kavramsal olarak birçok tarifi bulunan, eski Yunan mitolojisine kadar uzanan ve Latince “intellectus” kelimesinin karşılığı olan zekâ; iyi akıl yürütme, objektif gerçekleri algılama, iyi hüküm verme, kendini iyileştirme kapasitesidir. Zekâ, farklı disiplinlerde farklı kavramlarla ifade edilebilmektedir. Biyologlar, zekâyı çevreye uyum kabiliyeti olarak, eğitimciler öğrenme, psikologlar ilişkileri anlama, bilgisayarlılar bilgiyi işleme kabiliyeti şeklinde değerlendirmektedirler (Tahça, 2009; Altuntaş ve Çelik, 1998; Elmas, 2011; Yılmaz, 2012).

Bilgisayarlar, karmaşık sayısal işlemler gerektiren problemleri anında çözümleyebilmekte ama deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanma ve idrak etme noktasında ise yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar zekânın doğasını anlamaya çalışmışlar ve bilgisayar yardımıyla insan zekâsını üretme arayışına yönelip **Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)** bilimini geliştirmişlerdir (Elmas, 2011; Buchanan, 2005). Yapay zekâ, öğrenme, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme, iletişim kurma, gerekçeleme, problem çözme ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Yapay zekâ tanımlarının ortak yönleri şunlardır (Kömürçüoğlu, 2002; Dereli, 2000):

- Yapay zekâ bir bilgisayar bilim dalıdır.
- Yapay zekâ bilgi ve davranışa dayanmaktadır.
- Yapay zekâ zeki davranışları araştırmaktadır.

En yeni disiplinlerden biri olan yapay zekâ ile ilgili düşüncelerin ve çalışmaların tarihçesi 1920'lere kadar dayanmaktadır (Baydoğan, 2013). Bu kavramın geçmişi modern bilgisayar bilimi kadar eskidir. "Makineler düşünebilir mi ?" sorusunu ortaya atarak Makine Zekâsını tartışmaya açan Alan Mathison Turing yapay zekânın fikir babası olarak görülmektedir (Atasoy, 2008). Konuyla ilgili çalışmalar 1956 yılında yapay zekâ konusunda düzenlenmiş ilk konferans olan Dartmouth Konferansı'nda, John McCarty tarafından "Yapay Zekâ" terimi türetilerek başlamıştır (Russel ve Norvig, 1995; Topçuoğlu, 2001; Giran, 2002). Birçok çalışmanın temelleri de bu toplantıda atılmıştır. İlk kuram ispatlayan program olan Logic Theorist'i (Mantık kuramcısı) Newell ve Simon oluşturmuşlar ve daha sonra 'insan gibi düşünme' yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan General Problem Solver'ı (Genel Sorun Çözücü) geliştirmişlerdir. Fiziksel simge varsayımını ortaya atan Simon, insandan bağımsız zeki sistemler yapma çalışmalarıyla ilgilenenlerin hareket noktasını oluşturmuştur. 1960'da John McCarty tarafından yapay zekâ programlama dili olarak geliştirilen LISP ise yapay zekânın başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Bekleriç, 2003; Şeker, 2006).

Sonraki yıllarda, programların performanslarını anlatmak için yapay sorunlardan yararlanılan, mantık temelli çalışmalar öne çıkmıştır. Fakat bu yapay sorunların gerçek yaşamı temsil edemeyeceği ve yapay zekânın sadece yapay dünyalardaki sorunları çözebileceği, gerçek dünyada başarısız olacağı öne sürülmüştür. Geliştirilen

programların gerçek sorunlarla karşılaştığında başarı göstermemesinin ardındaki temel nedenin, bu programların yalnızca sentaktik bir şekilde çalışıp konu ile ilgili bilgileri kullanmaması olarak yorumlanmıştır. Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine, belirli bir uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programların kullanılması fikri yapay zekâ alanında yeniden bir canlanmaya yol açmıştır (Şeker, 2006).

Zaman içerisinde büyük gelişmeler sağlanan yapay zekânın geleneksel programlamadan birçok farkı bulunmaktadır. Bu farklılıklar (Dereli, 2000):

- Öğrenebilirler.
- Tecrübe kazanabilirler.
- Bu tecrübeyi kullanarak yeni problemleri çözebilirler.
- Eksik veri ile problemler çözebilirler.
- Belirli bir algoritma yerine sezgisel yöntemler kullanırlar.
- Yanlış yapabilirler.

Bu farklılıklar incelendiğinde yapay zekânın insan beynin işleyişiyle önemli ölçüde benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

3.1.2 Yapay zekânın amaç ve hedefleri

Yapay zekâ çalışmalarının en önemli amacı; günlük yaşamda çok sık karşımıza çıkan muhakeme etme, öğrenme ve anlama ile ilgili problemlere eldeki bilgiler ile çözüm üretmektir. Bu çalışmalar iş gücü ve zaman tasarrufu, güvenlik artışı gibi özellikleriyle hayat standardımıza katkılar sağlayan, ticari değeri olan, kullanışlı yeni araçlar elde edilebilmesine imkân tanımaktadır (Kaçtıoğlu ve Kılağız, 2000; Dereli, 2000; Sağıroğlu ve diğ, 2003; Öztemel, 2006; Atasoy, 2008; Uygunoğlu ve Yurtcu, 2006). Yapay zekânın hedefleri (Altuntaş ve Çelik, 1998; Şeker, 2006; Yılmaz, 2012);

- Bilgisayar modelleri yardımıyla insan beyninin fonksiyonlarını anlamaya çalışmak,
- İnsanların zihinsel yeteneklerini, bilgi edinme, öğrenme ve buluş yapmada uyguladıkları strateji, yöntem ve tekniklerini araştırmak,

- Belli bir uzmanlık alanındaki bilgileri, bir bilgi sistemi halinde toplamak,
- İnsan ve bilgisayar iletişimini kolaylaştıran kullanıcı arabirimleri geliştirmek,
- Geleceğin bilgi toplumunun kurulmasında önemli rol oynayacak genel bilgi sistemlerini geliştirmek,
- Bilimsel araştırmalarda yararlanmak üzere, araştırma yardımcıları geliştirmek şeklinde özetlenebilir.

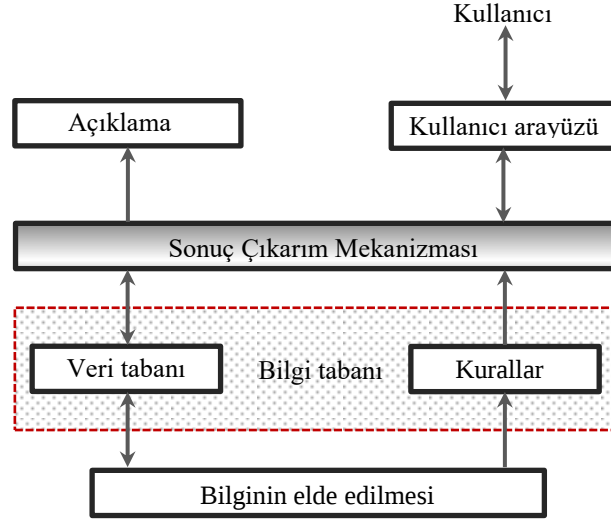
3.1.3 Yapay zekâ uygulama teknikleri

Geniş bir araştırma ve uygulama alanı bulunan yapay zekânın sıklıkla kullanılan uygulama teknikleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Uzman Sistemler – US (Expert Systems)
- Yapay Sinir Ağları – YSA (Artificial Neural Networks - ANN)
- Genetik Algoritma – GA (Genetic Algorithms – GA)
- Bulanık Mantık – BM (Fuzzy Logic – FL)

3.1.3.1 Uzman sistemler

Uzman Sistemler (Expert Systems) en eski yapay zekâ araçlarından birisidir. Bilgi Tabanlı Sistemler (Knowledge Based Systems) olarak da bilinirler. Belirli bir alanda, bir uzmanın önerdiği çözümleri üretebilen, o alanın bilgileri ile donatılmış, gerekçeleme metotları ile olayları süzebilen, insan düşüncelerini gerçekleştirmek amacıyla bilgisayar tarafından işlenen bir yazılımdır. Uzmanların ilgili oldukları konudaki bilgilerini ve deneyimlerini bilgisayara aktarmaları amaçlanmaktadır (Dereli, 2000; Elmas, 2011). Kelimeler ve kavramlarla yorum yapan uzman sistemlerin en önemli özellikleri; kullanıcıyla kolay iletişim kurmaları, karar verebilmeleri, analiz yapabilmeleri, olası çözümler geliştirebilmeleri ve bu çözümler arasından seçim yapabilmeleridir (Coşkun, 2011; Bozdemir, 2005). Şekil 3.1’de uzman sistemin genel akış şeması görülmektedir (Bozdemir, 2005).



Şekil 3.1 : Uzman sistemin genel akış şeması.

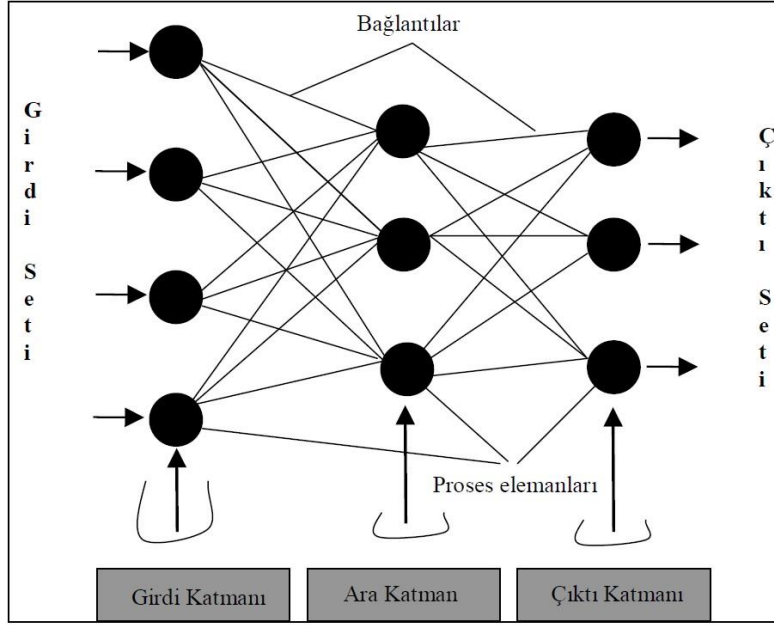
Uzman Sistemler proses tasarımı ve seçimi, ürün tasarımı, medikal tedavi, kalite kontrol, çizelgeleme, ses işleme, görüntü/şekil tanıma, robotik uygulamalar ve hata düzeltme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Uzman Sistemler çalışmalarda birçok avantaj sağlamaktadır. Çıkardığı sonuçları nasıl ve neden çıkardığını açıklayabilmekte, kesin olmasa da bir cevap üretebilmektedir. Üçüncü kişiler, uzman sistemleri yeni kurallar üreterek rahatlıkla değiştirebilirler. Ancak Uzman Sisteme bilgiyi verecek uzmanı bulmak her zaman kolay olmayabilir ve uzmanlar bilgilerini kurallar halinde belirtmeyebilirler. Akıl yürütme ve bilgi sunumu metotları sınırlıdır (Dereli, 2000; Yalkı, 2001; Kömürcüoğlu, 2002).

3.1.3.2 Yapay sinir ağları

Yapay Sinir Ağları-YSA (Artificial Neural Networks - ANN) 1940'lı yıllarda insanların biyolojik sinir hücrelerinin yapısından esinlenerek tasarlanan yapay sinir hücreleri modelidir. Ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Bir başka ifadeyle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır ve bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen, kendi kendine öğrenme düzenekleridir. YSA ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir.

YSA veri tabanlı bir yöntemdir. Bu yüzden kara kutu sistemleri gibi çalışır. Fizik temelinden yoksundur. Dolayısıyla eldeki farklı verilere göre model, aynı doğa olayına ait farklı sonuçlar vermektedir. Bu yüzden, modeli sürekli olarak yeni

verilere göre yeniden eğitmek gerekmektedir. Bu tür modeller gerçek anlamda doğa olaylarını temsil etmemektedir. Modelin eğitilmesi hatanın minimize edilmesi temeline dayanmaktadır (Elmas, 2011; Toprak, 2011). YSA sistemin genel akış şeması Şekil 3.2’deki gibidir.



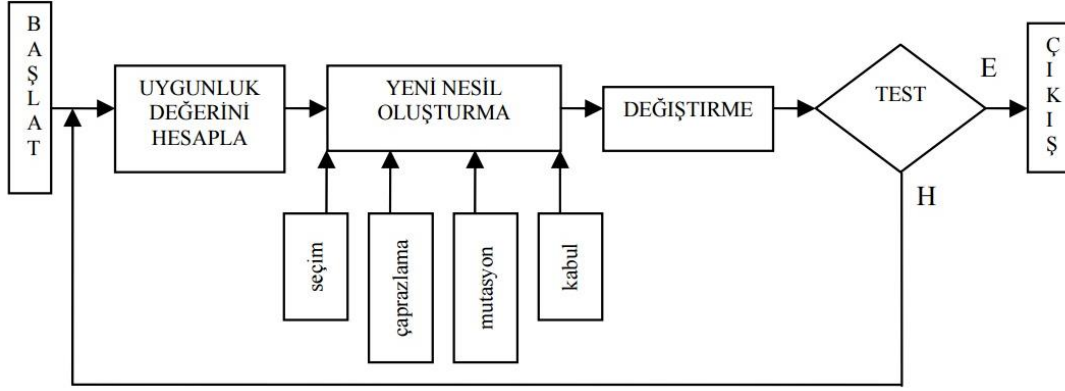
Şekil 3.2 : Yapay sinir ağları genel akış şeması (Yılmaz, 2012).

YSA robotik uygulamalarda, kalite kontrol, ürün tasarımı, ses tanıma, görüntü tanıma, borsa endeksi, enflasyon ve kur tahmini, işlev tahmini, en uygun değeri bulma, veri sınıflandırılması, meteorolojik yorumlama, radar sinyallerini anlama gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. YSA, uzman sistemler gibi bilgiyi kurallar halinde istememekte ve matematiksel modele ihtiyaç duymamaktadırlar. Öğrenebilir ve hiç karşılaşmadıkları bir problemi çözebilmektedirler. Paralel yapıları nedeniyle de çok hızlı çalışabilmektedirler. Ancak bu model çıkardıkları sonuçları nasıl ve neden çıkardığını açıklayamamakta ve modelin farklı sistemlere uyarlanması zor olabilmektedir (Dereli, 2000; Elmas, 2011).

3.1.3.3 Genetik algoritma

Yapay zekâ konusunda çalışmalar gerçekleştiren bilim insanlarının son yıllarda sıklıkla başvurduğu evrimsel bilgi işleme tekniklerinden birisi de genetik algoritmadır. “Genetik Algoritma (Genetic Algorithms – GA)” ya da “Evrimsel Algoritma”, 1975 yılında John Holland tarafından geliştirilen, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Doğadaki canlıların geçirdiği

süreçten, evrim teorisinden ilham alır ve iyi nesillerin kendi yaşamlarını korurken, kötü nesillerin yok olması ilkesine dayanmaktadır. Matematiksel araçlarla modellemenin yapılamadığı veya kesin çözümün olmadığı durumlarda genetik algoritmadan yararlanılmaktadır. Genetik algoritmanın genel akış şeması Şekil 3.3'teki gibidir.



Şekil 3.3 : Genetik algoritma genel akış şeması (Bolat ve diğ, 2004).

GA fonksiyon eniyilemelerini kolaylıkla yapabilmektedir. Modelin eğitilmesi, hatanın minimize edilmesi temeline dayanmaktadır. GA, parametre kodlarıyla ilgilenmekte, parametrelerin kendisiyle doğrudan ilgilenmemektedir. Tek bir alanda ve yığının tamamında çözüm aramakta, ne yaptığını değil, nasıl yaptığını bilmektedir. Amaç işlevini kullanıp, sapma değerleri veya diğer hata faktörlerini kullanmamaktadır. GA'nın uygulanmasında kullanılan operatörler rastlantısal yöntemlere dayanmakta, belirli ve kesin yöntemler kullanmamaktadır.

GA araştırmalarının önemli bir bölümü fonksiyon eniyilemesi (optimizasyon) ile ilgilidir. Otomatik programlama ve bilgi sistemlerinde (bilgisayar çipleri tasarımı, ders programı hazırlanması gibi) yaygın olarak kullanılmaktadır. Finans ve pazarlamada modelleme uygulamaları için son derece uygun bir modeldir (Elmas 2011; Dereli, 2000; Emel ve Taşkın, 2002; Yıldız, 2010).

3.1.3.4 Bulanık mantık

Bulanık Mantık-BM (Fuzzy Logic – FL) insanların her gün kullandığı ve davranışlarının yorumlandığı yapıya ulaşılmasını sağlayan matematiksel bir disiplindir (Dereli, 2000). Temeli, insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranışının benzetimine dayanmaktadır (Elmas, 2011).

İnsanlar günlük hayatta, tam olarak tanımlanmamış ve sayısal olmayan dilsel niteleyiciler (soğuk, hafif soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak vb. gibi) kullanarak kararlar verir ve problemlerini çözerler. Geleneksel mantık sistemi yalnızca 1 ve 0 üzerine kuruludur. Doğru veya yanlış vardır. Bu ikisinin arası yoktur. Belirsiz bir problemin çözümü güçtür. Bulanık Mantık sisteminde ise kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme vardır. Doğru ya da yanlışın ne kadar doğru ya da ne kadar yanlış olduğu belirlenebilmektedir (Dereli, 2000; Elmas, 2011).

Günümüzde örnek tanıma, finans sistemleri, işletme araştırmaları, veri analizleri, yüksek boyutlarda bulanık modelleme, tıbbi görüntüleme, örnek tanıma, akıllı otoyol için olay tespit tabanlı BM, BM kontrollü trafik sinyalizasyon çalışmaları, elektrikli ev aletleri, beyaz eşya teknolojisi, madencilik, akustik, genetik ve akla gelebilecek her disiplinde BM tabanlı çalışmalara rastlanmaktadır (Şen, 2009; Aluclu, 2008).

Bu çalışmada yapay zekâ tekniklerinden Bulanık Mantık kullanılarak kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modeli oluşturmadan önce bulanık mantığın kuramsal yapısının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle modelin oluşturulması aşamasına geçmeden önce bulanık mantık ile ilgili temel kavramlar ve genel yapısı bölüm 3.2’de açıklanmıştır.

3.2 Bulanık Mantık Genel Yapısı

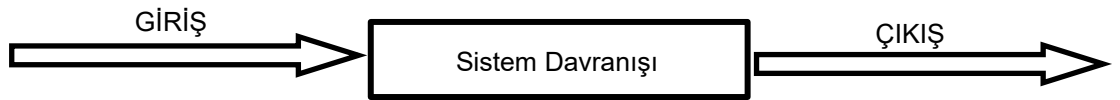
Mantık, doğru ile yanlış arasındaki akıl yürütmenin ayrımını yapan bir düşünme tarzıdır. Bir disiplin olarak temellerinin Aristoteles tarafından atıldığı bilinmektedir. İlk kullanım alanı da felsefe olmuştur. Aristo mantığına göre; bir şey ya doğrudur ya da değildir; bir şey ya var, ya da yoktur; bir eleman, bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Daha sonra doğa olaylarının, bütün uğraşılara rağmen belirsizliğini koruyabileceği şeklinde düşünceler oluşmaya başlamıştır. Bir şey doğru ya da yanlış olabileceği gibi, bazı yanlışlıklarla beraber bazı doğruları da içerebileceği düşüncesi oluşmuştur. Doğa olaylarında her zaman var olan belirsizlikler gibi insanların düşünme, tanımlama ve tasvirlerinin büyük bir kısmı da belirsizlik içermektedir. İnsanlar çoğu kez sayısal değil sözel düşünmektedir. Yani insan bulanık düşünür, bulanık tanımlar ve bulanık tasvir eder (Toprak, 2004). Doğadaki belirsizlikler, doğa olaylarının belirgin (deterministik) yöntemlerle modellenmesini güçleştirmektedir. Bu yüzden araştırmacılar, problemin “yaklaşık olarak” modellenmesine olanak verebilecek yaklaşımların arayışı içinde olmuşlardır (Toprak, 2011).

Bulanık mantık, bir sistemin karmaşık matematiksel modeli yerine, dilsel değişkenler içeren ve bulanık kurallarla tanımlanan bir sistemin denetimi için, gerekli denetleyici tasarımına bir uzman deneyiminin dâhil edilmesini amaçlamaktadır. Bulanık Mantık yaklaşımı bulanık küme teorisine dayanmaktadır. Bu konudaki ilk ciddi adım 1965 yılında Lotfi A.Zadeh tarafından “Bulanık Küme” adı altında ortaya konulmuştur (Elmas, 2011; Zadeh, 1965). Zadeh’in bu çalışmasıyla kesin olmayan sınırlara sahip nesnelerin oluşturduğu bulanık küme teorisi ortaya konulmuştur. Aristo mantığına karşı bir alternatif olabileceğinden büyük yankı bulmuştur. Bulanık mantık, olayları idealleştirmek yerine olduğu gibi kabul ederek çözme anlayışını getiren bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Zadeh’in bu yaklaşımından sonra kısa sürede Bulanık Mantık ile oluşturulan teknolojik uygulamalar ortaya çıkmaya başlamıştır (Toprak, 2004).

Araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda bulanık sistemleri kullanmaları için genel olarak iki nedenleri bulunmaktadır (Şen, 2009). Bu nedenler:

- Doğa olaylarının çok karmaşık olmaları nedeniyle kesin sonuç verebilecek denklemlerle ifade edilememesi ve bunun sonucu olarak araştırmacıların kesin olmasa da çözülebilirliği olan yaklaşık yöntemleri tercih etmeleri,
- Teori ve denklemlerin, gerçek dünyayı yaklaşık olarak ifade etmesidir.

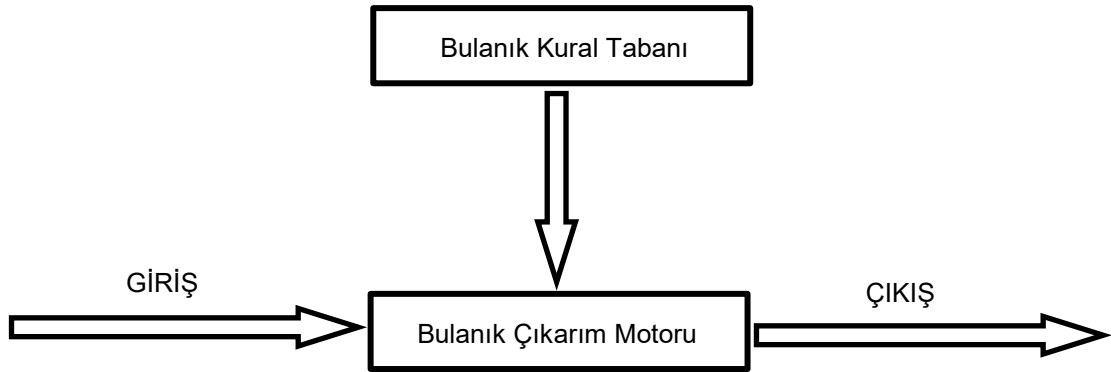
Matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi üç ayrı birimden oluşmaktadır (Şekil 3.4). Bunlar giriş, girişi çıkışa dönüştüren sistem davranışı olarak tanımlanan bir kutu ve çıkış bölümleridir. Buradaki birimlerin hepsinde sayısal veri veya işlemler gerçekleştirilmektedir (Şen, 2009).



Şekil 3.4 : Klasik sistem (Şen, 2009).

Bulanık sistemlerin klasik sistemlerden farkı sistem davranışının ikiye ayrılarak kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır (Şekil 3.5). Bu birimlerin her birinin farklı ama birbirleriyle ilişkili görevleri mevcuttur (Şen, 2009). Bu birimler:

1. **Giriş:** İncelenecek olayı etkileyen değişkenleri ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna genel veri tabanı da denilmektedir. Genel veri tabanı denmesinin nedeni sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.
2. **Bulanık Kural Tabanı:** Veri tabanındaki girişi çıkışa bağlayan eğer-ise türünde yazılabilen bütün mantık kurallarını içermektedir. Bu kuralların yazılmasında girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm bulanık küme bağlantıları tasarlanmaktadır. Her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına bağlamaktadır. Bu bağlantıların tümü bulanık kural tabanını oluşturmaktadır.
3. **Bulanık Çıkarım Motoru:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasındaki ilişkileri bir araya toplayarak sistemin tek çıkışlı çalışmasını sağlayan bir mekanizmadır. Her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğini belirleyen bir motordur.
4. **Çıkış:** Genel veri tabanının, bulanık kural tabanının ve bulanık çıkarım motorunun birbirleriyle etkileşimleri sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtmektedir.



Şekil 3.5 : Genel bulanık sistem (Toprak, 2004).

3.2.1 Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları

Bulanık mantık, bulanık küme mantığına dayanmaktadır. “Bulanık küme” kavramının anlaşılabilmesi için “küme” ve “klasik küme” kavramlarının açıklanması gerekmektedir.

“**Küme**” kavramı Türk Dil Kurumunun sözlük anlamında “birbirine benzer veya aynı cinsten olan şeylerin oluşturduğu bütün, takım, öbek, grup” şeklinde tanımlanmaktadır (Url-7). Şen (2009) ise küme kavramını “incelenen olayın sonucunda istenilen karar değişkeni için belirlenen olabilirlikler toplamını içeren topluluk” olarak tanımlamaktadır. İnsanoğlu ilk çağlardan beri küme kavramını iletişim, düşünme, tasvir etme, karar verme gibi durumlar için kullanmıştır. Bebekler, çocuklar, gençler, yetişkinler, yaşlılar gibi ya da kadınlar, erkekler gibi terimler kullanılarak küme kavramı ile gruplar, sınıflandırmalar yapılmıştır.

Elmas’a (2011) göre “**klasik küme**” kuramında bir eleman bir kümeye ya aittir ya da ait değildir. Hiçbir zaman kısmi üyelikten, “biraz aittir” ya da “biraz ait değildir” şeklinde söz edilemez. Klasik küme anlayışında nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Bir eleman bir kümeye 0 ya da 1 üyelik derecesi ile bağlıdır. Elemanların üyelikleri $\{0,1\}$ değerlerini alır. Bu nedenle herhangi bir klasik kümenin alt kümelerinin sınırları kesindir.

Örneğin bir Xevrensel kümesinde,

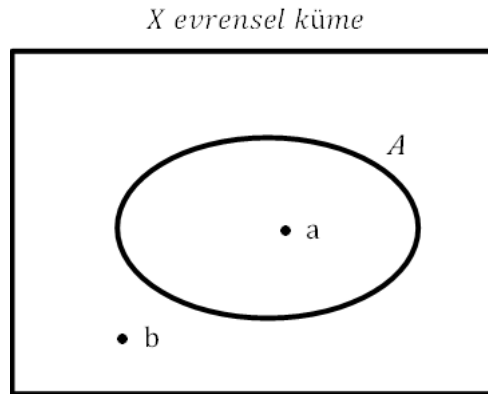
$$X = \{A, b\}$$

ve bu kümenin bir alt kümesi

$$A = \{a\}$$

olsun.

Yukarıdaki ifadenin Venn şeması ile gösterimi Şekil 3.6’daki gibidir.



Şekil 3.6 : Klasik kümelerin Venn şeması ile gösterimi (Elmas, 2011).

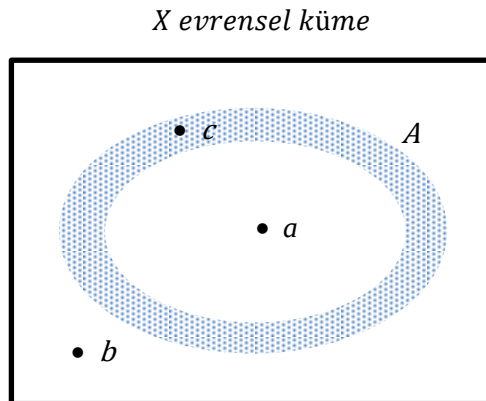
Şekil 3.6’da görüldüğü gibi a elemanı A kümesinin elemanıdır. Bu, a elemanının A kümesine göre üyelik derecesinin 1 olduğunu, b elemanının A kümesine göre üyelik derecesinin 0 olduğunu göstermektedir. Bu da (Denklem 3.1);

$$\mu_A = \{1/a, 0/b\} \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

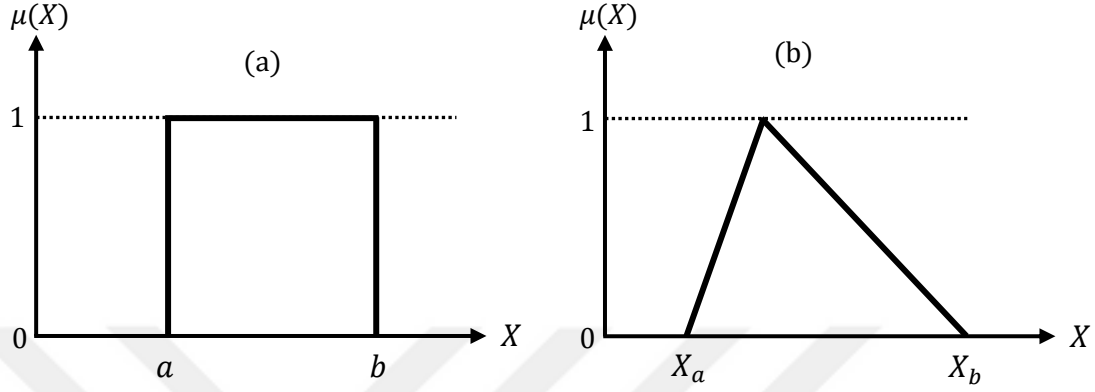
Bu nedenle herhangi bir kümenin alt kümelerinin sınırları kesindir. Bu koşullarla birlikte bazı problemler oluşmaktadır. Örneğin, “yaş” uzayını ve bu uzayın alt kümeleri olarak; “bebek”, “çocuk”, “genç”, “orta yaş”, “yaşlı”, “çok yaşlı” alt kümelerini oluşturduğumuzu düşünelim. “genç” alt kümesi $18 \text{ yaş} \leq \text{genç} \leq 35 \text{ yaş}$ olarak kabul edilsin. Bu koşullarda klasik küme mantığına göre 17 yaşındaki bir birey çocuk ve 36 yaşındaki bir birey ise orta yaş olarak kabul edilmektedir. Oysaki gerçek hayatta her kümenin sınırı ve bu kümelere ait her elemanın özellikleri o kadar kesin değildir. İnsanoğlu hiçbir zaman 1 yıl 11 ay 29 günlük bir insana “henüz iki yaşını doldurmadığı için bebek sayılır” ya da 2 yıl 1 günlük bir insana da “bebek değil çocuk sayılır” dememektedir. Dolayısıyla klasik küme anlayışı böyle durumları ifade etmekte yetersiz kalmaktadır. İnsanoğlu birçok parametreleri (fiziksel büyüklük, zekâ seviyesi, davranışlar gibi) de hesaba katarak küme sınırlarını bulanık olarak belirlemektedir.

“**Bulanık küme**” kavramında sınırlar, klasik küme yaklaşımının tersine çok net ve keskin değildir (Şekil 3.7). $\underline{a}$ elemanı $\underline{A}$ bulanık kümesinin kesin elemanıdır. Bu elemanın üyelik derecesi 1 olarak ifade edilmektedir. $\underline{b}$ elemanı $\underline{A}$ bulanık kümesine ait olmadığından üyelik derecesi 0 olarak kabul edilmektedir. $\underline{c}$ elemanı ise $\underline{A}$ bulanık kümesine belli bir seviyede üyedir. Bu da (0,1) aralığında bir üyelik derecesi ile ifade edilir. Örneğin $\{0.7/c\}$ şeklinde gösterilebilir (Elmas, 2011).



Şekil 3.7 : Bulanık kümelerin Venn şeması ile gösterimi (Elmas, 2011).

Bulanık küme sınırları genellikle iç içe geçmektedir. Şekil 3.8’de görüldüğü üzere klasik kümelerde bir elemandan diğer bir elemana geçişi keskin ve aniden değişen üyelik dereceleri ile olurken, bulanık kümelerde bu geçişler yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır (Şen, 2009).



Şekil 3.8 : Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme.

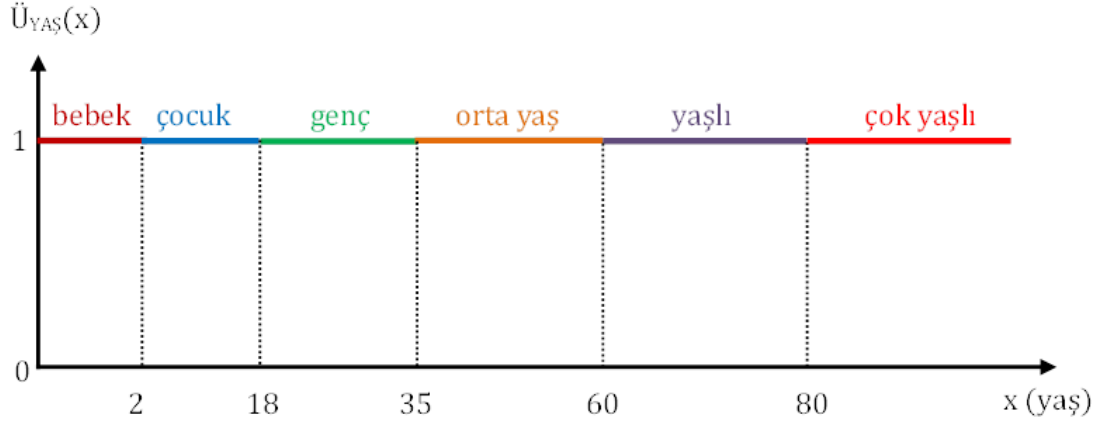
Bulanık kümeler, farklı üyelik derecelerine sahip elemanlardan oluşmaktadır (Zadeh, 1965, 1973; Driankov ve diğ, 1996). Bir nesne bir kümeye kısmen ait olabilmektedir. Bulanık mantıkta küme aitlik derecesi μ , 0 ile 1 arasında değişmektedir. 0 kümeye ait olmamayı, 1 ise kümenin kesin elemanı olduğunu göstermektedir (Klir ve Folger, 1988; Klir ve Yuan, 1995). Bulanık kümedeki üyelik derecesi aşağıdaki gibi gösterilen (Denklem 3.2) bir “üyelik fonksiyonu” ile belirtilmektedir (Duru, 1997).

$$\mu_A(x) \rightarrow [0,1] \quad (3.2)$$

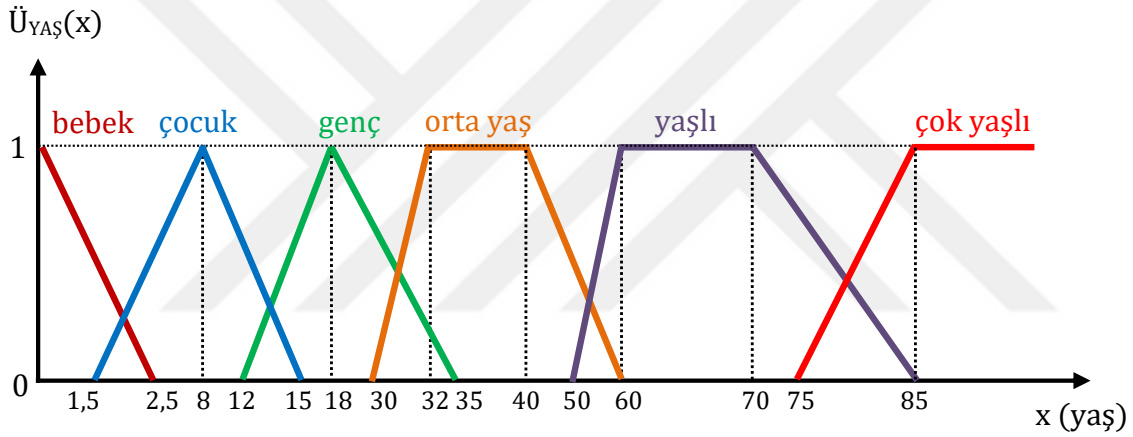
Bu ifadeye göre, üyelik fonksiyonu gerçel bir sayıdır ve $0 \leq \mu_A \leq 1$ ile gösterilmektedir.

Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları bir nokta ya da yatay bir doğru şeklindeyken bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları doğrusal ya da doğrusal olmayan herhangi bir fonksiyon şeklinde olabilmektedir. Bu tür seçimler elemanların bulanık kümeye üyelik derecesine göre yapılmaktadır. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları arasında bir geçiş bölgesi bulunmaz iken bulanık kümelerde ise üyelik fonksiyonları iç içe geçmektedir. “Yaş” ile ilgili verilen örnek için klasik ve bulanık mantığa göre üyelik fonksiyonu belirlenmek istendiğinde “yaş” uzayının “bebek”, “çocuk”, “genç”, “orta

yaş”, “yaşlı”, “çok yaşlı” alt kümeleri oluşturulmaktadır. Klasik küme ve bulanık küme üyelik fonksiyonları Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da görülmektedir.



Şekil 3.9 : Klasik kümelerin üyelik fonksiyonları (Toprak 2011).



Şekil 3.10 : Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları (Toprak, 2011).

Şekil 3.10’da “bebek” yaşı sıfırdan başlayıp 2,5 yaşına kadar devam etmektedir. “Bebek” en küçük yaş grubu olduğundan sıfır yaş, en büyük üyelik derecesi olan 1 ile “bebek” bulanık kümesine aittir. Sıfır yaştan uzaklaştıkça bebeklik yaşından uzaklaşma, çocukluk yaşına yaklaşma meydana gelmektedir. “Bebek” bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu, gittikçe azalan üyelik derecesi ile en yüksek bebek yaşı olan 2,5 yaşında sıfır olmaktadır. Bebeklik yaşı ile “bebek” bulanık kümesinin üyelik derecesi arasında doğrusal bir ilişki var ise üyelik fonksiyonu bir dik üçgen görünümünü almaktadır. “Çok yaşlı” bulanık kümesi incelendiğinde; 75 yaş çok yaşlılığın başlangıcı olarak kabul edildiğinde üst yaş limiti kesin olmamaktadır. Bu durumda üyelik fonksiyonu 75 yaşında sıfır değerinde olup, doğrusal olarak 1 değerine ulaşmaya kadar artmaktadır. Bu artış 85 yaşına kadar gelerek bu değerden sonra üyelik derecesi 1 olarak devam etmektedir. Eğik doğru olarak başlayan üyelik

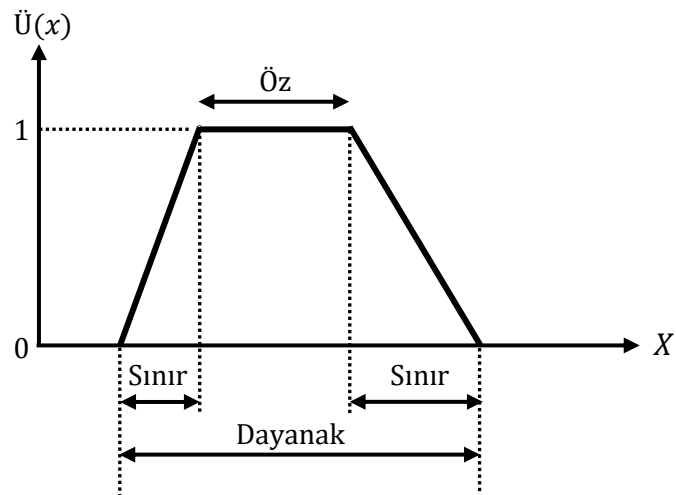
fonksiyonu belli bir değerde yatay duruma gelip, yatay bir doğru olarak devam etmektedir. Böylece üyelik fonksiyonu yamuk şeklini almaktadır. “Çocuk”, “genç”, “orta yaş” ve “yaşlı” bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları, sıfır değerinden itibaren doğrusal olarak artarak belli bir yaş değeri veya değerler kümesi için 1 değerini almaktadır. Böylece bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu üçgen ya da yamuk şeklini almaktadır.

Üyelik fonksiyonları genel olarak 3 kısımdan meydana gelmektedir (Şekil 3.11) (Şen, 2009). Bunlar:

Öz: Üyelik fonksiyonunun üyelik dereceleri 1’e eşit olan bulanık küme elemanlarına ait kısmına denmektedir. Bu kısımda $\tilde{U}(x) = 1$ ’dir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda bir tane elemanın üyelik derecesi 1’e eşit olduğundan üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir noktadır. Yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonunda ise birden fazla elemanın üyelik derecesi 1’e eşittir.

Dayanak: Bulanık bir kümenin tüm elemanlarını içeren aralığa denir. Dayanakta bulunan her elemanın 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri vardır. $0 \leq \tilde{U}(x) \leq 1$ şeklinde ifade edilmektedir.

Sınır: Üyelik dereceleri 1’e veya 0’a eşit olmayan elemanların oluşturduğu kısımlara denir. Üyelik fonksiyonun geçiş bölgeleri adı da verilmektedir. $0 < \tilde{U}(x) < 1$ şeklinde ifade edilmektedir. Bunlar bulanık kümenin kısmi elemanlarıdır. Bir kümeye bulanıklık özelliğini kazandıran da üyelik fonksiyonunun bu kısımlarıdır.



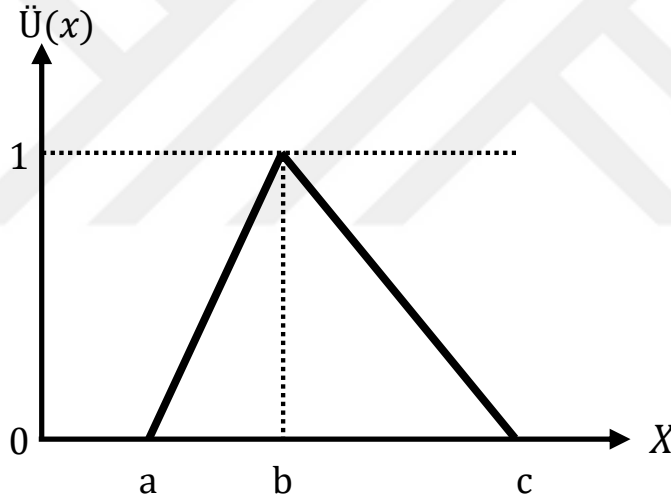
Şekil 3.11 : Üyelik fonksiyonu genel kısımları (Şen, 2009).

3.2.2 Üyelik fonksiyonları şekilleri

Bulanık küme elemanları ile kümeye aitlik dereceleri arasında her zaman sadece doğrusal ilişkiler olmamaktadır. Herhangi bir fonksiyonel ilişki de olabileceğinden üyelik fonksiyonları üçgen ya da yamuktan farklı olarak gaussian, çan eğrisi, S ve Z şeklinde sigmoidal şekiller de alabilmektedir (Şen, 2009; Elmas, 2011; Ross, 2010). Üyelik fonksiyonunu türü ve şekli, incelenen konu ve girdilerin çıktı üzerindeki etkilerine bağlı olarak belirlenmektedir (Toprak, 2004). Aşağıda üyelik fonksiyonlarının şekilleri ve bu şekillere ait denklemleri verilmiştir.

3.2.2.1 Üçgen üyelik fonksiyonu

En basit üyelik fonksiyonu olup, parçalı-doğrusal fonksiyonlardır. Üçgen üyelik fonksiyonu, dayanağı x ile gösterildiğinde (a) başlangıç, (b) tepe ve (c) bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır (Şekil 3.12) (Url-9; Şen, 2009).



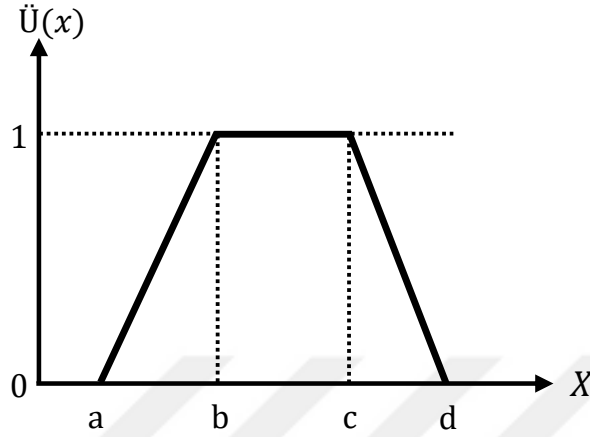
Şekil 3.12 : Üçgen üyelik fonksiyonu.

Üçgen üyelik fonksiyonunun denklemi (3.3) aşağıdaki gibidir (Şen, 2009).

$$\tilde{U}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (3.3)$$

3.2.2.2 Yamuk üyelik fonksiyonu

Yamuk (trapezoidal) üyelik fonksiyonun dayanak ve öz kısımlarını temsil eden dört tane değer vardır. Dayanağı x ile gösterildiğinde (a) başlangıç, (b) ve (c) tepe, (d) bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır (Şekil 3.13) (Url-9; Şen, 2009).



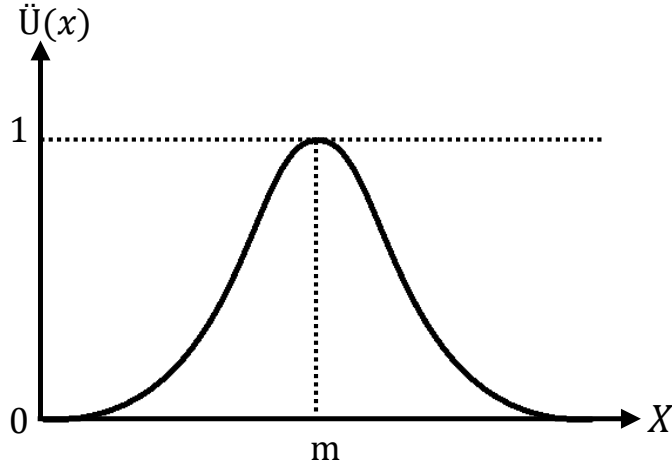
Şekil 3.13 : Yamuk üyelik fonksiyonu.

Yamuk üyelik fonksiyonunun denklemi (3.4) aşağıdaki gibidir (Şen, 2009).

$$\tilde{U}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (3.4)$$

3.2.2.3 Gaussian üyelik fonksiyonu

İstatistikte kullanılan tüm ihtimal yoğunluk fonksiyonları dış bükey olduğundan üyelik fonksiyonu olarak da kullanılmaktadır. Bunun için bu fonksiyonların tepe noktası değerinin 1'e eşitlenmesi gerekmektedir (Şen, 2009). Şekil 3.14'te Gauss üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.14 : Gaussian üyelik fonksiyonu.

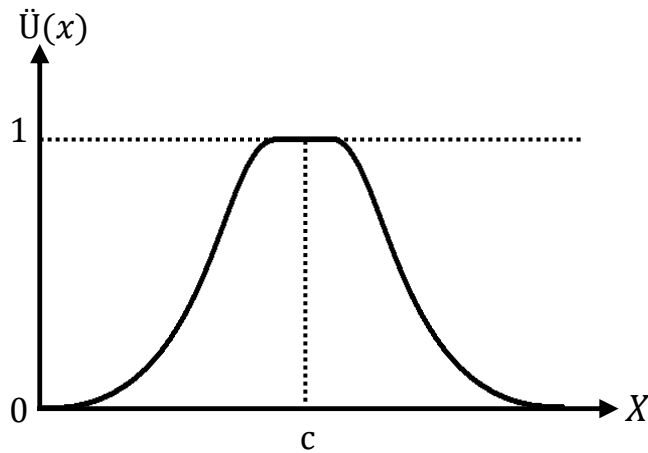
Gaussian üyelik fonksiyonunun denklemi Denklem 3.5'te görülmektedir (Şen, 2009). Bu denklemde m, üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu öz noktasını göstermektedir. s ise Gauss eğrisinin genişliğini ayarlayan parametrelerdir.

$$\ddot{U}(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}} \quad (3.5)$$

3.2.2.4 Çan eğrisi üyelik fonksiyonu

Cauchy üyelik fonksiyonu olarak da bilinen (Url-9) bu üyelik fonksiyonu Denklem 3.6 ile tanımlanmaktadır. c, eğrinin merkezini; a, taban genişliğini; b ise tavan genişliğini belirlemektedir (Şekil 3.15).

$$\ddot{U}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (3.6)$$

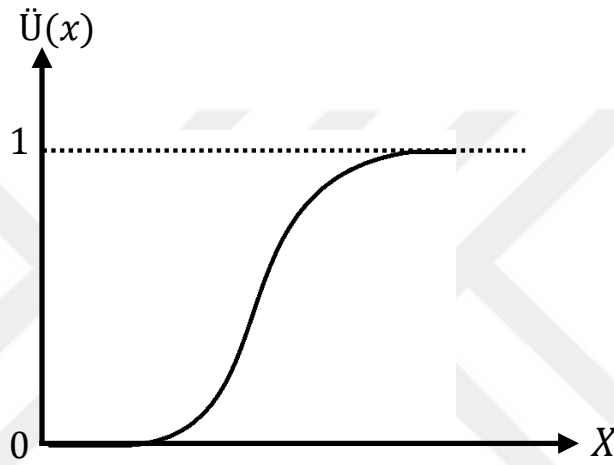


Şekil 3.15 : Çan eğrisi üyelik fonksiyonu.

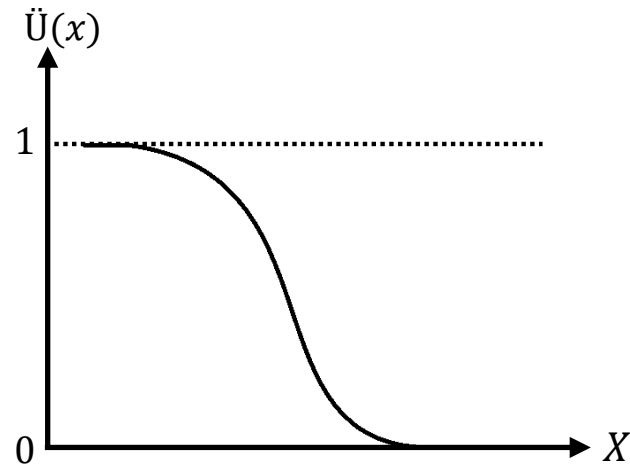
3.2.2.5 S ve Z şeklindeki sigmoidal üyelik fonksiyonu

Sigmoid üyelik fonksiyonunun a ve c gibi iki parametresi bulunmaktadır (Denklem 3.7). a parametresinin artı veya eksi olması fonksiyonun artan mı azalan mı olduğunu, değeri ise artma veya azalmanın şeklini ifade etmektedir. Pozitif değerleri S tipi (Şekil 3.16), negatifler ise Z tipi (Şekil 3.17) eğri oluşturur. c ise fonksiyonun merkezini, eğimli kısmın orta noktasını ifade etmektedir (Url-9).

$$\ddot{U}(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (3.7)$$



Şekil 3.16 : S tipi sigmoid üyelik fonksiyonu.



Şekil 3.17 : Z tipi sigmoid üyelik fonksiyonu.

3.2.3 Bulanık küme işlemleri

X evrensel kümesi üzerinde, $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümeleri iki bulanık küme ve bu kümeler $\mu_{\underline{A}}(x)$ ve $\mu_{\underline{B}}(x)$ üyelik fonksiyonlarıyla ifade edilsin. X evrensel küme, x bu kümedeki bir eleman olarak tanımlanmıştır ($x \in X$) (Elmas, 2011; Palabıyık, 2011).

Birleşim kümesi

$\underline{A}$ ve $\underline{B}$ bulanık kümelerinin birleşimi $\underline{A} \cup \underline{B}$ olarak gösterilmektedir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi (Denklem 3.8) aşağıdaki gibidir;

$$\mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \max[\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)] \quad (3.8)$$

Kesişim kümesi

$\underline{A}$ ve $\underline{B}$ bulanık kümelerinin kesişimi $\underline{A} \cap \underline{B}$ olarak gösterilmektedir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi (Denklem 3.9) aşağıdaki gibidir;

$$\mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \min[\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)] \quad (3.9)$$

Tümleyen (Tamamlayıcı) kümesi

X evrensel kümesinde verilen bir $\underline{A}$ kümesinin tümleyeninin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi (Denklem 3.10) aşağıdaki gibidir;

$$\mu_{\underline{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\underline{A}}(x) \quad (3.10)$$

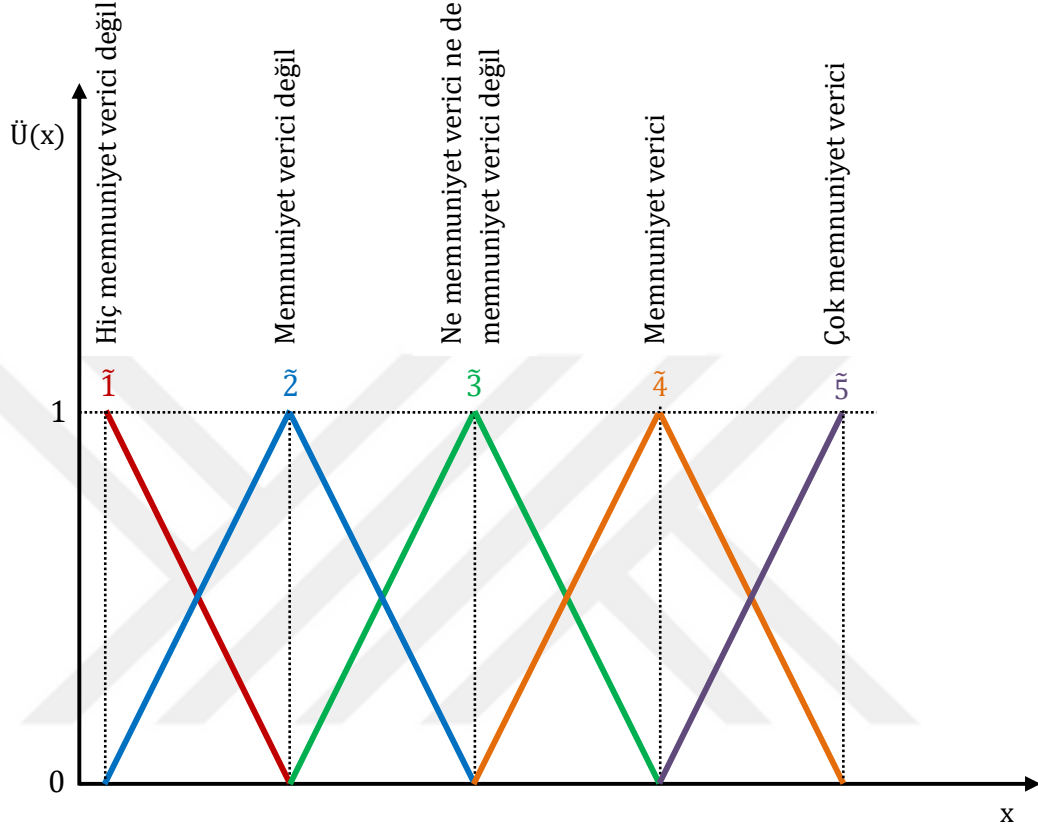
Birleşim, kesişim ve tümleyen bulanık küme işlemleri Boolean Cebirindeki OR, AND ve NOT işlemlerine karşılık gelmektedir.

3.2.4 Bulanıklaştırma

Zadeh (1968), tanımlaması zor ve karmaşık durumların alışlagelmiş yöntemlerle sayılaştırabilmenin çok zor olduğunu belirtmektedir. Bu gibi durumlarda, değerleri sayılarla değil, kelimelerle ifade edilen sözel değişkenler gerekmektedir (Palabıyık, 2011). “Bir kullanıcının ses çevresi memnuniyet algısı” bir sözel değişken olup, “hiç memnuniyet verici değil”, “memnuniyet verici değil”, ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil”, “memnuniyet verici” ve “çok memnuniyet verici” şeklinde değerler alabilmektedir.

Bulanık mantık bu gibi doğal dilsel tanımlamaları, matematiksel modeller yardımıyla karar verme algoritmalarına dönüştüren bir yaklaşımdır. Bulanık mantık yaklaşımında **bulanıklaştırma**, giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sözel

değişkenlere dönüştürme işlemidir. Karar vericinin öznel değerlendirmelerini ifade etmek için değişik şekillerde (üçgen, yamuk, çan eğrisi...vs.) bulanık kümeler seçilebilir (Elmas, 2011; Deng, 1999). Şekil 3.18’de sözel değişkenleri ifade etmek için üçgen bulanık sayılara örnek verilmiştir.



Şekil 3.18 : Öznel değerlendirme için kullanılan bulanık sayılar.

3.2.5 Bulanık kural tabanı

Bulanık mantık modellemesinde, girdi-çıktı arasındaki ilişkilerde kabul, varsayım, basitleştirme veya idealleştirme gibi kısıtlayıcı durumlar olmadan bulanık kümeler ve onların üzerinde yapılan çeşitli işlemler kullanılmaktadır. Her olayın ortaya çıkışında, içinde saklı bir işleyiş mekanizması yani kural tabanı bulunmaktadır. Bu kuralların akılcı olarak ortaya çıkarılarak yazılması bulanık mantık modellemesinin esasını oluşturmaktadır. Kural tabanındaki her bir kural olayın işleyiş mekanizmasının bir kısmını ifade etmekte ve bir takım kuralların bir araya gelmesiyle de olayın tümünü açıklayan kural tabanını ortaya çıkarmaktadır (Şen, 2009). Kural tabanının oluşturulmasında uzman deneyimleri, mühendislik bilgileri ve çalışmaların verileri olmak üzere değişik ve birbirini destekleyen yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bulanık mantık modellemelerinde girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanmaktadır. A ve B girdiler, C ise çıktı olan bir sistem için,

EĞER $A = x$ ve/veya $B = y$ ise O HALDE $C = z$,

(IF $A = x$, and/or $B = y$, THEN $C = z$)

şeklindeki bir kural A ve B 'nin aldığı değerlere göre C çıktısının bulanık değerlerini belirlemektedir (Elmas, 2011).

3.2.6 Bulanık çıkarım

Bulanık kurallar, bulanık çıkarım sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Yapıları itibarıyla bulanık belirsiz ortamlarda insanların düşünce ve muhakeme yeteneğini yansıtmaya kabiliyeti taşımaktadırlar. Oluşturulan kurallar içerisinde muhakeme yapılarak sonuç değeri oluşturulması işlemi “**çıkartım**” olarak tanımlanmaktadır (Doğan, 2012).

Bulanık bir sistemde bulanık çıkarım motoru, insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneklerinin modellendiği birimdir. Sorunun çözümlenebilmesi için verilen bilgilerin yardımıyla etkin olan cevapları bulabilmek için yapılan işlemlerdir. Bu işlemleri gerçekleştirirken matematiksel denklemlerin yerine bulanık kümeleri ve kural tabanını kullanmaktadır. Bulanıklaştırma ve bulanık kural tabanı kullanılarak sembolik sonuçlar çıkarımda elde edilmektedir. İnsanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğini modellemeyi amaçlayan bulanık çıkarımın gerçekleşmesinde pek çok yapı kullanılmaktadır (Elmas, 2011). Modellemelerde sıklıkla kullanılan dört temel çıkarım yöntemi aşağıda sıralanmıştır. Bunlar;

1. Mamdani çıkarım yöntemi,
2. Larsen çıkarım yöntemi,
3. Tsukamoto çıkarım yöntemi,
4. Sugeno çıkarım yöntemidir.

Literatürde ve yapılan bilimsel çalışmalarda, Mamdani ve Takagi-Sugeno bulanık çıkarım modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz, 2012; Doğan, 2012). Bu çalışma için Mamdani bulanık çıkarım yöntemi kullanılmıştır.

Mamdani çıkarım yöntemi

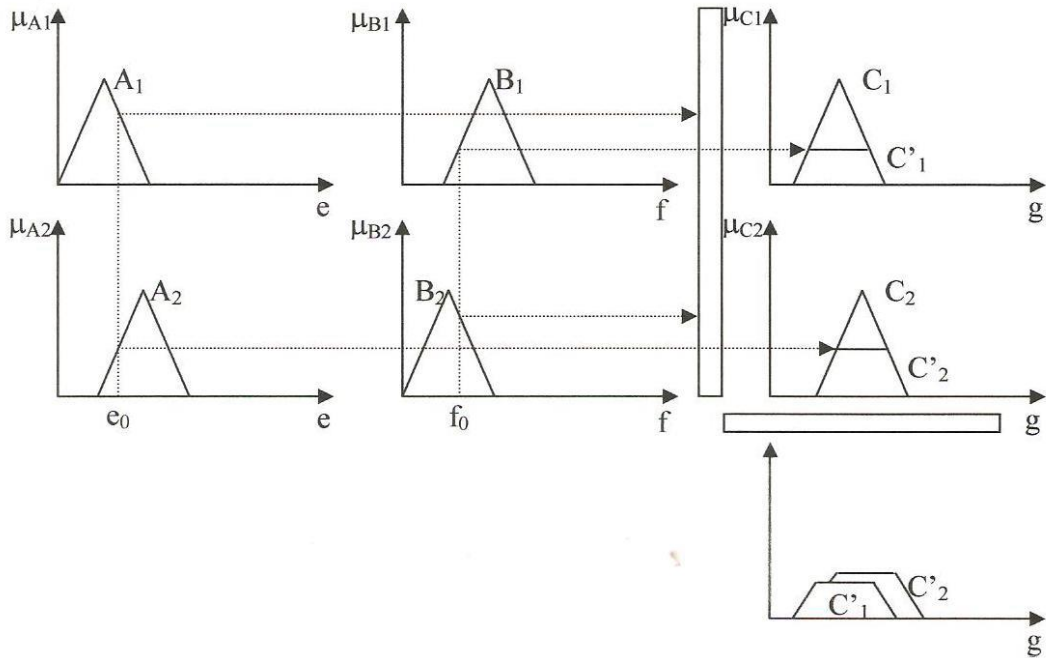
Her bir giriş değeri için bulunan üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmı kesilerek elde edilmektedir. Çıkış değeri, elde edilen bu bulanık kümelerle genellikle ağırlık ortalaması yönteminin uygulanmasıyla bulunmaktadır (Gündoğdu, 2012).

Mamdani çıkarım yönteminde A_i , B_i , C_i sırasıyla $i=1,2,...,e \in E$, $f \in F$, $g \in G$ için E, F ve G’de tanımlanmak üzere iki tane bulanık denetim kuralı aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Gülbağ, 2006).

Eğer $e \in A_1$ ve $f \in B_1$ ise $g \in C_1$

Eğer $e \in A_2$ ve $f \in B_2$ ise $g \in C_2$

Sözel değişkenler (e, f ve g) arasındaki ilişki genelleştirilmiş bulanık ilişkiye bağlı olarak maksimum ve minimum operatörler kullanılarak tanımlanmaktadır. Her bir kuralın koşul kısmında maksimum operatörü ve iki kuralı birleştirmek için de maksimum operatör kullanılmış (Gülbağ 2006) ve bu durum Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19 : Mamdani bulanık çıkarım yöntemi (Gülbağ 2006).

Larsen çıkarım yöntemi

Larsen çıkarım yöntemi aynı zamanda Max-Dot çıkarım olarak da isimlendirilmektedir. Her bir giriş değeri almış olduğu üyelik derecesine bağlı olarak ilgili kümeyi yeniden ölçeklendirmektedir. Çıkış değeri yeniden ölçeklendirilmiş bulanık kümeler içerisindeki en büyük değer alınarak belirlenmektedir (Gündoğdu, 2012).

Tsukamoto çıkarım yöntemi

Tsukamoto tipi bulanık çıkarım yönteminde çıkış üyelik fonksiyonu tek yönlü artan bir fonksiyon olarak seçilmektedir. Çıkış değeri ise her bir kuralın keskin çıkış değeri alınarak bulunmaktadır (Gündoğdu, 2012).

Sugeno çıkarım yöntemi

Takagi, Sugeno ve Kang tarafından, giriş çıkış veri kümelerinden bulanık kuralların oluşturulması yaklaşımı için önerilen, bir çıkarım yöntemidir (Gülbağ, 2006). Bu yöntemde bir kuralın çıkışı dilsel giriş değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak alınmaktadır (Gündoğdu, 2012). Bu modelde kullanılan kurallar aşağıdaki gibidir.

“Eğer x girişi $A_i(x)$ üyelik fonksiyonuna ait ise çıkış $f_i(x)$ fonksiyonudur.”

3.2.7 Durulaştırma

Bulanık çıkarımın sonucu bulanık bir kümedir. Bulanık küme işlemleri sonunda elde edilen bütüncül çıkarımlı sonucun tekrar sisteme uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu, bulanıklaştırma işleminin tersi olan durulaştırma işlemi ile yapılmaktadır. Durulaştırma birimi karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlamaktadır (Elmas, 2011; Şen, 2009).

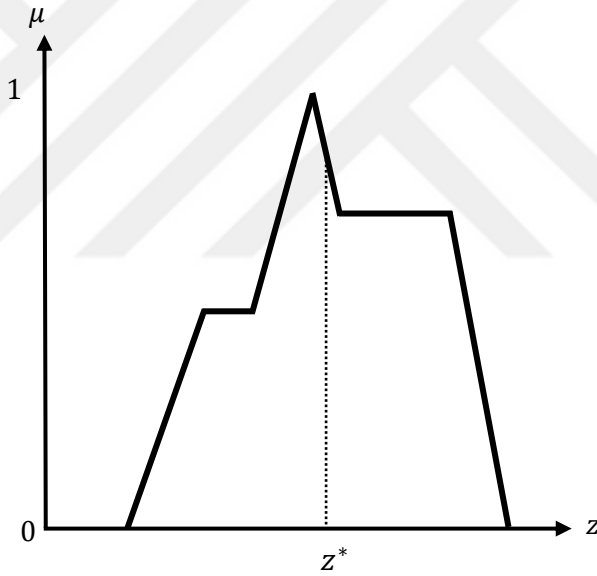
Durulaştırma işleminde birbirinden farklı çok sayıda yöntemler kullanılmaktadır. İlk olarak, her kural için üyelik derecelerinden oluş/an değer ve sonuç kural belirlenir. Daha sonra en uygun yöntem seçilerek durulaştırma işlemi gerçekleştirilir. Bu yöntemlerin seçimi olay veya problemin kendisine bağlı olarak uzman görüşü tarafından belirlenmektedir (Toprak,2004; Elmas, 2011). En yaygın kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir (Elmas, 2011).

- Sentroid (ağırlık merkezi) yöntemi
- En büyük (maksimum) üyelik derecesi yöntemi
- Ortalama en büyük (mean-max) üyelik derecesi yöntemi
- Ağırlıklı ortalama yöntemi

3.2.7.1 Sentroid (ağırlık merkezi) yöntemi

Alan merkezi olarak da bilinen bu yöntem, durulaştırma işlemlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Denklem 3.11'deki gibi ifade edilmektedir (Sugeno, 1985). z^* değerinin elde edilişi Şekil 3.20'de görülmektedir (Elmas, 2011).

$$z^* = \frac{\int \mu_{\underline{C}}(z)zdz}{\int \mu_{\underline{C}}(z)dz} \quad (3.11)$$

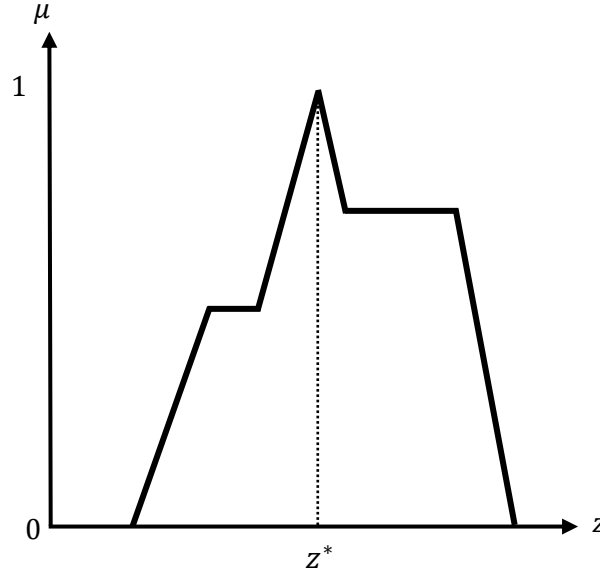


Şekil 3.20 : Sentroid yöntemi ile durulaştırma.

3.2.7.2 En büyük (maksimum) üyelik derecesi yöntemi

Bu yöntem **yükseklik yöntemi** olarak da isimlendirilmektedir. Bütün üyelik dereceleri içinde en büyük olana eşittir. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. z^* çıkış değerinin elde edilişi Şekil 3.21'de görülmektedir (Elmas, 2011).

$$\mu_{\underline{C}}(z^*) \geq \mu_{\underline{C}}(z) \quad z \in Z$$

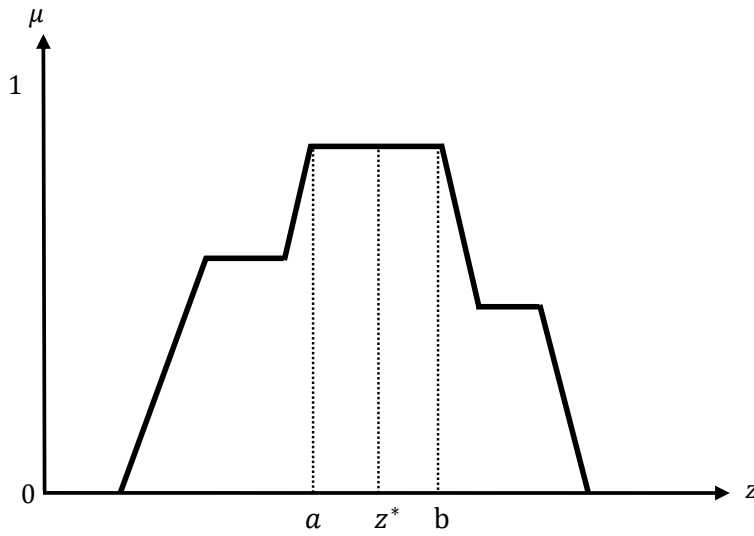


Şekil 3.21 : En büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulaştırma.

3.2.7.3 Ortalama en büyük (mean-max) üyelik derecesi yöntemi

Bu yöntem en büyüklerin ortası olarak da bilinmektedir. Bu nedenle en büyük üyelik derecesi yöntemiyle ilişkilidir. Bu yöntem en büyük üyelik derecesi tek bir nokta olmayıp, düz olabilen sistemler için kullanılabilir. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Denklem 3.12) (Şen, 2009; Elmas, 2011). z^* değerinin elde edilişi Şekil 3.22’de görülmektedir (Elmas, 2011).

$$z^* = \frac{a + b}{2} \quad (3.12)$$

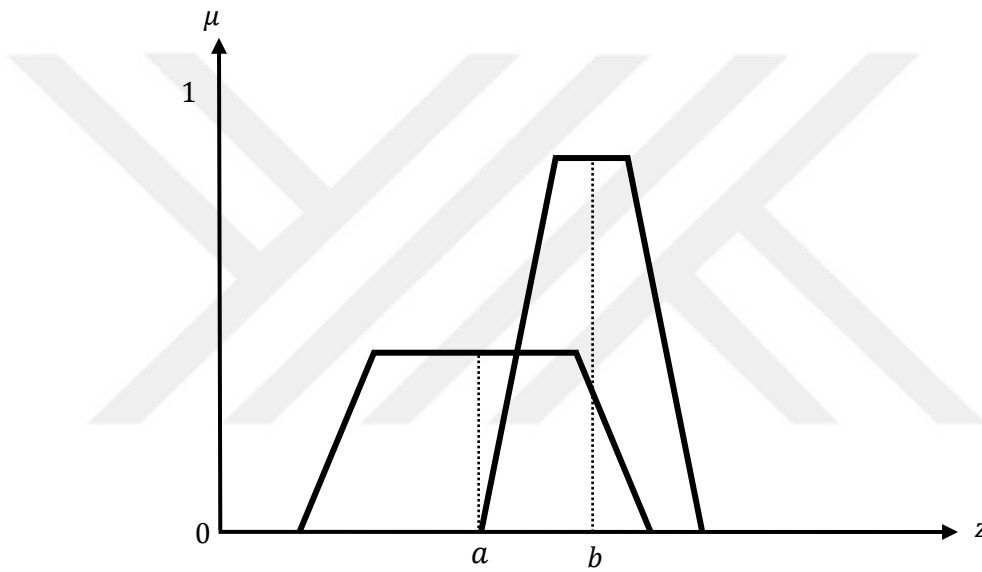


Şekil 3.22 : Ortalama en büyük üyelik derecesi yöntemi ile durulaştırma.

3.2.7.4 Ağırlıklı ortalama yöntemi

Bu yöntemde girişlerden elde edilen bütün bulanık değerler ile üyelik değeri kullanılarak durulaştırma yapılmaktadır. Durulaştırma işlemi sadece simetrik olan üyelik fonksiyonları için geçerlidir. Aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Denklem 3.13) (Şen, 2009; Elmas, 2011). Bu formülde $\sum$ sembolü cebirsel toplamayı ifade etmektedir. z^* değerinin elde edilişi Şekil 3.23'te görülmektedir (Şen, 2009).

$$z^* = \frac{\sum \mu_c(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_c(\bar{z})} \quad (3.13)$$



Şekil 3.23 : Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma.

3.2.8 Bulanık mantık yaklaşımının avantajları ve dezavantajları

Bulanık mantığın hemen hemen tüm disiplinlerdeki modellemelerde önemli bir yeri bulunmaktadır. Klasik yaklaşımlara göre bazı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Elmas, 2011; Toprak, 2004; Toktaş ve Aktürk, 2004; Karakaşoğlu, 2008).

Avantajları:

- En büyük avantajı, insan düşünüş tarzına çok yakın olması, insan davranışlarını formüle etmesi ve yeni olanaklara açık olmasıdır. Denetim işlemlerinin çoğu dilsel niteleyicilerle yapılmaktadır.

- Uygulama sürecinde matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, doğrusal olmayan, zamanla değişen, karmaşık ve belirsizlik içeren sistemlerde başarılı sonuçlar alınmaktadır.
- Eksik ve şüpheli işlemde kaynaklanan belirsizliği hesaba katmanın sistematik bir temelini sunmaktadır.
- Uzman bilgisini kullanmaya imkân sağlamaktadır. Bu bilgiyi tutarlı ve yapısal bir yolla işleme yeteneğine sahiptir.
- “İnsana özgü tecrübe ile öğrenme” olayı kolayca modellenmektedir.
- Geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşmasını sağlamaktadır.
- Fiziksel temelden yoksun değildir. Olayın fiziksel nedenleri modele yansıtılabilmektedir.
- Kabullerin ve ihmallerin en az olduğu yöntemlerden birisi olduğundan araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir.
- Belirsizlik, kişisel önyargı, davranış ve amaçlar gibi insan faktörünün içine girdiği gerçek hayat problemlerinde klasik matematiksel modellemeye göre daha esnek ve güvenlidir.

Dezavantajları:

- Bulanık mantık kurallarının uzman deneyimlerine de dayanarak oluşturulması gerektiğinden kuralları tanımlamak her zaman kolay değildir.
- Üyelik fonksiyonlarının değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemi olup bu da uzun zaman alabilmektedir.
- Üyelik fonksiyonlarının değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması oldukça zordur.
- Sistemlerin kararlılık, denetlenebilirlik ve gözlemlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntem bulunmamaktadır.

Literatürde yer alan bilimsel yöntemler incelendiğinde yapay zekâ yöntemlerinden Bulanık Mantık'ın işitsel peyzaj çalışmalarında kullanılabileceği düşünülmüştür. Kullanıcıların işitsel peyzaj algılarının bölgelere, kültürlere, toplumlara göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Bir ortamın akustik konforu için; çok memnuniyet verici, memnuniyet verici, az memnuniyet verici ya da hiç memnuniyet verici değil gibi derecelendirilmeler yapılabilmektedir. Ya da ses çevresi; çok gürültülü, orta derecede gürültülü, az gürültülü, hiç gürültülü değil şeklinde değerlendirilmektedir. Birçok işitsel peyzaj çalışmalarındaki anketlerde kullanıcı algısını ölçmeye yardımcı olan sıfat çiftleri 3'lü, 5'li, 7'li ya da 9'lu ölçekte kullanıcılara yöneltilmektedir. Çünkü katılımcılar sadece “memnun” veya sadece “memnun değil” şeklindeki cevap sınırlamalarında yorum yapmakta zorlanmaktadırlar. Bu nedenle de ara değerlerin olması cevapları rahatlatmaktadır. Bulanık mantıktaki modellemelerde de ara değerlere yer verildiğinden bu çalışma için yapay zekâ yöntemleri içerisinde Bulanık Mantık'ın kullanılması uygun bulunmuştur.



4. MEMNUNİYET DÜZEYİ TAHMİN MODELİNİN BULANIK MANTIKLA OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada, kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için alan çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerinin tahmin edilmesi için yapay zekâ yöntemlerinden Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon analizi, regresyon analizi, birden çok bağımsız değişkenin bir bağımlı değişkeni etkileme derecelerinin araştırılmasında Standart (enter) çoklu regresyon analizi ve frekans dağılımları için çıkarsamalar ki-kare testi istatistik analiz testleri kullanılmıştır.

MATLAB - Matrix Laboratory (R2012a The Language of Technical Computing) ve R version 3.2.3 (The R Foundation for Statistical Computing) free software bilgisayar paket programlarından yararlanılarak hesaplamalar yapılmış olup, $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

İlk olarak çalışmanın yapılacağı alanda iki kulaklı (binaural) ses kayıtları yapılmış ve ses kayıtlarından ses klipleri oluşturulmuştur. Ses kliplerine ait ses kalitesi metrikleri hesaplanmış, laboratuvar ortamında jüri testleri yapılmıştır. Metriklere ait nesnel veriler ile jüri testlerinden elde edilen öznel verilerin istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak ses kalitesi metrikleri ile memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonlar ve Ses Kalitesi İndeks (SQI) denklemi elde edilmiştir.

Nicel veriler ve öznel değerlendirmeler ile kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin modeli Bulanık Mantık ile oluşturulmuştur.

4.1 Alan Çalışması

Kullanıcıların kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmeyi amaçlayan bu model için ses kalitesi metriklerine ait verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ses kalitesi metriklerinin nicel verilerini elde etmek için alan çalışmasında iki kulaklı (binaural) ses kayıtları yapılmıştır.

4.1.1 İki kulaklı ses kayıtları

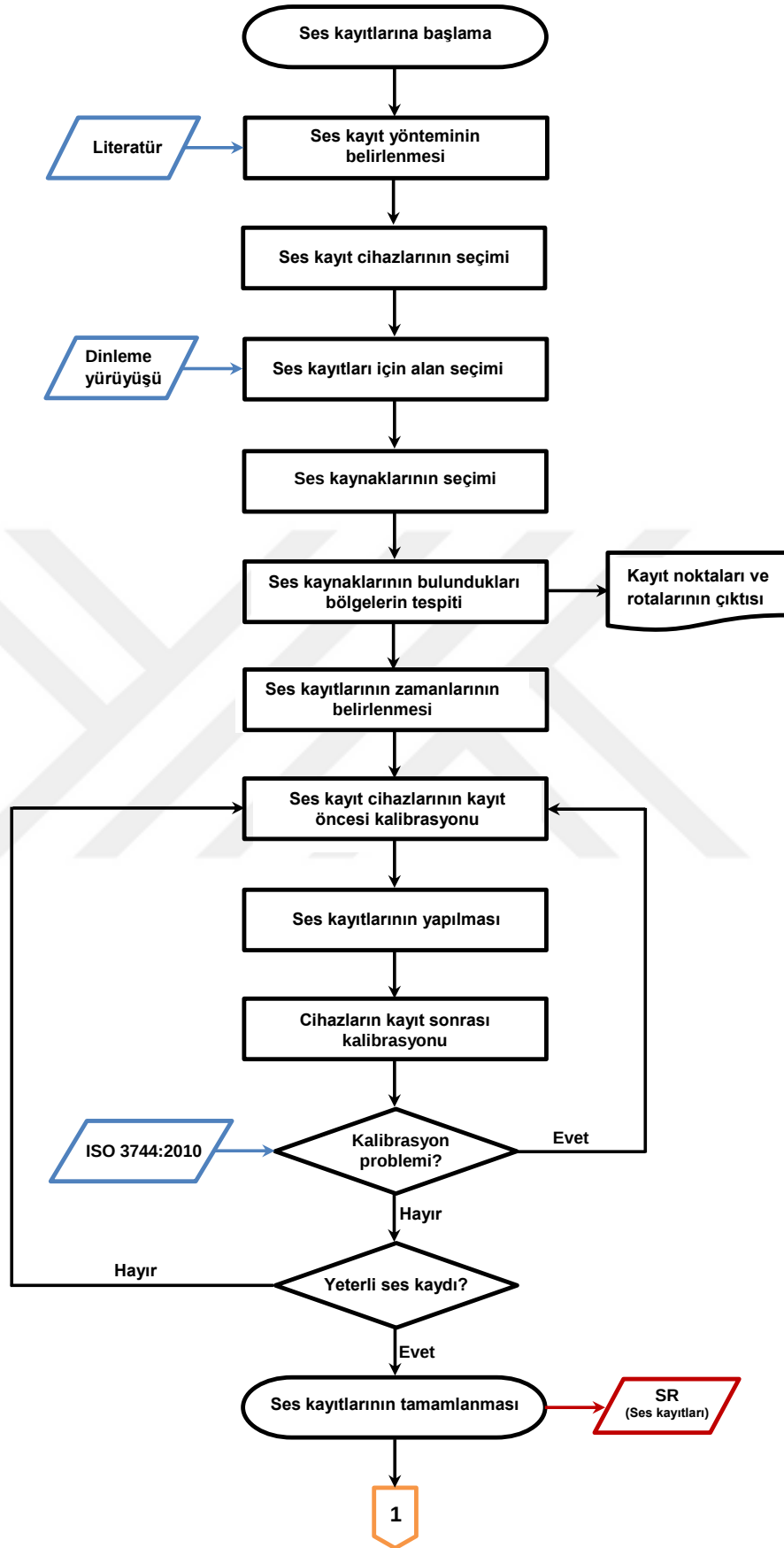
Alan çalışmasında ilk olarak iki kulaklı ses kayıtları yapılmıştır. Şekil 4.1'deki akış şemasında ses kayıtlarının yapılma süreci görülmektedir. Ses kayıtlarına başlarken ilk olarak literatürde işitsel peyzaj çalışmalarında ses kayıtları için kullanılan yöntemler incelenmiştir. Bu kayıtlar, seçilen alanda belirlenen bir rota boyunca yürüyüş yaparak ya da belirli bir noktada işitilmesi istenilen ses kaynaklarını içerecek sürede yapılarak gerçekleştirilmektedir (Sudarsono ve diğ, 2016; Gozalo ve diğ, 2015; Aletta ve diğ, 2016a; Rychtáriková ve Vermeir 2013; Brambilla ve diğ, 2007b; Semidor 2006). Ses kayıtları, sağ ve sol kulağa gelen sesleri ayrı ayrı kaydedebilme özelliğine sahip iki kulaklı mikrofon setleriyle oldukça hassas yapılabilmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmada da iki kulaklı ses kayıtlarının yapılmasına karar verilmiştir. Ses kayıtları Brüel & Kjær 2270-A-D00 el tipi çift kanallı ses ölçüm cihazına bağlanan Brüel & Kjær 4101 iki kulaklı mikrofon seti (Şekil 4.2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada ses kayıtlarının yapılacağı alanı belirlemek için Diyarbakır kent merkezinin birçok mekânlarında dinleme yürüyüşleri gerçekleştirilmiştir. Bu yürüyüşlerden edinilen izlenimlerle çalışmanın yapılacağı bölge seçilmiştir.

Çalışma alanı seçim kriterleri

Diyarbakır, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin orta kısmında, El Cezire de denilen Mezopotamya'nın kuzeyindedir. Kentin ne zaman kurulduğu bilinmemektedir. Ancak şehrin doğusunu sınırlandıran ve Dicle nehrinden yüz metre kadar yükseklikte bulunan Fiskayası isimli sarp kayalığın İçkale kesiminin ilk yerleşme yeri olarak çekirdeği oluşturduğu ve en az beş bin yıllık bir geçmişe sahip olduğu düşünülmektedir (Beysanoğlu, 1998).

İşitsel peyzaj çalışmalarında mekânlar oldukça önemli bir unsurdur (Leadley, 2015). Bu nedenle de çalışmanın yapılacağı alan aşağıdaki kriterler değerlendirilerek Diyarbakır'ın Suriçi bölgesi olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.1 : Alanında yapılan iki kulaklı ses kayıtlarında izlenen akış şeması.

Ulaşılabilirlik: Araştırma süreci içinde alana veri amaçlı yapılacak çalışmaların sıklığı göz önünde bulundurularak erişilebilir bir noktada bulunması,

Özgünlük: Binlerce yıllık tarihi geçmişe sahip, birçok medeniyete ve kültüre ev sahipliği yapmış ve bölgenin büyük oranda özgün tarihsel dokuya sahip olması,

Tanınırlık: Bölgenin etrafını çevreleyen yaklaşık 5.800m uzunluğundaki Diyarbakır Surları ve Hevsel Bahçelerinin 2015 yılında UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) dünya kültür mirasları listesine girerek dünya çapında tanınmaya başlanması,

Canlılık: Kültürel, sosyal, ticari ve rekreasyon aktiviteleri ile canlı ve yaşayan bir bölge olması,

Çeşitlilik: Kentsel alanlarda işitilebilecek birçok ses kaynağının bir arada bulunabildiği bölgelerden birisi olup, sadece trafik veya insan seslerinin değil bölgeye ait sembol seslerin de yer aldığı çeşitli ses kaynaklarını içermesidir.

Diyarbakır'ın tarihi kent merkezini oluşturan Suriçi bölgesi; ulaşılabilirliği, özgünlüğü, tanınırlığı, canlılığı, çeşitliliği değerlendirilerek kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyinin tahmini için uygulama alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 4.2 : İki kulaklı ses kayıtlarında kullanılan ses ölçüm cihazı ve iki kulaklı mikrofon seti.



Şekil 4.3 : Alan çalışmasının gerçekleştirildiği Diyarbakir Suriçi bölgesi.

Ses kayıtlarında yer alması istenilen trafik ve insan sesleri dışında, bölgenin akustik kimliğini oluşturan ses kaynakları (ezan sesi, çan sesi, şerbetçilerin, bakırcıların, demircilerin sesleri gibi) belirlenip, çalışma alanında bulundukları bölgeler tespit edilmiştir. Bu bölgelerdeki ses kayıtlarının yapılacağı noktalar ve rotalar (Şekil 4.4) belirlenip çıktıları alınmıştır. Ses kayıtlarının bölgenin genel ses çevresi ile ilgili detaylı verileri verebilmesi için, ses kayıtları tek bir defa değil, hafta içi (5 gün) ve hafta sonu (cumartesi) gerçekleştirilmiştir. Kayıtlar kullanıcıların kenti sıklıkla kullandıkları sabah 07.30-09.00, öğle 12.00-13.30 ve akşam 17.00-18.30 saatleri arasında yapılmıştır.

Her bir ses kaydı için kayda başlamadan önce mikrofon setinin kalibrasyonu, B&K 4231 ses düzeyi kalibratörü (Şekil 4.5) ile yapılmıştır. Daha sonra belirlenen rotalarda ve noktalarda iki kulaklı ses kayıtları gerçekleştirilmiştir. Her bir ses kaydı tamamlandığında mikrofon setinin kalibrasyonu tekrarlanmıştır. Kalibrasyon farkının ISO 3740 (2010)'a göre kontrolü yapılarak kalibrasyon farkının 0.5'i geçtiği durumlarda aynı rotalarda veya noktalarda kayıtlar tekrarlanmıştır. Hedeflenen sayıda ses kayıtları gerçekleştirildiğinde ses kayıt aşaması tamamlanmıştır.



Şekil 4.4 : İki kulaklı ses kayıtlarının yapıldığı Suriçi bölgesindeki rotalar ve noktalar.



Şekil 4.5 : İki kulaklı ses kayıtlarına başlamadan önce ve kayıtları bitirdikten sonra mikrofonların kalibrasyonlarının gerçekleştirildiği ses düzeyi kalibratörü.

4.2 Laboratuvar Çalışması

Çalışma alanında yapılan ses kayıtlarından laboratuvar ortamında ses klipleri hazırlanmış ve bu kliplere ait ses kalitesi metrikleri hesaplanarak nicel veriler elde edilmiştir. Ayrıca laboratuvar da katılımcılara jüri testi uygulanıp, sonuçların istatistiksel analizleri yapılarak ses kalitesi metrikleri ile memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonlar ve Ses Kalitesi İndeks (SQI) denklemi oluşturulmuştur.

4.2.1 Ses kliplerinin hazırlanması ve ses kalitesi metriklerinin hesaplanması

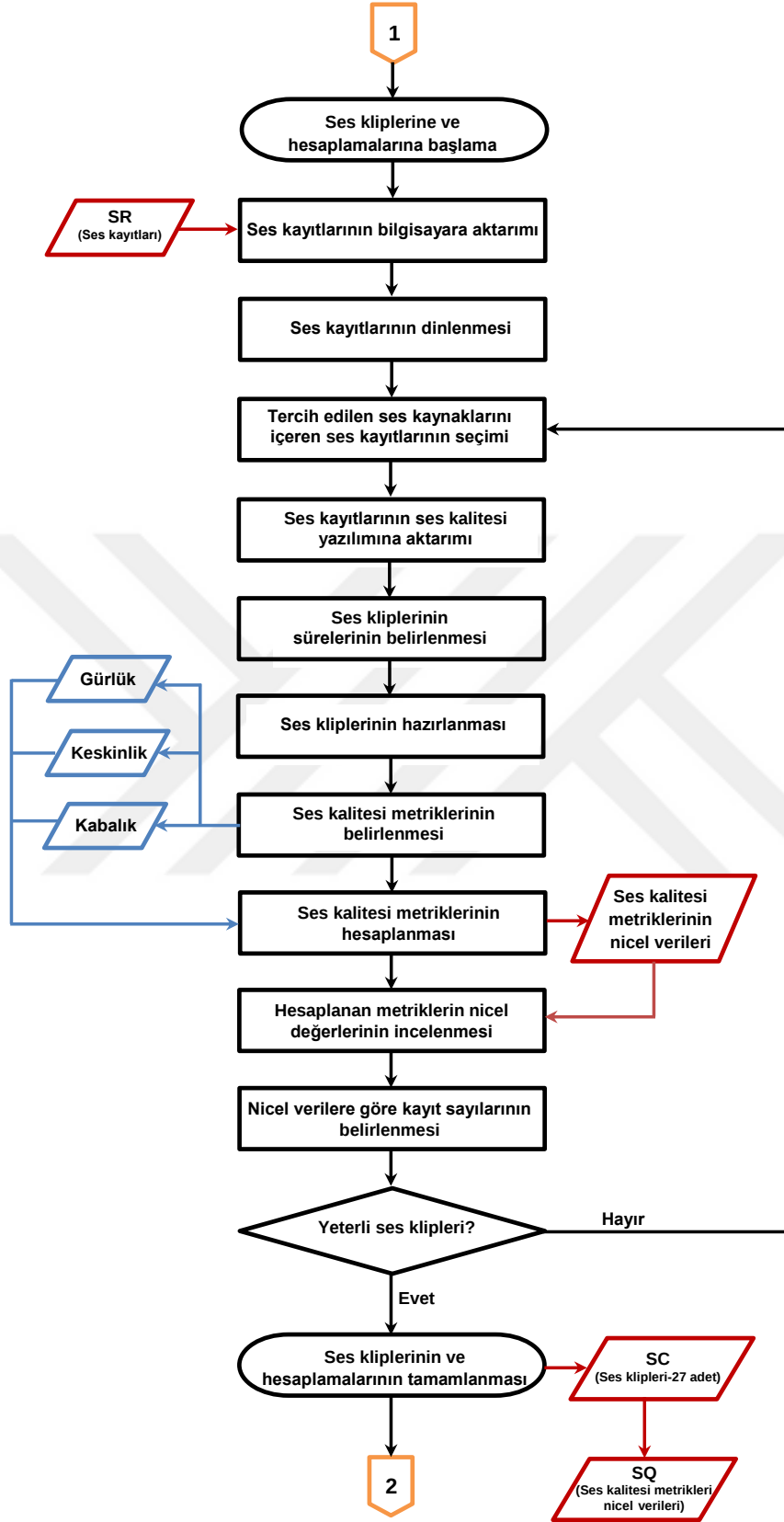
Laboratuvar ortamında uygulanacak olan jüri testine katılacakların uzun sürelerde birçok ses kaydını dinlemesi uygun olmayacağından ses kayıtlarının kliplere bölünmesi gerekmektedir. Çalışma alanında yapılan iki kulaklı ses kayıtlarına ait ses kliplerinin ve bu kliplere ait ses kalitesi metriklerinin hesaplanabilmesi için izlenen yol Şekil 4.6'daki akış şemasında görülmektedir. Ses klipleri için ilk olarak alan çalışmasında yapılan ses kayıtlarının bilgisayara aktarılması gerekmektedir. Hafta içi ve hafta sonu, günün farklı zaman dilimlerinde, bölgenin farklı noktalarında yapılan iki kulaklı ses kayıtları bilgisayara aktarılmıştır.

Ses kayıtları dinlenerek tercih edilen ses kaynaklarını içeren kayıtlar seçilmiştir. Seçilen ses kayıtlarına ait nicel verilerin elde edilebilmesi için ses kalitesi metriklerinin nicel verilerini hesaplayabilen bilgisayar yazılımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. PULSE Reflex yazılımının, ses kayıtlarını istenilen sürelerle bölebilmesi, ses parçalarını birleştirebilmesi ve ses kayıtlarının ses kalitesi metriklerini de hesaplayabilmesi özelliklerine sahip olması nedeniyle bu çalışma için kullanılması uygun görülmüştür. Çalışma alanından elde edilen ses kayıtları PULSE Reflex yazılımına aktarılmıştır.

Ses kayıtları çalışma alanında belirlenen rotalarda ve noktalarda gerçekleştirildiğinden kayıt süreleri rotaların uzunluğuna bağlı olarak veya bulunulan noktanın ses çevresini yansıtabilecek şekilde 5dk ile 30dk arasında değişmektedir.

Mekânların ses çevrelerini yansıtabilmesi, çeşitli ses kaynaklarının da bir arada işitilebilmesi, aynı zamanda katılımcıların dikkatleri dağılmadan anketleri cevaplayabilmeleri için ses kliplerinin 30sn. olmasına karar verilmiş ve ses klipleri hazırlanmıştır.

Bu çalışma ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleriyle sınırlandırılmış olup, ses kliplerine ait metriklerin nicel değerleri PULSE Reflex ile hesaplanmıştır. Ses kliplerindeki metriklerin nicel değerlerinin çeşitliliğine dikkat edilerek kayıt sayıları belirlenmiş ve kliplerin yeterliliği kontrol edilmiştir. Farklı düzeylerde ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerine sahip klipleri elde edebilmek için, ses kliplerinin elde edilişi ve hesaplanması birkaç kez tekrarlanmıştır.



Şekil 4.6 : İki kulaklı ses kayıtlarından ses klipleri ve kliplerin ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerini elde etmede izlenen akış şeması.

Çeşitli ses kalitesi nicel verilerine sahip farklı kombinasyonlardaki 27 adet ses klipi oluşturulmuştur (Çizelge 4.1). Böylelikle ses kliplerinin hazırlanma ve kliplere ait nicel verilerin hesaplanma aşaması tamamlanmıştır. Laboratuvar ortamında yapılacak jüri testi için ses klipleri elde edilmiş olup, jüri testi aşamasına geçilmiştir.

4.2.2 Jüri testi

Çalışmanın laboratuvar aşamasını oluşturan jüri testi aşamasında katılımcılara ses klipleri dinletilerek bir anket uygulanmış, anket sonuçları ile ses kliplerine ait ses kalitesi metrikleri nicel verileriyle analizleri yapılmıştır. Şekil 4.7’de jüri testinin uygulama ve analizi için akış şeması gösterilmiştir.

4.2.2.1 Jüri testinin uygulaması

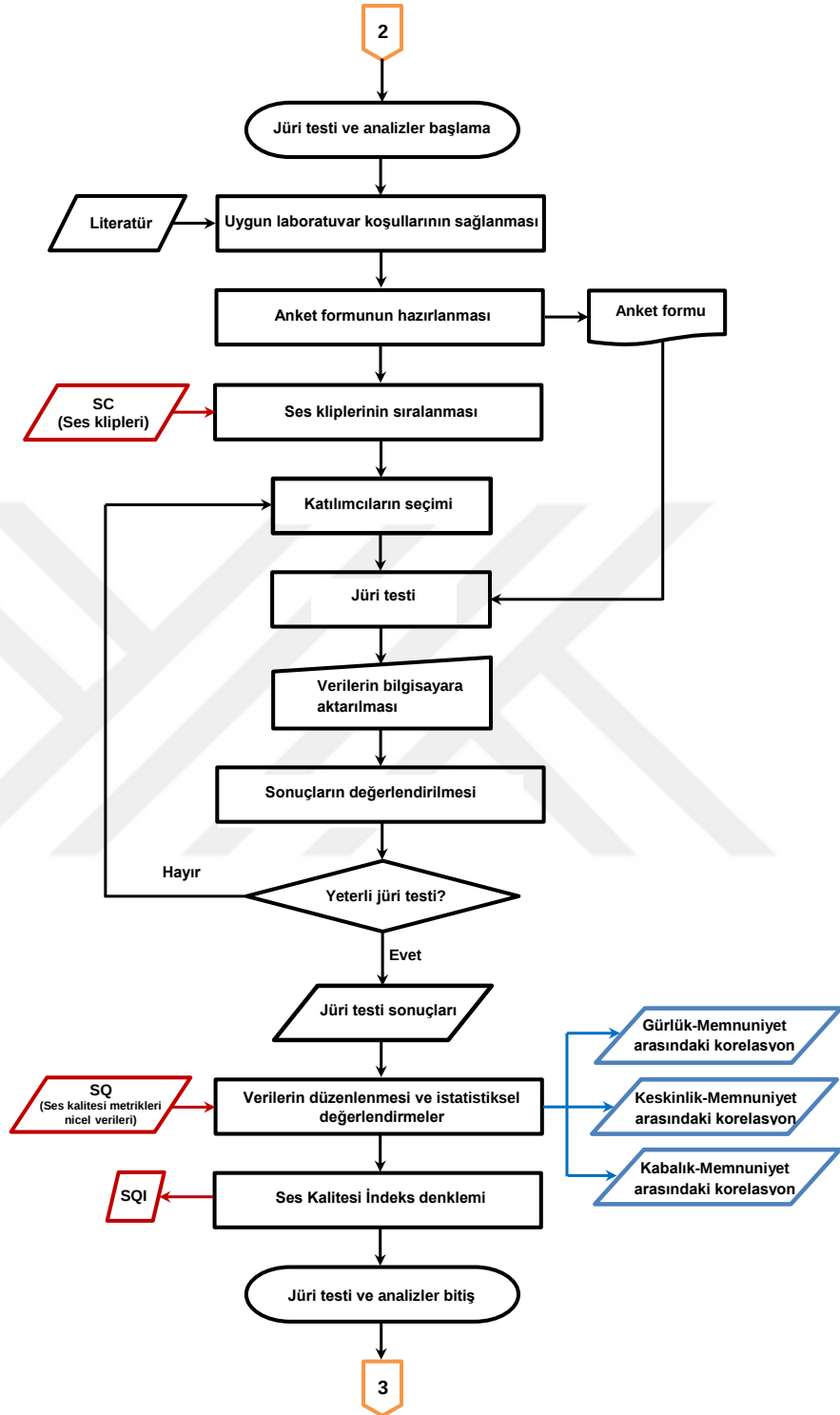
İlk olarak ankete katılacak olan katılımcılar için uygun laboratuvar koşulları araştırılmıştır. Literatürde laboratuvar ortamlarında yapılan çalışmaların özellikle yarı çınlamasız odalarda (semi-anechoic chamber) gerçekleştirildiği görülmüştür (Aletta ve diğ, 2016b; Davies ve diğ, 2014; Sudarsono ve diğ, 2016). Bu çalışma için jüri testleri, katılımcıların dış ortam seslerinden etkilenmeden anketleri cevaplayabilecekleri yarı çınlamasız odada, kulaklarını tamamen kaplayan, sağ ve sol kulaklardan sesleri ayrı ayrı işitebildikleri bir kulaklık kullanarak gerçekleştirilmiştir. Jüri testinin uygulanmasına başlamadan önce katılımcılar için, dinledikleri 27 farklı ses kliplerinin memnuniyet düzeylerini 1’den 5’e kadar (1-memnuniyet verici değil; 5-memnuniyet verici) belirleyebilecekleri anket föyü hazırlanmıştır (Çizelge 4.2).

Çalışmanın bir önceki aşamasında hazırlanan 27 farklı ses klipi anket uygulaması için sıralanmıştır. Ses kayıtlarında işitilen ses kaynakları Çizelge 4.3’te görülmektedir. Jüri testi için katılımcılar, işitme problemi olmayan, 20-40 yaşları arasında kişilerden seçilmiştir. Katılımcılara uygulamayla ilgili bilgilendirme yapıp, anket formu verilmiş ve jüri testine başlanmıştır. Katılımcılar ses kliplerini dinleyip, dinledikleri ses klipleriyle ilgili memnuniyet düzeylerini 1-5 arasında, kendileri için en uygun seçeneği tercih ederek işaretlemişlerdir. Her bir katılımcının ankete başlamadan önce bilgilendirilmeleri, 27 farklı ses klipini dinlemeleri ve anketi cevaplamaları yaklaşık 20-25 dakika sürmüştür. Katılımcıların ses klipleri ile ilgili memnuniyet düzeylerine ait verileri bilgisayara aktarılmış ve sonuçlar

değerlendirilmiştir. 53 katılımcı ile gerçekleştirilen jüri testinden elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler için düzenlenmiştir.

Çizelge 4.1 : Ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel değerleri.

Klip No	Gürlük (sone)	Keskinlik (acum)	Kabalık (asper)
Klip 1	29,5	1,429	1,54
Klip 2	29,3	2,147	1,85
Klip 3	42,2	2,654	1,66
Klip 4	24,3	1,570	1,76
Klip 5	47,7	1,710	1,74
Klip 6	36,4	1,571	1,36
Klip 7	27,2	2,180	1,45
Klip 8	25,0	1,675	1,51
Klip 9	30,9	1,756	2,55
Klip 10	31,8	1,681	2,69
Klip 11	20,4	1,400	2,30
Klip 12	42,6	2,656	1,72
Klip 13	28,9	1,547	2,63
Klip 14	23,1	2,386	2,43
Klip 15	32,8	1,484	1,47
Klip 16	45,9	2,582	1,68
Klip 17	41,6	2,729	1,55
Klip 18	32,1	1,428	1,79
Klip 19	37,3	1,733	2,18
Klip 20	33,8	1,903	3,14
Klip 21	40,7	2,140	2,66
Klip 22	45,6	1,679	3,10
Klip 23	42,6	1,723	1,38
Klip 24	43,7	2,873	2,50
Klip 25	41,5	1,465	2,92
Klip 26	44,2	1,216	1,85
Klip 27	64,6	1,493	1,46



Şekil 4.7 : Laboratuvarda uygulanan jüri testi ve sonuçlarının istatistiksel analizleri için izlenen akış şeması.

Çizelge 4.2 : Laboratuvarda uygulanan jüri testinde kullanılan anket föyü.

Memnuniyet verici değil	1	2	3	4	5	Memnuniyet verici
<u>Klip 1</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 2</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 3</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 4</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 5</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 6</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 7</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 8</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 9</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 10</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 11</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 12</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 13</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 14</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 15</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 16</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 17</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 18</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 19</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 20</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 21</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 22</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 23</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 24</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 25</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 26</u>	☐	☐	☐	☐	☐	
<u>Klip 27</u>	☐	☐	☐	☐	☐	

Çizelge 4.3 : Ses kliplerinde yer alan ses kaynakları.

Klip No	Ses Kaynakları
Klip 1	Konuşma, ayak sesi, jeneratör
Klip 2	Tezgâhtar bağırs, korna, araç tekerlek, trafik
Klip 3	Kuş sesi, trafik, korna, konuşma, araç fren
Klip 4	Ayak sesi, çocuk sesi, müzik
Klip 5	Müzik, konuşma
Klip 6	Konuşma, bakır vurma
Klip 7	Müzik, konuşma, korna
Klip 8	Konuşma, tezgâhtar bağırs
Klip 9	Motosiklet, trafik, konuşma, kuş sesi
Klip 10	Trafik, araç tekerlek
Klip 11	Konuşma, çan sesi
Klip 12	Konuşma, trafik, kuş sesi, korna, araç fren
Klip 13	Trafik, korna, konuşma, ayak sesi
Klip 14	Trafik, el arabası, konuşma, motosiklet
Klip 15	Trafik, konuşma
Klip 16	Demir kesme, konuşma, müzik
Klip 17	Şerbetçi, tezgâhtar bağıрма, konuşma, korna
Klip 18	Trafik, korna, konuşma, düdük
Klip 19	Trafik, konuşma, ayakkabı çekiçleme
Klip 20	Trafik, konuşma, havalandırma
Klip 21	Korna, araç tekerlek, trafik, konuşma
Klip 22	Motosiklet, trafik, konuşma
Klip 23	Trafik, korna, havalandırma, konuşma
Klip 24	El arabası, trafik, konuşma
Klip 25	Motosiklet, trafik, konuşma, araç tekerlek
Klip 26	Konuşma, trafik, ezan
Klip 27	Trafik, korna, siren, konuşma

4.2.2.2 Jüri testi analizi

Katılımcıların laboratuvar ortamında ses klipleri ile ilgili anket sonuçlarının görülme sıklıklarına ait değerleri ile ilgili yüzde değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Ses kliplerinde yer alan ses kaynakları ile ses kalitesi metrikleri incelendiğinde, gürlük metriğinin nicel olarak yüksek olduğu ses kliplerinde (Klip 3-5-16-22-23-24-25-26 ve 27) çeşitli ses kaynaklarının yer aldığı anlaşılmıştır. Herhangi bir ses kaynağının gürlüğü belirgin şekilde etkilediği görülmemiştir.

Keskinlik metriğinin nicel olarak yüksek olduğu ses kliplerinde (Klip 2-3-7-12-14-16-17-21 ve 24) insanların birbirleriyle konuşmaları dışında ortak ses olarak trafik sesi ve korna seslerinin işitildiği anlaşılmaktadır. Klip 5 ve klip 7 karşılaştırıldığında ses kalitesi metriklerinde, klip 5'in gürlük metriğinin yüksek, kabalık ve keskinlik metriklerinin orta düzeyde, klip 7'de ise gürlük ve kabalık metriklerinin düşük, keskinlik metriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Her iki klipte müzik ve konuşma sesleri ortaktır. Ancak klip 7'de müzik ve konuşma sesi dışında araç korna sesi duyulmaktadır. Klip 5'teki gürlük ve kabalık metriklerinin düzeyleri klip 7'den fazla olmasına rağmen keskinlik düzeyi daha yüksektir. Bu da, korna sesiyle birlikte keskinlik düzeyinin arttığını göstermektedir. Klip 11 ve klip 14 incelendiğinde her iki klipte gürlük ve kabalık metriklerinin düzeylerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Keskinlik metriği ise klip 11'de düşük düzeydeyken, klip 14'te ise yüksek düzeydedir. Kliplerdeki işitilen ses kaynakları incelendiğinde klip 14'te trafik sesinin daha yoğun bir şekilde işitildiği anlaşılmaktadır.

Ses kalitesi metriklerinden kabalık metriğinin hangi ses kaynaklarına bağlı olarak yükseldiğini belirlemek için kabalık metriğinin yüksek olduğu ses klipleri (Klip 9-10-13-14-20-21-22-24 ve 25) incelenmiştir. Bu kliplerde insanların konuşma sesleri ve trafik sesi dışında ortak ses olarak motosiklet sesi ve araçlara ait tekerlek seslerinin işitildiği anlaşılmaktadır. Klip 15 ve klip 22 karşılaştırıldığında ses kalitesi metriklerinde, klip 15'in kabalık metriğinin düşük, klip 22'nin ise yüksek olduğu görülmektedir. Her iki klipte trafik ve konuşma sesleri ortaktır. Ancak kabalık metriğinin yüksek olduğu klip 22'de trafik ve konuşma sesleri dışında motosiklet sesi duyulmaktadır. Bu da, motosiklet sesiyle birlikte kabalık metriğinin nicel düzeyinin arttığını göstermektedir.

Çizelge 4.4 : Laboratuvarıda yapılan jüri testinin istatistiksel değerlendirmesi.

		Memnuniyet verici değil			Memnuniyet verici		Toplam
		1	2	3	4	5	
Klip 1	Count	0	0	8	10	35	53
	% within SQ	,0%	,0%	15,1%	18,9%	66,0%	100,0%
	% of Total	,0%	,0%	,6%	,7%	2,4%	3,7%
Klip 2	Count	2	17	21	13	0	53
	% within SQ	3,8%	32,1%	39,6%	24,5%	,0%	100,0%
	% of Total	,1%	1,2%	1,5%	,9%	,0%	3,7%
Klip 3	Count	16	27	10	0	0	53
	% within SQ	30,2%	50,9%	18,9%	,0%	,0%	100,0%
	% of Total	1,1%	1,9%	,7%	,0%	,0%	3,7%
Klip 4	Count	0	2	8	25	18	53
	% within SQ	,0%	3,8%	15,1%	47,2%	34,0%	100,0%
	% of Total	,0%	,1%	,6%	1,7%	1,3%	3,7%
Klip 5	Count	1	23	16	6	7	53
	% within SQ	1,9%	43,4%	30,2%	11,3%	13,2%	100,0%
	% of Total	,1%	1,6%	1,1%	,4%	,5%	3,7%
Klip 6	Count	0	8	16	27	2	53
	% within SQ	,0%	15,1%	30,2%	50,9%	3,8%	100,0%
	% of Total	,0%	,6%	1,1%	1,9%	,1%	3,7%
Klip 7	Count	2	11	22	18	0	53
	% within SQ	3,8%	20,8%	41,5%	34,0%	,0%	100,0%
	% of Total	,1%	,8%	1,5%	1,3%	,0%	3,7%
Klip 8	Count	1	3	9	24	16	53
	% within SQ	1,9%	5,7%	17,0%	45,3%	30,2%	100,0%
	% of Total	,1%	,2%	,6%	1,7%	1,1%	3,7%
Klip 9	Count	0	1	19	29	4	53
	% within SQ	,0%	1,9%	35,8%	54,7%	7,5%	100,0%
	% of Total	,0%	,1%	1,3%	2,0%	,3%	3,7%
Klip 10	Count	0	5	37	11	0	53
	% within SQ	,0%	9,4%	69,8%	20,8%	,0%	100,0%
	% of Total	,0%	,3%	2,6%	,8%	,0%	3,7%
Klip 11	Count	0	0	6	15	32	53
	% within SQ	,0%	,0%	11,3%	28,3%	60,4%	100,0%
	% of Total	,0%	,0%	,4%	1,0%	2,2%	3,7%
Klip 12	Count	12	15	20	6	0	53
	% within SQ	22,6%	28,3%	37,7%	11,3%	,0%	100,0%
	% of Total	,8%	1,0%	1,4%	,4%	,0%	3,7%
Klip 13	Count	4	2	13	32	2	53
	% within SQ	7,5%	3,8%	24,5%	60,4%	3,8%	100,0%
	% of Total	,3%	,1%	,9%	2,2%	,1%	3,7%
Klip 14	Count	0	21	24	4	4	53
	% within SQ	,0%	39,6%	45,3%	7,5%	7,5%	100,0%
	% of Total	,0%	1,5%	1,7%	,3%	,3%	3,7%
Klip 15	Count	4	2	19	28	0	53
	% within SQ	7,5%	3,8%	35,8%	52,8%	,0%	100,0%
	% of Total	,3%	,1%	1,3%	2,0%	,0%	3,7%
Klip 16	Count	35	10	4	4	0	53
	% within SQ	66,0%	18,9%	7,5%	7,5%	,0%	100,0%
	% of Total	2,4%	,7%	,3%	,3%	,0%	3,7%
Klip 17	Count	4	12	27	2	8	53
	% within SQ	7,5%	22,6%	50,9%	3,8%	15,1%	100,0%
	% of Total	,3%	,8%	1,9%	,1%	,6%	3,7%
Klip 18	Count	1	6	17	27	2	53
	% within SQ	1,9%	11,3%	32,1%	50,9%	3,8%	100,0%
	% of Total	,1%	,4%	1,2%	1,9%	,1%	3,7%
Klip 19	Count	4	7	30	12	0	53
	% within SQ	7,5%	13,2%	56,6%	22,6%	,0%	100,0%
	% of Total	,3%	,5%	2,1%	,8%	,0%	3,7%
Klip 20	Count	0	12	35	6	0	53
	% within SQ	,0%	22,6%	66,0%	11,3%	,0%	100,0%
	% of Total	,0%	,8%	2,4%	,4%	,0%	3,7%

Çizelge 4.4 (devam) : Laboratuvarda yapılan jüri testinin istatistiksel değerlendirmesi.

		Memnuniyet verici değil			Memnuniyet verici		Toplam
		1	2	3	4	5	
Klip 21	Count	2	27	20	2	2	53
	% within SQ	3,8%	50,9%	37,7%	3,8%	3,8%	100,0%
	% of Total	,1%	1,9%	1,4%	,1%	,1%	3,7%
Klip 22	Count	20	28	3	2	0	53
	% within SQ	37,7%	52,8%	5,7%	3,8%	,0%	100,0%
	% of Total	1,4%	2,0%	,2%	,1%	,0%	3,7%
Klip 23	Count	2	27	18	6	0	53
	% within SQ	3,8%	50,9%	34,0%	11,3%	,0%	100,0%
	% of Total	,1%	1,9%	1,3%	,4%	,0%	3,7%
Klip 24	Count	35	10	7	1	0	53
	% within SQ	66,0%	18,9%	13,2%	1,9%	,0%	100,0%
	% of Total	2,4%	,7%	,5%	,1%	,0%	3,7%
Klip 25	Count	4	28	19	2	0	53
	% within SQ	7,5%	52,8%	35,8%	3,8%	,0%	100,0%
	% of Total	,3%	2,0%	1,3%	,1%	,0%	3,7%
Klip 26	Count	1	19	28	5	0	53
	% within SQ	1,9%	35,8%	52,8%	9,4%	,0%	100,0%
	% of Total	,1%	1,3%	2,0%	,3%	,0%	3,7%
Klip 27	Count	23	8	17	5	0	53
	% within SQ	43,4%	15,1%	32,1%	9,4%	,0%	100,0%
	% of Total	1,6%	,6%	1,2%	,3%	,0%	3,7%
Toplam	Count	173	331	473	322	132	1431
	% within SQ	12,1%	23,1%	33,1%	22,5%	9,2%	100,0%
	% of Total	12,1%	23,1%	33,1%	22,5%	9,2%	100,0%

Ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin ses klipleri üzerinde yapılan değerlendirmelerinde;

- Herhangi bir ses kaynağı gürlük metriğinin değişiminde tek başına önemli ölçüde etkili değildir.
- Trafik ve araç korna sesleri keskinlik metriğinin değişiminde etkili olmuştur. Bu ses kaynaklarının yoğun işitildiği kliplerde keskinlik metriğinin nicel değeri yüksektir.
- Motosiklet ve araçlara ait tekerlek sesleri kabalık metriğinin değişiminde etkili olmuştur. Motosiklet ve tekerlek seslerinin bulunduğu kliplerde kabalık metriğinin nicel değeri yüksektir.

Jüri testinden elde edilen veriler ile önceki aşamada elde edilen ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel verilerin istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Katılımcıların dinledikleri ses klipleri ile ilgili memnuniyet düzeyleri ile ses kalitesi metrikleri arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için birbirleriyle korelasyonları oluşturulmuştur.

Zwicker and Fastl (1999) ses kalitesi metriklerinin nicel değerleri yükseldikçe kullanıcıların memnuniyet düzeylerinin düşeceğini belirtmektedirler. Bu çalışma için gerçekleştirilen laboratuvar çalışmasında da görülmüştür ki (Çizelge 4.5) memnuniyet düzeyi ile ses kalitesi metrikleri arasında negatif yönde bir korelasyon mevcuttur.

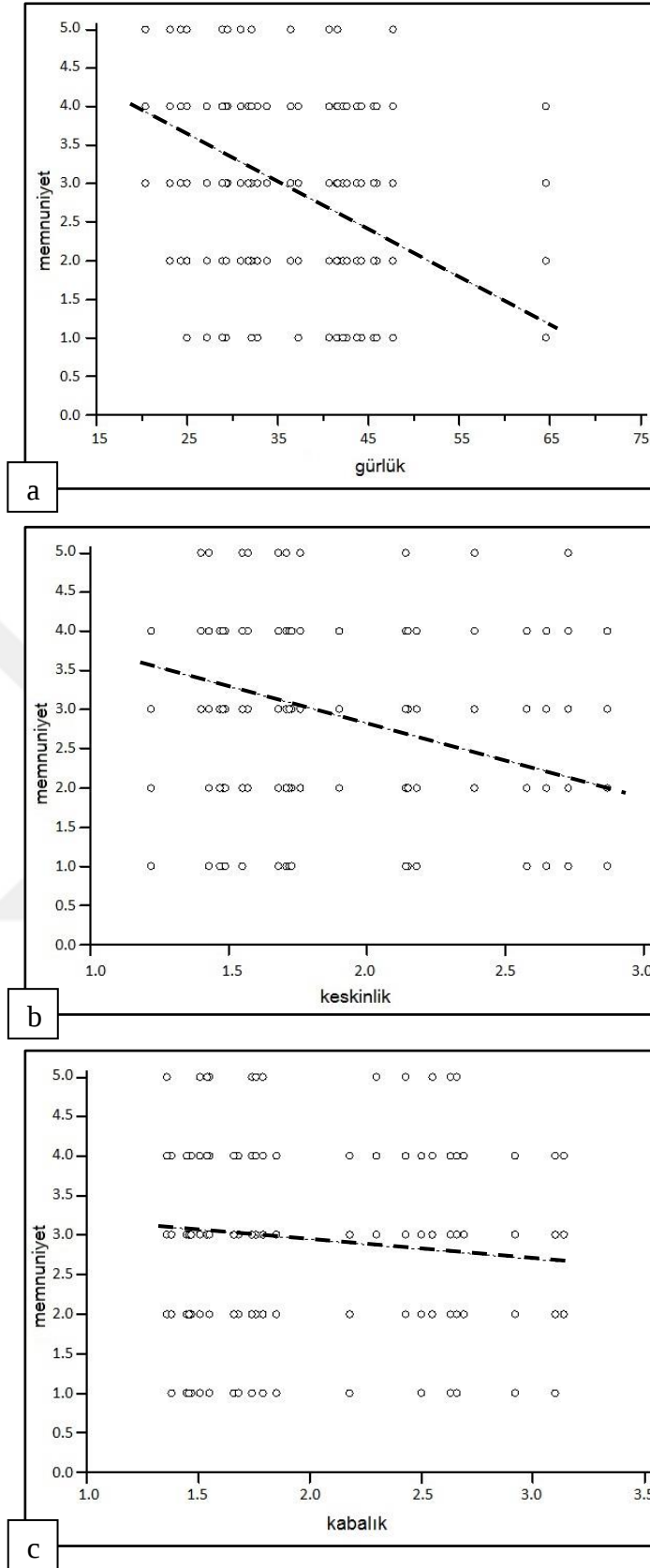
Çizelge 4.5 : Ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri ile katılımcıların memnuniyet algısı arasındaki korelasyonlar.

		memnuniyet	gürlük	kabalık	keskinlik
memnuniyet	Pearson Correlation	1	-0,514(*)	-0,118(*)	-0,386(*)
	p		0,000	0,000	0,000
gürlük	Pearson Correlation	-0,514(*)	1	-0,105(*)	0,152(*)
	p	0,000		0,000	0,000
kabalık	Pearson Correlation	-0,118(*)	-0,105(*)	1	-0,040
	p	0,000	0,000		0,132
keskinlik	Pearson Correlation	-0,386(*)	0,152(*)	-0,040	1
	p	0,000	0,000	0,132	

* $p < 0,01$

Ses kalitesi metriklerinin değerleri yükseldikçe katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi azalmaktadır (Şekil 4.8). Memnuniyet düzeyi ile gürlük arasında en yüksek korelasyon (0,514) görülmektedir. Keskinlik metriği ile memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyon (0,386), gürlük metriğine göre daha az ama kabalık metriğine göre daha fazladır. Memnuniyet düzeyi ile en düşük korelasyon kabalık metriği arasındadır (0,118). Memnuniyet düzeyi ile ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık arasındaki korelasyonların istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

Bayazıt'ın da (1996) belirttiği gibi iki ya da daha fazla rastgele değişken arasındaki istatistik ilişkinin matematiksel ifadesini belirlemek, değişkenlerden birinin değişiminin diğer değişkenlerin değişiminden kaynaklanan yüzdesini hesaplamak ve bağımlı değişkenin değerini, bağımsız değişkenlerin bilinen değerlerine bağlı olarak tahmin etmek için regresyon analizi yapılmaktadır.



Şekil 4.8 : Ses kalitesi metrikleri ile (a: gürlük, b: keskinlik, c: kabalık) memnuniyet düzeyi arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.

Bu çalışmada jüri testlerinin sonuçları ve ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel veriler kullanılarak çoklu regresyon yöntemiyle ve Çizelge 4.6'daki verilerle Denklem 4.1'deki **Ses Kalitesi İndeksi** (Sound Quality Index - SQI) oluşturulmuştur. Kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri ile ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleriyle korelasyonları ve Ses Kalitesi İndeksi (SQI) oluşturularak çalışmanın jüri testi ve analizleri aşaması tamamlanmıştır.

Çizelge 4.6 : Çoklu regresyon yöntemiyle elde edilen ses kalitesi indeks denklemi tablosu.

Independent variables	Coefficient	Std. Error	t	P
(Constant)	7,2936			
Gürlük	-0,05851	0,002522	-23,196	<0,0001
Kabalık	-0,3723	0,0425	-8,760	<0,0001
Keskinlik	-0,7792	0,05078	-15,346	<0,0001

$$SQI = 7,2936 - (0,05851 * X_1) - (0,7792 * X_2) - (0,3723 * X_3) \quad (4.1)$$

SQI: Ses Kalitesi İndeksi

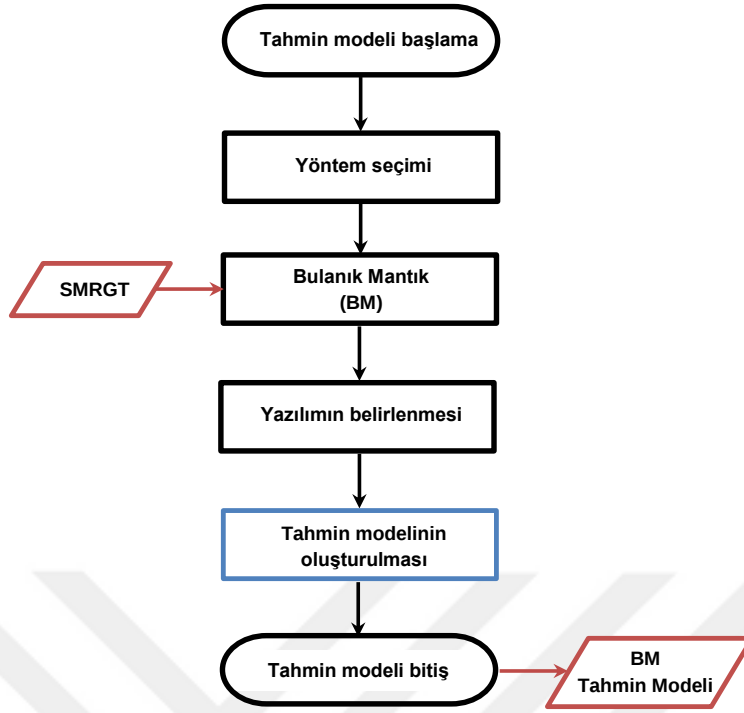
X_1 : gürlük

X_2 : keskinlik

X_3 : kabalık

4.3 Bulanık Mantık Tekniğiyle Tahmin Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada, kentsel alanlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Modelin kurgusu Şekil 4.9'daki genel akış şeması izlenerek gerçekleştirilmiştir. Model için yapay zekâ tekniklerinden **“Bulanık Mantık - BM”** (Fuzzy Logic) yöntemi seçilmiştir. Toprak'ın (2009) geliştirdiği Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique (SMRGT) yöntemiyle MATLAB yazılımı kullanılarak tahmin modeli kurgulanmıştır. Bu bölümün sonucunda kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin edebilecek bir model oluşturulmuştur.

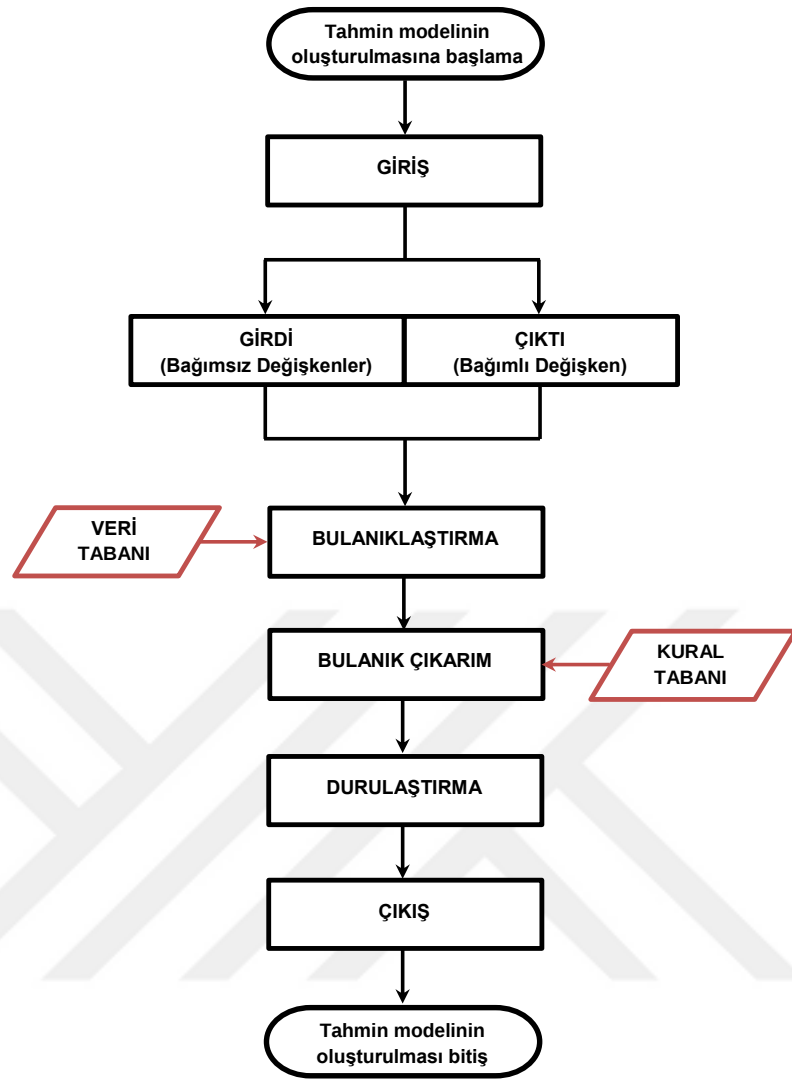


Şekil 4.9 : Bulanık mantık ile oluşturulan tahmin modelinin genel akış şeması.

Tahmin modelinin oluşturulmasında Şekil 4.10'daki akış şeması izlenmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin oluşturduğu giriş işlemleri gerçekleştirilmiş, veriler bulanıklaştırılmış, kural tabanı ile bulanık çıkarım ve sonrasında durulaştırma ile çıkış elde edilerek sistem kurgulanmıştır.

Giriş: Modelin bağımlı ve bağımsız değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm verileri içermektedir. Çalışmanın bağımsız değişkenlerini, ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri oluşturmaktadır. Kullanıcıların ses çevreleriyle ilgili memnuniyet düzeyleri ise çalışmanın bağımlı değişkeni olarak belirtilmektedir.

Bulanıklaştırma: Bulanık sistemden alınan giriş bilgilerinin ve veri tabanından alınan verilerin, dilsel niteleyici değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı aşamadır (Yılmaz, 2012). Modelde ses kalitesi metrikleri için kullanılacak dilsel niteleyiciler düşük, orta ve yüksek üyelik fonksiyonları olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10 : Çalışmada kullanılan bulanık mantık sistem şeması.

Kural tabanı: Giriş parametrelerindeki değişkenlere bağlı olarak, Eğer-İse türünde yazılabilen kuralların tümünü içermektedir.

Bulanık çıkarım: Bulanık kural tabanında, parça ilişkilerinin hepsini bir arada toplayarak giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan sistemin, bir çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır (Yılmaz, 2012). Bu çalışmada, bulanık çıkarım yöntemlerinden “Mamdani” yöntemi kullanılarak tahmin modeli kurgulanmıştır.

Durulaştırma: Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinden ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürüldüğü aşamadır (Yılmaz, 2012). Kullanılan modelde, durulaştırma olarak ağırlık merkezi yöntemi (centroid method) kullanılmıştır.

Çıkış: Bulanık mantık sisteminin son aşamasında, bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen bağımlı değişken belirlenmektedir (Uygunoğlu ve Yurtcu, 2006).

Modeli hazırlamaya başlarken ilk olarak MATLAB yazılımında Fuzzy Logic araç olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken ile bunlara ait bulanık kümeler, kümelerin şekilleri, üyelik fonksiyonları belirlenip kurallar oluşturularak çıkış verileri elde edilmiştir.

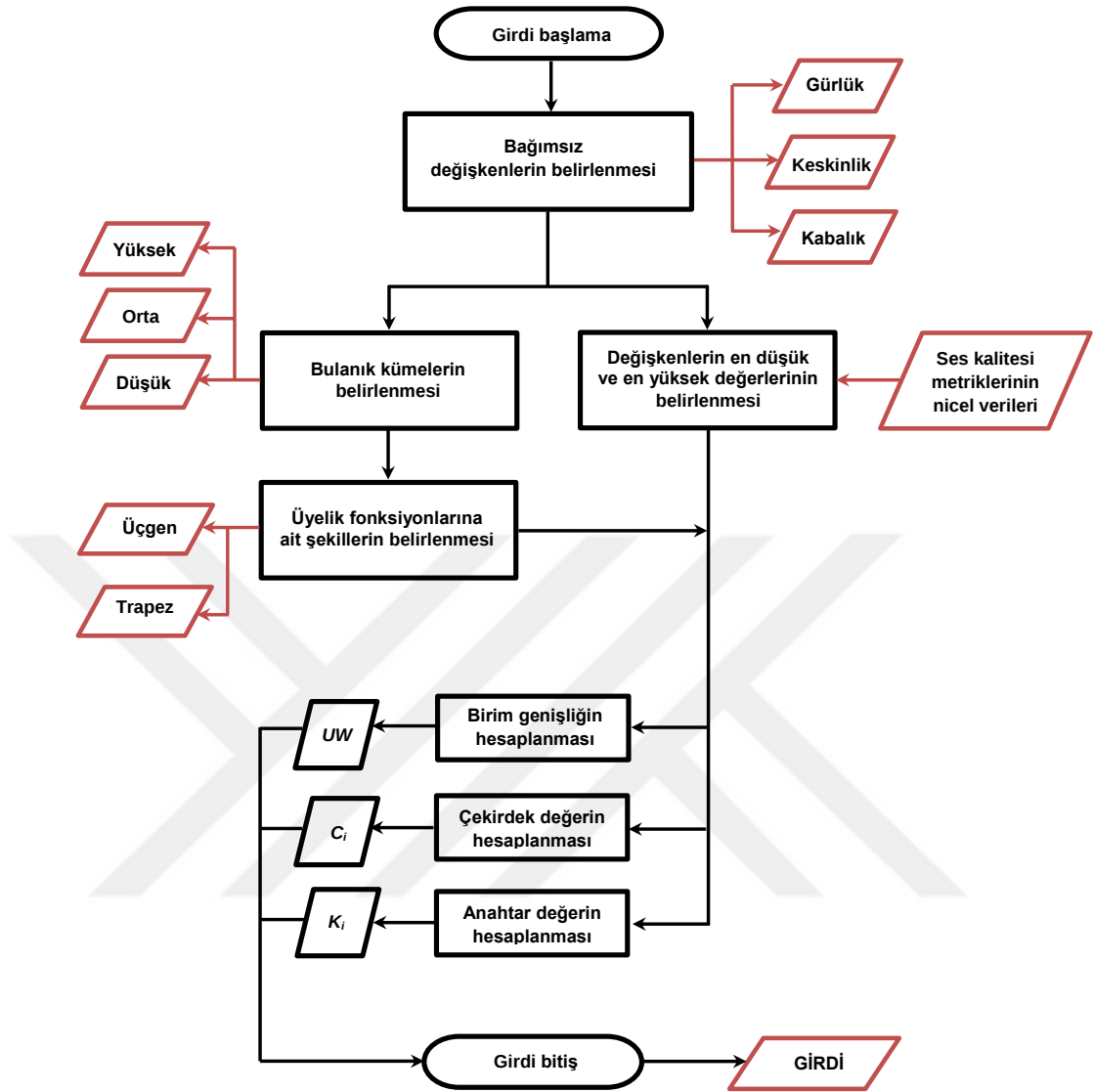
4.3.1 Giriş – Bağımsız değişkenler

Bulanık mantık tekniğiyle hazırlanan tahmin modelinde giriş verileri, bağımsız değişkenlerden oluşan girdi ve bağımlı değişkenden oluşan çıktı ile kurgulanmaktadır.

Bulanık modelde bağımsız değişkenler girdi verilerini (input) oluşturmaktadır. Şekil 4.11'deki akış şemasında girdi verilerinin oluşum aşaması görülmektedir. Bu çalışmada oluşturulacak tahmin modelinde, kullanıcıların işitsel algısını etkileyen ve kentsel mekânlarda işitsel peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri modelin bağımsız değişkenlerini/girdi verilerini oluşturmuştur. Girdi bu üç metrik ile sınırlandırılmıştır.

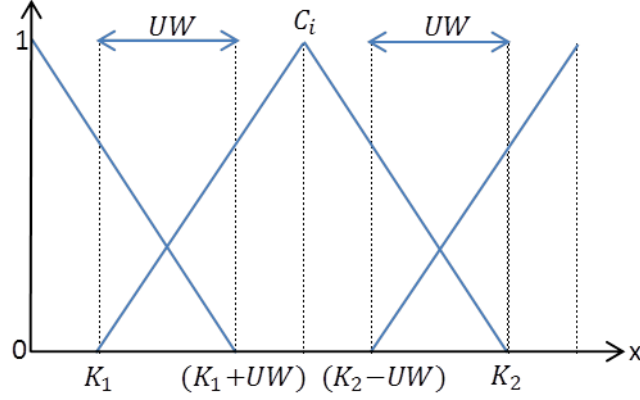
Girdi verileri için ilk olarak gürlük, keskinlik ve kabalık bağımsız değişkenlerine ait bulanık küme sayılarıyla, bulanık kümelerin şekilleri ve bu metriklerle ait en düşük ve en yüksek nicel verilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Modelde gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin her biri için, bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilip, metrikler düşük, orta ve yüksek dilsel niteleyicilere dönüştürülerek üçer adet bulanık küme oluşturulmuştur. Bu çalışmada bulanık kümelerin düşük ve yüksek değerleri için trapez orta değerler için üçgen şekli seçilmiştir. Metriklerin nicel değerleri en düşük değerin daha da altına indiğinde ya da en yüksek değerin daha da üstüne çıktığında çıktıda değişim olmayacağı düşünüldüğünden trapez kullanılmıştır. Ara değerlerde ise çıktıda değişim gerçekleşebileceğinden üyelik fonksiyonlarının orta değerleri için üçgen şekli seçilmiştir.



Şekil 4.11 : Girdi verilerinin belirlenip bulanıklaştırma işlemlerinin gerçekleştirildiği akış şeması.

Tahmin modeli için oluşturulan her bir ses kalitesi metriğine ait bulanık kümelerin birim genişliği (UW), çekirdek değeri (C_i) ve anahtar değerleri (K_i) belirlenmiştir (Şekil 4.12). Bu değerlerin belirlenebilmesi için ilk olarak metriklerin değişim aralığının (V_R) bilinmesi gerekmektedir. Değişim aralığını belirleyebilmek için ikinci aşamada belirtilen metriklerin en düşük ve en yüksek değerleri kullanılmıştır. Denklem 4.2’de gürlük, keskinlik ve kabalık için değişim aralığı (V_R) formülü görülmektedir.



Şekil 4.12 : Girdiler için kullanılan birim genişliğin, çekirdek değer ve anahtar değerlerin şekilsel gösterimi.

$$V_R = (L_{max}, S_{max}, R_{max}) - (L_{min}, S_{min}, R_{min}) \quad (4.2)$$

L_{max} : Gürlük için en yüksek değer

L_{min} : Gürlük için en düşük değer

S_{max} : Keskinlik için en yüksek değer

S_{min} : Keskinlik için en düşük değer

R_{max} : Kabalık için en yüksek değer

R_{min} : Kabalık için en düşük değer

Bulanık kümelerin çekirdek değerleri (C_i) Denklem 4.3 kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$C_i = \frac{V_R}{2} + (L_{min}, S_{min}, R_{min}) \quad (4.3)$$

Şekil 4.8'deki K_1 başlangıç anahtar değerini bulabilmek için Denklem 4.4, K_2 bitiş anahtar değerini bulabilmek için Denklem 4.5 kullanılmaktadır.

$$K_1 = L_{min}, S_{min}, R_{min} + \frac{EUW}{3} \quad (4.4)$$

$$K_2 = L_{max}, S_{max}, R_{max} - \frac{EUW}{3} \quad (4.5)$$

Bulanık modelde, komşu kümeler iç içe geçtiğinden genişletilmiş taban genişliğine (EUW) ihtiyaç vardır. EUW 'nin elde edilişi Denklem 4.6, 4.7, 4.8'de gösterilmektedir.

$$EUW = \frac{V_R}{n_u} + O \quad (4.6)$$

$$O = \frac{UW}{2} \quad (4.7)$$

$$UW = \frac{V_R}{n_u} \quad (4.8)$$

UW Şekil 4.12'de gösterilen birim genişliği ifade etmektedir. n_u dik üçgen sayısını göstermektedir. Bu çalışmada üç metrik için de bulanık küme sayısı 3 adetten oluşmaktadır. Düşük ve yüksek olarak belirtilen kümelere ait üçgenler dik üçgen olduğundan bu iki kümeden iki üçgen, orta olarak isimlendirilen kümeye ait iki dik üçgen bulunduğundan toplamda dik üçgen sayısı 4'tür. Her üç bağımsız değişken için $n_u = 4$ alınmıştır.

Gürlük, keskinlik ve kabalık bağımsız değişkenlerine ait en düşük ve en yüksek değerlerin belirlenmesi aşamasında, çalışmanın 4.1.1 bölümünde alan çalışmasında gerçekleştirilen iki kulaklı ses kayıtları kullanılmıştır. Ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerinin nicel verileri hesaplanarak, çalışma alanına ait ses kalitesi metriklerine (gürlük, keskinlik, kabalık) ait bulanık kümelerin birim genişliği (UW), çekirdek değeri (C_i) ve anahtar değerleri (K_i) belirlenmiştir.

4.3.1.1 Bağımsız değişken - Gürlük

Çalışma alanında yapılan ölçümlerin hesaplanmasıyla elde edilen verilerden ses kalitesi metriklerinden gürlük için ölçülen ortalama en düşük veri 19 sone olarak tespit edilmiştir. Ancak bu değerden daha düşük değerlerin de olabilme ihtimaline karşı modeli kurgularken en düşük değer biraz daha düşük değeri olarak 17 sone başlangıç değeri olarak alınmıştır. Bu yaklaşım en yüksek değeri için de aynı şekilde kurgulanmıştır. Ölçümlerden elde edilen ortalama en yüksek değeri 53 sone olarak hesaplanmıştır. Bu değerden daha yüksek değerlerin de olabilme ihtimaline karşı

biraz daha yüksek değer olarak 55 sone modele işlenmiştir. Hesaplamalarda ise gürlük metriği için **en düşük değer 19 sone** ve **en yüksek değer 53 sone** alınmıştır.

İlk olarak bağımsız değişkenlerden gürlük metriğine ait düşük, orta ve yüksek olarak adlandırılan bulanık kümelerin birim genişliği (UW), ekirdek değeri (C_i) ve anahtar değerlerin (K_i) belirlenebilmesi için gürlük metriğinin değişim aralığı (V_R) hesaplanmıştır. Aşağıdaki formül kullanılarak gürlük için değişim aralığı belirlenmiştir.

$$V_R = L_{max} - L_{min} = 53 - 19 = 34 \text{ sone}$$

Gürlük metriği için çekirdek değer Denklem 4.3 kullanılarak elde edilmiştir.

$$C_L = \frac{V_R}{2} + (L_{min}) = \frac{34}{2} + 19 = \mathbf{36 \text{ sone}}$$

Gürlük metriği için K_1 başlangıç anahtar değeri aşağıdaki işlemler yapılarak elde edilmiştir.

$$UW = \frac{V_R}{n_u} = \frac{34}{4} = 8.5 \text{ sone}$$

$$O = \frac{UW}{2} = \frac{8.5}{2} = 4.25$$

$$EUW = \frac{V_R}{n_u} + O = \frac{34}{4} + 4.25 = 12.75$$

$$K_1 = L_{min} + \frac{EUW}{3} = 19 + \frac{12.75}{3} = \mathbf{23.25 \text{ sone}}$$

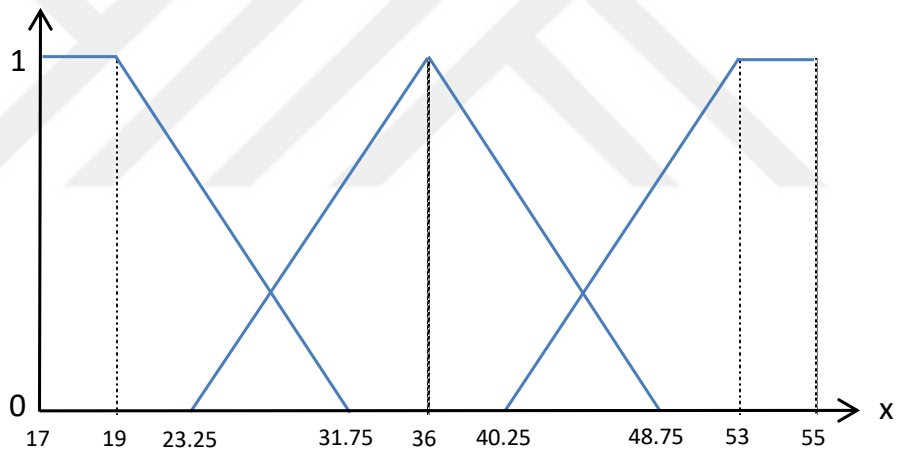
Gürlük metriği için K_2 bitiş anahtar değerini elde etmek için Denklem 4.5 kullanılmıştır.

$$K_2 = L_{max} - \frac{EUW}{3} = 53 - \frac{12.75}{3} = \mathbf{48.75\ sone}$$

$$K_1 + UW = 23.25 + 8.5 = \mathbf{31.75\ sone}$$

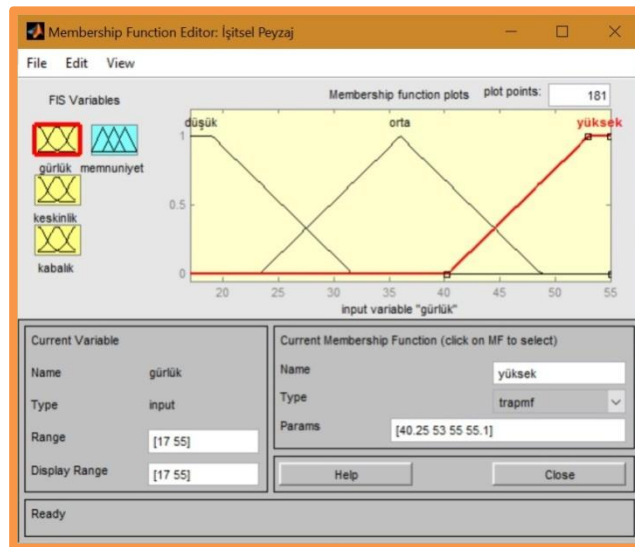
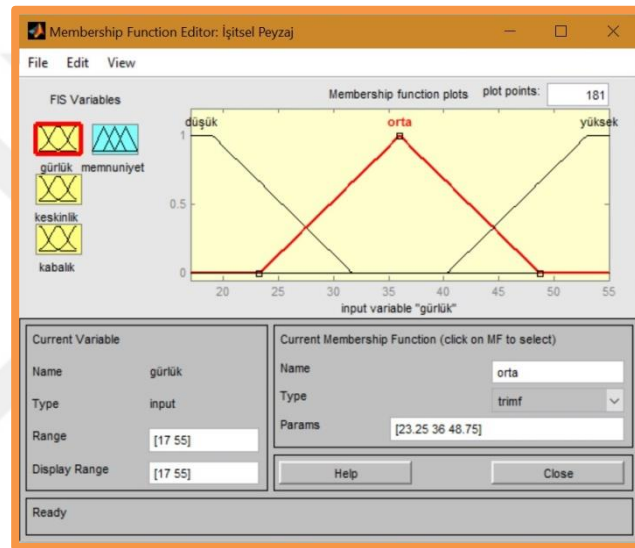
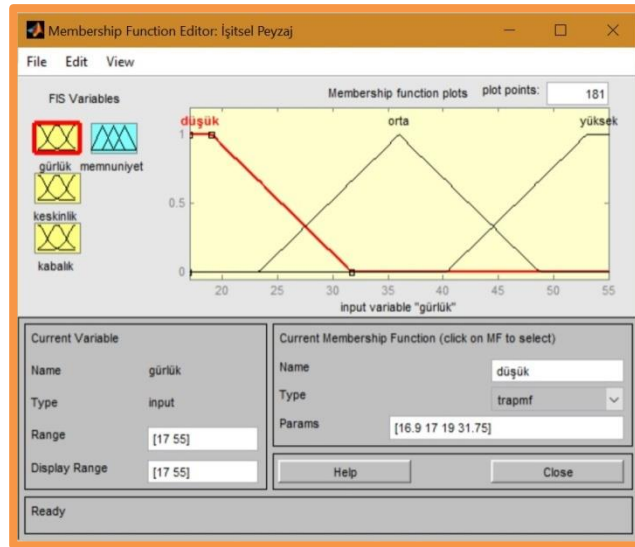
$$K_2 - UW = 48.75 - 8.5 = \mathbf{40.25\ sone}$$

Gürlük girdisi için bulanıklaştırma işlemiyle hesaplanan nicel değerlerin üyelik fonksiyonlarındaki gösterimi Şekil 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.13 : Gürlük üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi.

Hesaplamalar ile elde edilen gürlük bağımsız değişkenine ait nicel veriler Matlab yazılımı kullanılarak Bulanık Mantık modelinde girdi verileri olarak işlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 : Gürlek metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü.

4.3.1.2 Bağımsız değişken - Keskinlik

Ses kalitesi metriklerinden keskinlik için ölçülen ortalama en düşük veri 1,2 acum olarak tespit edilmiştir. En düşük seviye yaklaşık 1,2 acum olmasına rağmen bu değerden daha düşük değerlerin de olabilme ihtimaline karşı modeli kurgularken, gürlük metriğinde olduğu gibi, en düşük değer biraz daha düşük değeri olan 1,0 acum alınmıştır. Bu yaklaşım en yüksek değer için de aynı şekilde kurgulanmıştır. Ölçümlerden elde edilen ortalama en yüksek değer 2,7 acum olarak hesaplanmıştır. Model için ise biraz daha yüksek değer olarak 2,9 acum alınmıştır. Hesaplamalarda keskinlik metriği için **en düşük değer 1,2 acum ve en yüksek değer 2,7 acum** alınmıştır.

Modelde girdileri oluşturan bağımsız değişkenlerden gürlük metriğinin bulanık kümelerine ait nicel verileri elde etmek için yapılanlar keskinlik değişkeni için de uygulanmıştır. Keskinlik için değişim aralığı (V_R), çekirdek değer (C_S), başlangıç anahtar değeri (K_1), bitiş anahtar değeri (K_2) aşağıdaki gibidir.

$$V_R = S_{max} - S_{min} = 2.7 - 1.2 = 1.5 \text{ acum}$$

$$C_S = \frac{V_R}{2} + (S_{min}) = \frac{1.5}{2} + 1.2 = \mathbf{1.95 \text{ acum}}$$

$$UW = \frac{V_R}{n_u} = \frac{1.5}{4} = 0.375 \text{ acum}$$

$$O = \frac{UW}{2} = \frac{0.375}{2} = 0.188$$

$$EUW = \frac{V_R}{n_u} + O = \frac{1.5}{4} + 0.188 = 0.563$$

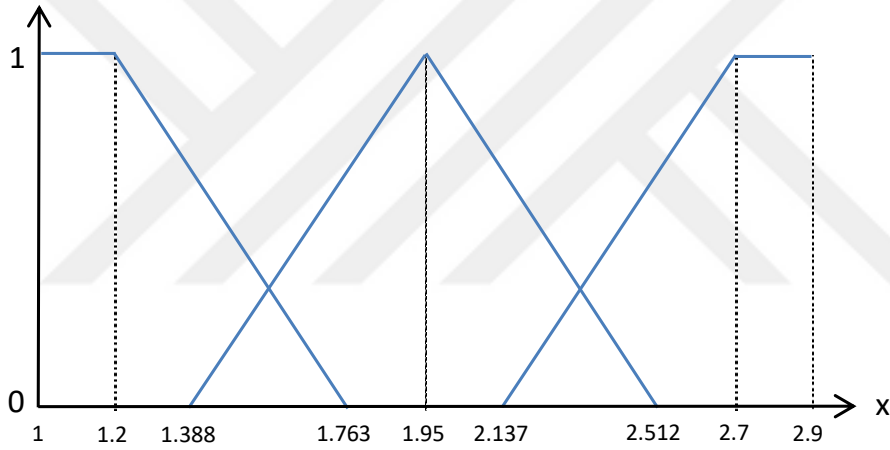
$$K_1 = S_{min} + \frac{EUW}{3} = 1.2 + \frac{0.563}{3} = \mathbf{1.388 \text{ acum}}$$

$$K_2 = S_{max} - \frac{EUW}{3} = 2.7 - \frac{0.563}{3} = \mathbf{2.512 \text{ acum}}$$

$$K_1 + UW = 1.388 + 0.375 = \mathbf{1.763 \text{ acum}}$$

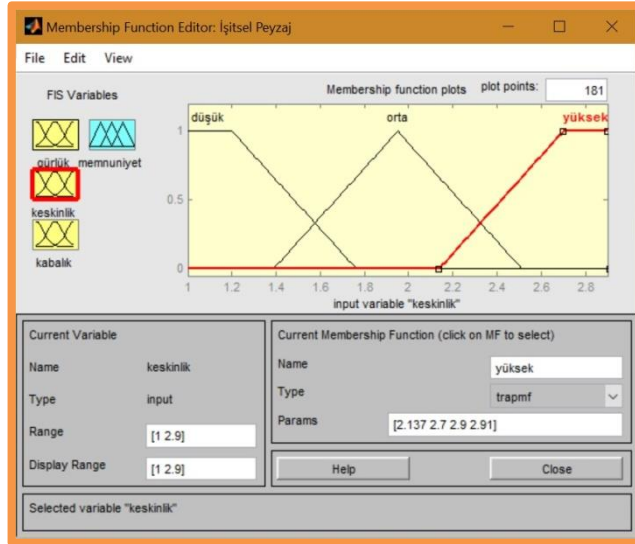
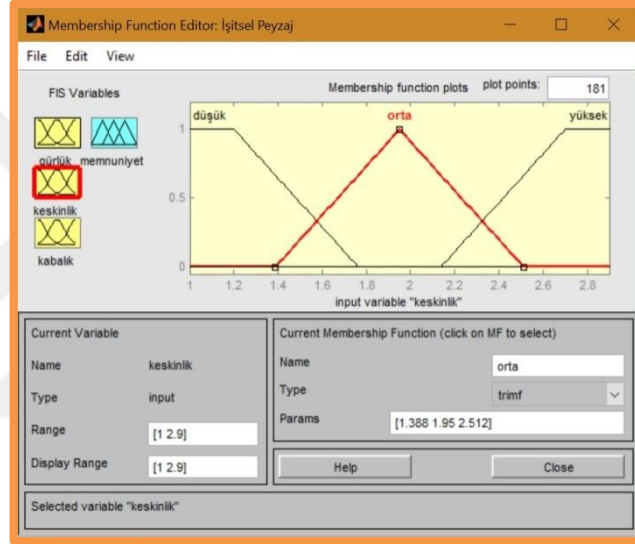
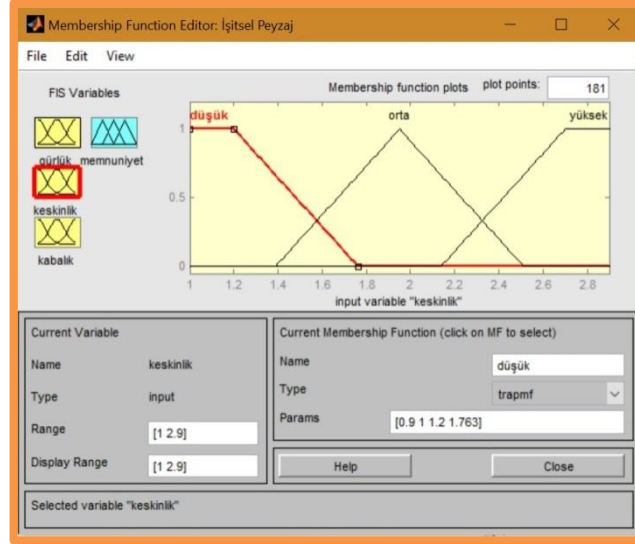
$$K_2 - UW = 2.513 - 0.375 = \mathbf{2.137 \text{ acum}}$$

Keskinlik için bulanıklaştırma işlemiyle hesaplanan nicel değerlerin üyelik fonksiyonlarındaki gösterimi aşağıdaki şekildedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Keskinlik üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi.

Hesaplamalar ile elde edilen keskinlik bağımsız değişkenine ait nicel veriler Matlab yazılımı kullanılarak Bulanık Mantık modelinde girdi verileri olarak işlenmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : Keskinlik metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü.

4.3.1.3 Bağımsız değişken - Kabalık

Çalışma alanında yapılan ölçümlerden kabalık metriği için ölçülen en düşük veri 1,3 asper olarak hesaplanmıştır. Gürlük ve keskinlik metriğinde olduğu gibi bu değerden daha düşük değerlerin olabilme ihtimalini düşünerek kabalık metriği için en düşük değer olarak 1,1 asper alınmıştır. En yüksek değer ise 3,2 asper olarak hesaplanmıştır. Model için, biraz daha yüksek değer olarak 3,4 asper alınmıştır. Hesaplamalarda kabalık metriği için **en düşük değer 1,3 asper** ve **en yüksek değer 3,4 asper** alınmıştır.

Kabalık metriği için değişim aralığı (V_R), çekirdek değer (C_R), başlangıç anahtar değeri (K_1), bitiş anahtar değeri (K_2) aşağıdaki gibidir.

$$V_R = R_{max} - R_{min} = 3.2 - 1.3 = 1.9 \text{ asper}$$

$$C_R = \frac{V_R}{2} + (R_{min}) = \frac{1.9}{2} + 1.3 = \mathbf{2.25 \text{ asper}}$$

$$UW = \frac{V_R}{n_u} = \frac{1.9}{4} = 0.475 \text{ asper}$$

$$O = \frac{UW}{2} = \frac{0.475}{2} = 0.238$$

$$EUW = \frac{V_R}{n_u} + O = \frac{1.9}{4} + 0.238 = 0.713$$

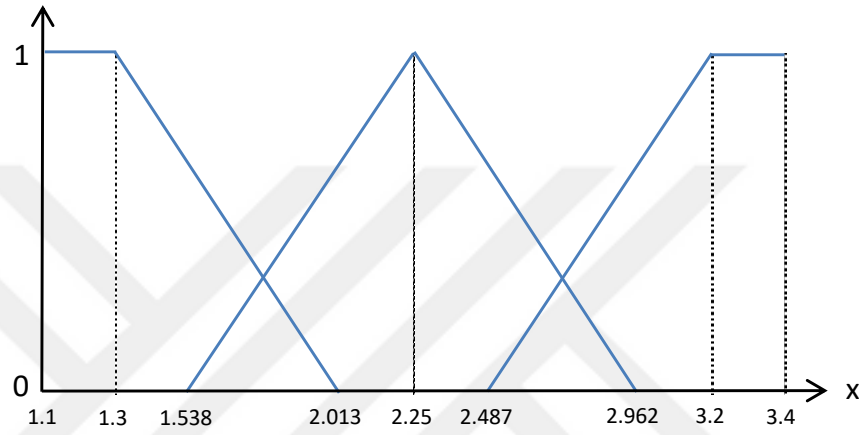
$$K_1 = R_{min} + \frac{EUW}{3} = 1.3 + \frac{0.713}{3} = \mathbf{1.538 \text{ asper}}$$

$$K_2 = R_{max} - \frac{EUW}{3} = 3.2 - \frac{0.713}{3} = \mathbf{2.962 \text{ asper}}$$

$$K_1 + UW = 1.538 + 0.475 = \mathbf{2.013\ asper}$$

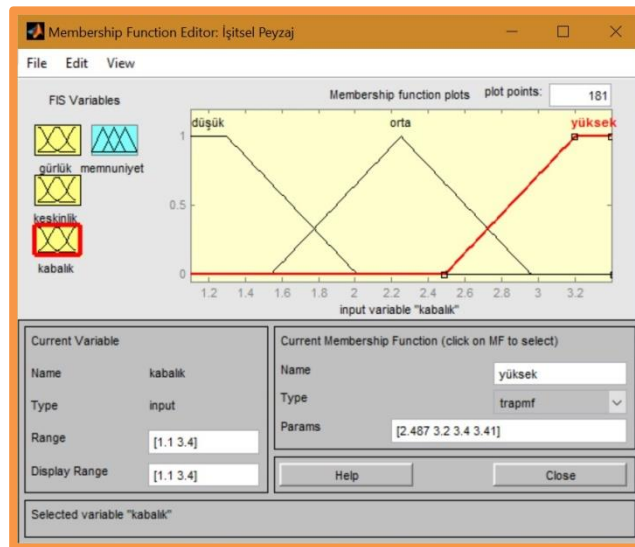
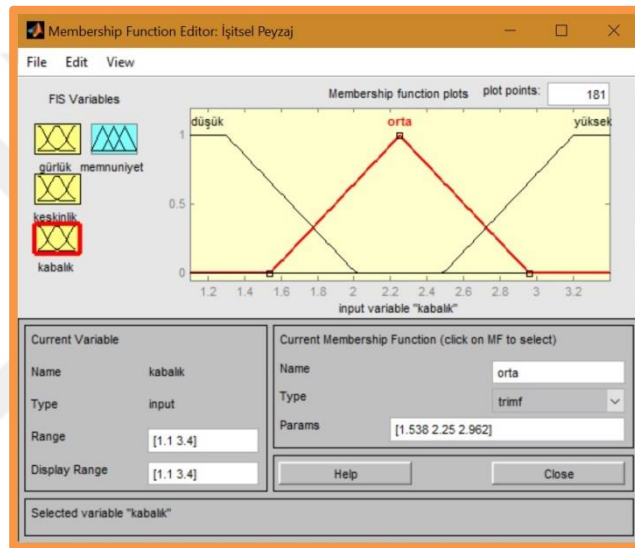
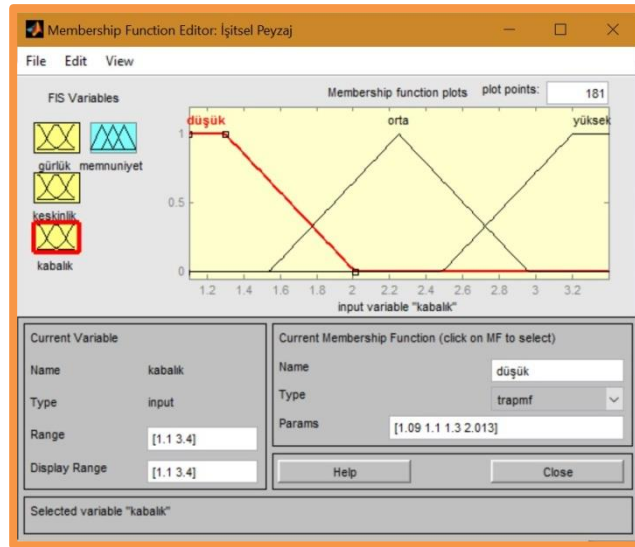
$$K_2 - UW = 2.962 - 0.475 = \mathbf{2.487\ asper}$$

Kabalık girdisi için bulanıklaştırma işlemiyle hesaplanan nicel değerlerin üyelik fonksiyonlarındaki gösterimi aşağıdaki şekildedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 : Kabalık üyelik fonksiyonuna ait nicel verilerin grafiksel gösterimi.

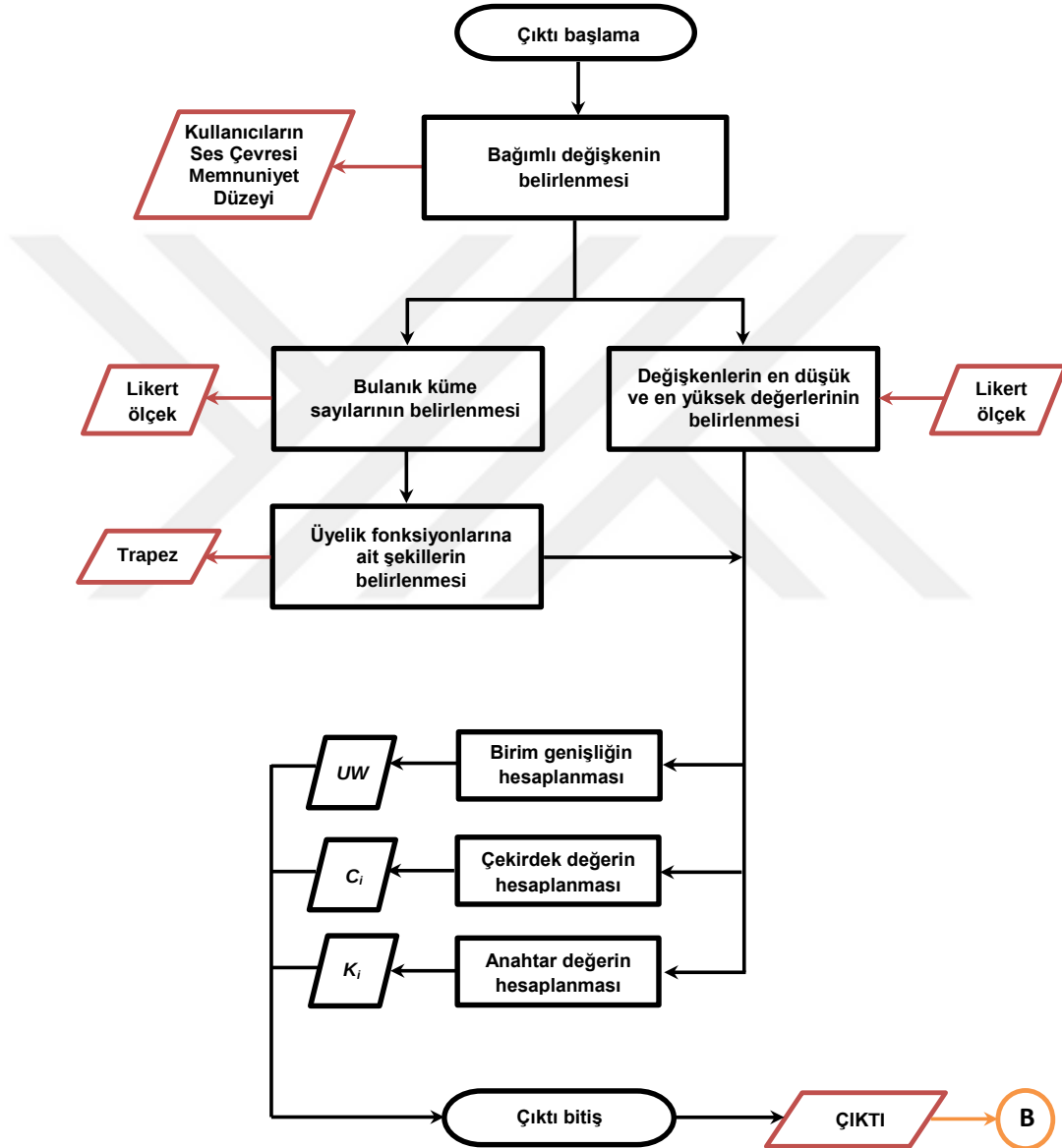
Hesaplamalar ile elde edilen kabalık bağımsız değişkenine ait nicel veriler Matlab yazılımı kullanılarak Bulanık Mantık modelinde girdi verileri olarak işlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 : Kabalık metriğine ait bulanık kümelerin (düşük-orta-yüksek) Matlab’da görünümü.

4.3.2 Giriş - Bağımlı değişken

Kentsel mekânlarda “kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri” tahmin modelinde çıktı olarak tanımlanmıştır. Modelde “memnuniyet”, gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin oluşturduğu bağımsız değişkenlerden etkilenen bağımlı değişken olarak kurgulanmıştır. Çıktının oluşturulma aşamaları Şekil 4.19’da akış şemasında görülmektedir.



Şekil 4.19 : Çıktı verilerinin belirlenip bulanıklaştırma işlemlerinin gerçekleştirildiği akış şeması.

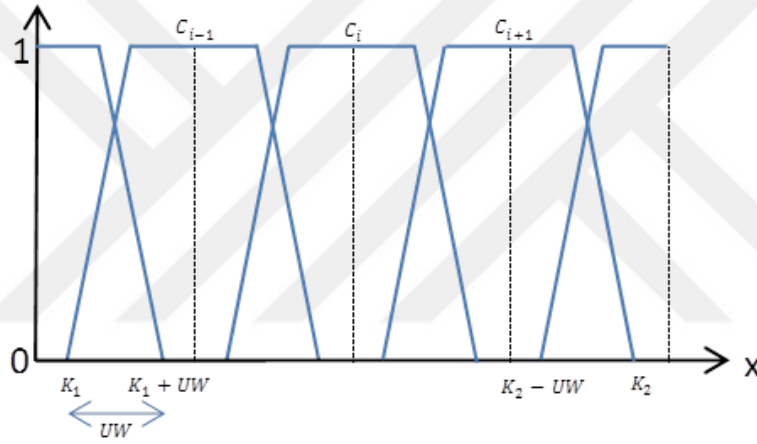
4.3.2.1 Bağımlı değişken - Memnuniyet düzeyi

Tahmin modelinin çıktısını (bağımlı değişken) oluşturan memnuniyet düzeyine karar verildikten sonra, bu değişkenin bulanık küme sayısı belirlenmiştir. Kullanıcıların

kentsel mekânların ses çevresinden duydukları memnuniyet düzeyini belirlemede 5’li Likert ölçek kullanıldığından modelde çıktıyı oluşturan bağımlı değişkenin bulanık küme sayısı da 5 kümeden oluşturulmuştur. Dolayısıyla bulanık kümelerin en düşük ve en yüksek değerleri için de Likert ölçek çıktıyı oluşturup **en düşük değeri 1, en yüksek değeri 5** alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerin nicel verilerini elde etmede kullanılan hesaplama yöntemi bağımlı değişkenin bulanık kümeleri için de kullanılmıştır.

Üyelik fonksiyonlarının şekillerinde, bulanıklığı azaltmak ve sonucu tam sayıya yaklaştırmak için trapez şekli kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının birim genişlikleri, çekirdek değeri, anahtar değerleri (Şekil 4.20) Denklem 4.2-4.8 kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.20 : Çıktı verileri için kullanılan birim genişliğin, çekirdek değerin ve anahtar değerlerin şekilsel gösterimi.

$$V_R = P_{max} - P_{min} = 5 - 1 = 4$$

$$C_i = \frac{V_R}{2} + P_{min} = \frac{4}{2} + 1 = 3$$

$$UW = \frac{V_R}{n_u} = \frac{4}{8} = 0.5$$

$$O = \frac{UW}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

$$EUW = \frac{V_R}{n_u} + O = \frac{4}{8} + 0.25 = 0.75$$

$$K_1 = P_{min} + \frac{EUW}{3} = 1 + \frac{0.75}{3} = \mathbf{1.25}$$

$$K_1 + UW = 1.25 + 0.5 = \mathbf{1.75}$$

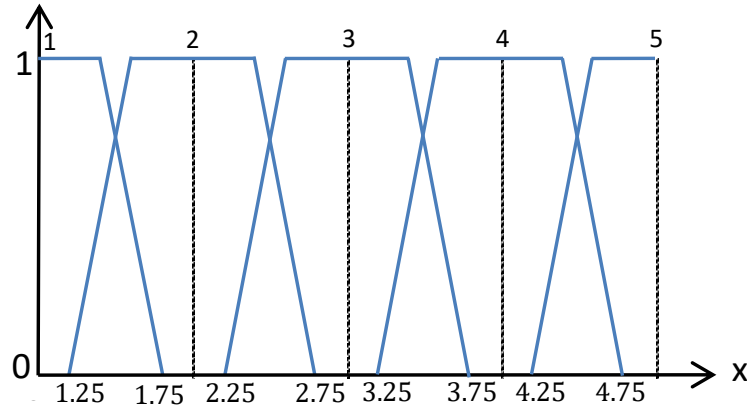
$$K_2 = P_{max} - \frac{EUW}{3} = 5 - \frac{0.75}{3} = \mathbf{4.75}$$

$$K_2 - UW = 4.75 - 0.5 = \mathbf{4.25}$$

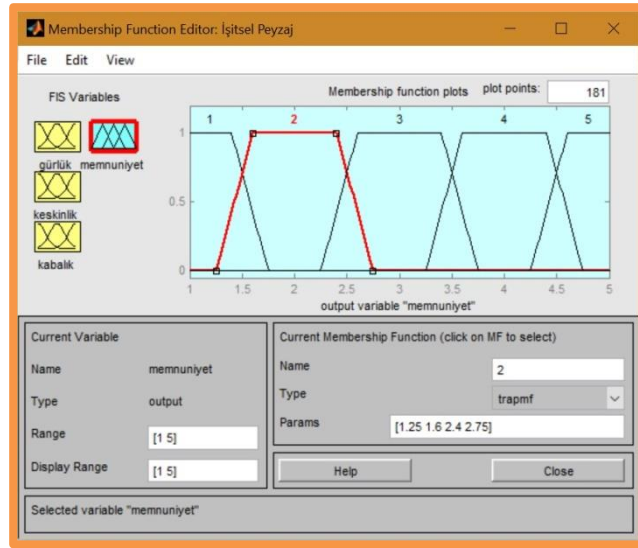
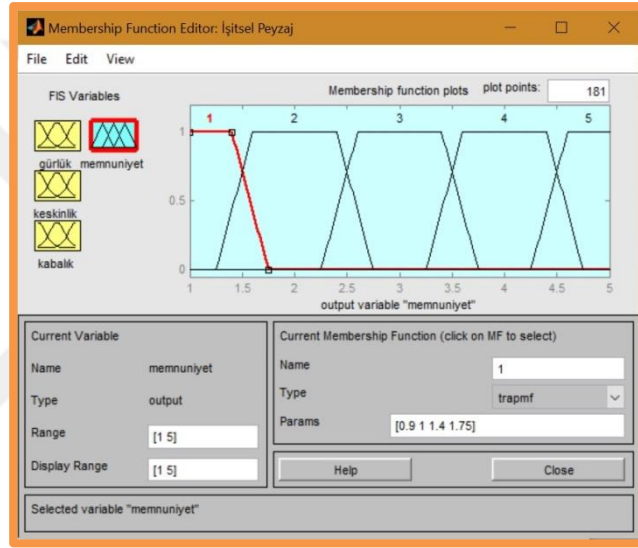
$$C_{i-1} = \frac{C_i - P_{min}}{2} + P_{min} = \frac{3 - 1}{2} + 1 = \mathbf{2}$$

$$C_{i+1} = P_{max} - \frac{P_{max} - C_i}{2} = 5 - \frac{5 - 3}{2} = \mathbf{4}$$

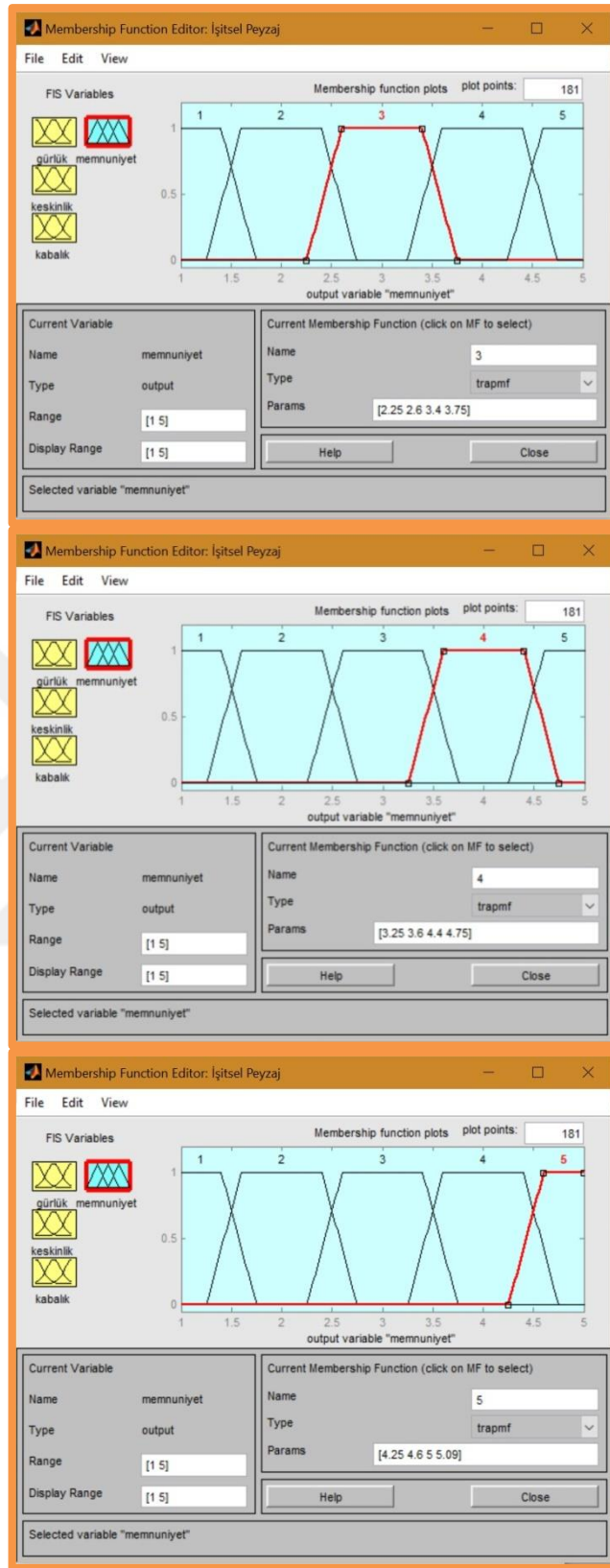
Kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirten modelin çıktısı için bulanıklaştırma işlemiyle hesaplanan nicel değerlerin üyelik fonksiyonlarındaki gösterimi aşağıdaki şekildedir (Şekil 4.21). Matlab’da görünümü ise Şekil 4.22’de görülmektedir.



Şekil 4.21 : Çıktının üyelik fonksiyonları için hesaplanan değerler.



Şekil 4.22 : Çıktıya ait bulanık kümelerin (1,2,3,4,5) Matlab'da görünümü.

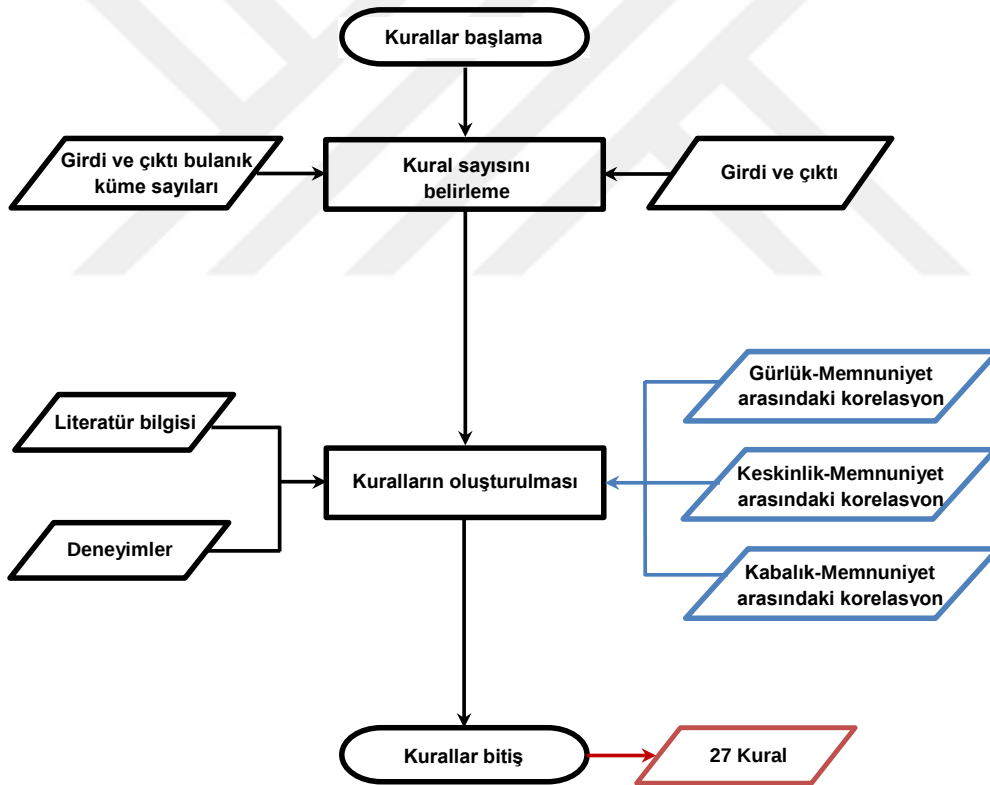


Şekil 4.22 (devam) : Çıktıya ait bulanık kümelerin (1,2,3,4,5) Matlab’da görünümü.

4.3.3 Kurallar

Bulanık mantık yöntemi kullanılarak hazırlanan tahmin modelinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerden sonra kuralların oluşturulması gerekmektedir. Kurallar oluşturulurken izlenen akış şeması Şekil 4.23'teki gibidir.

İlk olarak kullanıcıların kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için bulanık mantık ile oluşturulacak modelin kural sayısını belirlemek gerekmektedir. Bağımsız değişkenlerin sayısı ve her bir bağımsız değişkene ait bulanık küme sayısı, kural sayısını belirlemektedir. Gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin oluşturduğu bağımsız değişkenlerin düşük, orta ve yüksek nicel değerlerinden meydana gelen bulanık kümelerinin birbirleriyle kombinasyonları düşünüldüğünde 27 farklı olasılık oluşmaktadır. Dolayısıyla model için de 27 farklı kuralın oluşturulmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.23 : Kural tabanının oluşturulması için izlenen akış şeması.

Bulanık mantıkta kurallar oluşturulurken birçok kaynaktan yararlanılabilmektedir. Literatür bilgilerinden, deneyimlerden, varsa kullanılabilecek deterministik yöntemlerden elde edilen verilerle kurallar oluşturulmaktadır.

Bu çalışmada bağımsız değişkenleri ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleri oluşturmaktadır. Ses kalitesi metriklerinin nicel değerleri yükseldikçe kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerinin düştüğü bilinmektedir (Zwicker ve Fastl, 1999). Bu metriklerin hangi oranlarda kullanıcıların içinde bulundukları ses çevresinden duydukları memnuniyet düzeylerini etkilediğini belirleyebilmek için, üç metrik ile memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonun bilinmesi gerekmektedir. Bu aşamada, çalışmanın 4.2.2 bölümünde yer alan jüri testi aşamasında, öznel veriler ile ses kalitesi metrikleri arasındaki korelasyon verilerinden (Tablo 4.5) kuralların oluşturulmasında yararlanılmıştır.

Kurulacak modelde sadece kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri ile ses kalitesi metrikleri arasındaki korelasyonlara göre kuralların oluşturulması yeterli olmayacaktır. Bu şekilde yapılan karşılaştırmaların bir anlamı olsa da tek başına modelin başarısını göstermemektedir. Korelasyon katsayısı ile beraber mümkün olduğunca daha fazla ölçüt göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada her bir metriğin kullanıcıların ses çevresinden algıladıkları memnuniyet düzeylerindeki etkisiyle birlikte, literatürde işitsel peyzaj ile ilgili yapılmış çalışmalardan, bu konularda çalışmalar yapmış kişilerin görüşlerinden, deneyimlerinden yararlanılarak, bölgenin tarihi dokusu, mimari yapısı ve sosyo-kültürel yapısı da dikkate alınarak bulanık mantık ile hazırlanan model için 27 kural yazılmıştır (Çizelge 4.7, Şekil 4.24). Kurallar oluşturulurken her bir girdinin modeldeki ağırlığı 1 alınmıştır.

Tahmin modeli için yazılan kurallarda dikkat edilen noktalar aşağıda açıklanmıştır:

- **Kural 1**'de, ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin her üçünün de nicel değerleri düşük seviyelerde ise kullanıcıların bulundukları mekânların ses çevrelerinden algıladıkları memnuniyet düzeylerinin yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Çıktı verilerinde ise en yüksek değer 5 olacağından 1. kural için memnuniyet düzeyi 5 seçilmiştir.
- **Kural 2**'de, gürlük ve keskinlik düşük, kabalık ise orta düzeyde ise çıktının 5 olacağı tahmin edilmektedir. Metriklerin memnuniyet düzeyi ile korelasyonları incelendiğinde kabalık metriğinin diğer metriklerle oranla etkisinin daha düşük olduğu görülmüştür. Kabalık metriğinin düşük ile orta

düzyer arasında değışiminin çok etkili olmayacağı öngöröldüğünden ve çalışma alanının tarihi ve mimari özellikleri dikkate alındığında 2. kural için çıktının 5 seçilmesi uygun bulunmuştur.

- **Kural 3'te**, gürölük ve keskinlik düşük, kabalık ise yüksek düzeyde ise çıktının 4 olacağı tahmin edilmektedir. Kabalık metriğinin yüksek düzeyde olmasından dolayı sonucu az da olsa etkileyebileceğı düşünöldüğünden 3. kural için memnuniyet düzeyi 4 seçilmiştir.
- **Kural 4'te**, gürölük ve kabalık metrikleri düşük, keskinlik metriğinin ise orta düzeyde olması durumunda çıktı değerinin 4 olabileceğı tahmin edilmiştir. Önceki üç kuralla karşılaştırıldığında keskinlik metriğinin değışimi kabalık metriğine oranla daha etkili olacağından 4. kural için çıktı 4 seçilmiştir.
- **Kural 5'te**, gürölük metriğı düşük, keskinlik ve kabalık metrikleri orta düzeylerde ise çıktı değeri için 4 tercih edilmiştir. Kabalık metriğinin değışiminin kural 4'ten önemli ölçüde değışim göstermeyeceğı öngöröldüğünden 5. kural için memnuniyet düzeyi 4 seçilmiştir.
- **Kural 6'da**, gürölük metriğinin düşük, keskinlik metriğinin orta ve kabalık metriğinin yüksek düzeyde olması durumunda çıktının 3 olabileceğı tahmin edilmiştir. Kabalık metriğinin kural 3'teki gibi yüksek düzeydeyken çıktı değesinde etkili olabileceğı düşünöldüğünden 6. kuralda çıktı 3 seçilmiştir.
- **Kural 7'de**, gürölük metriğinin düşük, keskinlik metriğinin yüksek ve kabalık metriğinin düşük olması durumunda çıktı değerinin 3 olabileceğı tahmin edilmiştir. Kabalık metriğı düşük olsa bile keskinlik metriğinin kullanıcı algısında daha etkili olduğı bilindiğinden 7. kural için çıktı 3 seçilmiştir.
- **Kural 8'de**, gürölük metriğinin düşük, keskinlik metriğinin yüksek ve kabalık metriğinin orta olması durumunda çıktının 3 olabileceğı öngörölmüştür. Kural 7 ile kıyaslama yapıldığında, kabalık metriğinin orta düzeylere yükselmesinin çıktıda önemli bir değışim oluşturmayaacağı tahin edildiğinden 8. kural için çıktı değeri 3 seçilmiştir.
- **Kural 9'da**, gürölük metriğinin düşük, keskinlik metriğinin yüksek ve kabalık metriğinin yüksek olması durumunda çıktının 3 olabileceğı tahmin edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı alanın tarihi dokusunun olması, mimari yapısının

kullanıcılar tarafından ilgi çekici bulunmasından dolayı kabalık metriğinin yükselmesiyle memnuniyet düzeyinde büyük düşüş olmayacağı öngörüldüğünden, 9. kural için çıktı değeri 3 olarak seçilmiştir.

- **Kural 10**'da, keskinlik ve kabalık metriklerinin düşük, gürlük metriğinin orta düzeyde olması durumunda çıktı değerinin 4 olabileceği tahmin edilmiştir. Gürlük metriğindeki meydana gelebilecek çok yüksek olmayan bir değişimin memnuniyet düzeyinde çok büyük bir düşüşe sebep olmayacağı düşünülmüştür. Çalışma alanının tarihi, mimari ve sosyal-kültürel özelliklerinden dolayı, ses kalitesi metrikleri çok yükselmedikçe kullanıcıların memnuniyet düzeyinde ciddi düşüslere neden olmayacağı öngörüldüğünden 10. kural için çıktı 4 seçilmiştir.
- **Kural 11**'de, ses kalitesi metriklerinden gürlük orta, keskinlik düşük ve kabalık ise orta düzeyde ise çıktı değerinin 4 olabileceği tahmin edilmiştir. Kabalık metriğinin orta düzeyde olmasının kural 10'da belirtilen çıktı değerinden farklı olmayacağı düşünüldüğünden 11. kural için çıktı 4 seçilmiştir.
- **Kural 12**'de, gürlük metriği orta, keskinlik metriği düşük ve kabalık metriği ise yüksek düzeyde ise çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. 10. ve 11. kurallarla kıyaslandığında kabalık metriğinin nicel verisinin yükselmesiyle çıktının bir miktar düşebileceği düşünülmüştür. Bu sebeple 12. kural için çıktı değeri 3 seçilmiştir.
- **Kural 13**'te, gürlük ve keskinlik metriklerinin orta, kabalık metriğinin düşük olması durumunda çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Kabalık metriği düşük olsa bile gürlük ve keskinlik metriklerinin memnuniyet düzeyinde daha etkili olabileceği düşünüldüğünden, memnuniyet düzeyinin çok yüksek olamayacağı düşünülmüştür. Çıktı olarak da 13. kural için 3 seçilmiştir.
- **Kural 14** için gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin orta düzeyde olması durumunda çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Her üç metriğin de orta düzeylerde olması nedeniyle 14. kural için çıktıda bulunan değerlerin orta değeri olarak 3 seçilmiştir.
- **Kural 15**'te, gürlük ve keskinlik metriklerinin orta, kabalık metriğinin yüksek olması durumunda çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Diğer

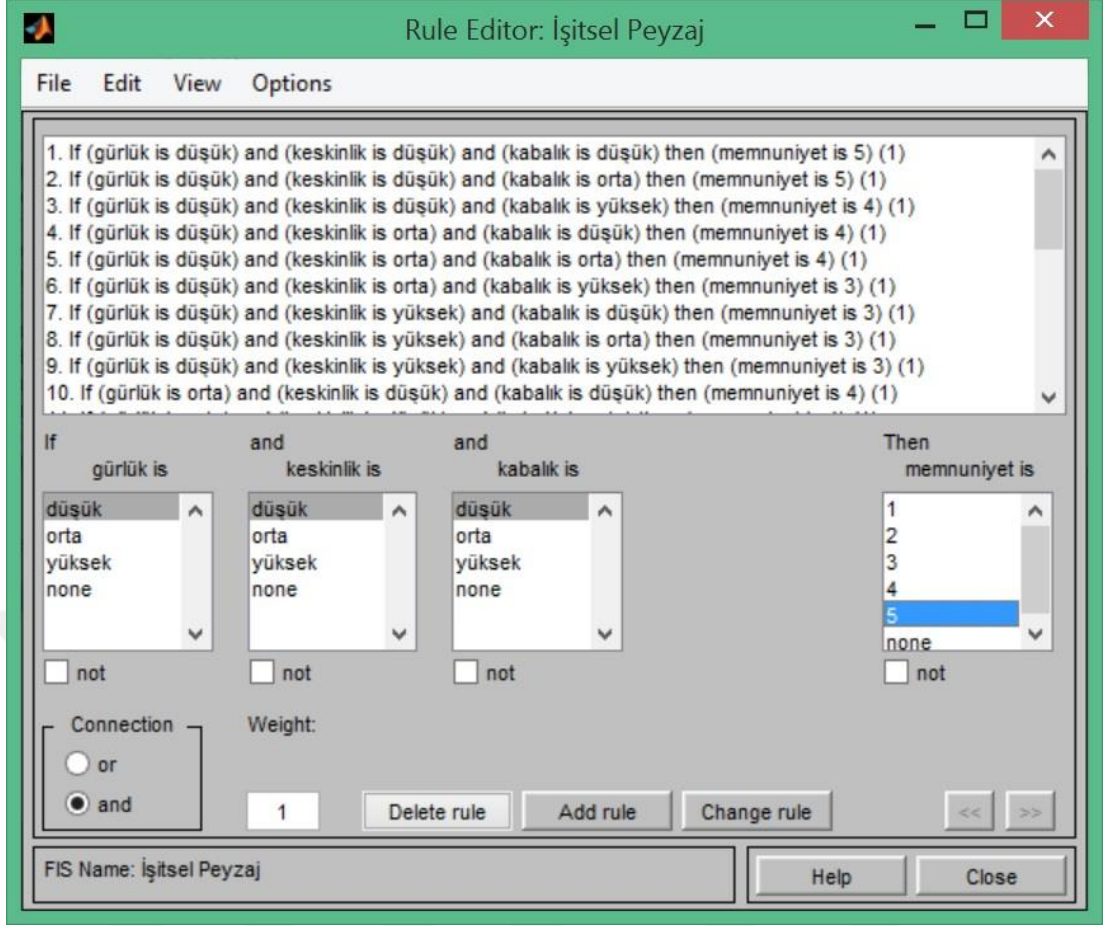
kurallarda olduğu gibi çalışma alanının özellikleri dikkate alındığında, kabalık metriğinin gürlük ve keskinliğe oranla etkinliğinin de düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda 15. kural için çıktı değeri 3 seçilmiştir.

- **Kural 16**'da, gürlük metriğinin orta, keskinlik metriğinin yüksek ve kabalık metriğinin düşük olması durumunda çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Önceki kurallarla kıyaslandığında, keskinlik metriğinin etkinliğinin kabalığa oranla daha yüksek olduğu da bilindiğinden, keskinlik metriğine ait değerin yükselmesiyle kullanıcının memnuniyet düzeyinin düşebileceği öngörülmüştür. Bu nedenle de 16. kural için çıktı 2 seçilmiştir.
- **Kural 17** için keskinlik metriğinin yüksek, gürlük ve kabalık metriklerinin orta olması durumunda çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Kabalık metriğinin yükselmesinin kural 16'ya göre büyük bir fark oluşturmayacağı düşünüldüğünden 17. kural için çıktı değeri 2 seçilmiştir.
- **Kural 18**'de, gürlük metriğinin orta, keskinlik ve kabalık metriklerinin yüksek olması durumunda da çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Çalışma alanının özelliklerinden dolayı çıktı değerin çok düşük olmayacağı düşünüldüğünden 18. kural için de çıktı olarak 2 seçilmiştir.
- **Kural 19**'da, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik ve kabalık metriklerinin düşük olması durumunda da çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Gürlük metriğinin yükselmesine rağmen diğer metriklerin düşük olması nedeniyle 19. kural için memnuniyet düzeyinin çıktı değeri 3 seçilmiştir.
- **Kural 20**'de, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik metriğinin düşük ve kabalık metriğinin orta düzeyde olması durumunda çıktının 3 olabileceği düşünülmüştür. Kural 19 ile kıyaslama yapıldığında kabalık metriğindeki değişimin çok etkili olmayacağı düşünülmüştür. 20. kural için memnuniyet düzeyinin çıktısı 3 seçilmiştir.
- **Kural 21** için, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik metriğinin düşük ve kabalık metriğinin yüksek düzeyde olması durumunda çıktının 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Çalışma alanının özellikleri de dikkate alındığında 21. kural için memnuniyet düzeyinin çıktı değeri 3 seçilmiştir.

- **Kural 22**'de, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik metriğinin orta ve kabalık metriğinin düşük düzeyde olması durumunda çıktı değerinin 3 olabileceği tahmin edilmiştir. Diğer kurallarda olduğu gibi çalışma alanı dikkate alındığında keskinlik metriğinde çok büyük bir yükselme meydana gelmemiş ise memnuniyet düzeyinde düşüş olmayacağı dşnlmştir. Bu nedenle de 22. kural için memnuniyet düzeyinin çıktı değeri 3 seçilmiştir.
- **Kural 23**'te, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik ve kabalık metriklerinin orta düzeyde olması durumunda çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Keskinlik ile birlikte kabalık metriğinde de meydana gelecek yükselmeden dolayı memnuniyet düzeyinde düşüş yaşanabileceği ngrldğnden 23. kural için çıktı 2 seçilmiştir.
- **Kural 24** için, gürlük metriğinin yüksek, keskinlik metriğinin orta ve kabalık metriğinin yüksek düzeyde olması durumunda çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Kabalık metriğinin nicel değerinin yükselmesiyle, kural 23'e göre daha düşük bir memnuniyet düzeyi oluşturmayacağı dşnlmştir. Bu nedenle de 24. kural için memnuniyet düzeyinin çıktı değeri 2 seçilmiştir.
- **Kural 25**'te, gürlük ve keskinlik metriklerinin yüksek, kabalık metriğinin düşük olması durumunda çıktının 2 olabileceği tahmin edilmiştir. Çalışma alanının tarihi, mimari sosyal ve kültürel özellikleri düşünüldüğünde 25. kural için çıktı 2 seçilmiştir.
- **Kural 26** için, gürlük ve keskinlik metriklerinin yüksek, kabalık metriğinin orta olması durumunda çıktının 1 olabileceği tahmin edilmiştir. 25. kural ile karşılaştırma yapıldığında kabalık metriğinin biraz daha yükselmesi çıktıyı etkileyecektir. Metrikler bir önceki kurala göre biraz daha yükseldiğinden 26. kural için memnuniyet düzeyinin çıktı değeri 1 seçilmiştir.
- **Kural 27** için, gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin yüksek olması durumunda çıktının 1 olabileceği tahmin edilmiştir. Bilinmektedir ki ses kalitesi metriklerinin nicel değerleri yükseldikçe memnuniyet düzeyi düşmektedir. 27. kuralda da her üç metriğin değerleri yükseldiğinden çıktı 1 seçilmiştir.

Çizelge 4.7 : Bulanık Mantık modellemesi için yazılan kurallar.

Kural 1	Eğer gürlük düşük ve keskinlik düşük ve kabalık düşük ise memnuniyet 5
Kural 2	Eğer gürlük düşük ve keskinlik düşük ve kabalık orta ise memnuniyet 5
Kural 3	Eğer gürlük düşük ve keskinlik düşük ve kabalık yüksek ise memnuniyet 4
Kural 4	Eğer gürlük düşük ve keskinlik orta ve kabalık düşük ise memnuniyet 4
Kural 5	Eğer gürlük düşük ve keskinlik orta ve kabalık orta ise memnuniyet 4
Kural 6	Eğer gürlük düşük ve keskinlik orta ve kabalık yüksek ise memnuniyet 3
Kural 7	Eğer gürlük düşük ve keskinlik yüksek ve kabalık düşük ise memnuniyet 3
Kural 8	Eğer gürlük düşük ve keskinlik yüksek ve kabalık orta ise memnuniyet 3
Kural 9	Eğer gürlük düşük ve keskinlik yüksek ve kabalık yüksek ise memnuniyet 3
Kural 10	Eğer gürlük orta ve keskinlik düşük ve kabalık düşük ise memnuniyet 4
Kural 11	Eğer gürlük orta ve keskinlik düşük ve kabalık orta ise memnuniyet 4
Kural 12	Eğer gürlük orta ve keskinlik düşük ve kabalık yüksek ise memnuniyet 3
Kural 13	Eğer gürlük orta ve keskinlik orta ve kabalık düşük ise memnuniyet 3
Kural 14	Eğer gürlük orta ve keskinlik orta ve kabalık orta ise memnuniyet 3
Kural 15	Eğer gürlük orta ve keskinlik orta ve kabalık yüksek ise memnuniyet 3
Kural 16	Eğer gürlük orta ve keskinlik yüksek ve kabalık düşük ise memnuniyet 2
Kural 17	Eğer gürlük orta ve keskinlik yüksek ve kabalık orta ise memnuniyet 2
Kural 18	Eğer gürlük orta ve keskinlik yüksek ve kabalık yüksek ise memnuniyet 2
Kural 19	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik düşük ve kabalık düşük ise memnuniyet 3
Kural 20	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik düşük ve kabalık orta ise memnuniyet 3
Kural 21	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik düşük ve kabalık yüksek ise memnuniyet 3
Kural 22	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik orta ve kabalık düşük ise memnuniyet 3
Kural 23	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik orta ve kabalık orta ise memnuniyet 2
Kural 24	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik orta ve kabalık yüksek ise memnuniyet 2
Kural 25	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik yüksek ve kabalık düşük ise memnuniyet 2
Kural 26	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik yüksek ve kabalık orta ise memnuniyet 1
Kural 27	Eğer gürlük yüksek ve keskinlik yüksek ve kabalık yüksek ise memnuniyet 1



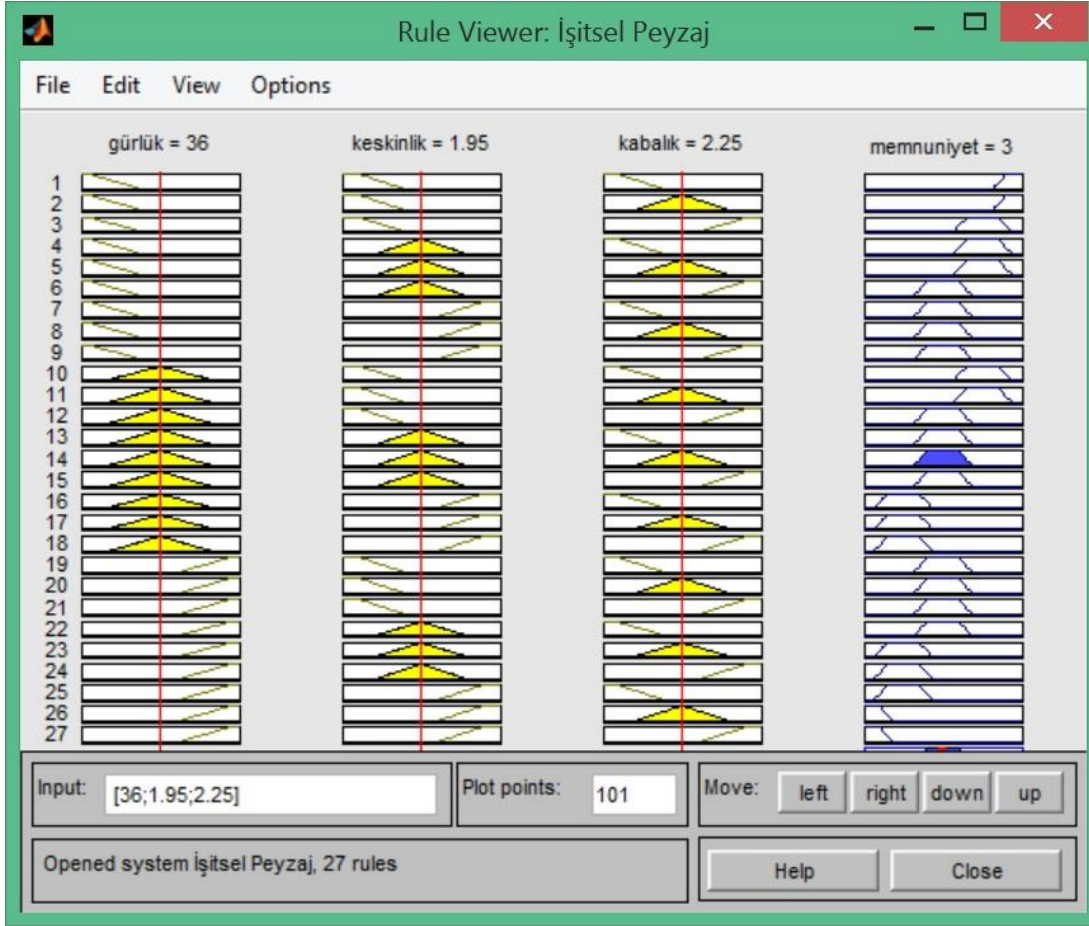
Şekil 4.24 : Kuralların Matlab gösterimi.

4.3.4 Çıkış

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin oluşturduğu giriş, bunlar arasındaki etkileşimi sağlayan kurallar oluşturulduktan sonra modelin çıkış verileri elde edilebilir. Modele yapılan bir ses kaydına ait gürlük, keskinlik ve kabalık ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerini girdi verileri olarak yazıp kullanıcıların kentsel mekânlar için ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin edebiliriz.

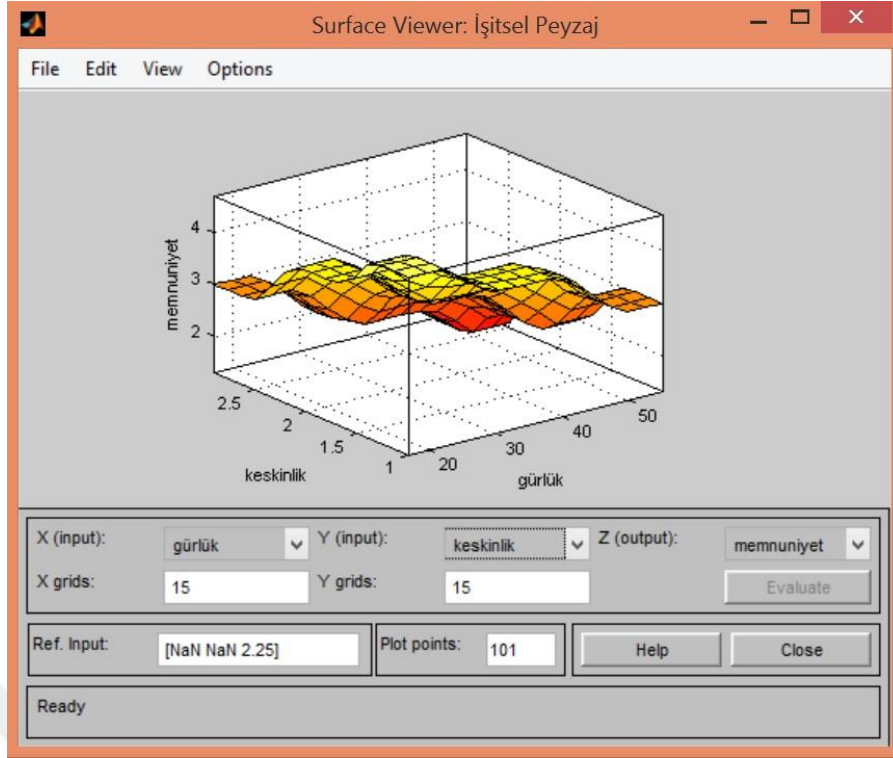
Şekil 4.25’te, gürlük, keskinlik ve kabalık ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerine karşılık sistemin verdiği çıkış değeri şekilsel olarak gösterilmektedir.

Modele yazılan 27 kuraldan sonra ses kalitesi metriklerinden gürlük ve keskinlik ile memnuniyet düzeyi arasındaki yüzeysel görüntü, gürlük ve kabalık ile memnuniyet düzeyi arasındaki yüzeysel görüntü, kabalık ve keskinlik ile memnuniyet düzeyi arasındaki yüzeysel görüntü incelendiğinde;

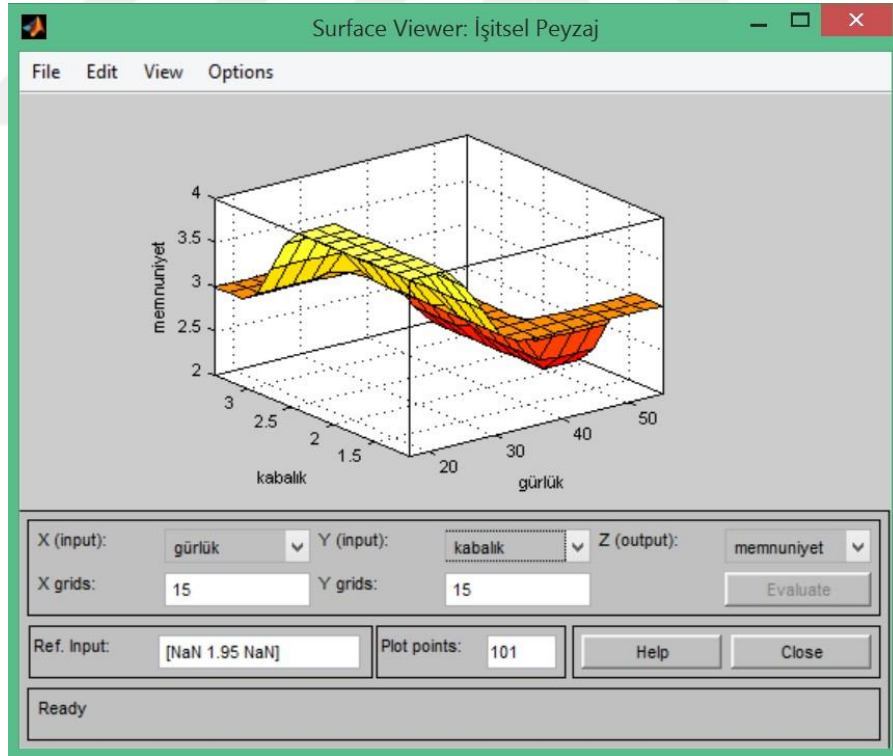


Şekil 4.25 : Kuralların grafiksel görünümü.

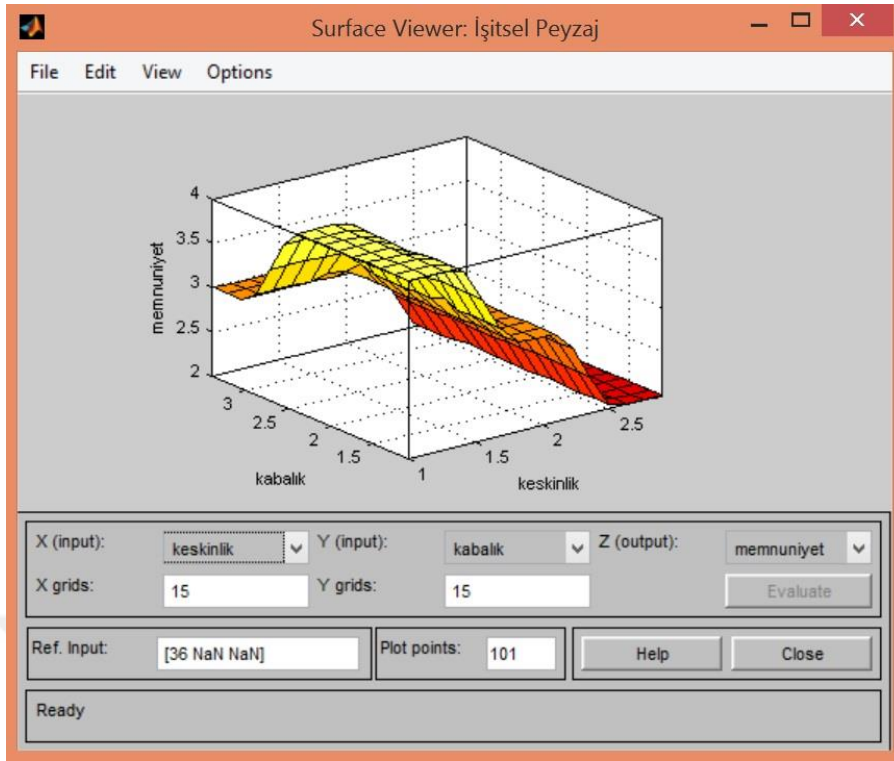
- Keskinlik ve gürlük metriklerinin memnuniyet düzeyindeki etkisi dengeli bir şekilde dağılmaktadır. Her iki metriğin nicel değerlerinde meydana gelen yükselmelerde memnuniyet düzeyi düşmekte, nicel değerlerin düşmesi ile de memnuniyet düzeyi yükselmektedir (Şekil 4.26).
- Kabalık ve gürlük metriklerinin nicel verilerinde oluşan değişimlere dikkat edildiğinde kabalık metriğinin memnuniyet düzeyindeki etkisi gürlük metriğine göre daha düşüktür. Gürlük metriğinin düşük olduğu durumlarda kabalık metriği yüksek olsa bile memnuniyet düzeyinde büyük düşüş görülmemektedir (Şekil 4.27).
- Keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel verilerinde oluşan değişimlere dikkat edildiğinde keskinlik metriğinin memnuniyet düzeyinde daha etkili olduğu görülmektedir. Keskinlik metriğinin nicel değeri yüksek ise kabalık metriğinin nicel değeri düşük olsa bile memnuniyet düzeyi düşük çıkmaktadır. Keskinlik düşük ve kabalık yüksek ise memnuniyet düzeyindeki düşüş çok fazla olmamaktadır (Şekil 4.28).



Şekil 4.26 : Memnuniyet-Keskinlik-Gürlük yüzeysel görüntü.

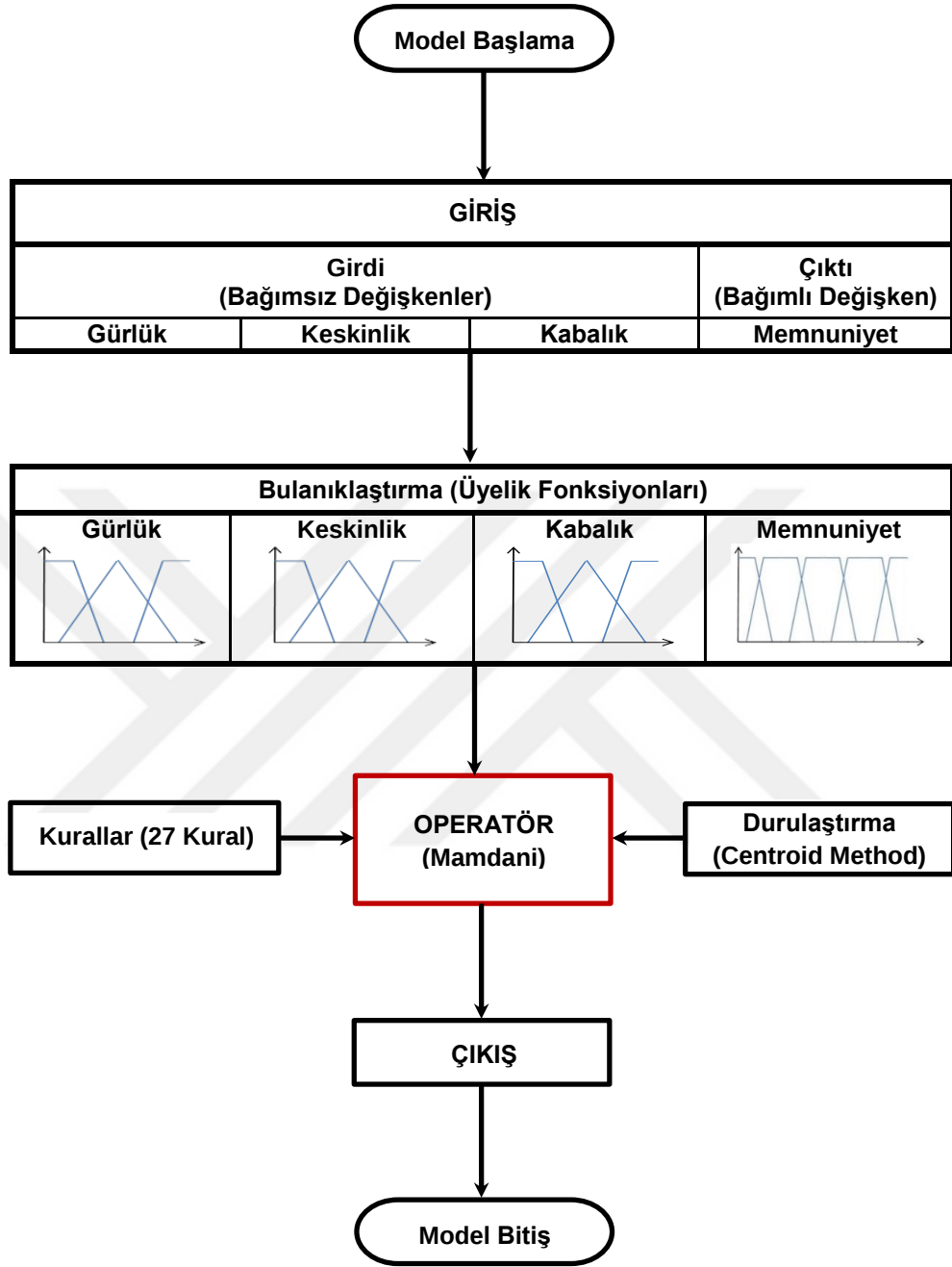


Şekil 4.27 : Memnuniyet-Kabalık-Gürlük yüzeysel görüntü.



Şekil 4.28 : Memnuniyet-Kabalık-Keskinlik yüzeysel görüntü.

Bu çalışmada oluşturulan modelin oluşumu için yapılanların genel akış şeması Şekil 4.29’da görülmektedir. Modele başlarken ilk olarak giriş işlemleri yapılmıştır. Giriş için bağımsız değişkenler (girdi) ve bağımlı değişken (çıktı) belirlenmiştir. Girdi ve çıktının üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırma yapılmıştır. Kurallar oluşturulmuş, durulaştırıcı olarak Sentroid yöntemi ve bulanık çıkarım için Mamdani yöntemi seçilmiştir. Bu işlemler tamamlanınca çıkış elde edilip model tamamlanmıştır.



Şekil 4.29 : Bulanık mantık ile hazırlanan modelin genel akış şeması.



5. MEMNUNİYET DÜZEYİ TAHMİN MODELİNİN UYGULAMASI VE SINAMASI

Çalışmanın bu bölümünde yapay zekâ tekniklerinden Bulanık Mantık yöntemiyle kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için oluşturulan modelin uygulaması ve bu modelin sinaması gerçekleştirilmiştir.

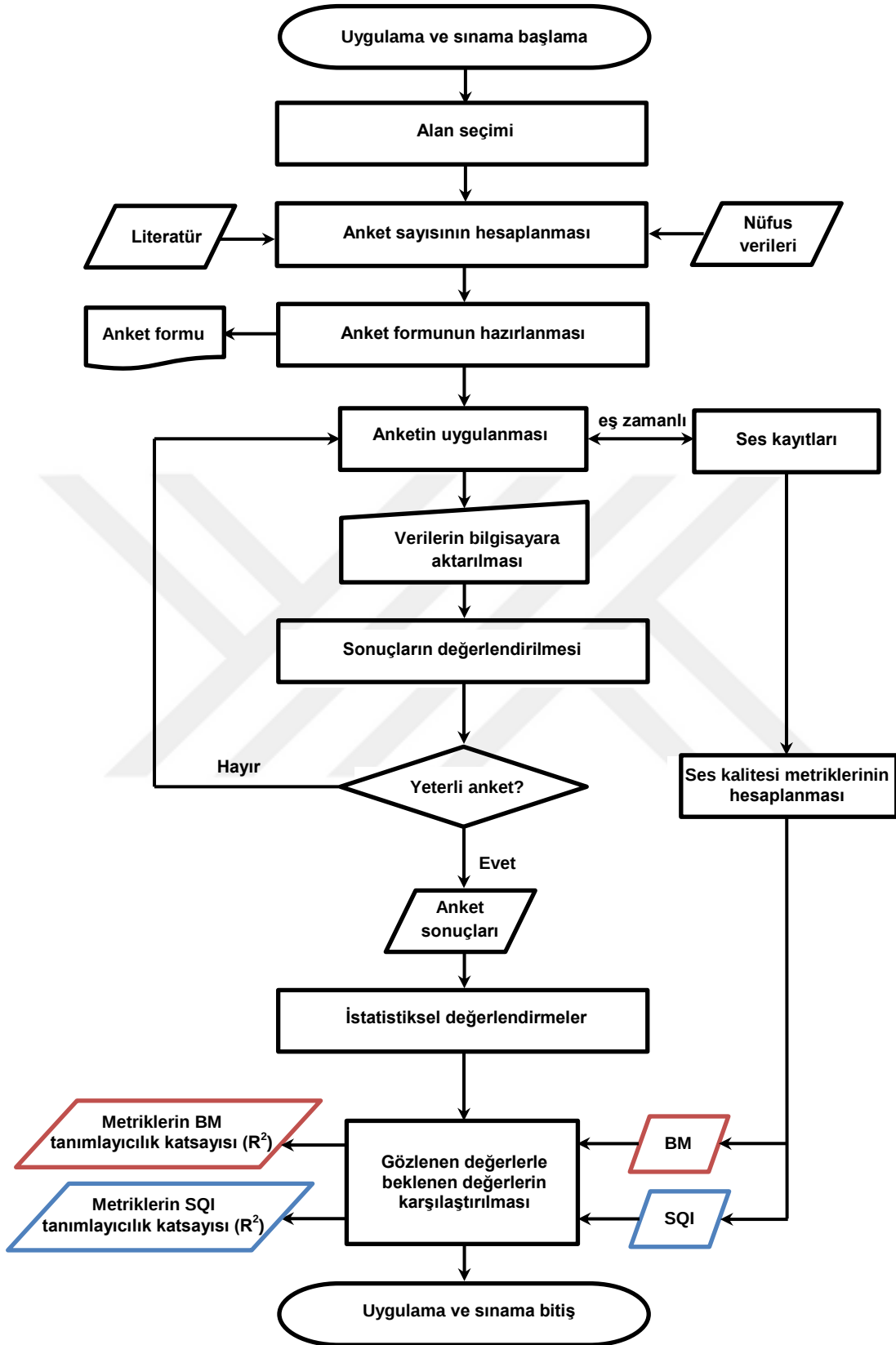
Matlab’da bulanık mantık ile hazırlanan modelin uygulamasını yapabilmek için ses kalitesi metriklerine ait nicel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle de alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Alan çalışmasından elde edilen nicel verilerle, hazırlanan modelin uygulaması yapılmıştır. Modelden elde edilen verilerin sinamasını gerçekleştirmek için çalışmanın yapıldığı alanda kullanıcılara anket uygulanmıştır. Modelin uygulamasında ve sinamasında izlenen yol Şekil 5.1’deki akış şemasında görülmektedir.

5.1 Modelin Uygulaması

Bu çalışmada kullanıcıların ses çevresine ait memnuniyet düzeylerini belirlemek için bulanık mantık yöntemi kullanılarak bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Modelin uygulamasını gerçekleştirmek için alan çalışması yapılmıştır. Bu amaçla bir bölge seçilmiş ve bu bölgede modelde kullanılmak üzere nicel verileri elde etmek için ses kayıtları gerçekleştirilmiştir.

Diyarbakır’ın Suriçi bölgesi çalışmanın uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bölgenin Dağkapı’dan Urfa Kapı’ya uzanan kuzeybatı bölgesi (Şekil 5.2) ses kayıtlarının yapılacağı alan olarak belirlenmiştir.

Bölüm 4.1’de iki kulaklı ses kayıtlarının gerçekleştirilmesinde izlenen yol, çalışmanın uygulaması aşamasında nicel verileri elde etmek için de kullanılmıştır. Ses kayıtları Brüel & Kjør 2270-A-D00 el tipi çift kanallı ses ölçüm cihazına bağlanan Brüel & Kjør 4101 iki kulaklı mikrofon seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir ses kaydı için kayda başlamadan önce mikrofon setinin kalibrasyonu, B&K 4231 ses düzeyi kalibratörü ile yapılmıştır.



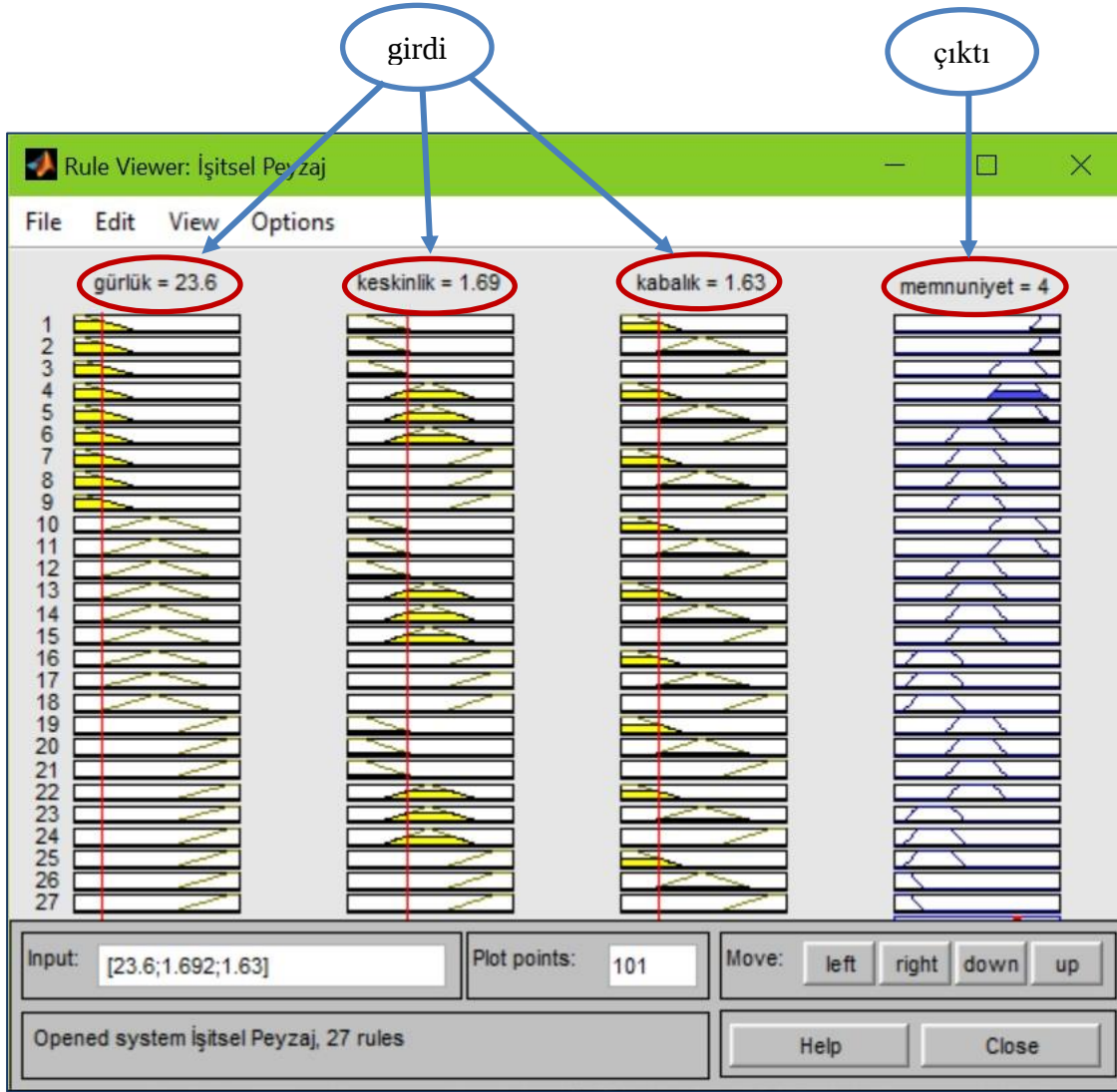
Şekil 5.1 : Modelin uygulama ve sınavı akış şeması.

Daha sonra uygulama ve sinama için seçilen alanda iki kulaklı ses kayıtları gerçekleştirilmiştir. Modelin sinamasını da yapabilmek için ses kayıtları gerçekleştirilirken eş zamanlı anket çalışması da yürütülmüştür. Her bir ses kaydı tamamlandığında ise mikrofon setinin kalibrasyonu tekrarlanmıştır. Hedeflenen anket sayısına ulaşıldığında ses kayıtları tamamlanmıştır.



Şekil 5.2 : Modelin uygulama aşamasında ses kayıtları için seçilen alan.

Uygulama alanında gerçekleştirilen iki kulaklı ses kayıtları bilgisayara aktarılıp PULSE Reflex ses kalitesi yazılımı kullanılarak hesaplamaları yapılmıştır. Ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için hazırlanan modele aktarılmıştır. Modelde yer alan girdi verilerine gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel değerleri işlenerek çıktı verisi elde edilmiştir (Şekil 5.3). Böylelikle çalışma alanında anket uygulamadan kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri tahmin edilebilmiştir. Modelin uygulaması gerçekleştirildikten sonra gerçek verilerle karşılaştırmasının yapılabilmesi için modelin sinaması aşamasına geçilmiştir.



Şekil 5.3 : Matlab’da bulanık mantık ile hazırlanan modelin girdi ve çıktı verilerinin görüntülediği ekran görüntüsü.

5.2 Modelin Sınaması

Kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyinin tahmini için oluşturulan modelin uygulaması yapıldığında, modelin sınaması için de bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Modelin uygulama sonuçları, alan çalışmasında yapılan anketlerden ölçülen veriler ile sınanmıştır. Şekil 5.1’de modelin sınama aşaması için izlenen yolu açıklayan akış şeması görülmektedir.

Anketler, uygulama için yapılan ses kayıtlarıyla aynı bölgede (Şekil 5.2) ve ses kayıtları ile eş zamanlı gerçekleştirilmiştir. Yapılacak çalışmanın istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için anket uygulamasında katılımcı sayısına dikkat edilmesi gerekmektedir. Kang ve Zhang (2010) kentsel açık alanlarda işitsel peyzaj

değerlendirmesinde 100-150 örnekleminin yeterli olabileceğini belirtmişlerdir. Bu durumda çalışmada en az 100 anketin uygulanması gerekmektedir. Ancak Çingı (1994) istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara ulaşabilmek için örneklem büyüklüğünün Denklem 5.1 kullanılarak belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

$$n = Z^2 * N * P * Q / (N * D^2 + Z^2 * P * Q) \quad (5.1)$$

n : Örnek büyüklüğü

Z : Güven katsayısı (% 95'lik güven için bu katsayı 1.96 alınmaktadır.)

N : Ana kütle büyüklüğü

P : Ölçmek istediğimiz özelliğin ana kütlede bulunma ihtimali (Çalışma çok amaçlı olmasından dolayı bu oran % 50 alınmıştır.)

$$Q = 1 - P$$

D : Kabul edilen örnekleme hatası (Çalışma için % 5'lik bir örnekleme hatası ön görülmüştür.)

Diyarbakır Suriçi Bölgesindeki 15 mahallede 2014 yılı verilerine göre kayıtlı nüfus sayısı 55.027 kişidir (Url-10). Denklem 5.1 kullanılarak yapılan hesaplamalara göre % 5'lik bir örnekleme hatası için en az 381 kişiye anket yapılması gerektiği belirlenmiştir. Modelin sınaması için yapılacak anket çalışmasında katılımcı sayısı belirlendikten sonra anket föyü hazırlanmıştır (Çizelge 5.1).

Literatürdeki birçok çalışmada kullanıcıların cinsiyetleri, demografik özellikleri, eğitim düzeyleri, fizyolojik, sosyolojik, psikolojik faktörleri, alanı kullanım amaçları ve süreleri gibi etkenlerinin ses çevresiyle ilgili algılarının değişiminde etkili olduğu görülmüştür (Yu ve Kang, 2007; Kang, 2010; Yu, 2010; Tse ve diğ, 2012). Bu nedenle modelin sınaması için uygulanan ankette katılımcılara bulundukları bölgenin ses çevresiyle ilgili memnuniyet düzeyleri dışında cinsiyetleri, yaşları, eğitim düzeyleri, alana gelme sebepleri, gelme sıklıkları, alanda bulunma süreleri de sorulmuştur.

Çizelge 5.1 : Modelin sınaama aşamasında kullanılan anket föyü.

Ses Çevresi Memnuniyet Düzeyi Araştırma Anketi

Anket No:

Cinsiyet	:	☐ Kadın	☐ Erkek
Yaş	:		
Eğitim Durumu	:	☐ Okur-yazar değil ☐ Ortaokul	☐ İlkokul ☐ Lise ☐ Üniversite
Gelme sebebi	:	☐ Çalışan ☐ Dinlenme	☐ Gezi ☐ Yeme-İçme ☐ Alışveriş ☐ Diğer....
Gelme sıklığı	:	☐ İlk kez ☐ Haftada bir kaç defa	☐ Yılda birkaç defa ☐ Ayda birkaç defa ☐ Her gün
Bulunma süresi	:	☐ Bir saatten az ☐ 3-5 saat	☐ 1-2 saat ☐ 6 saat ve fazlası

Bulunduğunuz alanın ses çevresinin sizin için memnuniyet düzeyini belirtiniz.

Hiç memnuniyet verici değil (1)	Memnuniyet verici değil (2)	Ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil (3)	Memnuniyet verici (4)	Çok memnuniyet verici (5)

Aşağıdaki faktörlerin ses çevresi memnuniyet düzeyinizi belirleyiciliğinizdeki etkinliğini 1’den 7’ye kadar öncelik sırasına göre sıralayınız.

Faktörler	Öncelik sıralaması
Ses kaynakları	
Tarihi doku	
Mimari yapı	
Peyzaj	
Sosyal yapı	
Ticari yapı	
Turistik değer	

Katılımcılara, ses çevresi memnuniyet düzeyleri için 1 ile 5 arasında seçebilecekleri seçenekler sunulmuştur (1: hiç memnuniyet verici değil, 2: memnuniyet verici değil,

3: ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil, 4: memnuniyet verici, 5: çok memnuniyet verici). Kullanıcıların kentsel mekânların ses çevresi algısında ses kaynakları dışında birçok etken memnuniyet düzeyi tercihini etkileyebileceğinden bölgenin özellikleri de düşünülerek bazı faktörler sıralanmıştır.

Diyarbakır Suriçi bölgesi, binlerce yıllık tarihi geçmişe sahip ve birçok medeniyetin izlerini taşıyan bir bölge olduğundan ankette sıralanan faktörler arasında ses kaynaklarıyla birlikte “tarihi doku” özelliği yer almıştır. Diyarbakır’da yaşamış farklı dönemlerdeki toplumların izlerini Suriçi’nde bulunan mimari yapılarda görmek mümkündür. Karakteristik mimari dokusunun kullanıcıların görsel algısıyla birlikte işitsel algısını da etkileyebileceği düşünülmüştür. Bu nedenle faktörler arasında “mimari yapı” seçeneğine de yer verilmiştir. Son yıllarda sur çevrelerinde yapılan rehabilitasyon çalışmaları sonucunda oluşturulan parkların da bir etken olabileceği düşüncesiyle “peyzaj” da etkenler arasında düşünülmüştür. Suriçi bölgesi tarihi boyunca sosyal yaşamın yoğun olduğu bir bölge olmuştur. Son zamanlarda Suriçi’nde yer alan birçok tarihi yapının restorasyonları gerçekleştirilerek kullanıma açılmış ya da yeni işlevler kazandırılmıştır. Bu tür yapılar kafe, restoran ya da sosyal aktivitelerin gerçekleştirilebileceği kapalı ya da açık mekânlar olarak kullanılmaktadır. Bu mekânların artmasıyla bölge, her yaştaki kullanıcılar için sosyal bir alan olmuştur. İşitsel peyzajda kullanıcıların sosyal yapısının ses algısında önemli bir etkiye sahip olduğu bilindiğinden “sosyal yapı” ses çevresi memnuniyetini etkileyebilecek etkenler arasında düşünülmüştür. Suriçi bölgesi Diyarbakır’daki ticaretinin en yoğun yaşandığı merkezlerden birisidir. Kullanıcılar günlük yaşamda ihtiyaç duyduğu birçok malzeme, gıda gibi ürünlere bu bölgede rahatlıkla ulaşma imkânına sahiptirler. Oldukça aktif olan ticari yapısının da kullanıcıların ses algısında etkin olabileceği düşünülmüş ve “ticari yapı” faktörü ankete eklenmiştir. Farklı bölgelerden, kültürlerden birçok kişinin merakını uyandırdığından dolayı bölgeye sık sık turistik geziler düzenlenmektedir. Bölgenin bu özelliği dikkate alındığında etkenler arasında “turistik değer” seçeneğinin de yer alması gerektiğine karar verilmiştir. Anketin bu bölümünde katılımcılardan memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek yedi faktörü (ses kaynakları, tarihi doku, mimari yapı, peyzaj, sosyal yapı, ticari yapı, turistik değer) 1 ile 7 arasında sıralamaları istenmiştir.

Alanda yapılan anket çalışması işitme problemi olmayan 390 katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Anketler tamamlandıktan sonra sonuçlar bilgisayara aktarılıp

değerlendirilmiştir. Yeterli sayıda anket verisi elde edildiğinde sonuçların istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır.

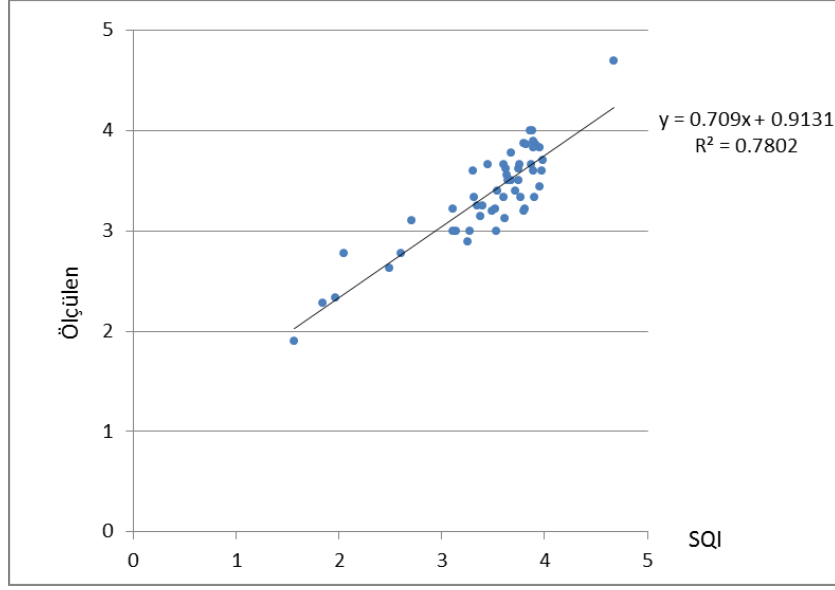
Çalışmada, bulanık mantık (BM) ile oluşturulan tahmin modelinin verileriyle kullanıcıların alanda ölçülen verilerinin sınanması istenildiğinden anket çalışmasıyla birlikte ses kayıt çalışması eş zamanlı yürütülmüştür. Modelin uygulama aşamasında elde edilen ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel verilerinden yararlanılarak kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin edilip anket sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

5.2.1 Alanda elde edilen memnuniyet düzeyleri ile tahmin edilen memnuniyet düzeylerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmada bulanık mantık ile tahmin modeli oluşturulurken ayrıca gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel verileriyle Ses Kalitesi İndeks denklemi (SQI) de oluşturulmuştur. Bu denklem ile elde edilen tahmin sonuçlarıyla alandan ölçülen kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri sonuçları da karşılaştırılmıştır.

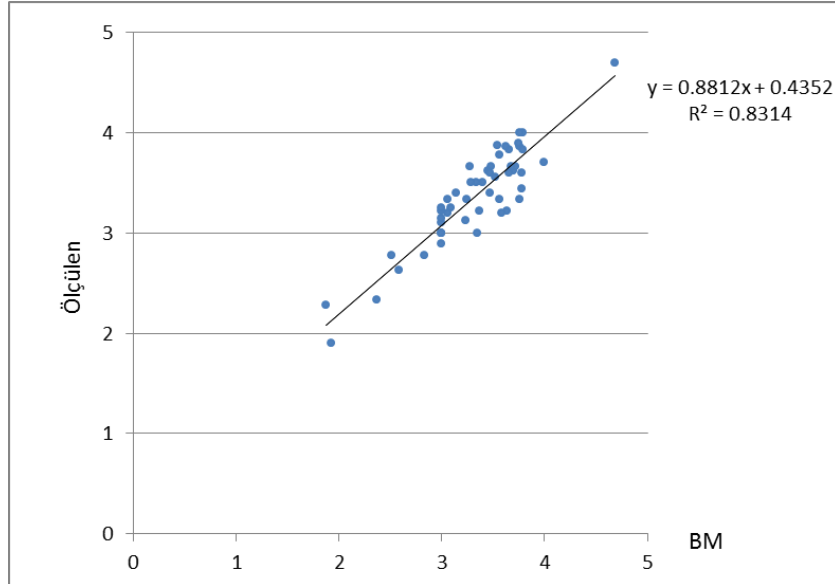
Çalışmanın sınama aşamasında ölçülen veriler ile tahmin edilen veriler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. İki veri grubu arasındaki regresyon doğrusu oluşturulmuş ve determinasyon katsayısı hesaplanmıştır. Determinasyon (belirlilik) katsayısı regresyon doğrusunun gözlemlere ne denli uyduğunu ortaya koyan göstergelerden birisidir. Bu katsayı (R^2) aynı zamanda, bağımlı değişkendeki toplam değişimlerin yüzde kaçının bağımsız değişken ya da değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Determinasyon katsayısı 0 ile 1 arasında pozitif bir değer olup, korelasyonun karesidir. R^2 değeri bağımlı değişkenin ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını belirtirken, $1-R^2$ değeri ise modelde yer almayan diğer bağımsız değişkenlerce açıklanan kısmı belirtmektedir (Url-11 Bayram, 2015).

Ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında, SQI ile tahmin edilen, kullanıcıların ses çevreleriyle ilgili memnuniyet düzeyleri ile alanda yapılan anket çalışmasından ölçülen veriler arasında Pearson korelasyon katsayısı 0,88'tir. Şekil 5.4'te görüldüğü üzere $R^2 = 0,7802$ güvenilirlik seviyesinde elde edilmiştir.



Şekil 5.4 : SQI ile tahmin edilen memnuniyet düzeyi ile alanda elde edilen memnuniyet düzeyi arasındaki ilişki (1:hiç memnuniyet verici değil, 2:memnuniyet verici değil, 3:ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil, 4:memnuniyet verici, 5:çok memnuniyet verici).

BM ile tahmin edilen, kullanıcıların ses çevreleriyle ilgili memnuniyet düzeyleri ile alanda yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler arasında Pearson korelasyon katsayısı 0,91'dir. Şekil 5.5'te görüldüğü üzere $R^2 = 0,8314$ güvenilirlik seviyesinde elde edilmiştir. Rubin (2010) ve Jackson (2014)'a göre 0,90 ve üzeri korelasyonun sağlanması istatistiksel olarak oldukça anlamlıdır.

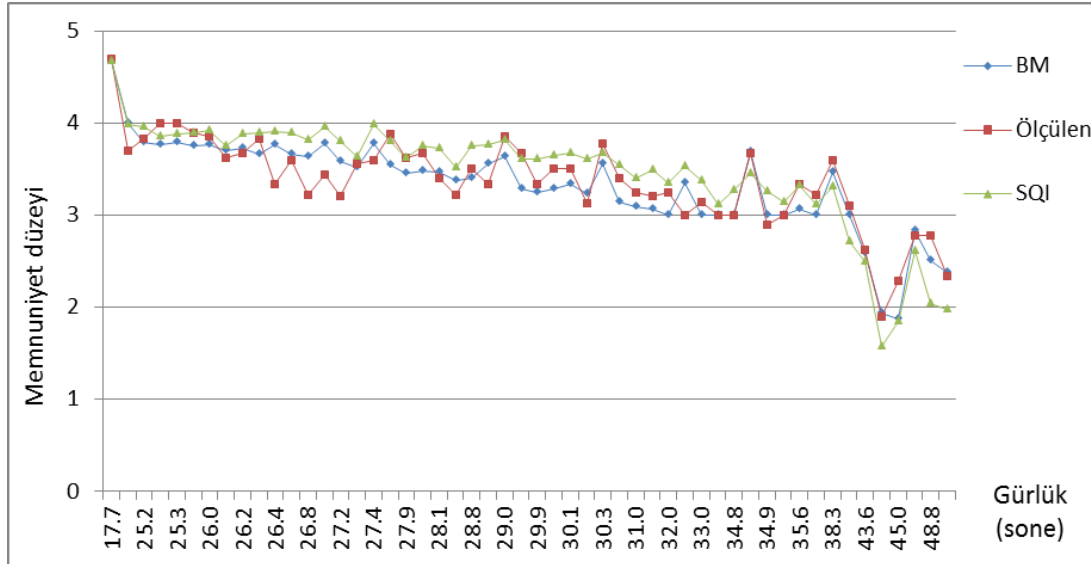


Şekil 5.5 : BM ile tahmin edilen memnuniyet düzeyi ile alanda elde edilen memnuniyet düzeyi arasındaki ilişki (1:hiç memnuniyet verici değil, 2:memnuniyet verici değil, 3:ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil, 4:memnuniyet verici, 5:çok memnuniyet verici).

Çalışmada oluşturulan BM ile SQI karşılaştırıldığında, ölçülen verilerle BM ile oluşturulan modelden edinilen veriler arasında güvenilirlik seviyesi SQI sonuçlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Bu da bulanık mantık ile oluşturulan tahmin modelinin daha iyi olduğunu göstermektedir.

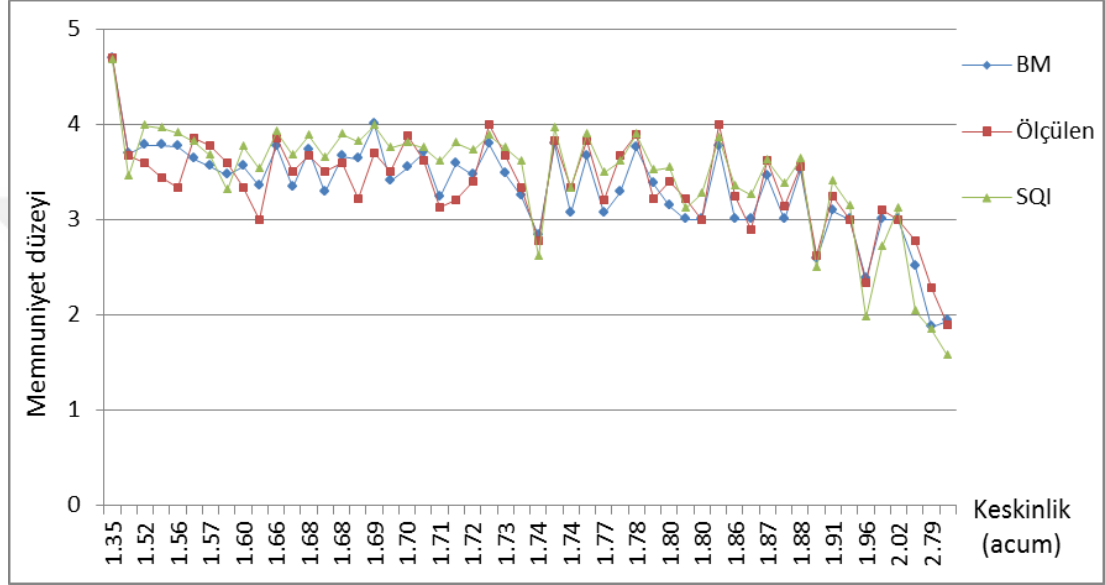
5.2.2 Ses kalitesi metrikleri ile ölçülen ve tahmin edilen memnuniyet düzeylerinin değerlendirilmesi

Ses kalitesi metrikleri ile BM, SQI ve ölçülen veriler incelendiğinde, gürlük metriği ile SQI ile tahmin edilen veriler arasında negatif yönde korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı $-0,95$ 'tir. Bulanık mantık ile hazırlanan tahmin modelinde de negatif yönde korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı $-0,88$ 'tir. Hem SQI ile hem de BM ile tahmin edilen memnuniyet düzeyleri ile alanda ölçülen memnuniyet düzeyinde eğilim benzer şekilde değişmektedir. Gürlük metriğine ait nicel değerler yükseldikçe kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyinde düşüş görülmektedir (Şekil 5.6). Özellikle 26 sone ve daha düşük değerlerde ve 36 sone üzerindeki değerlerde ölçülen değerlerle tahmin edilen düzeyler birbirlerine oldukça yakındır. 26-29 sone arasında BM ile tahmin edilen memnuniyet düzeyleri ile alanda ölçülen memnuniyet düzeylerinin SQI'ye göre daha yakın olduğu görülmektedir.



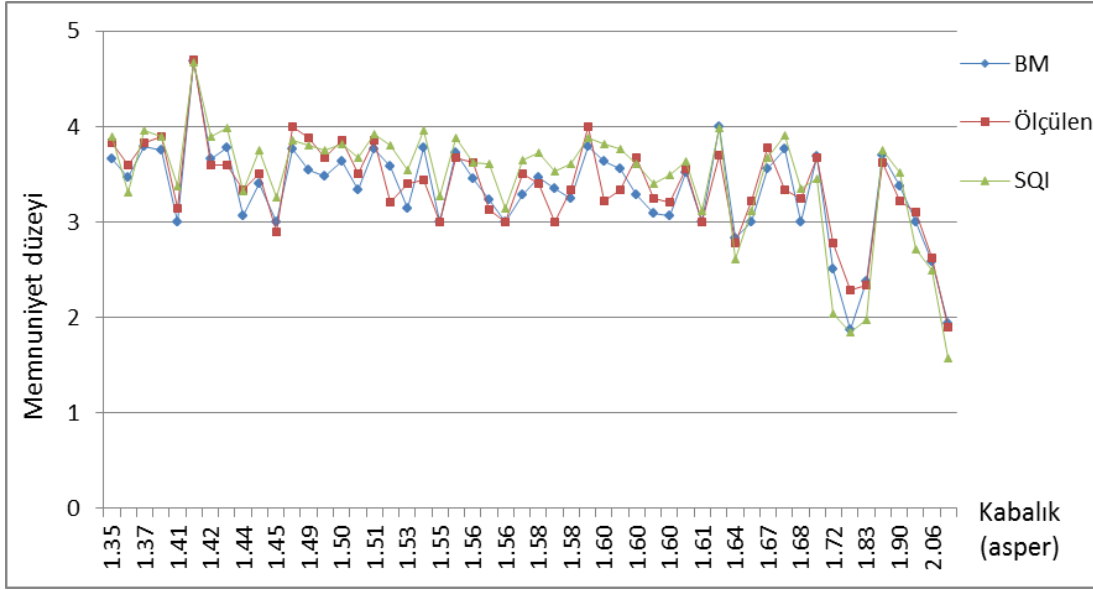
Şekil 5.6 : Gürlük metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.

Keskinlik metriği ile SQI denkleminde elde edilen veriler arasında negatif yönde korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı -0,82'dir. Bulanık mantık ile hazırlanan tahmin modelinde de negatif yönde korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı -0,83'tür. SQI ve BM ile tahmin edilen memnuniyet düzeyleri ile alanda ölçülen memnuniyet düzeyleri arasında eğilim benzer şekilde değişmektedir. Keskinlik metriğine ait nicel değerler yükseldikçe kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyinde düşüş görülmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : Keskinlik metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.

Kabalık metriği ile SQI ve bulanık mantık modelinden tahmin edilen kullanıcıların memnuniyet düzeyleri incelendiğinde, SQI ile kabalık metriği verileri arasında negatif yönde korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı -0,67'dir. BM ile oluşturulan tahmin modeliyle elde edilen verilerle kabalık metriği verileri arasında diğer metriklerdeki gibi negatif yönde bir korelasyon görülmektedir. Pearson korelasyon katsayısı -0,57'dir. Kabalık metriği ile memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonlar gürlük ve keskinlik metriklerine oranla daha düşüktür. Kabalık metriğine ait nicel değerler yükseldikçe kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyinde düşüş görülmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Kabalık metriği ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ilişkisi.

SQI sadece nicel verilerden elde edildiği için korelasyonu yüksek olmakla birlikte uygulama alanında ölçülen verilerde bulanık mantık modelinin korelasyonu daha yüksek olmuştur. Çünkü bulanık mantık ile oluşturulan modelde nicel verilerle birlikte çalışma alanının sosyal/kültürel yapısı, mimari dokusu ve pilot çalışmalardan elde edilen gözlemler irdelenerek modele yansıtılmıştır.

BM ile oluşturulan modelde determinasyon katsayısı (R^2) 0,8314'tür. Bu katsayı, bağımlı değişkendeki toplam değişmelerin yaklaşık %83'ünün bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. $1-R^2$ değeri ise (yaklaşık %17) BM ile hazırlanan modelde yer almayan diğer bağımsız değişkenlerce açıklanan kısmı belirtmektedir.

Çalışmada yaklaşık %17'lik bölümü etkileyen parametreleri belirlemek için çalışma alanında ses kayıtları ile eş zamanlı gerçekleştirilen anket çalışmasının sonuçlarından yararlanılmıştır. Alanda yapılan ankette katılımcılara cinsiyetleri, yaşları, eğitim düzeyleri, alanda bulunma sebepleri, alana gelme sıklıkları ve alanda bulunma süreleri sorulmuştur. Ayrıca katılımcılardan ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek ses kaynakları, tarihi doku, mimari yapı, peyzaj, sosyal yapı, ticari yapı, turistik değer gibi faktörleri sıralamaları istenmiştir. Bu verilerden yararlanarak katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede etkili diğer parametreler ve her birinin etkinlik oranı belirlenmeye çalışılmıştır. Anketten edinilen katılımcıların cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, alanda bulunma sebepleri, alana

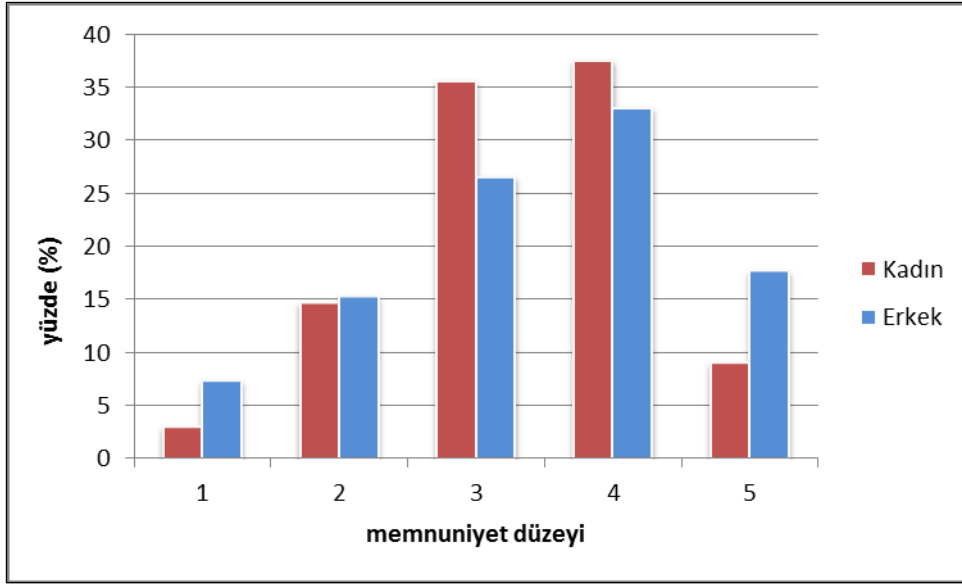
gelme sıklıkları ve alanda bulunma sürelerinin her birinin memnuniyet dereceleri değişimindeki etkisi açıklanmıştır.

5.2.3 Kullanıcıların cinsiyetleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi

Katılımcıların cinsiyetlerine göre memnuniyet düzeyleri değerlendirildiğinde cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=11,596 p=0,021) (Çizelge 5.2) (Şekil 5.9). Kadınların sadece %3'ü “hiç memnuniyet verici değil” (1) seçeneğini tercih ederken, erkek katılımcıların %7,3'ü (1) seçeneğini tercih etmişlerdir. Erkekler kadınlara göre daha fazla memnuniyetsizlik hissetmektedirler. Hem kadınların hem de erkeklerin çoğunluğu ses çevresi memnuniyet düzeylerini “memnuniyet verici” (4) olarak ifade etmişlerdir. Kadınların %37,6'sı memnuniyet düzeyini 4 olarak seçerken, erkeklerde bu oran %33,1'dir. Kadınların %14,7'si “memnuniyet verici değil” (2) seçeneğini seçerken erkeklerin %15,3'ü bu seçeneği tercih etmişlerdir. “Ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil” (3) seçeneği incelendiğinde kadınların erkeklere oranla daha fazla bu seçeneği tercih ettikleri görülmektedir. Kadınların %35,7'si, erkeklerin ise %26,6'sı 3'ü tercih etmişlerdir. “Çok memnuniyet verici” (5) tercihi ise erkeklerde daha fazla görülmüştür. Erkeklerin %17,7'si 4'ü tercih etmiş, kadınların da %9'u 4'ü seçmişlerdir. Katılımcıların cinsiyetlerinin memnuniyet dereceleri değişimindeki etkisi ise yaklaşık %17'dir (phi=0,172). Bir başka ifadeyle cinsiyet farklılığının ses çevresi memnuniyet düzeyindeki değişime etkisi %17'dir.

Çizelge 5.2 : Cinsiyet ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler.

cinsiyet	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
kadın	8 (3,0)	39 (14,7)	95 (35,7)	100 (37,6)	24 (9,0)	266
erkek	9 (7,3)	19 (15,3)	33 (26,6)	41 (33,1)	22 (17,7)	124
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 11,596 p = 0,021 phi = 0,172						



Şekil 5.9 : Cinsiyet ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.

5.2.4 Kullanıcıların yaşları ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirmesi

Katılımcıların yaşlarının da ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede etkin olabileceği düşünüldüğünden anketler sırasında katılımcılara yaşları da sorulmuştur. Ankete katılan 19-64 yaş arasındaki katılımcılar 3 gruba ayrılmıştır (Department Of International Economic And Social Affairs of United Nation, 1982; Eryılmaz ve Ercan, 2011). Bunlar;

19-25: Genç yetişkinlik,

26-45: Yetişkinlik,

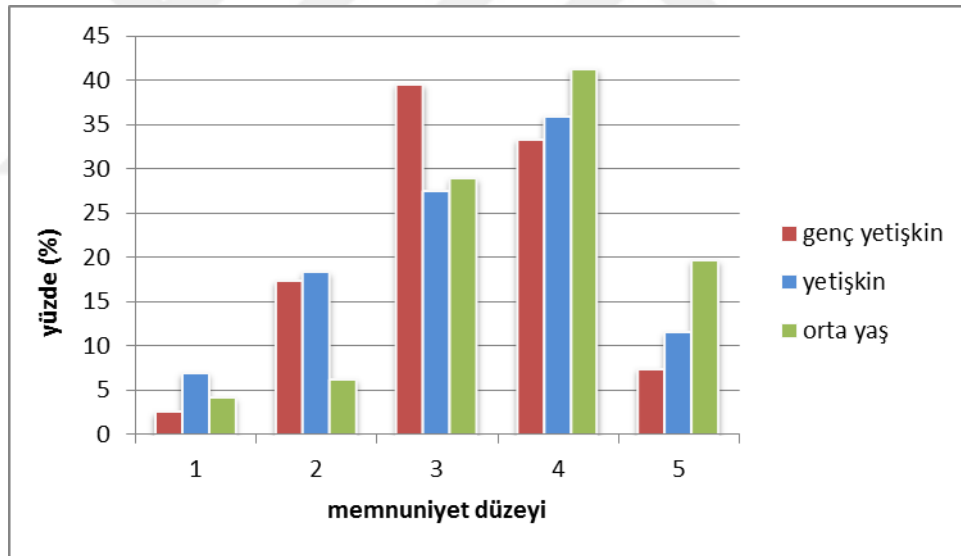
46-64: Orta yaş

olarak gruplandırılmıştır. Verilen cevaplar yüzdelik olarak incelendiğinde cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=22,348 p=0,004). Çizelge 5.3 ve Şekil 5.10'da görüldüğü üzere özellikle orta yaş grubunda yer alan kullanıcıların büyük bir kısmı diğer yaş gruplarına göre ses çevresi memnuniyet düzeyi tercihlerini “memnuniyet verici (4)” (%41,2) ya da “çok memnuniyet verici (5)” (%19,6) yönünde yapmışlardır. “Ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil (3)” seçeneğini tercih edenlerin çoğunluğunu genç yetişkinler (%39,5) oluşturmaktadır. Yetişkin ve genç yetişkin yaş gruplarında memnuniyetsizliğin daha

fazla olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmadan katılımcıların yaşları ilerledikçe ses çevresi memnuniyet düzeylerinin arttığı anlaşılmaktadır. Bu çalışma, katılımcıların yaşlarının memnuniyet dereceleri değişimindeki etkisinin yaklaşık %24 olduğunu göstermiştir ($\phi=0,239$).

Çizelge 5.3 : Yaş grupları ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler.

yaş grupları	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
genç yetişkin	4 (2,5)	28 (17,3)	64 (39,5)	54 (33,3)	12 (7,4)	162
yetişkin	9 (6,9)	24 (18,3)	36 (27,5)	47 (35,9)	15 (11,5)	131
orta yaş	4 (4,1)	6 (6,2)	28 (28,9)	40 (41,2)	19 (19,6)	97
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 22,348 p = 0,004 phi = 0,239						



Şekil 5.10 : Yaş grupları ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.

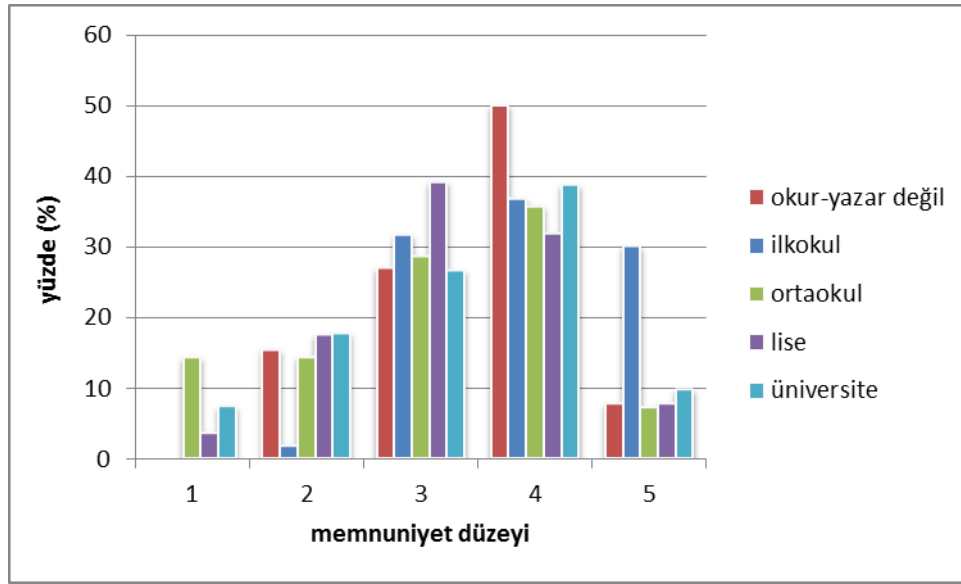
5.2.5 Kullanıcıların eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada ankete katılan katılımcıların eğitim düzeylerinin ses çevresi ile ilgili memnuniyet düzeyi tercihlerini etkileyip etkilemediği araştırılmıştır. Eğitim düzeyleri; okur-yazar değil, ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite mezunu olmak üzere beş gruba ayrılmıştır. Verilen cevaplar yüzdelik olarak incelendiğinde cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık

istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=44,460 p=0,000). Çalışma alanındaki katılımcıların eğitim düzeylerine göre memnuniyet tercihleri incelendiğinde, okur-yazar olmayanların çoğunluğu (%50), ilkokul mezunlarının çoğunluğu (%36,7) ve ortaokul mezunlarının çoğunluğu (%35,7) ses çevresini “memnuniyet verici (4)” olarak değerlendirmişlerdir. Eğitim düzeyi lise olan katılımcıların çoğunluğu (%39,2) memnuniyet düzeyi tercihinde “ne memnuniyet verici ne de memnuniyet verici değil (3)” seçeneğini tercih ederken üniversite mezunlarının çoğunluğu (%38,7) “memnuniyet verici (4)” olarak tercihlerini yapmışlardır (Çizelge 5.4) (Şekil 5.11). Yapılan alan çalışmasında eğitim düzeyi farklılığının memnuniyet dereceleri değişimindeki etkisinin yaklaşık %34 olduğu belirlenmiştir (phi=0,338).

Çizelge 5.4 : Eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler.

eğitim düzeyi	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
okur-yazar değil	0 (0,0)	4 (15,4)	7 (26,9)	13 (50,0)	2 (7,7)	26
ilkokul	0 (0,0)	1 (1,7)	19 (31,7)	22 (36,7)	18 (30,0)	60
ortaokul	2 (14,3)	2 (14,3)	4 (28,6)	5 (35,7)	1 (7,1)	14
lise	6 (3,6)	29 (17,5)	65 (39,2)	53 (31,9)	13 (7,8)	166
üniversite	9 (7,3)	22 (17,7)	33 (26,6)	48 (38,7)	12 (9,7)	124
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 44,460 p = 0,000 phi = 0,338						



Şekil 5.11 : Eğitim düzeyleri ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.

5.2.6 Kullanıcıların alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi

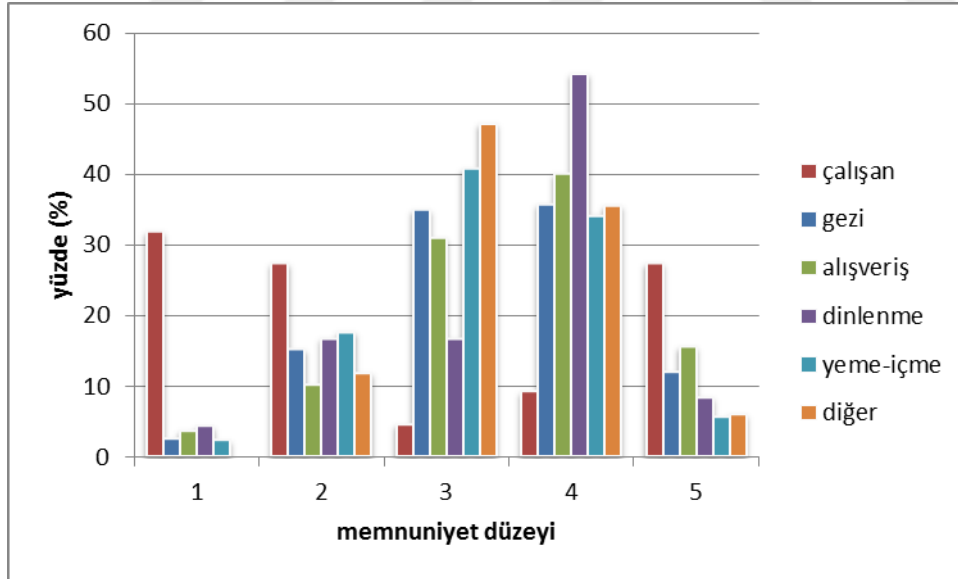
Kentsel mekânları kullananların bir alanda bulunma sebeplerinin ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyebileceği düşünüldüğünden alanda yapılan anket çalışmasında katılımcılara alana gelme sebepleri sorulmuştur. Diyarbakır Suriçi bölgesinde çalışanlar için “çalışan” kelimesi kullanılmış olup “gezi, alışveriş, dinlenme, yeme-içme” şeklinde cevaplar da anket föyüne eklenmiştir. Başka bir sebebi olabilecekler için ise “diğer” seçeneği sunulmuştur. Diğer seçeneğini sıklıkla cami veya kiliseye ibadet etmek için gidenler ya da evlerine ulaşmak için yoldan geçenler tercih etmişlerdir. Verilen cevaplar yüzdelik olarak incelendiğinde cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=72,704 p=0,000).

Çizelge 5.5 ve Şekil 5.12 incelendiğinde en çarpıcı sonuç çalışanlarda görülmektedir. Bölgede çalışanlar ses çevresinden olumsuz yönde etkilenmekte ve çalışan katılımcıların çoğunluğu (%31,8) memnuniyet düzeyinde “hiç memnuniyet verici değil (1)” düzeyini tercih etmişlerdir. Alanı gezmek amacıyla kullanan katılımcıların çoğunluğu (%35,7) ve alana dinlenmek amacıyla gelen katılımcıların çoğunluğu (%40) ses çevresini “memnuniyet verici (4)” olarak değerlendirmişlerdir. Yeme-içme için alanı kullanan (%40,7) ve “diğer” seçeneğini tercih eden katılımcıların çoğunluğu (%47,1) ise ses çevresi memnuniyet düzeylerini “ne memnuniyet verici ne

de memnuniyet verici değil (3)” şeklinde belirtmişlerdir. Yapılan analizlerde katılımcıların alana gelme sebeplerinin memnuniyet dereceleri değişiminde yaklaşık %43 etkili olduğu görülmüştür ($\phi=0,432$).

Çizelge 5.5 : Alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler.

gelme sebebi	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
çalışan	7 (31,8)	6 (27,3)	1 (4,5)	2 (9,1)	6 (27,3)	22
gezi	3 (2,4)	19 (15,1)	44 (34,9)	45 (35,7)	15 (11,9)	126
alışveriş	4 (3,6)	11 (10,0)	34 (30,9)	44 (40,0)	17 (15,5)	110
dinlenme	1 (4,2)	4 (16,7)	4 (16,7)	13 (54,2)	2 (8,3)	24
yeme-içme	2 (2,2)	16 (17,6)	37 (40,7)	31 (34,1)	5 (5,5)	91
diğer	0 (0,0)	2 (11,8)	8 (47,1)	6 (35,5)	1 (5,9)	17
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 72,704 p = 0,000 phi = 0,432						



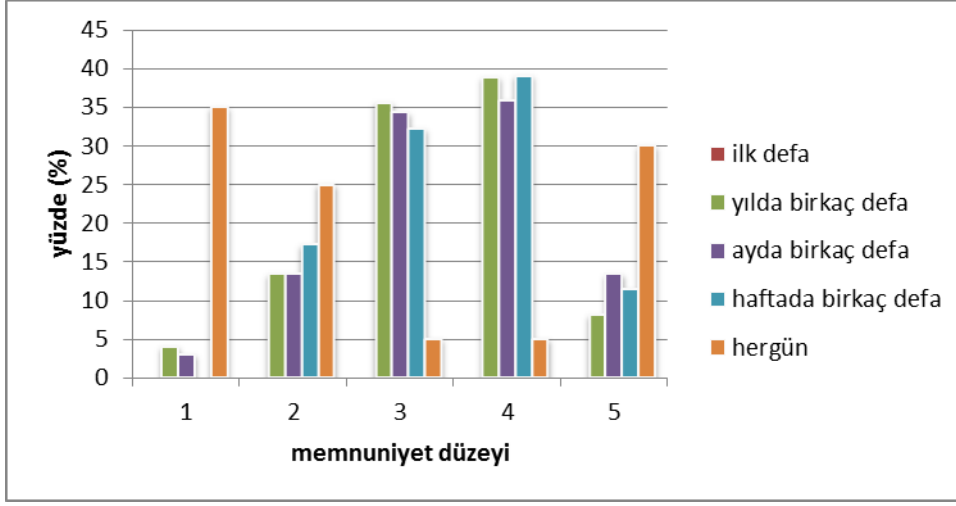
Şekil 5.12 : Alana gelme sebepleri ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.

5.2.7 Kullanıcıların alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi

Katılımcılara alana gelme sıklıkları sorulduğunda ve verilen cevaplar yüzdelik olarak incelendiğinde, cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=68,352 p=0,000). Çizelge 5.6 ve Şekil 5.13 incelendiğinde katılımcılardan alana her gün gelenlerin çoğunluğunun (%35) ses çevresi memnuniyet düzeyi olarak “hiç memnuniyet verici değil (1)” seçeneğini tercih etmişlerdir. Her gün gelenler içerisinde “hiç memnuniyet verici değil (1)” cevabını verenler incelendiğinde çoğunluğunun çalışanlardan oluştuğu görülmüştür. Bu da Çizelge 5-5’teki verileri doğrulamaktadır. Yılda birkaç defa, ayda birkaç defa ve haftada birkaç defa alana gelen katılımcılar değerlendirildiğinde her üç grubun da çoğunluğunun ses çevresi memnuniyet düzeyi olarak “memnuniyet verici (4)” seçeneğini tercih ettikleri görülmüştür. Çalışmada uygulanan ankette alana ilk defa gelenler de düşünülmüş ancak anket çalışmasında alana ilk defa gelen kullanıcılara rastlanmamıştır. Katılımcıların alana gelme sıklıklarının memnuniyet dereceleri değişimindeki etkisi incelendiğinde yaklaşık %42’lik bir etkinin olduğu belirlenmiştir (phi=0,419).

Çizelge 5.6 : Alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeyindeki görülme sıklıklarına ait değerler.

gelme sıklığı	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
ilk defa	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0
yılda bir kaç defa	6 (4,0)	20 (13,4)	53 (35,6)	58 (38,9)	12 (8,1)	149
ayda bir kaç defa	4 (3,0)	18 (13,4)	46 (34,3)	48 (35,8)	18 (13,4)	134
haftada bir kaç defa	0 (0,0)	15 (17,2)	28 (32,2)	34 (39,1)	10 (11,5)	87
hergün	7 (35,0)	5 (25,0)	1 (5,0)	1 (5,0)	6 (30,0)	20
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 68,352 p = 0,000 phi = 0,419						



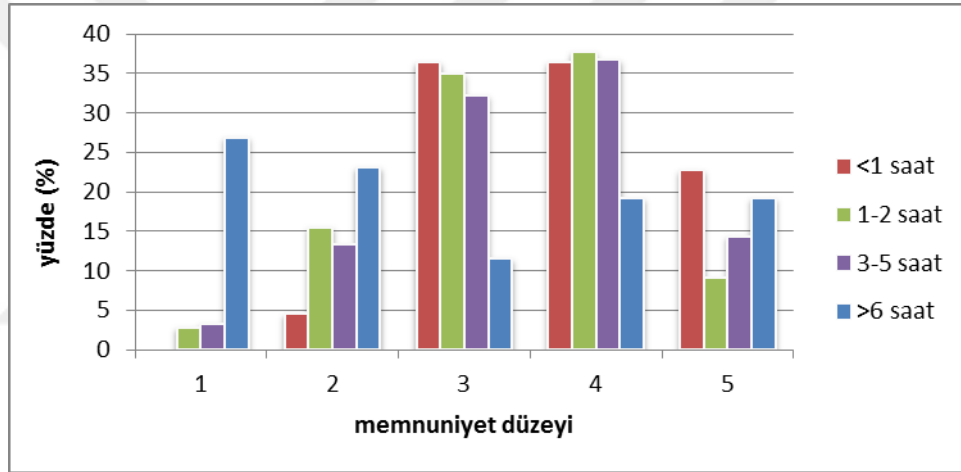
Şekil 5.13 : Alana gelme sıklığı ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdeler.

5.2.8 Kullanıcıların alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeyleri arasındaki görülme sıklıklarının değerlendirilmesi

Katılımcıların alana gelme sıklıklarıyla birlikte alanda bulunma sürelerinin de ses çevresi memnuniyet düzeylerinde etkili olabileceği düşünüldüğünden alanda bulunma süreleri sorulmuştur. 1 saatten az, 1-2 saat arası, 3-5 saat arası, 6 saat ve daha fazla seçeneklerine verilen cevaplar yüzdeler olarak incelendiğinde, cevaplardaki görülme sıklıkları önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılık ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılıktır (Chi-Square=47,708 p=0,000). 6 saat ve daha fazla süre alanda bulunanların çoğunluğu (%26,9) memnuniyet düzeyi olarak “hiç memnuniyet verici değil (1)” seçeneğini tercih etmişlerdir (Çizelge 5.7) (Şekil 5.14). 1 saatten az, 1-2 saat ve 3-5 saat arasında alanda bulunanların ses çevresi memnuniyet düzeylerinin 6 saat ve daha fazla sürede bulunanlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 1 saatten az sürede alanda bulunanların %36,4’ü ses çevresi memnuniyet düzeylerini 3 ve 4 olarak belirtmişlerdir. 1-2 saat süreli alanda bulunanların %37,7’si ve 3-5 saat süreli alanda bulunanların %36,7’si “memnuniyet verici” olarak ses çevresi memnuniyet düzeylerini açıklamışlardır. Yapılan analizler sonucunda katılımcıların alanda bulunma sürelerinin memnuniyet dereceleri değişiminde %35 etkili olduğu tespit edilmiştir (phi=0,350).

Çizelge 5.7 : Alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeyindeki görölme sıklıklarına ait değerler.

bulunma süresi	memnuniyet düzeyi n (%)					toplam
	1	2	3	4	5	
1 saatten az	0 (0,0)	1 (4,5)	8 (36,4)	8 (36,4)	5 (22,7)	22
1-2 saat arası	7 (2,8)	39 (15,5)	88 (34,9)	95 (37,7)	23 (9,1)	252
3-5 saat arası	3 (3,3)	12 (13,3)	29 (32,2)	33 (36,7)	13 (14,4)	90
6 saat ve daha fazla	7 (26,9)	6 (23,1)	3 (11,5)	5 (19,2)	5 (19,2)	26
toplam	17 (4,4)	58 (14,9)	128 (32,8)	141 (36,2)	46 (11,8)	390
Pearson Chi-Square = 47,708 p = 0,000 phi = 0,350						



Şekil 5.14 : Alanda bulunma süresi ile memnuniyet düzeylerine ait yüzdelik değerler.

5.2.9 Kullanıcıların ses çevresi tercihlerini etkileyen faktörlerin değerlendirmesi

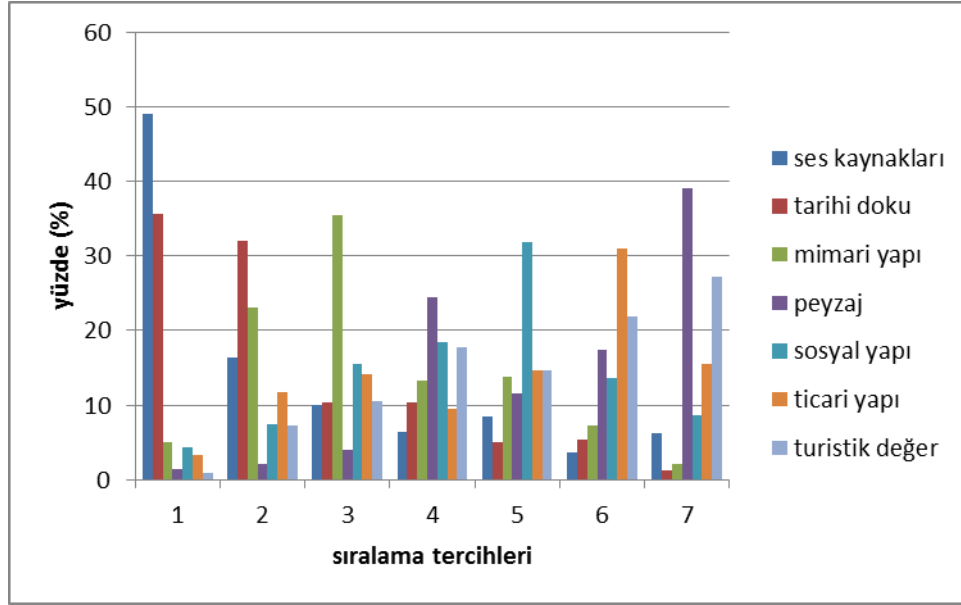
Çalışmada, katılımcıların cinsiyet, yaş, eğitim düzeyleri, alana gelme sebepleri, gelme sıklıkları ve bulunma süreleri dışında ses çevresi tercihlerini etkileyebilecek faktörleri belirleyebilmek için ankette tercihlerini etkileyebilecek etkenler sorulup sıralama yapmaları istenmiştir. Ses çevresi memnuniyetinde ses kaynakları dışında birçok etken tercihleri etkileyebileceğinden bölgenin özellikleri de düşünülerek bazı faktörler sıralanmıştır. Diyarbakır Suriçi bölgesi tarihi bir bölge özelliği taşıdığından faktörler arasında ses kaynaklarıyla birlikte tarihi doku özelliği, turistik değeri, karakteristik mimari dokusundan dolayı mimari yapı özellikleri, kentin sosyal ve ticari merkezi olma özelliğinden sosyal ve ticari yapısına yer verilmiştir. Ayrıca son

yıllarda sur çevrelerinde yapılan rehabilitasyon çalışmaları sonucunda oluşturulan parkların da bir etken olabileceği düşüncesiyle peyzaj da etkenler arasında düşünülmüştür. Katılımcılardan, ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek yedi etkenin öncelik sırasına göre sıralama yapmaları istenmiştir. Yapılan anketten elde edilen verilerle katılımcıların sıralama tercihleri aşağıdaki tabloda düzenlenmiştir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8’de katılımcıların her bir etken için yaptıkları sıralama incelendiğinde, beklenildiği gibi ses kaynakları dışında da ses çevresi memnuniyetini belirleyen faktörlerin önemli etkiye sahip olabileceği görülmüştür. Katılımcıların %48,7’si ses kaynaklarını etkenler içerisinde birinci sırada belirtirken, %36’sı ise tarihi dokuyu birinci etken olarak belirtmiştir. Ses kaynaklarının ve tarihi dokunun etkili olabileceği çalışmanın başında öngörülmüştür. Bunlar dışında, bulunulan alanın mimari yapısı da önemli bulunmuş ve katılımcıların %35,2’si mimari yapıyı üçüncü sırada etkili bir faktör olarak belirtmişlerdir. Sosyal yapı beşinci olarak değerlendirilirken, ticari yapı ise katılımcılar tarafından altıncı sırada yer almıştır. Peyzaj ve turistik değerin etkinliği diğerlerine göre daha düşük bulunmuş ve yedinci sıraya yerleştirilmiştir (Şekil 5.15).

Çizelge 5.8 : Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyini etkileyen faktörleri sıralama tercihleri.

Faktörler	Sıralama tercihleri n (%)							Toplam (n)
	1	2	3	4	5	6	7	
Ses kaynakları	191 (49,0)	64 (16,4)	39 (10,0)	25 (6,4)	33 (8,5)	14 (3,6)	24 (6,2)	390
Tarihi doku	139 (35,6)	125 (32,1)	40 (10,3)	40 (10,3)	20 (5,1)	21 (5,4)	5 (1,3)	390
Mimari yapı	20 (5,1)	90 (23,1)	138 (35,4)	52 (13,3)	54 (13,8)	28 (7,2)	8 (2,1)	390
Peyzaj	6 (1,5)	8 (2,1)	16 (4,1)	95 (24,4)	45 (11,5)	68 (17,4)	152 (39,0)	390
Sosyal yapı	17 (4,4)	29 (7,4)	61 (15,6)	72 (18,5)	124 (31,8)	53 (13,6)	34 (8,7)	390
Ticari yapı	13 (3,3)	46 (11,8)	55 (14,1)	37 (9,5)	57 (14,6)	121 (31,0)	61 (15,6)	390
Turistik değer	4 (1,0)	28 (7,2)	41 (10,5)	69 (17,7)	57 (14,6)	85 (21,8)	106 (27,2)	390



Şekil 5.15 : Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörleri sıralama tercihlerine ait yüzdeler.

Çalışmanın bu bölümünde bulanık mantık yöntemiyle hazırlanan, kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin modeli alan çalışmasıyla uygulanmış ve ölçülen verilerle sınanmıştır. BM modeli 0,91 korelasyon ($R^2=0,8314$) değerini sağlamıştır. %17'lik kısmı açıklayacak modelde yer almayan diğer değişkenler incelendiğinde, cinsiyetin tek başına %17'lik bir etkisi bulunduğu görülmüştür. Yaş gruplarının %24, eğitim düzeyinin %34'lük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Alana gelme sebebinin %43, gelme sıklığının %42, alanda bulunma süresinin ise %35 etkilediği tespit edilmiştir.

Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörler arasında en büyük oran ses kaynaklarına aittir. Daha sonra sırasıyla tarihi doku, mimari yapı, sosyal yapı, ticari yapı, turistik değer ve peyzaj gelmektedir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kentsel alanlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için bir model geliştirilmiştir. Bu model önerisi için son yıllarda tahmin modellerinde sıklıkla kullanılan yapay zekâ teknikleri incelenmiş ve bu tekniklerden “Bulanık Mantık” kullanılarak tahmin modeli oluşturulmuştur. Alan ve laboratuvar aşamalarından oluşan çalışmada aşağıdaki aşamalar izlenmiştir.

- Çalışmanın yapılacağı kentsel mekânlar seçilmiş ve bu mekânların ses çevreleri analiz edilmiştir.
- Seçilen mekânlarda iki kulaklı ses kayıtları gerçekleştirilmiştir.
- Alanda yapılan iki kulaklı ses kayıtlarından ses klipleri oluşturulmuş ve bu kliplerin ses kalitesi metriklerine (gürlük, keskinlik, kabalık) ait nicel verileri hesaplanmıştır.
- Ses klipleri ile laboratuvar ortamında jüri testi yapılmıştır.
- Ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinin nicel verileri ile laboratuvar ortamında yapılan jüri testi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak,
 - Ses kalitesi metrikleri ile katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonlar belirlenmiş,
 - Ses Kalitesi İndeks (SQI) denklemi oluşturulmuştur.
- Nicel verilerle birlikte literatür bilgilerinin ve deneyimlerin de değerlendirilebildiği Bulanık Mantık yöntemi ile oluşturulan tahmin modeli için;
 - Modelin girişini oluşturan bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Bu çalışmada ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık, bağımsız değişkenleri (girdi); kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi ise bağımlı değişkeni (çıktı) oluşturmuştur.

- Bağımlı değişken için 5'li Likert ölçek kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerin nicel verilerini elde etmek için ise çalışma alanında yapılan iki kulaklı ses kayıtları hesaplanmıştır.
- Ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerinin nicel verileri kullanılarak bağımsız değişkenlerin (girdi) üyelik fonksiyonları, 5'li Likert ölçek kullanılarak bağımlı değişkenin üyelik fonksiyonları oluşturularak bulanıklaştırma yapılmıştır.
- Kural tabanını oluştururken ses kalitesi metrikleri ile kullanıcı memnuniyeti arasındaki korelasyonlarla birlikte literatür bilgisinden ve deneyimlerden yararlanılmıştır.
- Sentroid (ağırlık merkezi) yöntemi kullanılarak durulaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Mamdani bulanık çıkarım motoru ile çıkış elde edilmiştir.
- Modelin uygulaması için kentsel mekânda iki kulaklı ses kayıtları yapılmıştır. Bu kayıtların ses kalitesi metrikleri hesaplanarak modele girişleri gerçekleştirilip kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi BM modeli ve SQI ile tahmin edilmiştir.
- Alanda iki kulaklı ses kayıtları ile eş zamanlı yapılan anketler kullanılarak bulanık mantık ile oluşturulan tahmin modeli ve Ses Kalitesi İndeksi (SQI) sınanmıştır.

Çalışmada oluşturulan modelin girdileri ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleriyle sınırlandırılmıştır. Ayrıca çalışmanın laboratuvar ve alan aşamalarında uygulanan anketler, işitme problemi olmayan katılımcılarla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, ses kalitesi metriklerinden oluşturulan SQI ile tahmin edilen kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi, alan çalışmasında ölçülen verilerle sınıandığında %88'lik korelasyonla $R^2=0,7714$ seviyesinde elde edilmiştir. Buna karşılık nicel verilerle birlikte deneyimler ve literatür bilgilerinden yararlanılarak, yapay zekâ tekniklerinden BM yöntemi ile oluşturulan tahmin modelinden ise %91'lik korelasyonla $R^2=0,8213$ seviyesinde elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda BM ile oluşturulan modelin SQI'ye oranla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Kullanıcıların, ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede etkili olan ve BM ile hazırlanan modelde yer almayan diğer bağımsız değişkenlerin ($1-R^2$) her birinin etkinlik oranı belirlenmiştir. Kullanıcıların ses çevresi algısında cinsiyetin tek başına %17'lik bir etkisinin bulunduğu görülmüştür. Yaş gruplarının %24, eğitim düzeyinin %34'lük bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Alana gelme sebebinin %43, gelme sıklığının %42, alanda bulunma süresinin ise %35 oranında ses çevresi algısını etkilediği tespit edilmiştir.

Oluşturulan modelin sınanmasıyla kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeyinin sadece nicel verilerle değil, mekânların tarihi, mimari, sosyal, kültürel özellikleriyle ve aynı zamanda kullanıcıların demografik yapısı, mekânları kullanma sebepleri, süreleri ve sıklıklarının birlikte değerlendirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Sözel kavramlardan matematiksel sonuçlar elde etmeye olanak sağlayan bulanık mantık ile bir tahmin modelinin oluşturulduğu bu çalışmada, kentsel mekânların ses çevresi ile ilgili "memnuniyet verici" ya da "memnuniyet verici değil" seçeneklerinin dışında ara derecelendirmeler ile ifade edilebilen bir değerlendirme yapabilmek mümkün olmuştur. Kullanıcıların kentsel mekânlarda ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemede sadece ses kaynakları değil, bulunulan mekânların ve kullanıcıların özelliklerinin de etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, nicel verilerle birlikte mekân ve kullanıcı özelliklerinin de modele yansıtılmasıyla sonuçların daha iyi olabileceğini göstermiştir.

Yapılan bu çalışmada amaca uygun bir model önerisi geliştirilmiştir. İşitsel peyzaj çalışmaları için kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri tahmin edilmek istendiğinde;

- Çalışmanın yapılacağı mekânların ve kullanıcıların detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir.
 - Alanın tarihi, mimari, kültürel, sosyal, turistik, ticari gibi özellikleri incelenir.
 - Kullanıcıların demografik yapısı tespit edilir.
 - Kullanıcıların alana gelme sebepleri, gelme sıklıkları, bulunma süreleri analiz edilir.

- Modelin girdi ve çıktı verilerini oluşturan bağımsız ve bağımlı değişkenlere karar verilir.
- Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin bulanık küme sayıları ve şekilleri belirlenir.
- Bağımlı değişkenin üyelik fonksiyonları derecelendirme sistemine göre hesaplanır. Bağımsız değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının nicel değerlerini elde etmek için:
 - Alanda işitilen ses kaynakları tespit edilir.
 - Ses kaynaklarının bulundukları bölgelere göre iki kulaklı ses kayıtları yapılır.
 - Ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerinin nicel verileri ses kalitesi yazılımları kullanılarak hesaplanır.
- Bağımsız değişkenlerin nicel değerleri modelin girişini oluşturan girdi verilerine, bağımlı değişkenin nicel değerleri ise çıktı verilerine işlenir.
- Modelin kuralları;
 - Ses kalitesi metrikleri ile kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi arasındaki korelasyonlara,
 - Çalışmanın yapıldığı alanın ve kullanıcıların özelliklerine,
 - Literatür bilgilerine,
 - Çalışma alanından edinilmiş deneyimlere dikkat edilerek oluşturulur.
- Bulanık çıkarım yöntemi ile durulaştırma yöntemi seçilip modelin çıkış verileri elde edilir.

Her ülkenin, bölgenin, toplumun ve kültürün işitsel peyzaj algısı birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle bir bölge için yapılmış çalışmaların başka bölgeler için de aynı şekilde uyarlanması sağlıklı sonuçlar veremeyebilir. Bu çalışmada farklı toplumların, bölgelerin, kültürlerin özellikleri modele yansıtılabildiğinden oluşturulacak model farklı özelliklere sahip mekânlar için kullanılabilecektir. Ayrıca model, geri dönüşümler ile geliştirilebilme kabiliyetine de sahiptir.

İşitsel peyzaj kavramının yaygınlaşmasını ve yeni modellemelerle geliştirilmesini hedefleyen bu çalışmada oluşturulan tahmin modeli ile;

- İstatistiksel hesaplama yöntemlerine bir alternatif oluşturulmuş,
- Sadece nicel verilere değil, deneyimlerin aktarılmasına da olanak tanınmış,
- Sözel kavramlarla oluşturulan bir kurgu üzerinden anlaşılabilir ve basit bir yaklaşım ile sonuca varılabilmiş,
- Sözel mantık sayısal olarak ifade edilebilmiş,
- Nicel ve nitel metriklerin çeşitlendirilmesine esneklik tanınmıştır.

Kentsel mekânlarda kullanıcıların ses çevresi algısını ölçmek zaman alan ve zahmetli bir süreçtir. Bu model önerisi ise kentsel mekânların akustik konforunun değerlendirilmesinde uzun zaman alan aşamaların daha hızlı ve sistemli bir şekilde ilerlemesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma süresince, Diyarbakır'ın işitsel peyzajları ve özellikle ses kaynakları belgelenmiş, Diyarbakır kent kimliğinin önemli işitsel verilerinin arşivlenmesi sağlanmıştır.

İşitsel peyzajda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirlemek için yapılacak tahmin modeli çalışmalarında, nicel verilerin çeşitlendirilmesiyle birlikte kentlerin ve kullanıcıların kendilerine has özelliklerini içeren verilerin yer aldığı modellerin geliştirilmesiyle sonuçlar daha başarılı olacaktır. Bu tür çalışmalarda deneysel ses verilerinin analizleri geliştirilmeli ve disiplinler arası çalışmalara önem verilmelidir.

Şimdiye kadar işitsel peyzaj konusunda önemli araştırma faaliyetleri yapılmış olsa da ses kaynaklarının etkin kullanımı, tasarımı ve yönetimi ile ilgili çalışmaların yürütülmesine devam edilmelidir. Ülkemizde işitsel peyzaj alanında çalışmalar yapacak araştırmacıların yararlanabileceği iki kulaklı ses kayıtlarının yer aldığı veri tabanı oluşturulmalıdır.

İşitsel peyzaj kavramının yaygınlaşmasına ve yeni modellemelerle geliştirilmesine yönelik çalışmalar, kullanıcı beklentilerinin karşılandığı, özgün ve kimlikli mekânların oluşmasına katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Acun, V.** (2015). *Investigating the effect of indoor soundscaping towards employees' mood and perception in open plan offices.* (Yüksek lisans tezi). İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Ekonomi ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Adams, M., Bruce, N., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Davies, B., Hall, D., Hume, K. Irwin, A., Jennings, P., Marselle, M., Poxon, J., Plack, C.** (2007). *The Positive Soundscape Project: A re-evaluation of environmental sound.* *Souder Spaces Conference*, London: 14 March.
- Adams, M., Bruce, N., Davies, W., Cain, R., Jennings, P., Carlyle, A., Cusack, P. ve diğ.** (2008). Soundwalking as methodology for understanding soundscapes. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 30, 2.
- Adams, M., Bruce, N., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Davies, B., Hall, D., Hume, K. Irwin, A., Jennings, P., Marselle, M., Poxon, J., Plack, C.** (2009a). Positive soundscapes: From concept to outputs. *Applied Soundscapes Symposium*, Manchester: 17 September.
- Adams, M., Davies, B., Bruce, N.** (2009b). Soundscapes: an urban planning process map. *Inter-Noise 2009*, Ottawa, Canada: August 23-26.
- Akaydın, O.** (2013). *Buzdolaplarında ses gücü düzeyinin azaltılması ve ses kalitesinin geliştirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkaya, B.** (2014). *Kentsel ses peyzajları: Kadıköy tarihi çarşı ve çevresinde işitsel katmanların değerlendirilmesi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akpınar, N., Belkayalı, N., Kaymaz, I., Turan, F., Sunal, A.B., Oğuz, D.** (2013). *Kent parklarında işitsel peyzaj (soundscape) algısı ve kullanıcı tercihlerinin yaşam kalitesi kapsamında değerlendirilmesi: Ankara örneği* (Proje No: 110Y186). Ankara: TÜBİTAK.
- Aletta, F., Kang, J., Axelsson, Ö.** (2016a). Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models. *Landscape and Urban Planning*, 149, 65–74.
- Aletta, F., Kang, J., Astolfi, A., Fuda, S.** (2016b). Differences in soundscape appreciation of walking sounds from different footpath materials in urban parks. *Sustainable Cities and Society*. Erişim tarihi Kasım, 2016, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670716300336>.
- Aletta, F., Brambilla, G., Maffei, L., Masullo, M.** (2016c). Urban soundscapes: Characterization of a pedestrian tourist route in Sorrento (Italy). *Urban Science*, 1, 4, 1-10.

- Altuntaş, E., Çelik, T.** (1998). *Yapay zekânın tarihçesi*. İstanbul: Otak Yayıncılık.
- Aluclu, I., Dalgic, A., Toprak, Z.F.** (2008). A fuzzy logic-based model for noise control at industrial workplaces. *Applied Ergonomics*, 39, 368-378.
- Alves, S., Estévez-Mauriz, L., Aletta, F., Echevarria-Sanchez, G.M., Puyana Romero, V.** (2015). Towards the integration of urban sound planning in urban development processes: The study of four test sites within the SONORUS Project. *Noise Mapp*, 2, 1, 57-85.
- Andringa, T.C., Weber, M., Payne, S.R., Krijnders, J.D., Dixon, M.N., v.d. Linden, R., de Kock, E.G., Lanser, J.J.** (2013). Positioning soundscape research and management. *J. Acoust. Soc. Am.*, 134, 4, 2739-2747.
- Arras, F., Massacci, G., Pittaluga, P.** (2003). Soundscape perception in Cagliari, Italy. *Euronoise*, Naples: 19 May.
- Asdrubali, F.** (2014). New frontiers in environmental noise research. *Noise Mapp*, 1, 1-2.
- Atasoy, D.** (2008). *Yapay zekâ ve mimarlık*. (Yüksek lisans tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Axelsson, Ö.** (2009). May information load be the key dimension underlying soundscape perception?. *Inter-Noise 2009*, Ottawa, Canada: 23-26 August.
- Axelsson, Ö., Nilsson M.E., Berglund B.** (2010). A principal components model of soundscape perception. *J. Acoust. Soc. Am.*, 128, 5, 2836-2846.
- Axelsson, Ö., Nilsson M.E., Helström, B., Lunden, P.** (2014). A field experiment on the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park. *Landscape and Urban Planning*, 123, 49-60.
- Bahalı, S., Tamer-Bayazıt, N., Cakir-Aydin, D.** (2015). Analysis and evaluation of soundscapes in urban public squares through questionnaires and sound quality metrics. *Internoise 2015*, San Francisco, USA: 9-12 August.
- Bahalı, S.** (2015). *Gezi Parkı – Tünel Meydanı güzergâhı üzerinde kentsel işitsel ortam – soundscape – araştırması*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayazıt, M.** (1996). *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*. İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Basımevi.
- Baydoğan, M.Ç.** (2013). *Tip imar yönetmeliğine uygun vaziyet planı üreten bir yapay zekâ destek sistemi*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayram, N.** (2015). *Sosyal bilimlerde SPSS ile veri analizi*. Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Bekleriç, G.** (2003). *Yapay zekâda zeki etmenler ve uygulamaları*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Berglund, B., Eriksen, C., A., Nilsson, M. E.** (2001). *Exploring perceptual content in soundscapes*. In E. Sommerfeld, R. Kompass & T. Lachmann (Eds.), *Fechner Day 2001*, 279-284, Lengerich, Germany.

- Beysanoğlu, Ş.** (1998). *Anıtları ve kitabeleri ile Diyarbakır tarihi*. Diyarbakır: Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Sanat Yayınları.
- Bolat, B., Erol, K., İmrak, C.** (2004). Genetic algorithms in engineering applications and the function of operators. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 26, 264-271.
- Bora, Z.** (2014). *Understanding soundscape in public spaces: A case study in Akköprü Metro Station, Ankara*. (Yüksek lisans tezi). Interior Architecture and Environmental Design, İhsan Doğramacı Bilkent University, Ankara.
- Botteldooren, D., Coensel, B., De Muer, T.** (2006). The temporal structure of urban soundscapes. *Journal of Sound and Vibration*, 292, 105-123.
- Bozdemir, M.** (2005). Tasarımda uzman sistem destekli otomasyon tekniklerinin kullanımı. 3.Otomasyon Sempozyumu, Denizli: 11-12 Kasım.
- Brambilla, G. ve Maffei, L.** (2006). Responses to noise in urban parks and in rural quiet areas. *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 6, 881-886.
- Brambilla, G., De Gregorio, L., Maffei, L., Can, Z.Y., Özçevik, A.** (2007a). Comparison of the soundscape in the historical centres of Istanbul and Naples. *Inter-Noise 2007*, Istanbul, Turkey: 28-31 August.
- Brambilla, G., De Gregorio, L., Maffei, L., Masullo, M.** (2007b). Soundscape in the archaeological area of Pompei. *In 19th International Congress On Acoustics*, Madrid: 2-7 September.
- Brooks, B.** (2006). Traditional measurement methods for characterizing soundscapes. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 3260.
- Brown, A.L., Muhar, A.** (2004). An approach to the acoustic design of outdoor space. *Journal of Environmental Planning and Management*, 47, 6, 827-842.
- Brown, A.L.** (2004). An approach to soundscape planning. *Acoustics 2004*, Australia: 3-5 November.
- Brown, A.L., Kang, J., Gjestland, T.** (2011). Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*, 72, 387-392.
- Brown, A.L.** (2012). A review of progress in soundscape and an approach to soundscape planning. *Journal of Acoustics and Vibration*, 17, 2, 73-81.
- Bruce, N.S., Davies, W.J.** (2014). The effects of expectation on the perception of soundscapes. *Applied Acoustics*, 85, 1-11.
- Buchanan, B.G.** (2005). A (very) brief history of artificial intelligence. *AI Magazine*, 26, 4, 53-60.
- Cain, R., Jennings, P.** (2007). Developing best practice for lab-based evaluations of urban soundscapes. *Inter-Noise 2007*, Istanbul: 28-31 August.
- Cain, R., Jennings, P., Adams, M., Bruce, N., Carlyle, A., Cusack, P., Dawies, W., Hume, K., Plack, C.J.** (2008). Sound-Scape: A framework for characterising positive urban soundscapes, *Acoustics'08*, Paris: 30 June-4 July.

- Cain, R., Jennings, P., Poxon, J.** (2013). The development and application of the emotional dimensions of a soundscape. *Applied Acoustics*, 74, 232-239.
- Carles, J.L., Barrio, I.L. ve de Lucio, J.V.** (1999). Sound influence on landscape values. *Landscape and Urban Planning*, 43, 191-200.
- Chen, B., Kang, J.** (2004). Acoustic comfort in shopping mall atrium spaces-a case study in Sheffield Meadowhall. *Archit. Science Review*, 47, 107-114.
- Cho, J., Cho, G.** (2007). Determining the psychoacoustic parameters that affect subjective sensation of fabric sounds at given sound pressures. *Textile Research Journal*, 77, 29-37.
- Coates, P.A.** (2005). The strange stillness of the past: Toward an environmental history of sound and noise. *Environmental History*, 10, 4, 636-665.
- Cordeiro, J.M., Barbosa, A., Santos, A.** (2013). A soundscape assessment tool based on a massive multichannel loudspeaker setup. Proceeding of Echopolis-Days of Sound 2013: *Sounds, noise and music for rethinking sustainable city and neighborhood*, Athina.
- COST Action TD0804.** Soundscape of european cities and landscapes. http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TD0804 (Erişim tarihi: Haziran, 2013)
- Coşkun, E.** (2011). *Kullanıcı hareketlerine dayalı beliren kent davranışı için bir model.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakır-Aydın, D., Uysal, E., Özbudak-Akça, Y.B.** (2015). Sustainable soundscape: A field study in Diyarbakir historical Surici region. *Inter-Noise 2015*, San Francisco, USA: 9-12 August.
- Çingı, H.** (1994). *Örnekleme Kuramı*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi.
- Fernandez, D., Aniello, P., Masullo, M., Maffei, L., Puyana, V.** (2014). The value of the cloisters in Naples' historical city centre as quiet and restorative places. *European Sempodium on Smart Cities and Environment Acoustics*, Murcia: 24-28 June.
- Davies, W.J., Adams, M.D., Bruce, N.S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hume, K.I., Jennings, P. ve Plack, C.J.** (2007). The positive soundscape project. *19th International Congress On Acoustics*, Madrid.
- Davies, W.J., Adams, M.D., Bruce, N.S., Marselle, M., Cain, R., Jennings, P., ve diğ.** (2009a). The positive soundscape project: A synthesis of results from many disciplines. *Inter-Noise 2009*, Ottawa, Canada: 23-26 August.
- Davies, W.J., Adams, M., Bruce, N., Cain, R., Jennings, P. A., Carlyle, A., Cusack, P., Hume, K., and Plack, C.J.** (2009b). A positive soundscape evaluation tool. *Euronoise 2009*, Edinburgh, Scotland: 26-28 Oct.

- Davies, W.J., Murphy, J.E.** (2012). Reproducibility of soundscape dimensions. *Inter-Noise 2012*, New York, USA: August 19-22
- Davies, W.J.** (2013a). Editorial to the special issue: Applied soundscapes. *Applied Acoustics*, 74, 223.
- Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P. ve diğ,** (2013b). Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics*, 74, 224–231.
- Davies, W.J., Bruce, N.S., Murphy, J.E.** (2014). Soundscape Reproduction and Synthesis. *Acta Acustica united with Acustica*, 100, 2, 285–292.
- De Coensel, B., Bockstael, A., Dokoninck, L., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Kang, J., Nilsson, M.E.** (2010). The soundscape approach for early stage urban planning: A case study. *Inter-Noise 2010*, Lisbon, Portugal: 13-16 June.
- Defréville, B. ve Lavandier, C.** (2005). Unpleasantness of urban soundenvironment based on identification of sources: a perceptive and an acoustic approach. *Forum Acusticum 2005*, Budapest, Hungary: 29 Aug.-2 Sep.
- Deng, H.** (1999). Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 3, 215-231.
- Department Of International Economic And Social Affairs of United Nation.** (1982). Provisional Guidelines On Standard International Age Classifications. http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/SeriesM_74e.pdf
Erişim tarihi: Mayıs 2015.
- Dereli, T.** (2000). Toplam kalite yönetiminin ışığı altında yapay zekânın endüstriyel problemlerin çözümünde kullanımı. Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Seminer Notları. Erişim tarihi: Nisan 2015
<http://www1.gantep.edu.tr/~dereli/turkce/tsky.ppt>
- Doğân, O.** (2012). *Talep tahmininde sinirsel ağ tabanlı bulanık mantık yöntemi (anfis) kullanımı ve yalın yapay sinir ağı metodu ile karşılaştırmalı bir uygulama.* (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Dökmeci, P.N., Kang J.** (2010). Objective parameters for acoustic comfort in enclosed spaces. *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, Sydney, Australia: 23-27 August.
- Dökmeci, P.N., Kang J.** (2011a). Indoor soundscaping of public enclosed spaces. *Journal of Temporal Design*, 11, 1, 1-6.
- Dökmeci, P.N., Kang J.** (2011b). İç mekânlarda işitsel peyzaj analiz ve tasarım ölçütleri. *9.Ulusal Akustik Kongresi*, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara: 26–27 Mayıs.
- Driankov, D., Hellendoorn, H., Reinfrank, M.** (1996). *An introduction to fuzzy control.* Berlin: Springer.

- Dubois, D., Guastavino, C.** (2007). Cognitive evaluation of sound quality: Bridging the gap between acoustic measurements and meaning. *ICA 2007*, Madrid: 2-7 September.
- Duru, N.** (1997). *Bulanık mantık temelli gürültü azaltma sistemi*. (Doktora tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli.
- Elmas, Ç.** (2011). *Yapay zekâ uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Emel, G.G., Taşkın, Ç.** (2002). Genetik algoritmalar ve uygulama alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21, 1, 129-152.
- Eryılmaz, A., Ercan, L.** (2011). Öznel iyi oluşun cinsiyet, yaş grupları ve kişilik özellikleri açısından incelenmesi. *Türk Psikolojik Danışma ve Rehberlik Dergisi*, 4, 36, 139-151.
- Escobar, V.G., Morillas, J.M.B., Gozalo, G.R., Vaquero, J.M., Sierra, J.A.M., ve diğ.** (2012). Acoustical environment of the medieval centre of Caceres (Spain). *Applied Acoustics*, 73, 673-685.
- European Parliament and Council, Directive 2002/49/EC** (2002). Relating to the assessment and management of environmental noise. Publications Office of the European Union, Brussels.
- Faus, J.R., Jorda S.C., Gimenez, A., Miralles, J.L., Garrigues, J.V., Cibrian, R., Segura, J.** (2007). Environmental noise annoyance in Valencia (Spain). Noise classification according to physical approaches and psychoacoustics. *ICA2007*, Madrid: 2-7 September.
- Fiebig, A., Guidati, S. ve Genuit, K.** (2009). Synthesis, auralization and psychoacoustic evaluation of environmental noise - options for urban (noise) planning. *Inter-Noise 2009*, Ottawa/Canada: 23-26 August.
- Ge, J., Hokao, K.** (2005). Applying the methods of image evaluation and spatial analysis to study the sound environment of urban street areas. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 455-466.
- Genuit, K., Fiebig, A.** (2006). Psychoacoustics and its benefit for the soundscape approach. *Acta Acustica United With Acustica*, 92, 1-7.
- Giran, Ö.** (2002). *Modern proje yönetiminde kullanılan uzman sistemlerin değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gozalo, G.R., Carmona, J.T., Morillas, J.M.B., Gómez, R.V., Escobar V.G. ve diğ.** (2015). Relationship between objective acoustic indices and subjective assessments for the quality of soundscapes. *Applied Acoustics*, 97, 1-10.
- Guastavino, C.** (2006). The ideal urban soundscape: Investigating the sound quality of French cities. *Acta Acustica United With Acustica*, 92, 945 - 951.
- Gülbağ, A.** (2006). *Yapay sinir ağı ve bulanık mantık tabanlı algoritmalar ile uçucu organik bileşiklerin miktarsal tayini*. (Doktora tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Gündoğdu, A.** (2012). *Asenkron motorlarda moment dalgalanmalarının sinirsel bulanık ağırlar ile azaltılması*. (Doktora tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Hall, D.A., Irwin, A., Edmondson-Jones, M., Phillips, S., Poxon, J.E.W.** (2013). An exploratory evaluation of perceptual, psychoacoustic and acoustical properties of urban soundscapes. *Applied Acoustics*, 74, 248-254.
- Hızalan, İ.** (2001). Ses fiziği ve Psikoakustik. Seminer notları. (Erişim tarihi: Haziran 2013) www.kbb.uludag.edu.tr/seminer-sespsikoakustik
- Hiramatsu, K.** (2003). The idea of soundscapegraphy and its description of old town of Kyoto with Gion Festival. *Australian Forum for Acoustic Ecology*, Melbourne, Australia: 19-23 March.
- Hiramatsu, K.** (2004). Soundscape: The concept and its significance in acoustics. *ICA-2004*, Kyoto: 4-9 April.
- Hiramatsu, K.** (2006). A review of soundscape studies in Japan“, *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 6, 857-864.
- Hume, K., Ahtamad, M.** (2013). Physiological responses to and subjective estimates of soundscape elements. *Applied Acoustics*, 74, 2, 275-281.
- Irvine, K. N., Devine-Wright, P., Payne, S. R., Fuller, R. A., Painter, B., Gaston, K. J.** (2009). Green space, soundscape and urban sustainability: An interdisciplinary, empirical study. *Local environment*, 14, 2, 155 – 172.
- Ismail, M.R.** (2014). Sound preferences of the dense urban environment: Soundscape of Cairo. *Frontiers of Architectural Research*, 3, 55-68.
- ISO 12913-1** (2014). *Acoustics-Soundscape-Part 1: Definition and conceptual framework*.
- ISO 1996-1:2016** (2016). *Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures*.
- ISO 226:2003** (2013). *Acoustics. Normal equal-loudness-level contours*.
- ISO 3744:2010** (2010). *Acoustics - Determination of Sound Power Levels and Sound Energy Levels of Noise Sources Using Sound Pressure - Engineering Methods for an Essentially Free Field over a Reflecting Plane*.
- Jackson, S.L.** (2014). *Statistics Plain and simple*. Belmont: Wadsworth.
- Kaçtıoğlu, S., Kılağız, Y.** (2000). Yapay zekâ bilgi işlem teknolojisi ve bileşenleri. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14, 1.
- Kang, J.** (2006). Acoustic quality in non-acoustic public buildings. *Technical Acoustics*, 25, 6, 513-522.
- Kang, J.** (2007). *Urban sound environment*, New York: Taylor & Francis.
- Kang, J.** (2010). From understanding to designing soundscapes. *Front. Archit. Civ. Eng. China*, 4, 4, 403-417.

- Kang, J., Zhang, M.** (2010). Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment*, 45, 150–157.
- Kang, J.** (2011). Noise management: Soundscape approach. *Encyclopedia of Environmental Health*, 174-184.
- Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T.T., Brown, L.A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., Lercher, P., van Kamp, I., Genuit, K., Fiebig, A., Coelho, J.L.B., Maffei, L., Lavia, L.** (2016). Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Applied Acoustics*, 108, 284-294.
- Karakaşoğlu, N.** (2008). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama*. (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kaymaz, I., Belkayalı, N., Akpınar N.** (2013). Peyzaj mimarlığı kapsamında işitsel peyzaj kavramı: Ankara kent parkları örneği. *Peyzaj Mimarlığı 5. Kongresi*, Adana: 14-17 Kasım.
- Kaymaz, I., Belkayalı, N., Akpınar N.** (2015). Ses yürüyüşü yöntemi ile kent parklarındaakustik karakterin belirlenmesi. *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 4, 2, 41-61.
- Klir, G.J., Folger, T.A.** (1988). *Fuzzy sets, uncertainty, and informtion*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Klir, G.J., Yuan, B.** (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic - Theory and applications*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Kömürcüoğlu, G.** (2002). *Yapay zekâ ve mimarlık*. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kytö, M., Uimonen, H., Jarviluoma, H.** (2007). Soundscape and emplaced pasts – Analyzing one hundred Finnish soundscapes. *Inter-Noise 2007*, Istanbul: 28-31 August.
- Lavandier, C., Defréville, B.** (2006). The contribution of sound source characteristics in the assessment of urban soundscapes. *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 6, 912-921.
- Leadley, M.** (2015). *In situ listening: Soundscape, site and transphonia*. (Doktora tezi). Sonic Arts, University of London.
- Lee, S.K.** (2008). Objective evaluation of interior sound quality in passenger cars during acceleration. *Journal of Sound and Vibration*. 310, 149-168.
- Liu, J., Kang, J., Lou, T., Behm, H., Coppack, T.** (2013). Spatiotemporal variability of soundscapes in a multiple functional urban area. *Landscape and Urban Planning*, 115, 1-9.
- Liu, J., Kang, J., Behm, H., Lou, T.** (2014). Effects of landscape on soundscape perception: Sounwalks in city parks. *Landscape and Urban Planning*, 123, 30-40.
- Long, M.** (2006). *Architectural Acoustics*. Burlington: Elsevier.
- Louwerse, C., Semidor, C. ve Beaumont, J.** (2006). Characterisation of the urban sound environment based on psycho-acoustic criteria. *Ecole*

d'architecture et de paysage de Bordeaux, *Euronoise 2006*, Tampere: 30 May-1 June.

- Mackrill, J., Cain, R., Jennings, P.** (2013). Experiencing the hospital ward soundscape: Towards a model. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 1-8.
- Mackrill, J., Cain, R., Jennings, P.** (2013). Exploring positive hospital ward soundscape interventions. *Applied Ergonomics*, 45, 1454-1460.
- Maffei, L.** (2008). Urban and quiet areas soundscape preservation. *VI Congreso Iberoamericano de Acustica-FIA 2008*, Buenos Aires: 5-7 November.
- Mather G.** (2015). *Foundations of sensation and perception*. Second edition. New York: Taylor & Francis.
- Mei, H., Kang, J.** (2012). An experimental study of the sound field in a large atrium. *Building and Environment*, 58, 91-102.
- Meng, Q., Kang, J.** (2013). Influence of social and behavioural characteristics of users on their evaluation of subjective loudness and acoustic comfort in shopping malls. *PLOS ONE*, 8, 1, 1-10.
- Morillas, J.M.B., Escobar, V.G., Gozalo, G.R.** (2013). Noise source analyses in the acoustical environment of the medieval centre of Cáceres (Spain). *Applied Acoustics*, 74, 526-534.
- Nilsson, M.E., Berglund, B.** (2006). Soundscape quality in suburban green areas and city parks. *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 6, 903-911.
- Nilsson, M.E.** (2007). Soundscape quality in urban open spaces. *Inter-Noise 2007*, İstanbul: 28-31 August.
- Okçu, S.** (2011). Developing evidence-based design metrics and methods for improving healthcare soundscapes (Doktora Tezi). Georgia Institute of Technology.
- Okçu, S., Ryherd, E.E., Zimring, C., Samuels, O.** (2011). Soundscape evaluations in two critical healthcare settings with different designs. *J. Acoust. Soc. Am.* 130, 3, 1348-1358.
- Orhon, B.E.** (2009). *Çamaşır makinalarında ses kalitesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Osgood, C.E., Suci G.J., Tannenbaum, P.H.** (1957). *The measurement of meaning*. Urbana: University of Illinois Press.
- Özçevik, A., Can, Z.Y., De Gregorio, L., Maffei, L.** (2007). A study on the adaptation of soundscape to covered spaces. *Inter-Noise 2007*, İstanbul: 28-31 August.
- Özçevik, A., Can, Z.Y.** (2008). A Study on the adaptation of soundscape to covered spaces: Part 2. *Acoustic'08 Paris*, 29 June – 04 July.
- Özçevik, A., Can, Z.Y.** (2010). Subjective assessments of the noisy urban areas. *Internoise 2010*, Portugal: 15-16 June.
- Özçevik, A., Can, Z.Y.** (2011). İşitsel peyzaj kavramı ve kapalı mekânların akustik konfor değerlendirmesinde kullanılabilirliği. *Megaron*, 6, 1, 52-59.

- Özçevik, A.** (2012). *İşitsel peyzaj-soundscape kavramı ile kentsel akustik konforun irdelenmesinde yeni bir yaklaşım*. (Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztemel, E.** (2006). *Yapay sinir ağları*. İstanbul:Papatya Yayıncılık.
- Palabıyık, S.** (2011). *Mimari tasarım sürecinde karar verme: Bulanık AHS yöntemi*. (Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Payne, S.R.** (2013). The production of a Perceived Restorativeness Soundscape Scale. *Applied Acoustics*, 74, 255-263.
- Pietila, G., Lim, T.C.** (2012). Intelligent systems approaches to product sound quality evaluations- A review. *Applied Acoustics*, 73, 987-1002.
- Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., S.H., Dumyahn, Farina, A., Krause B.L., Napoletano, B.M., Gage , S.H., Pieretti, N.** (2011a). Soundscape ecology: The science of sound in the landscape. *BioScience*, 61, 3, 203-216.
- Pijanowski, BC, Farina, A., Gage, S.H., Dumyahn, S.L., Krause B.L.** (2011b). What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape Ecol.*, 26, 1213-1232.
- Pijanowski, B.C., Farina, A.** (2011c). Introduction to the special issue on soundscape ecology. *Landscape Ecol.*, 26, 9, 1209-1211.
- Poxon, J., Jennings, P., Cain, R.** (2009). Creation and use of a simple method for displaying and analysing soundscapes recordings. *Inter-Noise 2009*, Ottawa, Canada: 23-26 August.
- Raimbault, M., Lavandier, C., Berengier M.** (2003). Ambient sound assessment of urban environments: Field studies in two French cities. *Applied Acoustics*, 64, 1241-1256.
- Raimbault, M., Dubois, D.** (2005). Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, 22, 5, 339-350.
- Raimbault, M.** (2006). Qualitative judgements of urban soundscapes: Questioning questionnaires and semantic scales. *Acta Acustica United With Acustica*, 92, 929 – 937.
- Romero, J., Sánchez, L., Segura, J., Cerdá, S., Giménez, A. ve Navarro, E.A.** (2010). Recreational and festive Soundscape in Gandia (Spain). *Internoise 2010*, Lisbon, Portugal: 13-16 June.
- Ross, T.J.** (2010). *Fuzzy logic with engineering applications*. Chichester: Wiley.
- Rubin, A.** (2010). *Statistics for evidence-based practice and evaluation*. Belmont: Brooks/Cole.
- Russell S.J., Norvig, P.** (1995). *Artificial Intelligence - A Modern Approach*. New Jersey: Prentice Hall.
- Rychtarikova, M., Vermeir, G.** (2009). Use of psychoacoustical parameters for soundscape measurement. *Applied Soundscapes Symposium*, Manchester: 17 September.

- Rychtarikova, M., Vermeir, G.** (2013). Soundscape categorization on the basis of objective acoustical parameters. *Applied Acoustics*, 74, 240-247.
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M.** (2003). *Mühendislikte yapay zekâ uygulamaları*. Kayseri: Ufuk Yayıncılık.
- Schafer, R.M.** (1977). *The tuning of the world*. New York: Knopf.
- Schafer, R.M.** (1994). *The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the World*. Vermont: Destiny.
- Schulte-Fortkamp, B., Dubois, D.** (2006). Preface to the special issue: Recent advances in soundscape research. *Acta Acustica United Acustica*, 92, I-VIII.
- Schulte-Fortkamp B., Genuit, K., Fiebig A.** (2007). Perception of productsound quality and sound quality in soundscapes. *ICA 2007*, Madrid: 2-7 September.
- Schulte-Fortkamp, B.** (2010). Soundscape and sound design-Tuning the new ecology using the expertise of people's mind. *Proc. Digital Audio Effects (DAFx-10)*.
- Schulte-Fortkamp, B., Kang, J.** (2013). Introduction to the special issue on soundscapes. *J. Acoust. Soc. Am.* 134, 1, 765-766.
- Semidor, C.** (2006). Listening to a city with the soundwalk method. *Acta Acustica United with Acustica*, 92, 959-964.
- Semidor, C., Venot-Gbedji, F.** (2007). Soundscape in historical places: Genoa case study. *Inter-Noise 2007*, İstanbul: 28-31 August.
- Skanberg, A., Öhrström, E.** (2002). Adverse health effects in Relation to urban residential soundscapes. *Journal of Sound and Vibration*, 250, 1, 151-155.
- Southworth, M.** (1969). The sonic environment of cities. *Environment and Behavior*, 1, 49-70.
- Stimac A.** (2005). Implementation of Directive 2002/49/EC in EU candidate state: Experience in Croatian noise mapping projects. *Forum Acusticum*, Budapest: 29 Aug - 2 Sep.
- Sudarsono, A.S., Lam, Y. W., Davies, W. J.** (2016). The effect of sound level on perception of reproduced soundscapes. *Applied Acoustics*, 110, 53–60.
- Sugeno, M.** (1985). An introductory survey of fuzzy control. *Inf.Sci.*, 36, 59-83.
- Suhanek, M.** (2012). Perception and evaluation of sudden loudness changes in familiar soundscapes. *5th Congress of the Alps Adria Acoustics Association*, Petrenea, Croatia: 12-14 September.
- Szeremeta, B., Zannin, P.H.T.** (2009). Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the Total Environment*, 407, 6143–6149.
- Şeker, E.M.** (2006). *Etmen tabanlı sistemlerle kullanıcı hareketinin modellenmesi: Müze örneği*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Şen, Z.** (2009). *Bulanık mantık ilkeleri ve modelleme*. İstanbul: Su Vakfı.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı** (2010). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC). Resmi Gazete, 27601, 04 Haziran 2010.
- Tahça, M.** (2009). *Felsefi açıdan yapay zekâ*. (Yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla.
- Tang, Z., Kang, J., Jin, H.** (2013). Experimental study of the sound field in an underground shopping street. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 36, 1-4.
- Toktaş, İ., Aktürk, N.** (2004). Makine tasarım işleminde kullanılan yapay zekâ teknikleri ve uygulama alanları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 7-20.
- Topçuoğlu, A.** (2001). Yapay zekâ. *Bilim ve Teknik*, Tübitak, Sayı:409, Ankara.
- Toprak, Z.F.** (2004). *Akarsularda boyuna dispersiyon katsayısının bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesi*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toprak, Z. F.** (2009). Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT). *Clean*, 37, 9, 742–52.
- Toprak, Z.F.** (2011). *Bilimde modern yöntemlere giriş ve bulanık mantık*. Seminer Notları, İnşaat Mühendisleri Odası Diyarbakır Şubesi.
- Toriya, A.J., Ruiz, D.P., Ramos-Ridao, A.F.** (2014). A tool for soundscape evaluation applying Support Vector Machines for developing a soundscape classification model. *Science of the Total Environment*, V.482-483, 440-451.
- Truax, B.** (1978). *Handbook for acoustic ecology: Vancouver, Canada: ARC Publications*.
- Tsai, K., Lin, M., Chen, Y.** (2009). Noise mapping in urban environments: A Taiwan study. *Applied Acoustics*, 70, 964–972.
- Tse, M.S., Chau, C.K., Choy, Y.S., Tsui, W.K., Chan, C.N., Tang, S.K.** (2012). Perception of urban park soundscape. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131, 4, 2762-2771.
- Türkdoğan, N.** (2002). *Saç kurutma makinalarında ses kalitesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Url-1** <<http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/worldsoundscapeproject>>, erişim tarihi: Haziran 2013.
- Url-2** <<http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>>, erişim tarihi: Haziran 2013.
- Url-3** <http://www.medicine.gu.se/english/phcm/occup_enviro/research/Sound_Environment_and_Health/Community_noise_and_healthy_soundscape/Soundscape_Support_to_Health_Mistra_phase_2/Soundscape_support_to_health_-_publications>, erişim tarihi: Nisan, 2013.
- Url-4** <http://www.medicine.gu.se/english/phcm/occup_enviro/research/Sound_Environment_and_Health/Community_noise_and_healthy_soundscape>

es/Soundscape_Support_to_Health_-_Mistra_phase_2/#top>, erişim tarihi: Nisan, 2013.

Url-5 <http://www.medicine.gu.se/english/phcm/occup_enviro/research/Sound_Environment_and_Health/Community_noise_and_healthy_soundscape/Soundscape_Support_to_Health_-_Mistra_phase_1>, erişim tarihi: Nisan, 2013.

Url-6 <<https://soundscapeofistanbul.ku.edu.tr/>>, erişim tarihi: Ekim 2016.

Url-7 <<http://tdk.gov.tr/>>, erişim tarihi: Nisan, 2015.

Url-8 <<http://slideplayer.biz.tr/slide/1919131/>>, erişim tarihi: Temmuz 2016.

Url-9 <<http://www.sengpielaudio.com/calculatorSonephon.htm>>, erişim tarihi: Kasım 2013.

Url-10 <http://www.nufusu.com/ilce/sur_diyarbakir-nufusu>, erişim tarihi: Haziran 2015.

Url-11 <http://www.academia.edu/5382439/Regresyon_analizi>, erişim tarihi: Ağustos 2015.

Uygunoğlu, T., Yurtcu, Ş. (2006). Yapay zekâ tekniklerinin inşaat mühendisliği problemlerinde kullanımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 61-70.

van Kempen, E., Devilee, J., Swart, W., van Kamp, I. (2014). Characterizing urban areas with good sound quality: development of a research protocol. *Noise Health*, 16, 73, 380-387.

Vér I.L., Beranek, L.L. (2006). *Noise and vibration control ngineering*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Viollon, S., Lavandier, C., Drake, C. (2002). Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. *Applied Acoustics*, 63, 493-511.

Vorländer, M. (2008). *Auralization - Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality*. Springer: Berlin, Germany.

Wallace, M.Y. (2012). *Peyzaj mimarlığında 'akustik ekoloji': 'Sespeyzajları'nın İzmir kenti örneğinde irdelenmesi*. (Doktora tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

World Health Organization. (1999). *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization, Geneva.

World Health Organization. (2011). *Burden of Disease from Environmental Noise*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Yalkı, H. (2001). *Mimaride yapay zekâ kullanımı*. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yang, W., Kang, J. (2005a). Soundscape and sound preferences in urban squares: a case study in Sheffield. *Journal of Urban Design*, 10, 61-80.

Yang, W., Kang, J. (2005b). Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. *Applied Acoustics*, 66, 211-229.

- Yelmi, P.** (2016). Protecting contemporary cultural soundscapes as intangible cultural heritage: sounds of Istanbul. *International Journal of Heritage Studies*, 22, 4, 302-311.
- Yelmi, P., Kuşcu, H., Yantaç, A.E.** (2016). Towards a sustainable system for a sound heritage archive by public participation: The Soundsslike Project. *NordiCHI'16*, Gothenburg, Sweden: October 23-27.
- Yıldız, Ö.** (2010). *Hesaplamalı mimarlıktan zaman temelli etkileşimli mimarlığa geçiş.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz-Demirkale, S.** (2007). *Çevre ve yapı akustiği.* İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Yılmaz, İ.** (2012). *Osmanlı dönemi mimarlık eserleri restorasyon inşaat maliyetlerinin yapay zekâ yöntemleri ile tahmini.* (Doktora tezi). İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yu, L., Kang, J. ve Harrison R.** (2007). Mapping soundscape evaluation in urban open spaces with artificial neural networks and ordinal logistic regression. *ICA 2007*, Madrid: 2-7 September.
- Yu, C.J., Kang, J.** (2007). Soundscape in the sustainable living environment: A cross-cultural comparison between the UK and Taiwan. *Inter-Noise 2007*, Istanbul: 28-31 August.
- Yu, L.** (2009). *Soundscape evaluation and ANN modelling in urban open spaces.* (Doktora tezi). School of Architecture, University of Sheffield, Sheffield.
- Yu, L., Kang J.** (2009). Modeling subjective evaluation of soundscape quality in urban open spaces: An artificial neural network approach. *J. Acoust. Soc. Am.*, 126, 3, 1163-1174.
- Yu, L., Kang, J.** (2010). Factors influencing the sound preference in urban open spaces. *Applied Acoustics*, 71, 622-633.
- Zadeh, L.A.** (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L.A.** (1968). Fuzzy Algorithms, *Information and Control*, 12, 94-102.
- Zadeh, L.A.** (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, 3, 1, 28-44.
- Zhang M., Kang J.** (2007). Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34, 68-86.
- Zonneveld, I.S., Forman, R.T.T.** (1990). *Changing landscape: An ecological perspective.* Springer, New York.
- Zwicker, E, Fastl, H.** (1999). *Psychoacoustics: Facts and models.* New York: Springer.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Derya Çakır Aydın
Doğum Tarihi ve Yeri : 1978 - Diyarbakır
E-posta : dryckr@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2000, Dicle Üniversitesi, Müh.Mim.Fak., Mimarlık Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2004, Dicle Üniversitesi, F.B.E., Mimarlık Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR:

- **Çakır-Aydın, D.,** Yılmaz, S. (2016). Assessment of sound environment pleasantness by sound quality metrics in urban spaces. ITU A|Z • Journal of the Faculty of Architecture, Vol 13, No 2, July 2016, 87-99.
- **Çakır-Aydın, D.,** Yılmaz, S. (2016). Kentsel mekanlarda ses kalitesinin değerlendirilmesi. 2.Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi, 04-06 Mayıs, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- **Çakır-Aydın, D.,** Yılmaz, S. (2016). Evaluating the sound environment perception by soundscape approach: Diyarbakır Gazi Street. International Engineering, Science and Education Conference, 1-3 December 2016, Diyarbakır, Turkey.

