

**KULLANICI MERKEZLİ ÜRÜN TASARIMI İÇİN
BÜTÜNLEŞİK BİR ZEKİ MODEL: CEP TELEFONLARI ÜZERİNE BİR
UYGULAMA**

Diyar AKAY

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2006
ANKARA**

Diýar AKAY tarafından hazırlanan KULLANICI MERKEZLİ ÜRÜN TASARIMI
İÇİN BÜTÜNLEŞİK BİR ZEKİ MODEL: CEP TELEFONLARI ÜZERİNE BİR
UYGULAMA adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa KURT
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim
Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet PEKER

Üye : Prof. Dr. Mustafa KURT

Üye : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Üye : Doç. Dr. Cevriye GENCER

Üye : Doç. Dr. M. Ali AKCAYOL

Tarih : 16/11/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına
uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Diyar AKAY

**KULLANICI MERKEZLİ ÜRÜN TASARIMI İÇİN
BÜTÜNLEŞİK BİR ZEKİ MODEL: CEP TELEFONLARI ÜZERİNE BİR
UYGULAMA
(Doktora Tezi)**

Diyar AKAY

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kasım 2006**

ÖZET

Kullanıcı merkezli tasarım, müşteri gözünde ürüne değer katan; ürün kullanılabilirliği, ürün görünümü, ürünün kullanıcının duygu ve his beklentilerini yansıtması gibi faktörleri dikkate alan ergonomi odaklı bir ürün geliştirme yaklaşımıdır. Performans ve duygusal (görünüm/etki) beklentiler, ürünlerin kullanıcı merkezli tasarımında dikkate alınan iki temel kriterdir. Performans beklentilerinin analizi için standart yöntemler bulunmakla birlikte duygusal beklentilerin belirlenmesi için henüz kabul görmüş teknikler bulunmamaktadır. Duyusal beklentileri ürün tasarımına yansıtmada önemli rol tasarımcıya düşmektedir. Tasarımcı çoğu zaman tasarıma kullanıcının üründen beklediği beklentileri yansıtmaktan çok kendi his ve duygularını, fikirlerini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım ise çoğu zaman ürünü başarıya ulaştıramamaktadır. Bu nedenle geleneksel tasarım proseslerini kullanarak, tasarımcıdan, kullanıcının duygusal beklentilerini karşılayacak ürünler tasarlaması beklenmemelidir. Kullanıcılarının soyut, kalitatif görüş ve isteklerini tasarımcının anlayabileceği tasarım unsurlarına dönüştürecek tekniklerin kullanılması tasarımcının yeni ve başarılı tasarımlar oluşturmaya yardımcı olacaktır. Bu tez

alışmasının ana konusunu bu problem oluşturmaktadır. Problemin özümü için, duysal beklentilerle ürün tasarım parametreleri arasındaki ilişkileri tasarımcının anlayabileceği somut ve kantitatif bilgiye dönüştürecek bütünleşik bir model önerilmiştir. Önerilen yaklaşım “*Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı için Bütünleşik bir Zeki Model*” olarak adlandırılmıştır. Semantik Diferansiyel Ölçeği, Gri İlişkisel Analiz, ok Kriterli Grup Karar Verme ve Sinirsel-Bulanık Sınıflandırıcı yöntemleri önerilen modelin farklı aşamalarında kullanılmıştır. Önerilen model ile ilgili deneysel bir çalışma mobil telefon ürünü için gerçekleştirilmiştir. Modelin çalıştırılmasıyla, kullanıcının duysal beklentileri tasarımcının anlayabileceği, “eğer öyle ise o halde” tipindeki bulanık kurallara dönüştürölmüştür. Bulanık kurallar yardımıyla, ürün tasarım parametreleriyle kullanıcı beklentileri arasındaki ilişki yapısı ortaya çıkarılmıştır.

Bilim Kodu	: 906.1.039
Anahtar Kelimeler	: Kullanıcı merkezli tasarım, semantik diferansiyel ölçeği, gri ilişkiisel analiz, çok kriterli grup karar verme, sinirsel-bulanık sınıflandırıcı
Sayfa Adedi	: 143
Tez Yöneticisi	: Prof. Dr. Mustafa KURT

**AN INTEGRATED INTELLIGENT MODEL FOR USER CENTRED
PRODUCT DESIGN: AN APPLICATION ON MOBILE PHONES**

(Ph.D. Thesis)

Diyar AKAY

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
November 2006**

ABSTRACT

User centered design is an ergonomic-oriented product development strategy aim of which is to increase the value of product in the eyes of customers considering factors such as product usability, product appearance and, emotion - sensation impact of product. Performance and sensational (image/impression) expectations are two principal dimensions for user centered product design. Although there are standardized methods to analyze performance dimensions, there is no widely accepted technique for identifying emotional expectations yet. Designer commonly have the responsibility to reflect emotional requirements of users into product design. However, designers generally shape the design with their sensations, emotions and ideas without fully considering users' real expectations. This approach, therefore, usually brings about market failure. For this reason, using traditional design processes, it is not expected from designer to design products satisfying users' emotional requirements. Using techniques for transforming users' intangible, qualitative desires and ideas into design elements will assist designer to design novel and successful products. This problem constitutes the main research objective of this thesis work. An integrated model is proposed to solve the problem of

converting users' emotional expectations into tangible and quantitative design elements which will be perceived by designer. The proposed model is named as "*An Integrated Intelligent Model for User Centered Product Design*". Semantic Differential Scale, Grey Relational Analysis, Multi Criteria Group Decision Making and Neuro – Fuzzy Classifier are used at the stages of the model. An experimental study was carried out for mobile phone product to prove the validity of the proposed model. Users' needs are extracted as fuzzy if then else rules. Structure of interaction with the users' needs and product design elements can be analyzed with the aid of fuzzy rules.

Science Code : 906.1.039

Key Words : User centred design, semantic differential scale, grey relational analysis, multi criteria group decision making, neuro fuzzy classifier

Page Number : 143

Adviser : Prof. Dr. Mustafa KURT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Prof. Dr. Mustafa KURT'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Doç. Dr. Cevriye GENCER ve Doç. Dr. M. Ali AKCAYOL'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. ÜRÜN KULLANILABİLİRLİĞİ	6
2.1. Kullanıcı Merkezli Tasarım ve Kullanılabilirlik	6
2.2. Ürün Kullanılabilirliği ile İlgili Çalışmalar	13
2.3. Değerlendirme	29
3. SEMANTİK DİFERANSİYEL ÖLÇEĞİ	31
4. GRUP KARAR VERMEDE KARAR VERİCİLERİN KULLANDIKLARI FARKLI TERCİH YAPILARININ BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ	34
4.1. Tercih Biçimlerinin Çarpımsal Tercih İlişkisine Dönüştürülmesi	35
4.2. Karar Vericilerin Çarpımsal Tercih İlişkilerinin Bütünleştirilmesi	38
5. GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ	39
5.1. Gri Teori	39
5.2. Gri İlişkisel Analiz	41
6. SİNİRSEL BULANIK SİSTEMLER	46

	Sayfa
6.1. Bulanık Kümeler	46
6.1.1. Bulanık kümelerde işlemler	48
6.1.2. Bulanık mantık	50
6.1.3. Bulanık kural tabanlı sistemler	54
6.2. Yapay Sinir Ağları	57
6.2.1. YSA bileşenleri	59
6.2.2. YSA yapıları	60
6.3.3. YSA'nın eğitimi	61
6.3. Sinirsel – Bulanık Sistemler	64
6.4. NEFCLASS	67
6.4.1. Kural öğrenme algoritması	69
6.4.2. Bulanık küme öğrenme algoritması	70
7. UYGULAMA	72
7.1. Mobil Telefonlar	72
7.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi	80
7.3. Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı İçin Bütünleşik Bir Zeki Model	87
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	108
KAYNAKLAR	111
EKLER	125
EK-1 Çalışmada incelenen mobil telefonlar	126
EK-2 Çalışmada incelenen telefonların morfolojik özellikleri	130
EK-3 Mobil Telefon Kullanıcılarının Beklentilerinin Analizi için Geliştirilen Anket	132
Ek-4 Mobil telefonlarının görünüm değerlendirme sonuçları	137
Ek-5 Gri ilişkisel analiz için Matlab kodu	140
ÖZGEÇMİŞ	142

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Zarafeti değerlendirmek için görsel skala.....	22
Çizelge 7.1. Türkiye’de ki GSM abone sayısı	72
Çizelge 7.2. Ürün tipine göre kullanım ergonomisi.....	73
Çizelge 7.3. Mobil telefonlar için morfolojik özellik tablosu.....	76
Çizelge 7.4. Değerlendirmede kullanılacak imaj/görünüm sıfatları.....	79
Çizelge 7.5. Kullanıcı segmentasyonu	80
Çizelge 7.6. Telefonu yenilemedeki en önemli nedenlere ilişkin yüzdeler....	82
Çizelge 7.7. Sahip olunan telefonunun özelliklerinin kullanımı.....	83
Çizelge 7.8. Kullanılabilirlik boyutlarına ilişkin değerlendirme	84
Çizelge 7.9. Kullanıcıların tercih biçimleri	91
Çizelge 7.10. Görünüm boyutları (kriter) ağırlıkları	92
Çizelge 7.11. Senaryolar.....	94
Çizelge 7.12. Morfolojik özellikler.....	95
Çizelge 7.13. Varyans analizi sonuçları	97
Çizelge 7.14. Kural tabanları.....	100
Çizelge 7.15. 4. Kural tabanı için sınıflandırma sonuçları	101
Çizelge 7.16. 4. Kural tabanı.....	102
Çizelge 7.17. 1. Kural tabanı.....	102
Çizelge 7.18. 2. Kural tabanı.....	106
Çizelge 7.19. 3. Kural tabanı.....	107

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı için bütünleşik bir zeki model.....	3
Şekil 1.2. Tez içeriği.....	5
Şekil 2.1. Kullanıcı merkezli tasarım: ergonomik sistem, ürün, kullanıcı, görev ve bunların arasındaki etkileşim	7
Şekil 2.2. Kullanılabilirlik kavramının üç temel niteliği	9
Şekil 2.3. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı	10
Şekil 2.4. Kullanıcı beklentileri arasındaki ilişki	12
Şekil 2.5. Kavramsal ilişki modeli	14
Şekil 2.6. Kullanılabilirlik değerlendirme çerçevesi.....	15
Şekil 2.7. Kullanılabilirlik boyutları.....	20
Şekil 3.1. SDÖ'ye bir örnek.....	31
Şekil 3.2. Semantik uzay.....	32
Şekil 3.3. SDÖ'nün ürüne duyulan his/etkinin ölçülmesinde kullanılması	33
Şekil 6.1. Sıcaklık kümesi	46
Şekil 6.2. Sıcaklık için bulanık küme örneği	47
Şekil 6.3. Farklı üyelik fonksiyonları	48
Şekil 6.4. Destek, öz, geçiş noktaları ve α kesmesi	49
Şekil 6.5. Bulanık kural tabanlı sistem blok diyagramı	55
Şekil 6.6. Mamdani (üstte) ve Takagi-Sugeno (altta) bulanık çıkarım şemaları	56
Şekil 6.7. Sinir hücresi	57
Şekil 6.8. Temel yapay sinir ağı hücresi.....	58
Şekil 6.9. Öğreticili öğrenme	61

Şekil	Sayfa
Şekil 6.10. Çok katmanlı ağ yapısı.....	63
Şekil 6.11. Bulanık sistemin ileri beslemeli 3 katmanlı ağ yapısı gösterimi	65
Şekil 6.12. NEFCLASS model yapısı	68
Şekil 6.13. Kural öğrenme sonrası NEFCLASS (sol), bulanık küme öğrenme sonrası NEFCLASS (sağ)	70
Şekil 6.14. Üyelik fonksiyonu değerinin değiştirilmesi (solda üyelik değerinin arttığı, sağda üyelik değerinin azaldığı durum).....	70
Şekil 7.1. Ara yüz hiyerarşisi.....	74
Şekil 7.2. Kullanılan farklı cep telefonu sayısına ilişkin yüzde değerler.....	81
Şekil 7.3. Eski ve şu an ki mobil telefonu kullanma sürelerine ilişkin yüzdelere	81
Şekil 7.4. Mobil telefon alımında ilk başta dikkat edilen özellikler	83
Şekil 7.5. Çok boyutlu ölçekleme analizi sonucu.....	86
Şekil 7.6. Varimax yöntemiyle döndürülmüş bileşenler matrisinin geometrik gösterimi	87
Şekil 7.7. Ürün-kullanıcı ilişki modeli	88
Şekil 7.8. SDÖ ile değerlendirme	89
Şekil 7.9. Önem derecelerine ilişkin bulanık sayılar	90
Şekil 7.10. Gri ilişkisel dereceler	93
Şekil 7.11. Telefon markaları bazında gri ilişkisel derece değerleri.....	94
Şekil 7.12. Mobil telefon örneği için NEFCLASS yapısı	95
Şekil 7.13. NEFCLASS Java menüleri	96
Şekil 7.14. İterasyonlara göre ortalama hata	98
Şekil 7.15. Öğrenme oranına göre ortalama hata	98

Şekil	Sayfa
Şekil 7.16. İterasyonlara göre sınıflandırma yüzdeleri	99
Şekil 7.17. Öğrenme oranlarına göre sınıflandırma yüzdeleri	99
Şekil 7.18. Budama öncesi hata ve yanlış sınıflandırma yüzdeleri.....	100
Şekil 7.19. Budama sonrası hata ve yanlış sınıflandırma yüzdeleri	101
Şekil 7.20. 1. kural tabanı üyelik fonksiyonları	104
Şekil 7.21. Önerilen model ve ürün tasarım süreci.....	107

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. a) NC tezgahı b) Tilt makinesi.....	13
Resim 7.1. Mobil telefon teknolojisindeki gelişim	73
Resim 7.2. Mobil telefon ara yüz bileşenleri.....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
AHP	Analitik hiyerarşi prosesi
ÇKA	Çok katmanlı ağlar
ÇKGKV	Çok kriterli grup karar verme
GİA	Gri ilişkisel analiz
GİD	Gri ilişkisel derece
GİK	Gri ilişkisel katsayı
GYA	Geri yayılım algoritması
ISO	Uluslararası standartlar organizasyonu
NEFCLASS	Neuro fuzzy classification
KM	Kansei mühendisliği
KMT	Kullanıcı merkezli tasarım
SBS	Sinirsel bulanık sistemler
SED	Anlamsal çerçeve değerlendirmesi
SDÖ	Semantik diferansiyel ölçeği
YSA	Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

Müşteri beklentilerinin sürekli ve hızlı değişimi ürün yaşam çevrimini kısaltmıştır. Bu yüzden, globalleşen ve ağır rekabet ortamında faaliyet gösteren firmalar, ürünlerin fonksiyonel ve teknik açıdan birbirine benzediği günümüz pazarlarında devamlılıklarını sağlamak için yeni yaklaşımlar üzerine odaklanmaktadır. Müşteri gözünde ürüne değer katan; ürün ergonomisi, kalite, estetik, ürüne karşı duyulan his ve duygusal etki gibi beklentiler ön plana çıkmaya başlamıştır. Kullanıcı merkezli tasarım (KMT) işte bu beklentilerin bir sonucudur. Ürün tasarımının kullanıcı beklentileri altında şekillendiği tasarım süreci olan KMT ürün tasarımına insan faktörleri mühendisliği (ergonomi) yaklaşımıdır. Teknik ve fonksiyonel özellikler bakımından birbirine benzer ürünlerin üretilmeye başlandığı pazarlarda kullanıcı merkezli ürünleri pazara sürmek, ürünlerin satış başarısını artıran bir faktör konumuna gelmiştir.

KMT genel anlamda kullanılabilirlik odaklı bir yaklaşımdır. Kullanılabilirlik bir ürünün belirli kullanıcılar tarafından belirli amaçlar için belirlenmiş ortamlarda ne kadar etkin, etkili ve memnuniyet verici şekilde kullanıldığıyla ilgilidir. Kullanılabilirlik, kullanıcı beklentilerinin en iyi şekilde analiz edilmesini gerektirmektedir. Ürünlerin kullanıcı merkezli (kullanılabilir) tasarımı için araştırılan kriterler, insan faktörleri literatüründe duygusal ve performans beklentileri olmak üzere iki farklı grup altında toplanmaktadır. Duyusal beklentiler kullanıcının tasarım detaylarına karşı gösterdiği psikolojik tepkiler bütünü olup hem bir ürünle ilgili olarak tatmin ve tercih, hem de üründen kaynaklanan estetik, duygusal izlenim ve hissi içeren geniş bir kavramdır. Performans beklentileri ise kullanıcının belli bir amaca ulaşmak için bir ürünle iş yaparken ne kadar etkili ve verimli olduğuyla ilgilidir. Performans, genellikle yapılacak işlerin doğruluğu ve hızı bakımından objektif olarak ölçülebilmektedir.

Performans beklentilerinin analizi için standart yöntemler ve prosedürler bulunmakla birlikte duyusal beklentilerin analizi için henüz güvenilir ve kabul görmüş yöntemler bulunmamaktadır. Bu nedenle kronolojik sıraya göre literatürdeki çalışmalar incelendiğinde de görüleceği üzere duyusal beklentileri dikkate alan çalışmaların sayısında büyük bir artış gözlenmektedir.

Ürün tasarım prosesinde tasarımcı hala siyah bir kutu olarak gözükmektedir. Tasarımcı bilgi birikimi ve deneyiminden faydalanarak tasarımı oluşturmaktadır. Tasarımcı çoğu zaman tasarıma kullanıcının üründen beklediği hissel ve duyusal beklentileri yansıtmaktan çok kendi his ve duygularını, yenilikçi fikirlerini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım ise çoğu zaman ürünün başarıya ulaşmasını sağlayamamaktadır. Başarılı bir ürün ortaya çıkarmak için yaklaşık 3000 ürün fikrine gereksinimin olduğu düşünüldüğünde tasarım sonucu ortaya çıkan ürünün başarılı olması bu nedenle tasarımcının yaratıcılık yeteneğine bağlı kalmaktadır. Bu nedenle geleneksel tasarım proseslerini kullanarak tasarımcıdan kullanıcının duyusal beklentilerini karşılayacak ürünler tasarlaması beklenmemelidir. Literatürdeki çalışmaların büyük kısmı tasarımcının bu dezavantajı ortadan kaldıracak biçimde duyusal beklentilerle ürün tasarım parametreleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaya yöneliktir. İstatistiksel analizler (regresyon analizi, faktör analizi, kümeleme analizi, korelasyon analizi), Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları (YSA), Evrimsel Algoritmalar, Kaba Kümeleme yöntemleri ve bunların melez yaklaşımları bu ilişkilerin analizinde sıklıkla kullanılmıştır. Çalışmalar iki başlık altında toplanmaktadır. Birinci grupta kalitatif kullanıcı istekleri ile ürün tasarım parametreleri arasındaki ilişkiler analiz edilmektedir. İkinci grupta yer alan çalışmalarda ise ilişkilerin analizinin yanı sıra yeni tasarım konseptleri de oluşturulmaktadır.

Önerilen çoğu yaklaşımda ya yalnızca ilişkiler analiz edilmekte ya da tasarımcı tasarım sürecinin dışına itilmekte ve kullanıcının duyusal beklentilerinin analiziyle elde edilecek bilgiyle tasarım oluşturulmaktadır.

isimlendirilmiştir. Problemin çözümünde, farklı aşamalarda farklı yöntemlerin kullanılması modele bütünleşiklik ve sinirsel-bulanık sınıflandırıcı gibi zeki sistemlerin kullanılması da modele zekilik özelliğini kazandırmaktadır. Görünüm/etki boyutlarının değerlendirilmesinde SDÖ kullanılmıştır. Hangi görünüm/etki boyutunun ne derece önemli olduğunu belirlemek için ÇKGKV metodolojisinden yararlanarak görünüm/etki boyutlarının ağırlıkları belirlenmiştir. Sinirsel-Bulanık sınıflandırıcıyla kullanıcı beklentilerinin tasarımcının anlayabileceği somut ve nicel bilgiye dönüştürülmesi sağlanmıştır. Sinirsel-bulanık sınıflayıcı sinirsel-bulanık sistemlerin özel bir şekli olup, *eğer öyle ise o halde* kurallarını kullanarak sınıflandırma gerçekleştirir. Örneğin, *eğer ekran büyük ve renk mat ise o halde memnuniyet yüksek* gibi. Çalışmada sinirsel bulanık sınıflandırıcı olarak NEFCLASS (NEuro Fuzzy CLASSification) yapısı kullanılmıştır. GİA ile çok boyutlu görünüm/etki boyutları tek boyuta indirgenerek NEFCLASS için gerekli sınıf değerleri oluşturulmuştur.

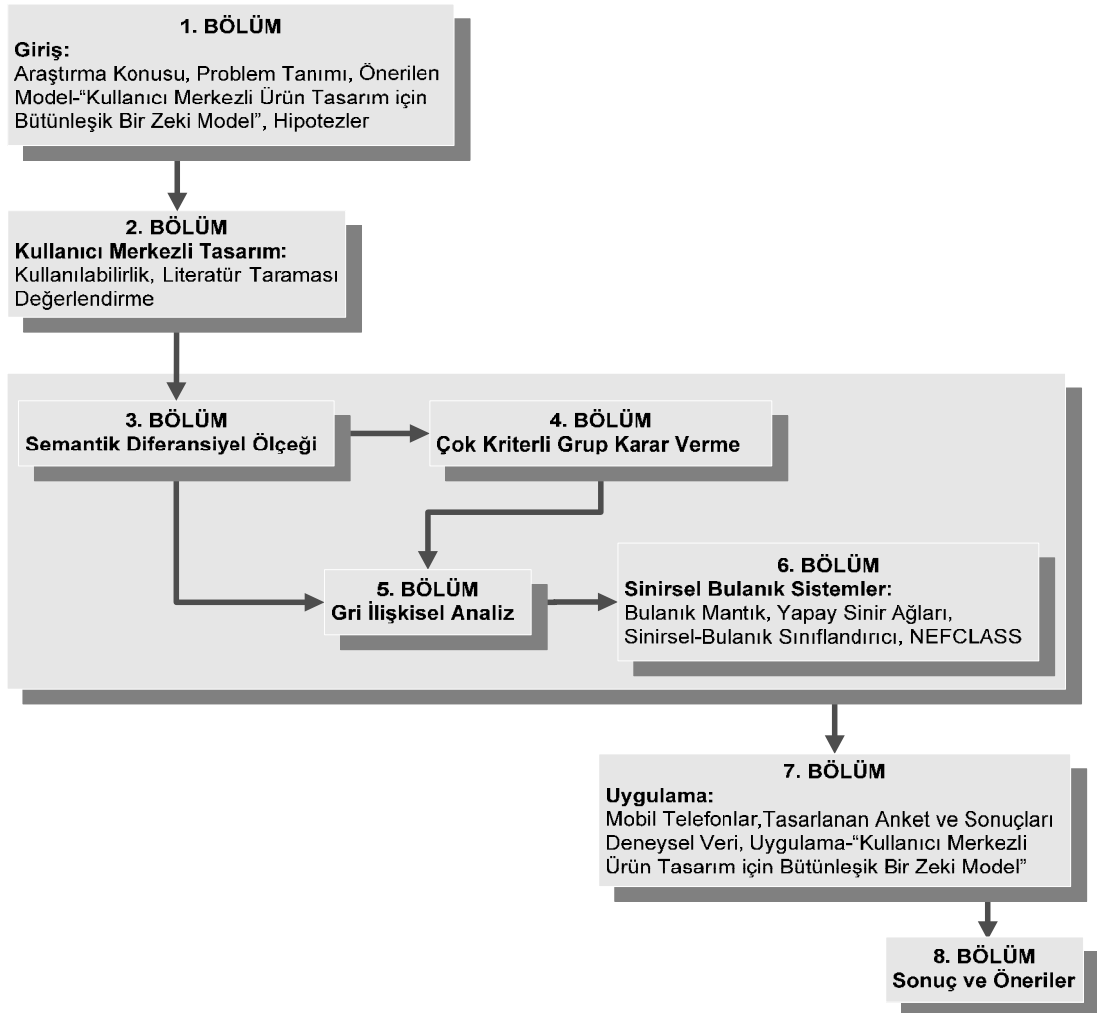
Önerilen model ile ilgili deneysel bir çalışma mobil telefon ürünü için gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma iki hipotezin geçerliliğini ispatlamak için yapılmıştır.

- Duyusal beklentiler ürün tasarımı için önemli bir unsurdur.
- Önerilen bütünleşik zeki model işlevsel ve geçerli bir modeldir.

Deneysel çalışma için gerekli veri, anket yöntemiyle elde edilmiştir. Anket cevaplarının değerlendirilmesi sonucunda ürün tasarımında duyusal beklentilerin performans beklentilerinden daha önemli olduğu hipotezi ispatlanmıştır. Ayrıca deneysel veriler ışığında önerilen bütünleşik zeki modelin geçerliliği mobil telefon örneği için gösterilmiştir. Modelin çalıştırılmasıyla bulanık kurallar elde edilmiştir. Önerilen yaklaşım literatüre farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu tez çalışmasıyla birlikte ilk defa kullanıcı beklentileri bulanık kurallar şeklinde ifade edilmiştir. En önemlisi, hem

kullanıcı beklentileri hem de tasarımcı aktif olarak tasarım sürecinde yer alabilmektedir. Elde edilen kuralların basit, açık ve yorumlanabilir olma özelliği tasarımcıya yeni tasarımlar oluşturmada yol gösterici özelliğindedir. Önerilen model mobil telefon örneği için gösterilmiş olmakla birlikte küçük değişikliklerle birlikte diğer ürünler için de kolaylıkla uygulanabilir.

Tez bölümleri arasındaki bağlantıları göstermek ve tezin daha kolay anlaşılmasını sağlamak için bölümler hakkında bilgi veren bir tez içeriği Şekil 1.2’de sunulmuştur.



Şekil 1.2. Tez içeriği

2. ÜRÜN KULLANILABİLİRLİĞİ

2.1. Kullanıcı Merkezli Tasarım ve Kullanılabilirlik

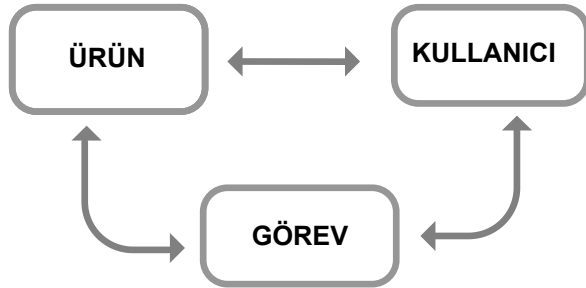
Globalleşen dünya ve ağır rekabet koşulları müşteri odaklı üretim yapmayı zorunlu hale getirmiştir. 1970'lerde her üretileni satın alan, kişisel tercihlerini arka plana iten müşteri profili gitmiş, yerine ne istediğini bilen ve seçme özgürlüğünü kullanabilen, fonksiyonel tasarım ve fiyat açısından duygu ve beklentilerini tatmin eden ürünleri seçen bir müşteri profili gelmiştir. Tüm bu gelişmeler sonunda artık firmalar için teknik mükemmelliğe sahip ürünleri pazara sürmek yeterli olmamaya başlamıştır. Müşteri gözünde ürüne değer katan özellikler; ürün ergonomisi (kolay kullanım, güvenlik ve konfor, kalite (sağlamlık, garanti), estetik (görsel, işitsel ve dokunma), his ve ürün etkisinin belirlenmesi konuları ön plana çıkmıştır [Helander ve Tham, 2003; Fung ve ark., 2006; Khalid, 2006; Khalid ve Helander, 2006].

Ürün tasarım prosesi açısından da müşteri (kullanıcı) gereksinimlerinin (ihtiyaçlarının) çıkarımı ürüne değer katacak fonksiyonların belirlenmesi açısından önemlidir [Jiao ve Chen, 2006; Lin ve ark., 2006]. Belirsiz ve açık olmayan müşteri gereksinimlerinin açık ve anlaşılabilir bilgiye dönüştürülmesi ve bu bilgiler dikkate alınarak ürün tasarım prosesinin şekillendirilmesi üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir [Harding ve ark., 2001; Khoo ve ark., 2002; Chen ve ark., 2002; Chen ve ark., 2005; Yan ve ark., 2005; Su ve ark., 2006]. Müşteri bilgisi, ürün bilgisi ve bunların arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması şirket başarısı ve rekabetçi pazar ortamında hayatta kalabilmeyi sağlayacak temel unsurdur [Jiao ve Chen, 2006].

Üretim yönetim süreçleri de sürekli ve hızla değişen müşteri beklentilerine ayak uydurabilmek için kitlesel üretimden kitlesel bireyselleştirmeye yönelmiştir. Kitlesel bireyselleştirme için modüler ürün tasarımı ve bireysel müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak ürün tasarımı yaklaşımları

önerilmektedir [Fung ve ark., 2006]. Bahsedilen ikinci yaklaşım ürün tasarımında insan faktörleri olarak adlandırılmaktadır. Ürün memnuniyetini artıracak unsurların belirlenmesi günümüzde ürün tasarımında ön plana çıkan konulardan biridir. Ürün tasarım sürecinin kullanıcı gereksinimleri ve beklentileri altında şekillendiği ürün tasarım süreci KMT olarak adlandırılır. KMT, ürün tasarımına bir insan faktörleri (ergonomi) mühendisliği yaklaşımıdır.

Ergonomi insan-makine sistemleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek, yapılan işin, kullanılan ürün veya ekipmanın insana uygun hale getirilmesidir. Pheasant ergonominin amacını ürün, kullanıcı ve ürün kullanımı sırasında yapılan görevler arasındaki etkileşimin en iyi şekilde tanımlanması olarak açıklamıştır [Pheasant, 1996] (Şekil 2.1). Bu tanım KMT'nin ürün tasarımı aşamasında ergonomiyle olan ilişkisini açıklamaktadır.



Şekil 2.1. Kullanıcı merkezli tasarım: ergonomik sistem, ürün, kullanıcı, görev ve bunların arasındaki etkileşim

Üretim teknikleri ve proseslerinin artık teknolojik açıdan en üst seviyeye ulaştığı düşünülürse üretim maliyeti ve kalite konusun da ki iyileştirmelerin ürüne katkısı marjinal olacaktır. Ergonomik tasarlanmış ve kullanıcı merkezli ürünleri pazara sürmek, teknik ve fonksiyonel özellikleri bakımından birbirine benzer ürünlerin üretilmeye başlandığı pazarlarda ürünlerin satın alınmasında bir öncelik konumunda olacaktır. Üreticilerin reklamlarında veya ürün üzerinde kullanıcı dostu, ergonomik tasarım gibi imaj kelimelerini daha

sık kullanması KMT'nin üreticiler içinde önemli olduğunu göstermektedir [Jordan, 1998].

Hangi ürün özelliklerinin müşteri için anlamlı olduğunu anlamak ve müşteriden gelen geri beslemeleri de dikkate alarak ürünün tasarım sürecine yönetmek önemli bir konudur. [Veryzer, 1998; Cristiano ve ark. 2000]. Tasarımcılar ürünleri tasarlarlarken kullanıcı gereksinimlerini ve beklentilerini, ürünlerin kullanıcıda uyandırdığı memnuniyet ve hazzı dikkatlice değerlendirmek zorundadırlar. Bununla birlikte tasarım süreci içinde yer alan kişilerin çabalarına rağmen, sıklıkla tüketicilerin beklentilerini karşılayamayan nihai ürünleri ortaya çıkarmaktadır. Tasarımcıların varsayımları, nihai ürünün kullanıcı ile etkileştiğinde nasıl bir performans sergileyeceği hakkındaki tahminlere dayanır. Bununla birlikte, tasarımcının, ürünün kullanımı ve performansı hakkında yaptığı tahminler her zaman kullanıcının beklentilerini karşılamaz. Tasarımcının tahminleri ve ürünün gerçek kullanımı arasındaki bu türden uyumsuzluklar kullanıcı memnuniyetsizliğine ve ürün hakkında hayal kırıklığına yol açar. Kötü tasarlanmış ürünler, hem kullanıcının, üretici firmaya karşı görüşlerini etkilemekte hem de firmanın kötü tasarlanmış ürün için sonradan ek maliyetlere katlanmasına neden olmaktadır. KMT, ürün tasarım sürecine kullanıcıları katarak bu dezavantajı ortadan kaldırır.

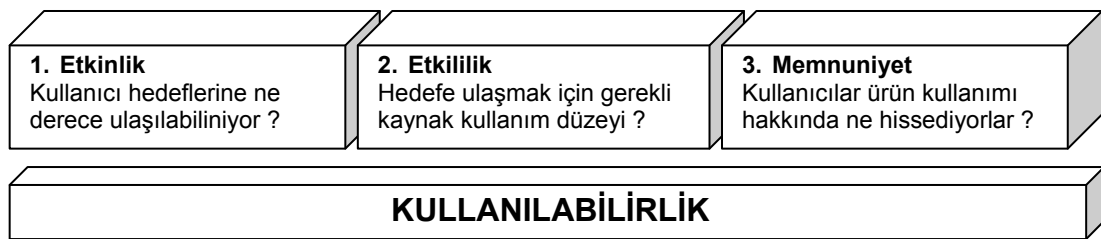
KMT genel anlamda kullanılabilirlik odaklı bir yaklaşımdır. 1970'li yıllarda bilgisayarların insan hayatına girmesi ve bunun sonucunda insan-bilgisayar etkileşimindeki zorlukların ötesinden gelme mantığı ile ortaya çıkan kullanılabilirlik ilk defa deneysel psikoloji konusunda çalışan Scerbo tarafından ortaya atılmıştır [Scerbo, 1995]. Scerbo, kullanılabilir ürünlerin üretilmesinde ortaya çıkan problemlerin çözümünde insan faktörleri ve mühendislik bilimlerinin bir birleşimi olan kullanılabilirliği öne sürmüştür. Kullanılabilirlik kavramı etkililik, etkinlik, performans, yapılma zamanı, kullanıcı memnuniyeti gibi bir dizi kavramı içermektedir. Kullanılabilirlik fonksiyonellikle ilgili olmasına rağmen bu iki kavram birbirinden farklı

anlamlara sahiptir. Fonksiyonellik bir ürünün sahip olduğu özellikleri, işlemleri belirtirken kullanılabilirlik bu özelliklerin, işlemlerin nasıl uygulandığı ile ilgilidir. Örneğin bilgisayarda bazı işlemler hem klavye hem de fare ile gerçekleştirilebilir. Fakat kullanımının daha kolay olması ve kullanıcıların daha çok hoşuna gitmesi fare kullanımını ön plana çıkarmıştır [Scerbo,1995].

Kullanılabilirlik, ürün tasarım literatüründe gittikçe artarak kritik bir boyut olarak tanınmaktadır [March, 1994; Han ve ark., 2000]. Kullanılabilirlik, kullanıcının ürünü kullanımı ile sonuçlanan başarımlarının nasıl olduğu ile ilgilidir [Bennet, 1984]. Kullanılabilirliğin çeşitli tanımlamaları yapılmıştır. Ancak kesin ve homojen bir tarifi yapılamamıştır. Bunun sebebi de uygulama alanının çok geniş bir yelpazeyi kapsamasıdır. Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) kullanılabilirliği şu şekilde tanımlamıştır [ISO 9241, 2001]:

“Bir ürün belirli kullanıcılar tarafından belirli amaçlar için, belirlenmiş ortamlarda ne kadar etkin, etkili ve memnuniyet verici şekilde kullanılmaktadır.”

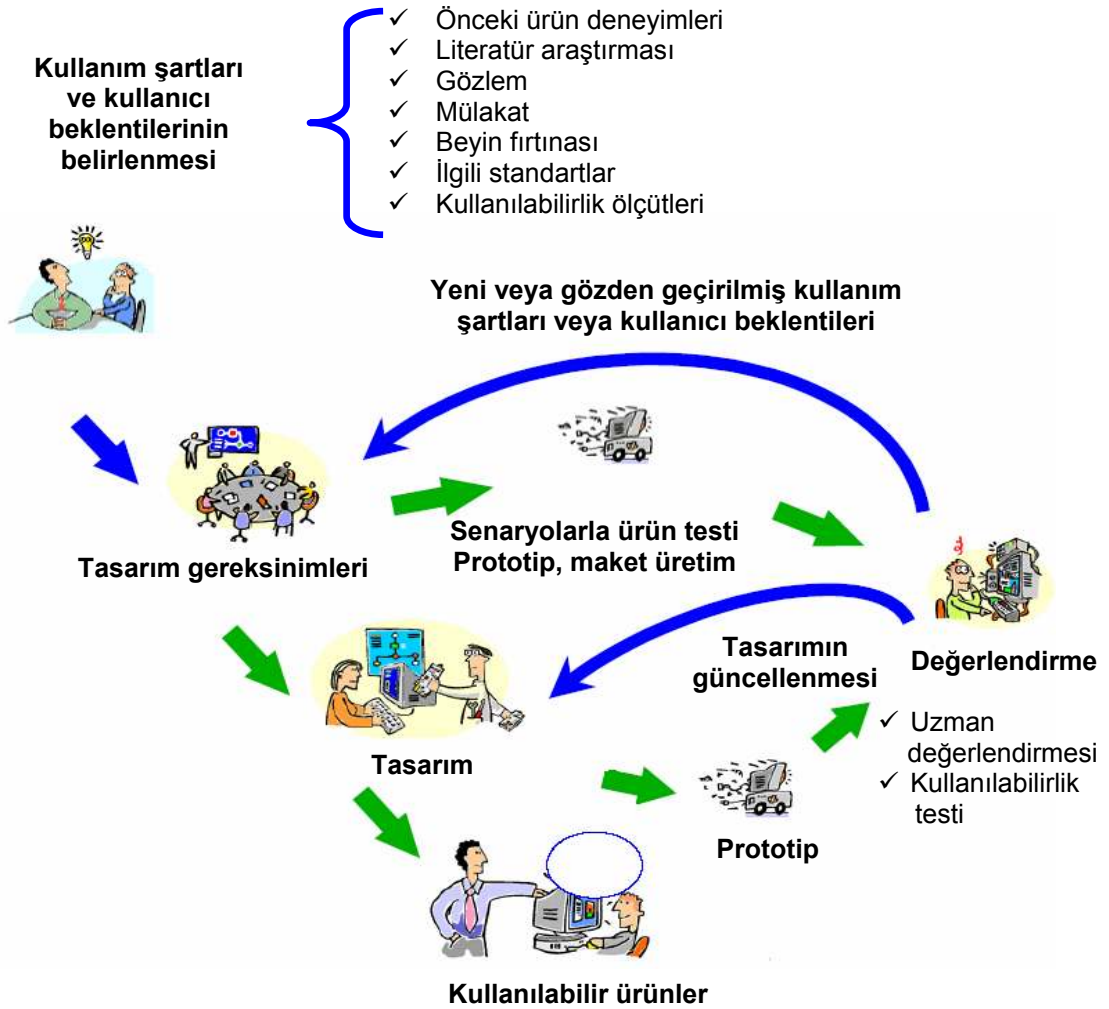
Bu tanım içerisinde üç temel nitelik yer almaktadır [Wixon ve Wilson, 1997]. Bu nitelikler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Kullanılabilirlik kavramının üç temel niteliği

KMT iteratif bir tasarım sürecini içermekte olup kullanıcı bu tasarım sürecinin birçok aşamasında yer almaktadır (Şekil 2.3). [KEN Project Report, 2002]. Kullanıcı, tasarım sürecine, kullanıcı görüşlerinin ve isteklerinin ürün tasarım

özelliklerine yansıtılması, prototip ürünlerin değerlendirilmesi aşamalarında katılmaktadır [Kontogiannis ve Embrey, 1997].



Şekil 2.3. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı

Kullanıcı katılımı tasarımın erken aşamalarında önemli iken, kullanıcı geri bildirimi ürün piyasaya sürüldükten sonra önem kazanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanıcıların ürünle olan etkileşim düzeyi de artırmaktadır. Bu nedenle kullanıcıları tasarım sürecine sokma bu etkileşimin belirlenmesi içinde gerekli bir unsurdur [Butters ve Dixon, 1998]. Lannig kullanıcı merkezli ürün tasarımında kullanıcının rolünü 3 farklı kategoride açıklamıştır [Lannig, 1991]. Kullanıcı, müşteri, ürünle ilgili ihtiyaçları karşılanacak kişi olabilir. Kullanıcı, değerlendirici, ürünü tasarım aşamasında veya pazara

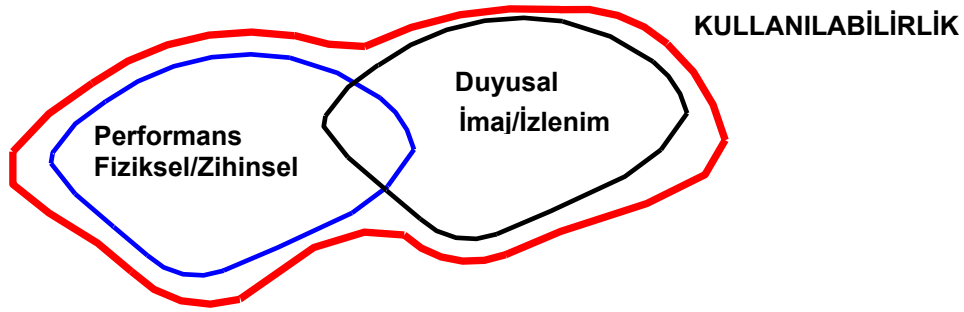
sürülmesinin ardından değerlendirecek kişi olabilir. Değerlendirici en son tasarımın kabul edilebilirliğini, tercih edilebilirliğini, satın alınabilirliğini belirleyen kişidir. Kullanıcı, tasarımcı, ürünü tasarlamaktan sorumlu kişi olabilir.

Ürünlerin kullanıcı merkezli (kullanılabilir) tasarımı için araştırılan kriterler, insan faktörleri literatüründe iki farklı başlık altında toplanmıştır [Han ve ark., 2000, 2001]. Bunlar; kullanıcının ürün ile ilgili duysal ve performans beklentileridir. Performans beklentileri ISO'nun kullanılabilirlik tanımında yer alan etkililik ve etkinlik boyutlarıyla ilişkiyken, duysal beklentiler memnuniyet boyutuyla ilişkilidir.

Duysal (İmaj ve İzlenim) Beklentiler:

İmaj ve izlenim yönü, bir ürünle ilgili düşünce ve duygularla, ondan edinilen etkiyle ya da ürünle ilgili değerlendirme görüşleriyle ilgilidir. Bununla beraber, bazı sübjektif terimler; örneğin memnuniyet ya da tercih kullanılabilirliğin geleneksel tanımı içinde küçük bir parça olarak dikkate alınmaktadır. İmaj ve izlenim; hem bir ürünle ilgili olarak tatmin ve tercih, hem de üründen kaynaklanan duysal izlenim ya da imaj içeren daha geniş bir kavramdır. İmaj ve görünüm etkisi kullanıcının tasarım detaylarına karşı gösterdiği psikolojik tepkiler bütünüdür [Khalid, 2006]. Bu psikolojik tepkiler ürünün fiziksel özellikleriyle kullanıcı duyuları arasındaki etkileşimden doğar (Fung ve ark., 2006). Duysal beklentiler, duysal, hissel ve hedonik kalite olarak ta isimlendirilmektedir. Hissel beklentilerin ölçülmesinde sübjektif ve objektif metotlar kullanılmaktadır. Sübjektif metotlar ürün karakteristiklerinin derecelendirilmesine ve genel olarak ürünün değerlendirilmesine dayalı yöntemleri içerir. Objektif yöntemler ise yüz ifadesi, ses tonu ve yüksekliğine bağlı değerlendirmelerdir [Khalid ve Helander, 2006].

Günümüzde duyusal beklentiler en az fiziksel ve zihinsel beklentiler kadar önemlidir. Bu gibi durumlarda ürün kullanılabilirliğinin belirlenmesinde bu iki beklentinin iç içe olduğu görülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kullanıcı beklentileri arasındaki ilişki [Han ve ark., 2001]

Performans- Fiziksel ve Zihinsel Beklentiler:

Kullanılabilirliğin performans yönü, kullanıcının belli bir amaca ulaşmak için bir ürünle iş yaparken ne kadar etkili ve verimli olduğudur. Performans, genellikle yapılacak işlerin doğruluğu ve hızı bakımından objektif ve niceliksel olarak ölçülmektedir. Performans, kullanıcının ürünü kullanırken, fiziksel ve zihinsel olarak ne kadar çaba harcadığının veri olarak kullanılmasıdır. Örneğin, 15 yıl öncesine kadar bilgisayarlarda DOS işletim sistemi kullanılmaktaydı. Fakat DOS'ta istenilen işlemlerin yazılı komutlarla yapılması, kullanıcılara pek çok komutu ezberde bulundurma zorunluluğu gerektirmiş, bu da DOS'un zihinsel olarak kullanımını zor kılmıştır. Tasarımcılar, bu zorlukları dikkate alarak WINDOWS, LINUX gibi kullanımı kişide oldukça az zihinsel çaba gerektiren işletim sistemleri üretmiştir. Performansa bağlı beklentilerin karşılanıp karşılanmadığı objektif verilerin toplanmasıyla ölçülebilir.

Duyusal veya performans beklentilerinin hangisinin ön plana çıktığı kullanılan ürüne, kullanım ortamına, kullanıcı profiline (yaş, cinsiyet, milliyet, eğitim düzeyi) göre belirlenir. Örneğin NC tezgahında çalışan bir operatör için

etkililik, etkinlik, güvenlik gibi performans kriterleri ön plana çıkarken, bir tilt makinesi için tatmin, memnuniyet, ürüne duyulan his gibi beklentiler ön plandadır (Resim 2.1). Bazı ürünler için ise duyusal ve performans beklentileri aynı önem derecesine sahip olabilir.



(a)



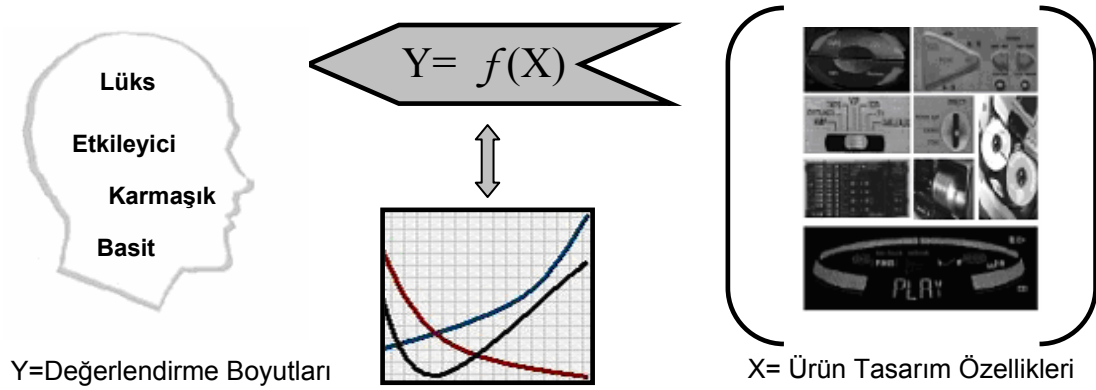
(b)

Resim 2.1. a) NC tezgahı b) Tilt makinesi

2.2. Ürün Kullanılabilirliği ile İlgili Çalışmalar

Bu bölümde performans ve duyusal beklentileri dikkate alan kullanıcı merkezli ürün tasarımıyla ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmalarda performans ve duyusal beklentilerin karşılanması ürün kullanılabilirliğinin (KMT'nin) bir göstergesi olarak ele alınmıştır.

Çalışmaların büyük bir kısmı ürün tasarım karakteristikleriyle ürün kullanılabilirliği arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına yöneliktir. Daha önce bahsedildiği üzere bir ürün için kullanılabilirlik çok boyutlu bir yapıdadır (duyusal ve performans beklentileri). Bir ürünün lüks, çekici, basit veya açıklık gibi farklı beklentileri karşılaması istenebilir. Örneğin, bir müşteri için ürün lüks imajına sahipse, arkasından doğal olarak “onu lüks yapan nedir ?” sorusu akla gelecektir. Buna cevap verebilmek için, ürün kullanılabilirliği ile ürün tasarımı özellikleri arasındaki ilişki açıklanmalıdır ve bu çok boyutlu ve doğrusal olmayan bir ilişkidir (Şekil 2.5) [Han ve Hong, 2003]. Literatürde ki çalışmaların büyük bir çoğunluğu bu ilişkileri açıklamaya yöneliktir.

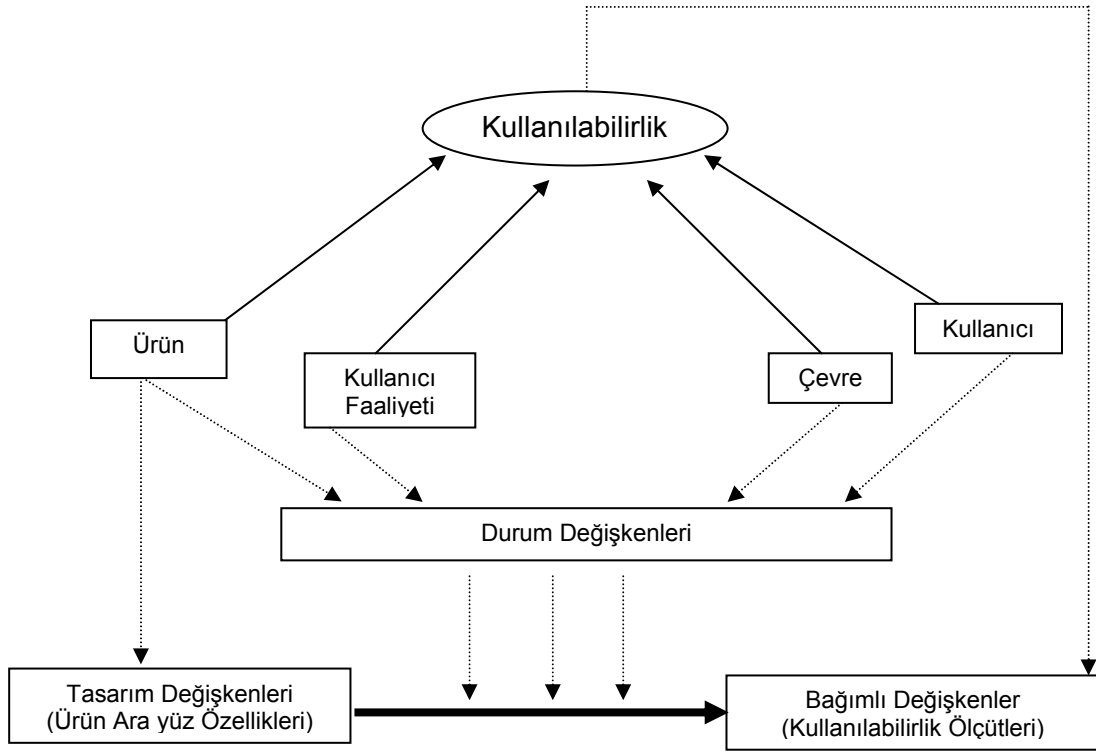


Şekil 2.5. Kavramsal ilişki modeli

Kwahk ve Han, tasarım özellikleri ile ürün kullanılabilirlik boyutları arasındaki ilişkiyi etkileyen durum değişkenlerinin de ürün kullanılabilirliğinin belirlenmesinde önemli bir unsur olduğunu belirtmiştir [Kwahk ve Han, 2002]. Durum değişkenleri olarak ürün, kullanıcı, faaliyet ve çevreden oluşan dört bileşenli iskelet modeli önerilmiştir. (Şekil 2.6).

Kullanıcı Bilgisi: Kullanıcı değişkenleri toplam beş kategori de sınıflandırılmıştır: demografik/sosyal bilgi, fiziksel/psikomotor/fizyolojik karakteristikler, bilgi/tecrübe karakteristikleri, algısal/bilişsel karakteristikler ve duygusal/psikolojik karakteristikler.

Ürün Bilgisi: Değerlendirilecek ürünün şekil ve durumu (kağıt tabanlı tanımlar, modeller, bilgisayar tabanlı prototipler veya tamamlanmış ürünler), ürün hattının seviyesi (prestij, kitle-pazar veya düşük değer hatları), ürün tipi/kategorisi (ev sineması veya tam boyut sistemler, raf, mini veya mikro sistemler, ve mobil ürünler), etiket ismi, firma, ülke, satış sonrası servis kalitesi (veya garanti bilgisi), üretim tarihi, çevresel cihazların mevcudiyeti, kulaklık, bağlantı kabloları, mikrofonlar vb. bilgiler ürün kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde önemlidir.



Şekil 2.6. Kullanılabilirlik değerlendirme çerçevesi [Kwahk ve Han, 2002]

Kullanıcı Faaliyet Bilgisi: Kullanım sıklığı, kullanım süresi, ilk kullanım veya uzun süreli kullanım, zorunlu veya seçmeli, karmaşıklık, kritiklik, yanlış kullanım sonuçları, iletişim çeşitliliği (görsel, dokunma veya işitsel), faaliyetin dinamikliği (kullanma veya gözlemlleme), belirli bir amacın veya hedefin mevcut olup olmadığı gibi kullanıcı faaliyetlerine bağlı olarak kullanılabilirlik değerlendirmesi şekillenebilir.

Çevre Bilgisi: Ürünün kullanıldığı çevre ergonomi çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Kullanıcı performansının, karanlık, soğuk ve gürültülü ortamlarda düştüğü bilinen bir gerçektir.

Öznel tatmin (duyusal beklentiler), orijinal kullanılabilirlik anlayışının bir parçası olmasına rağmen, kullanılabilirlik çalışmalarının çoğu, kullanıcı tarafından yerine getirilen görevlerin doğruluk ve hızı gibi nesnel (objektif) performansla ilgilidir. Nielsen tarafından 1993 yılında yapılan bir araştırmaya

göre; çalışmaların 87%'den fazlası nesnel (etkinlik ve etkililik kriterlerine) performansla bağlantılıdır [Nielsen, 1993]. Bununla birlikte, tüketici ürünleri, özellikle elektronik tüketim malları görüntü, ses, yazılım ve donanımı gibi farklı alanlarda teknolojiyle bütünleşmeye gerektirmektedir. Kullanıcılar bu tarz ürünlerde sadece performans ile değil aynı zamanda ürünün onlarda uyandırdığı görüntü, etki ve haz ile de ilgilenmektedir. Örneğin elektronik tüketim malları, sadece kullanıcının yerine getireceği görev ile ilgili bir araç değil aynı zamanda kullanıldığı ortamdaki (örneğin oturma odasındaki bir televizyon) bir dekorasyondur. Bunun için kullanılabilirliği tanımlamada bir ürünün görünüm ve etkisi performans durumu kadar önem taşımaktadır. Günümüzde çalışmalar öznel (görüntü ve etki) görüşleri vurgulayan kullanılabilirlik anlayışının genişletilmiş bu hali üzerinde yoğunlaşmaktadır [Khalid, 2006]. Yapılan çalışmalar performans beklentilerini dikkate almakla birlikte, bu bölümde sunulan çalışmalar kronolojik sıraya göre incelendiğinde duyuşsal beklentileri dikkate alan çalışmaların sayısının fazlalığı dikkat çekmektedir [Desmet, 2003; Khalid, 2006].

Kullanılabilirliğin öznel boyutuyla ilgili çalışmalarda kullanılan yöntemlerden önemli bir tanesi Kansei Mühendisliğı (KM)' dir. Kansei Japonca ürüne duyulan his anlamına gelmektedir. KM araştırmaları, kullanılabilirliğin öznel görüşünün önemini vurgulayan en geniş anlayışlardan bir tanesidir. Alışverişe çıkan bir kişinin aklında alacağı ürünle ilgili, lüks, gösterişli, güçlü gibi birtakım sıfatlar mevcuttur. KM tüketicinin hislerinin ve aklındaki ürün imajının tasarım aşamasına yansımaları sağlamaktadır [Nagamachi, 1995]. Bu, bir ürün hakkındaki öznel duyguları kelimeler halinde toplama, istatistiksel metotlarla anahtar duyguları belirleme ve bunları deneme, beyin fırtınası ve deney tasarımı ile tasarım özelliklerine çevirme olarak karakterize edilebilir.

KM, tüketicinin algıladıklarının, duygularının ve zihinsel imajlarının hissedilebilir, dokunabilir objelere dönüştürülmesini sağlayan müşteri odaklı

bir ürün geliştirme teknolojisidir. Geleneksel ürün tasarımında süper hassasiyetle ve yetenekle donatılmış olan tasarımcı ön plandadır, KM teknolojisinde ise insan duyarlılığı ve tasarım arasındaki, yüksek bireysellik ve psikoloji içeren ilişki ön plandadır.

Gelişmiş bir KM sistemi, bilgisayar destekli olan bir sistemdir. Bu sistem 5 alt veritabanına ayrılır [Nagamachi, 1995].

Kansei Veritabanı: Kansei kelimesine ait insan his ve isteklerini anlatan ifadeler, mağazalarda satış elemanları ve tüketiciler arasında geçen kelimelerden oluşur. Bu kelimeler yaklaşık 600 civarında olup, bu kelimeler kansei veritabanında ölçeklendirilerek toplanır. Bu ölçeğe SDÖ denir. Bu ölçeklerden elde edilen veriler, faktör analizi ile incelenir.

İmaj Veritabanı: SDÖ analizinden sonra, veriler Hayashi Quantative Teorisi ile tekrar analiz edilir. Bu analiz nitel verilerin bağımsız değişken olduğu durumlarda kullanılan çoklu regresyon analizinin özel bir türüdür. Bu analizle kansei kelimeleri ve tasarım elemanları arasındaki istatistiksel bağlantılar kurulur. Örneğin tüketici göz kamaştırıcı bir şeyler istiyorsa, bu sistemde bu kelimeye ait tasarımlar bulunur.

Bilgi Veritabanı: Bilgi veritabanı, kansei kelimeleri ile tasarım ayrıntıları arasında ki ilişkileri içerir. Bu kurallar çoklu regresyon yöntemleri ve YSA gibi yöntemlerden elde edilir.

Tasarım ve Renk Veritabanı: Sistemdeki tasarım verileri, tasarım ve renk olarak ayrı ayrı bu veri tabanında tutulur.

KM Sistem Prosedürü: Tüketici girişleri sisteme girilir. Bu kelimeler KM tarafından kelime veritabanından alınır ve sistemde bulunup bulunmadığının kontrolü yapılır. Eğer bu kelimeler mevcut ise bilgi veritabanına transfer edilir.

Burada kural ve bağlantıları gerçekleştirilir. Bundan sonra KM tarafından tasarım detayları belirlenir. KM, otomobil dış tasarımı [Horiguchi ve Suetomi, 1995], renkli fotokopi makineleri [Fukushima ve ark., 1995], mutfak tasarımı [Matsubara ve Nagamachi, 1996], otomobil gösterge paneli tasarımı [Tanoue ve ark., 1997; Jindo ve Hirasago, 1997], ayakkabı tasarımı [Ishihara ve ark., 1997] ve iş makineleri tasarımı [Nakada, 1997] gibi ürünlerin tasarımına uygulanmıştır.

Mori Kaba Kümeler yöntemini KM'ye uygulamıştır [Mori, 2002]. Ürün tasarımda etkin tasarım parametrelerini belirlemeye çalışmıştır. Müşteri gözünde araba tasarımını etkileyen faktörler Kaba Kümeleme yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır [Nishino ve ark., 2001; Mori, 2002].

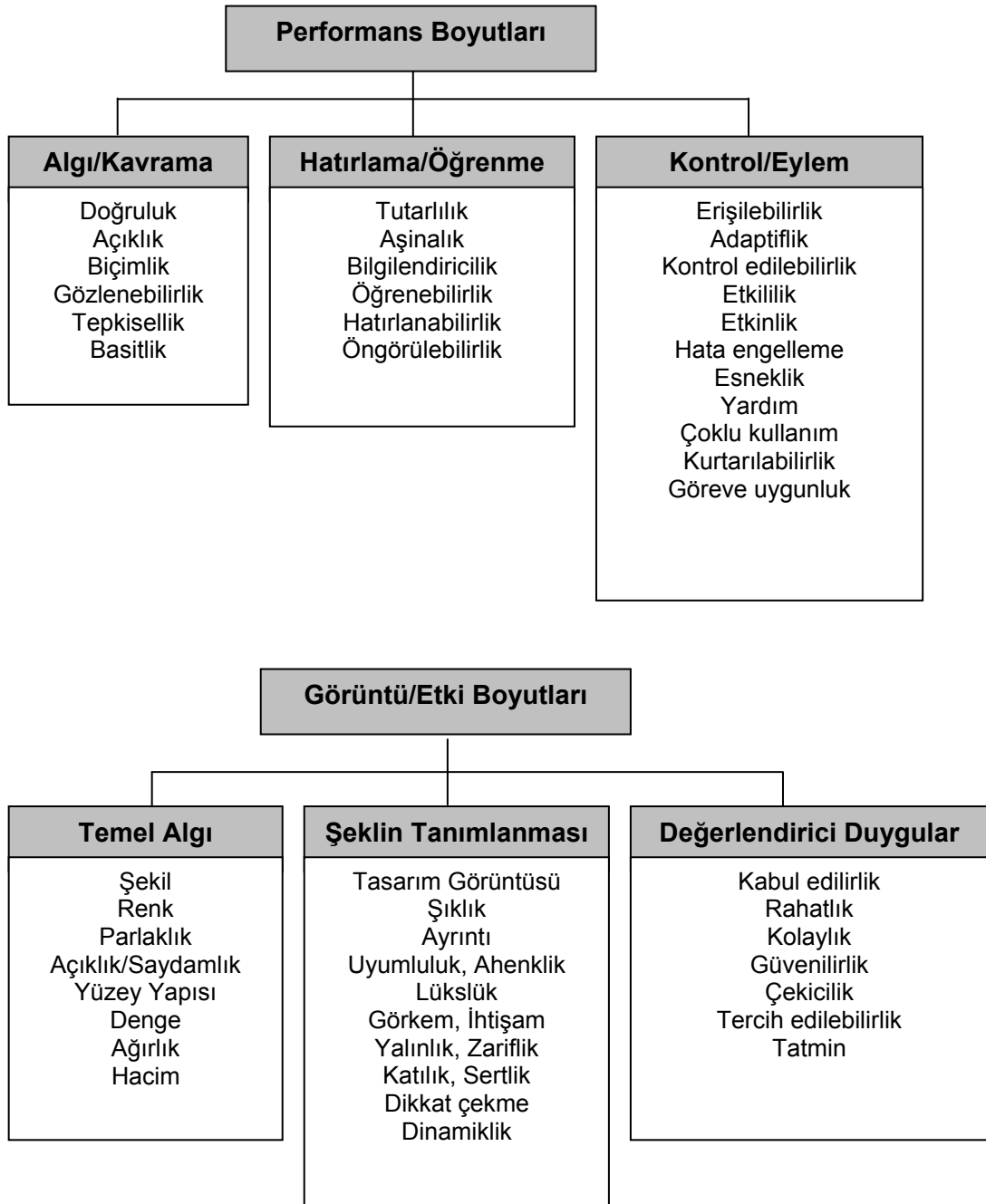
Kullanıcı dostu ve estetik açıdan uygun ergonomik ürün geliştirme stratejisi olarak *High Touch* yöntemi geliştirilmiştir [Lee ve ark. 1997, 2001]. *High Touch* bir ürün ile ilgili müşteri ihtiyaçlarının ergonomistler ve diğer tasarımla ilgili uzmanlar tarafından sistematik bir şekilde adım adım ürün tasarım unsurlarına dönüştürülmesidir. Ergonomi konusunda uzmanlar iş analizi, mevcut ürün kullanım tecrübeleri, odak grup yöntemlerini kullanarak ürünle ilgili insan karakteristikleri (antropometrik gereksinimler, zihinsel faktörler), insan-ürün ara yüz unsurları gibi ergonomik değerlendirme kriterlerini belirlerler. Tasarlanacak ürün hiyerarşik olarak fonksiyonlarına ayrılır. Bu fonksiyonlarla önceden belirlenmiş olan ergonomik kriterlerin birbiriyle olan ilişkisini tanımlamak üzere bir matris oluşturulur. İlgili matriste hücre değerleri ürün fonksiyonlarıyla ergonomik kriterler arasında herhangi bir uyumsuzluk, eksiklik veya soruna işaret edecek şekilde doldurulur. Matristeki bu işaretler yeni ürün fonksiyonlarının tasarlanması veya ürünle ilgili yeni fikirlerin doğmasına yardımcı olur. Yeni fikirlerin veya tasarımların oluşturulmasındaki önceliklerin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) gibi çok amaçlı karar verme yöntemlerinden faydalanılır. Bu öncelik sıralaması dikkate alınarak ürün tasarımcıları ve ergonomistler tarafından yeni fikirlerin

uygulanabilirlik derecesi değerlendirilir. Uygun fikirler ürün tasarım sürecine dahil edilir.

Han ve arkadaşları kullanılabilirliğin öznel duyguları ilgilendiren boyutları içermesine rağmen, literatürde tüketim mallarının (özellikle elektronik tüketim mallarının) görüntü ve etkisini kesinleştiren sistematik bir çalışmanın bulunmadığını belirtmiştir [Han ve ark., 2000, 2001]. Çalışmalarında, elektronik tüketim mallarının kullanılabilirliğini, kullanıcıların hissettikleri görüntü-etki ve ürün performansının birlikte değerlendirilmesiyle mümkün olabileceğini vurgulamışlardır.

Bir ürünün insan ara yüzü, kullanıcının gördüğü, duyduğu, dokunduğu ya da işittiği nesnelerin toplamı olarak tanımlanmıştır. Bunlar; boyut, genişlik, işlem şartları gibi tasarım değişkenleridir. Diğer bir deyişle bunlar, kullanılabilirlik noktasında bir ürünün özellikleridir. Kullanılabilirlik, hem ürünün bütün olarak hem de ürünün herhangi bir bileşeni tarafından etkilenmektedir. Örneğin, bir CD çalardaki kontrol düğmesinin rengi ya da boyutu, ürünün görüntü/etkisini etkilemektedir. Ürünün bütün gövdesinin şekli de ürünün görüntüsünü etkilemektedir. Bir ürünü tasarlamak ve değerlendirmek için her bir kullanılabilirlik boyutu için hangi ürün bileşeninin önemli olduğunun belirlenmesi gerekir.

Han ve arkadaşları ürün ara yüz unsurlarının ürün performansı ve görüntü üzerindeki etkisinin modellemek için performans ve görüntü/etki boyutlarını Şekil 2.7’de ki gibi detaylandırmıştır [Han ve ark., 2000]. Birinci grup, kullanıcının performansını ölçen performans boyutları olarak tanımlanmıştır. Daha sonra performans boyutları, algı/idrak, öğrenme/hatırlama ve kontrol/hareket olmak üzere üç grupta sınıflandırılmıştır. Algı/idrak kategorisi, kullanıcının bir ürünün ara yüzünü yorumlama ve algılama düzeyini belirlemek için uygulanabilecek kullanılabilirlik boyutlarını içermektedir.



Şekil 2.7. Kullanılabilirlik boyutları

Öğrenme/hatırlama boyutu, kullanıcıların ürüne alışma hızı ve ürünün fonksiyonlarını hatırlama düzeyini açıklamaktadır. Kontrol/hareket kategorisi, kullanıcı kontrol faaliyetleri ve bunun sonuçlarını açıklayan boyutlardır. Toplam 23 adet performans boyutu tanımlanmıştır.

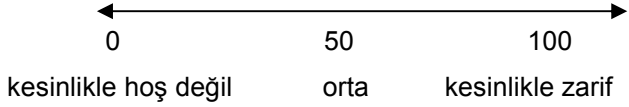
İkinci grup, kullanıcının ürün hakkındaki görüntü ve etkisi ile ilgili algısını ölçen görünüm/etki boyutları olarak tanımlanmıştır. Görünüm/etki boyutları, temel duyu, ürün şeklinin tanımlaması ve duygu/davranış değerlendirmesi olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Tanımlama kategorisi ürünün imaj/izleniminin kullanıcının kendi deneyimine dayalı olarak tanımlamasını içermektedir. Temel duyular ürün tarafından ilk görünüşte algılanan etki ve basit görüntü ile ilgili boyutlardır. Son olarak, duygu/davranış değerlendirme, ürün hakkındaki yargısal ya da davranışsal duyguları açıklamaktadır. Toplam 25 adet görünüm/etki boyutu tanımlanmıştır.

Daha sonra ürün özellikleri (ara yüz unsurları) ile kullanılabilirlik boyutları (23 performans boyutu, 25 görünüm/etki boyutu) arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak üzere bir model geliştirilmiştir [Han ve ark., 2000, 2001]. Ara yüz unsurlarını ölçmek üzere farklı ölçüm skalaları (4 farklı skala) kullanılmıştır.

- Değerlendirme/takdir: Değerlendirme skalası kullanılarak ara yüz unsuruna uygun değerini vermek
- Ölçüm: Ara yüz unsurunun fiziksel boyutunu ölçmek
- Kategori: Ara yüz unsuru için uygun bir kategori seçme
- Çift değişkenli seçim: Evet ya da hayır'ı seçme

Ara yüz unsurlarının ölçüm değerlerini bağımsız değişken, 48 kullanılabilirlik boyutunun her birini bağımlı değişken alacak çoklu regresyon modelini kurmak üzere 36 farklı sesli/görüntü elektronik tüketim mallarından ara yüz unsurları 4 farklı ölçüm skalasından uygun olanı ile toplanmıştır. Bu 36 farklı ürün içerisinde CD çalar, VCR, ses amplifikatörleri gibi çeşitli ürünler yer almıştır. Farklı yaş gruplarından 30 kullanıcıdan bu ürünlerin her birini her bir kullanılabilirlik boyutu için 0-100 görsel analog skalasında değerlendirmeleri istenmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Zarafeti değerlendirmek için görsel skala

Boyut	Zarafet
Tanım	Bir ürünün zarif olma derecesi
İlgili kelimeler	Zarif, kibar, hoş vs.
Değerlendirme ölçeği	

Değerlendirme sırasında kullanıcılara ürüne dokunmaları ve çalıştırmaları için izin verilmiştir. Sonuçta kurulan 48 çoklu regresyon denklemi ile hangi kullanılabilirlik boyutunun hangi ara yüz unsuru ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. KM ile birlikte önerilen bu metodoloji literatürde kabul görmüştür.

Kullanılabilirlik boyutları ile ürün ara yüz özellikleri arasındaki ilişkinin modellenmesinde en sık kullanılan yöntem regresyon yöntemleridir. Regresyon yöntemlerinin dezavantajlarından biri bağımsız değişkenler (ara yüz unsurları) arasında korelasyon olması durumunda model geçerliliğinin tespitinde kullanılan R^2 (determinasyon katsayısı), RMSE (hata kareler ortalaması) veya PRESS (kareler toplamının tahmini) gibi istatistiksel değerlerin küçük çıkmasıdır. Ayrıca çok fazla sayıda bağımsız değişken bulunması da modelin geçerliliğini düşürmektedir. Han ve Kim, ürün kullanılabilirliğini etkileyen kritik tasarım değişkenlerini bulmak için temel bileşenler regresyon, kümeleme analizi, kısmi en küçük kareler regresyon ve uzman görüşlerine dayalı ön eleme yöntemlerini karşılaştırmıştır [Han ve Kim, 2003]. Han ve Yang ise genetik algoritma temelli kısmi en küçük kareler hata yöntemini kullanarak klasik regresyon yönteminin dezavantajlarını ortadan kaldıran geçerliliği ve doğruluğu yüksek modeller kurmuştur [Han ve Yang, 2004].

Tüketici elektronik ürünlerinin görünüm ve estetik açıdan değerlendirildiği başka bir çalışmada, 36 farklı ürün tipi kullanarak 25 görünüm/ımaj boyutuyla 52 tasarım değişkeni arasındaki ilişki varyans analizi, faktör analizi, kanonik

korelasyon yöntemlerinden yararlanarak ortaya çıkarılmıştır [Yun ve ark., 1999]. Varyans analizi ile görünüm/imağ boyutlarının ürün markası, cinsiyet ve bunlar arasındaki ikili, üçlü etkileşimlerinden hangisi ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Faktör analizi sonuçlarıyla müşterilerin aslında 25'den çok daha az sayıda görüntü/imağ boyutuyla (3 faktör) ürünü değerlendirdiği ortaya çıkarılmıştır. Kanonik korelasyon yöntemiyle tasarım değişkenlerinin görünüm/imağ boyutlarına etkileri analiz edilmiştir. Benzer bir çalışmada küçük elektronik ürünlerden beklenen imaj/görüntü özelliklerinin belirlenmesi için yapılmıştır [Chuang ve Ma, 2001].

Müşteri duygularını/hislerini ve çok amaçlı doğrusal programlama yöntemlerini kullanarak insan duygu/hislerini tasarım unsurlarına dönüştürmeyi sağlayacak bir ürün tasarım yöntemi önerilmiştir [Kwon, 1999]. Korelasyon analizi ve regresyon analizinden faydalanılarak ürüne duyulan hislerle tasarım özellikleri arasındaki ilişki incelenmiş ve daha sonra buradan elde edilen verilerle kurulan çok amaçlı doğrusal programlama modeli çözülerek müşteri isteklerine en uygun ürün tasarım özellikleri belirlenmiştir.

Cep telefonlarının şekil tasarımında kullanıcı tercihlerini dikkate alan bir çalışma yapılmıştır [Chuang ve ark., 2001]. Cep telefonlarını tanımlayan 11 imaj kelimesi kullanılarak 40 telefon SDÖ ile değerlendirilmiştir. Daha sonra çoklu regresyon analizi kullanılarak imaj kelimeleriyle 6 tasarım faktörü ve bunlara ait 24 faktör seviyesi arasındaki ilişki modellenmiştir. Cep telefonlarının şekil tasarımı için SDÖ'yü kullanan benzer bir çalışma daha yapmıştır [Hsu ve ark., 2000]. Tasarımcının ve kullanıcının algıladığı imaj kelime tercihlerinin aynı ürünler için farklı olduğu belirlenmiştir.

Ürün tasarım parametreleriyle ürünü tanımlayan sıfat/imağ kelimeleri arasındaki ilişkinin modellenmesinde YSA'dan faydalanılmıştır [Hsiao ve Huang, 2002]. Tasarım özelliklerini giriş değerleri imaj kelimelerini ise çıkış değerleri alarak kurulan çok katmanlı perseptron ağında, geri yayılım

algoritması ilişkinin öğrenilmesinde kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem sandalye tasarımına uygulanmıştır. Ayrıca yöntemin diğer ürünlerin tasarımında da kolaylıkla kullanılabileceği belirtilmiştir.

Liu, literatüre *mühendislik estetiği* kavramını kazandırmıştır [Liu, 2003]. Mühendislik estetiği ürünlerin veya sistemlerin estetik tasarımında mühendislik ve bilimsel metotların nasıl ortak kullanılacağı ve ürünlerin estetik açıdan nasıl değerlendirileceğine yönelik bir yaklaşımdır. Mühendislik estetiği yaklaşımının temelini iki prosesli araştırma metodolojisi oluşturmaktadır.

Anlamsal Çerçeve Tanımlaması (SED) yöntemi kullanılarak 4 farklı otomobil iç tasarımı değerlendirilmiştir [Karlsson ve ark., 2003]. SED, ürün ve çevre ile ilgili genel izlenim ve etkilerin ölçüm ve değerlendirilmesine yönelik geliştirilmiş bir araçtır. SED'de değerlendirme 6 imaj kelimesi (hoşnutluk, karmaşıklık, bütünlük, kapalılık, güçlülük, sosyal durum, etkileme) ve yedi ölçekli likert skalası kullanılarak yapılmaktadır.

Tüketici ürünlerine karşı duygusal tepkinin ölçülmesinde Ürün Duygusal Ölçüm Enstrümanı (PrEmo-Product Emotion Measurement Instrument) geliştirilmiştir [Desmet, 2003]. PrEmo kullanıcıların ürünleri 14 hareketli yüz ve vücut karakterine göre değerlendirdiği sözel olmayan pratik bir metottur.

Cep telefonları için ürün memnuniyetini etkileyen tasarım özelliklerini belirlemek için ampirik modellerden yararlanılmıştır [Han ve ark., 2004]. Cep telefonları şekil, renk, menü tasarımı, kullanılan malzeme, düğmelerin yerleşimi gibi çok farklı tasarım özelliklerine sahiptir. Tasarım özelliklerin hangi ürün tatmin boyutuyla (örneğin etkileyicilik, ahenklik, uyumluluk, lükslük, genel memnuniyet) nasıl bir ilişki yapısına sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Etkileyici ve estetik açıdan iyi tasarlanmış ürünlerin hem müşteri ilgisini üzerine toplayacağı hem de firma imajını artıracacağı düşüncesinden hareketle

ofis sandalyesi şekil tasarımında kümeleme tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir [Park ve Han, 2004]. Ofis sandalyelerinin görünümünü tanımlayan 13 imaj kelimesi ile 48 tasarım parametresi arasındaki ilişkilerin çıkarımında Chiu tarafından önerilen kümeleme tahmini temelli model belirleme yöntemi kullanmıştır [Chiu, 1994].

Khalid ve Helander, ürün tasarımında duyuşal, hissel müşteri ihtiyaçlarının bütünsel (holistik, genel görünüm, büyüklük, şekil, renk vb.), fonksiyonel (düğmelerin büyüklüğü, gösterge ve kontrollerin yerleşimi vb.) ve detaylı tasarım-sitil (şpesifik buton veya düğmenin rengi, şekli, büyüklüğü vb.) olmak üzere 3 özellik altında toplandığı hipotezini ispatlamıştır [Khalid ve Helander, 2004]. Ürün tasarımında müşteri istekleri ve müşterinin önceki ürün deneyimleri ve tecrübelerine bağlı olarak bu özelliklerin önem derecesinin değiştii belirlenmiştir. Ürünle ilgili deneyim ve tecrübesi olmayan kullanıcıların bütünsel ve sitil özellikleri ile ilgilenirken, deneyimli kullanıcıların fonksiyonel özelliklerle ilgilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Petiot ve Yannou müşterilerin ürün algılama düzeyine bağlı olarak ürün semantiğini değerlendirmede çok aşamalı bütünselik bir yaklaşım önermiştir [Petiot ve Yannou, 2004]. Kullanılabilirlik testi, çok boyutlu ölçekleme, SDÖ, faktör analizi, ikili karşılaştırma ve AHP teknikleri geliştirilen modelde kullanılmıştır. İdeal bardak tasarımlarının geliştirilmesine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Bloch ürün görünümünün, müşteri beklentilerini karşılamada önemli bir faktör olduğunu geliştirdiği kavramsal bir model ile açıklamıştır [Bloch, 1995]. Creusen ve Schoormans bu modelden yararlanarak ürünü satın almada etkili olan görünümü ile ilgili faktörleri 6 grupta (estetik değer, sembolik değer, fonksiyonel ürün değeri, ergonomik ürün değeri, dikkat çekme-cezbeme değeri, sınıflandırma değeri) toplamıştır [Creusen ve Schoormans, 2005]. 142 kişi üzerinde gerçekleştirilen deney çalışması sonucunda estetik,

sembolik ve ergonomik değerlerin sırasıyla en önemli faktörler olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ürün tipinin bu faktörlerin önem derecesini belirlemede önemli bir kriter olduğu vurgulanmıştır.

Hsiao ve Liu, yapay zeka tekniklerinin; bulanık kümeler, YSA, Genetik Algoritma gibi, ürün tasarımında sistematik şekilde kullanımına yönelik bir yaklaşım önermiştir [Hsiao ve Liu, 2004]. Belirsiz ve açık olmayan müşteri gereksinimlerinin toplanmasında bulanık kümeler, müşteri gereksinimleri ile ürün tasarım parametreleri arasındaki ilişkinin öğrenilmesinde YSA, müşteri gereksinimlerini en iyi karşılayacak ürün tasarım parametrelerinin optimal kombinasyonlarının belirlenmesinde ise Genetik Algoritma kullanılmıştır. Genetik Algoritmanın uygunluk fonksiyonu değerinin hesaplanmasında YSA'dan elde edilen çıktılar ve müşteri ihtiyaçları kullanılmıştır. Hsiao ve Tsai başka bir çalışmada bulanık-sinir ağını, tasarım parametreleri ile imaj kelimeleri arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasında kullanırken, bulanık-sinir ağının çıktısını genetik algoritmanın uygunluk değeri olarak kullanmış ve imaj kelimelerine en yakın ürün tasarım parametrelerini belirlemiştir [Hsiao ve Tsai, 2005].

Kalite ürünün müşteri isteklerini ve beklentilerini karşılamasıdır. Duyusal kalite ise ürünün müşteri tarafından duyusal yönden tercih edilmesini sağlayacak ürün özelliklerine sahip olması olarak tanımlanmıştır. Lai ve ark sağlam tasarım metodolojisi kullanılarak ürüne duyulan hissel beklentilerin iyileştirilmesine yönelik bir uygulamayı otomobil dış tasarımı için gerçekleştirmiştir [Lai ve ark., 2005a]. Taguchi deney tasarımındaki sinyal/gürültü oranından faydalanarak otomobil dış tasarımını belirleyen 13 tasarım parametresinin (her biri 3 seviyeli) en iyi seviyeleri 3 duyusal kalite özelliği (aile tipi, şehir kullanımı, gençliğe özgü) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Kullanıcının ürünle ilgili beklentilerini tasarım elemanlarına dönüştürmek için kullanıcı merkezli bir metot önerilmiştir [Lai ve ark., 2006]. Cep telefonlarının

form tasarımında şekil ve rengin önemini belirlemek için Quantative Theory Type I ve YSA'dan faydalanılmıştır. 3 renk özelliğinin (parlaklık, renk tonu, berraklık) oluşturduğu 72 renk kombinasyonu ve 4 farklı telefon şekli arasından (toplamda $72 \times 4 = 288$ farklı alternatif) 3 görünüm kelimesine en uygun tasarım özellikleri belirlenmiştir. Lai ve arkadaşları, cep telefonu için benzer bir çalışmayı GİA ve YSA yöntemlerinden faydalanarak yapmıştır [Lai ve ark., 2005b]. 9 cep telefonu özelliği ile bir imaj kelimesi arasındaki ilişki bu yöntemler kullanarak belirlenmiştir. YSA ile GİA'dan daha iyi sonuç elde edilmiştir.

Ürün şekliyle ilgili temel duysal tepkileri belirlemede faktör analizi tekniğinden faydalanılmıştır [Hsiao ve Chen, 2006]. Üç farklı ürün grubu (otomobil-117 adet, oturma grubu-74 adet, su ısıtıcısı-64 adet) ve ürünleri tanımlamada etkili 100 semantik sıfat belirlenmiştir. Kart sıralama (KJ metodu) ile benzer ürünler gruplandırılarak temel ürün grupları seçilmiştir (19 otomobil, 20 oturma grubu, 21 su ısıtıcısı). Benzer şekilde kart sıralamayla 28 sıfat seçilmiştir. 30 kullanıcı 7 ölçekli SDÖ ile ürünleri değerlendirmiştir. Toplanan deneysel veri faktör analizi yöntemiyle incelenmiştir. Sonuçta temel dört duysal faktör ortaya çıkmıştır; trend, his, karmaşıklık ve güç. Ayrıca hangi ürün karakteristiğinin hangi duysal boyutla ilgili olduğu belirlenmiştir.

Cep telefonlarının kullanıcı ara yüzlerini sistematik olarak değerlendirmek için SEM-CPU (Systematic evaluation methodology for cell phone user interface) yöntemi önerilmiştir [Lee ve ark., 2006]. SEM-CPU beş ampirik yöntemden faydalanarak kullanılabilirlik problemlerini ortaya çıkaran ve uygun tasarım spesifikasyonları öneren bir yaklaşımdır.

Müşteri hislerini ürün tasarım elementlerine dönüştürmede ilişkisel kural madenciliği yöntemi kullanılmıştır [Jiao ve ark., 2006]. Veri madenciliği ile elde edilecek bilgilerin gelecekte yapılacak tasarım aktivitelerinde kullanılabileceğine değinilmiştir.

Müşteriyi tasarım sürecine dahil eden estetik tasarımlar ortaya çıkarmak için interaktif azaltılmış evrimsel hesaplama yöntemi önerilmiştir [Yanagisawa ve Fukuda, 2006]. Müşterilerinin farklı beklentilere sahip olması ve bunlarında zaman içerisinde hızlı değişimi müşteri bazlı ürünlerin tasarlanmasını gerekli kılmaktadır. Kendi elbisesini diken bir terzi gibi kullanıcıyı tasarım sürecine sokmak bu nedenle arzu edilen bir durumdur. Ürün tasarım özelliklerini giriş değeri olarak alan evrimsel algoritmanın uygunluk değeri olarak kullanıcının ürün değerlendirmesinden faydalanılmıştır. Kaba Kümeleme de ki azaltma özelliğinden faydalanarak yalnızca kullanıcıyı etkileyen, kullanıcının ilgisini çeken tasarım özellikleri evrimsel algoritmanın sonraki nesil hesaplamaların da dikkate alınmıştır.

Kullanıcı merkezli ürün konsepti geliştirme de öz düzenlemeli haritadan da faydalanılmıştır [Chen ve ark., 2006]. Öz düzenlemeli haritayla kullanıcıların duyuşsal beklentileriyle tasarım özellikleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Wu ve arkadaşları ise kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımını dikkate alan yeni ürün fikirlerinin geliştirilmesinde olay temelli çıkarım yaklaşımını kullanmıştır [Wu ve ark.,2006].

Chen ve Chang biçimsel sitilin ürün farklılaştırması için önemli bir unsur olduğunu vurgulamıştır. Ürünler biçimsel sitil açısından biçimsel elementler ve sitilistik özellikler olarak iki farklı başlık altında değerlendirilmiştir. Biçimsel elementler ürünün sahip olduğu fiziksel özelliklere, sitilistik özellikler ise ürünün psikolojik etkisiyle ilişkilendirilmiştir. SDÖ ve bulanık küme teorisinden faydalanılarak ürünlerin biçimsel sitil farkları ortaya çıkarılmıştır [Chen ve Chang, 2006]. Ürün farklılaştırmasında ürün tasarımını (sitil) dikkate alan bir başka çalışmada Fung ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [Fung ve ark., 2006]. Ürün sitili, görünüm açısından haz ve memnuniyet veren ürünlerin yaratılması olarak tanımlanmıştır. Ürün sitiline karşı müşterilerinin tercihlerini modelleyecek bir yapı önerilmiştir. Modelde ürün sitilini fiziksel ve bilgilendirici özellikler oluşturmaktadır. Bu özellikleri dikkate alan kullanıcı ürünü satın alma

kararını vermektedir. Satın alma belirli bir trendi aştığında ise mevcut ürün moda konumuna gelmektedir. Moda olmuş ürün de ürün sitilini diğer bir deyişe ürün tasarımını etkilemektedir. Önerilen modelde stil ürün platformu geliştirmede modüler bir unsur olarak dikkate alınmıştır.

2.3. Değerlendirme

Literatürde ki çalışmaların incelenmesinin sonucunda aşağıdaki değerlendirmelere ulaşılmıştır.

- KMT ve ürün kullanılabilirliği ürün tasarım prosesinde önemli bir noktaya gelmiştir. Kullanıcı beklentilerin belirlenmesi ve ürün tasarımının bu beklentilerin analizi doğrultusunda şekillendirilmesi üreticilerin ve şirketlerin rekabet edebilirliği ve sürekliliği için bir zorunluluk haline gelmiştir.
- Performans beklentilerinin belirlenmesi ve analizi için standart yöntemler ve prosedürler olmasına rağmen duysal beklentilerin belirlenmesi ve analizi için henüz bu tip standartlar veya yöntemler tam anlamıyla oluşturulamamıştır. Bu nedenle kronolojik sıraya göre çalışmalar incelendiğinde de görüleceği üzere duysal beklentileri dikkate alan çalışmaların sayısında büyük bir artış gözlenmektedir. Mobil telefon gibi teknolojik açıdan doygunluğa ulaşmış tüketici elektronik ürünlerinde duysal ve hissel müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi ön plana çıkmaktadır [Creusen ve Schoormans, 2005]. Şekil ve görünüm açısından duysal beklentileri karşılayan ürünler müşterilerin satın alma sürecinde dikkat ettiği bir özelliktir [Yamamoto ve Lambert, 1994].
- Tasarım süreci, özellikle şekil ve görünüm tasarımı, hala bir kara kutu olarak görülmektedir [Hsiao ve Chou, 2004]. Tasarımcı çoğu zaman kendi yaratıcı, yenilikçi fikirlerini ve sosyal yaşamdaki güncel trendleri dikkate alarak tasarımı şekillendirmektedir. Bu yaklaşım ise her zaman ürünün

başarıya ulaşmasını sağlayamamaktadır. Literatürdeki çalışmaların büyük kısmı tasarımcının bu dezavantajı ortadan kaldıracak biçimde duyusal beklentilerle ürün tasarım parametreleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaya yöneliktir. İstatistiksel analizler (regresyon, faktör, kümeleme, korelasyon vd.), Bulanık Mantık, YSA, Evrimsel Algoritmalar, Kaba Kümeleme yöntemleri veya bunların melez modelleri bu ilişkilerin analizinde en sık kullanılan yöntemlerdir.

- Önerilen çoğu yaklaşımda ya ilişkiler ortaya çıkarılmakta ya da tasarımcı tasarım sürecinin dışına itilmekte ve kullanıcının duyusal beklentilerinin analiziyle elde edilecek bilginin tasarımın oluşturulması için yeterli olacağı düşünülmektedir. Bu yaklaşım doğru olmakla birlikte kullanıcıdan elde edilen bilgi ışığında tasarımcıyı da tasarım sürecine katmak ürünün başarısını artıracaktır. Yapılan çalışmalar, tasarımcının ve kullanıcının algıladığı beklentilerin her zaman aynı olmadığını göstermektedir [Hsu ve ark., 2000]. Bu nedenle hem tasarımcıdan hem de kullanıcıdan gelecek bilginin tasarımın başarısını artıracacağı açıktır. Burada ise önemli olan kullanıcıdan elde edilecek bilginin tasarımcının anlayabileceği bir dile dönüştürülmesi ve tasarımcının kullanıcıdan gelen bu bilgiyi dikkate alarak tasarımı oluşturmasıdır.

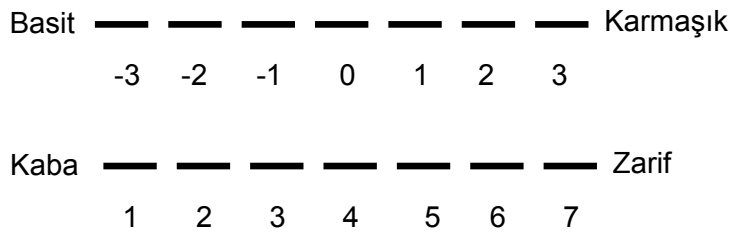
Değerlendirme sonuçları önerilen modelin literatürde yer alan eksiklikleri tamamlayacak özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 1.1). Önerilen model ürün tasarım parametreleriyle duyusal beklentiler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaktadır. Bulanık kurallar şeklinde ortaya çıkarılan ilişki yapısı ise tasarım sürecinde tasarımcıya yol gösterir niteliktedir. Model kullanıcıdan elde edilecek soyut ve açık olmayan bilgiyi tasarımcının anlayabileceği somut ve nicel bilgiye dönüştürmektedir. Elde edilen bu bilgi ise tasarımcının başarılı ürünler ortaya çıkarmasının sağlayacaktır. Önerilen model, tasarım sürecine hem kullanıcıyı hem de tasarımcıyı aktif olarak katmaktadır.

3. SEMANTİK DİFERANSİYEL ÖLÇEĞİ

İfadelerin/anlamların iki parçadan oluştuğu kabul edilmektedir [Osgood ve ark., 1957].

- Nesne/Objekt
- İşaret

Bu kavramlar bir örnek üzerinde şu şekilde açıklanabilir. Kelime olarak çekik ile nesne olarak çekik insan üzerinde aynı tepkiyi uyandırmaz. Kelime olarak çekik ses dalgaların birleşiminden oluşurken, nesne olarak çekik, çekicinin görsel, duyuşsal ve dokunma duyuları sonucu insan zihninde oluşturduğu anlamların bir bileşimidir. Kelime olarak çekik, nesne olan çekik ile bir bağlantı kurulmasını sağlar. Diğer bir deyişle yazı veya konuşma dilindeki çekik, çekik objesinin bir işaretidir. SDÖ obje olmayan bir şeyin (kelime) hangi şartlarda o objenin bir işareti olduğunu açıklamaya çalışır. Kısaca bir sözcüğün çağrıştırdığı diğer anlamları ölçmeye çalışır. Bu yaklaşımlardan hareketle nesnelerin/objelerin işaretlerini (kelimeler) iki kutuplu ölçek kullanarak değerlendiren SDÖ geliştirmiştir [Osgood ve ark., 1957]. Burada iki kutuplu sıfatlar (nesnelerin işaretleri) dereceleme 5 veya 7 noktalı farklı formatlarda olabilir. Her bir pozisyona ilişkin skorlar -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 veya 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 şeklinde tanımlanır (Şekil 3.1) .

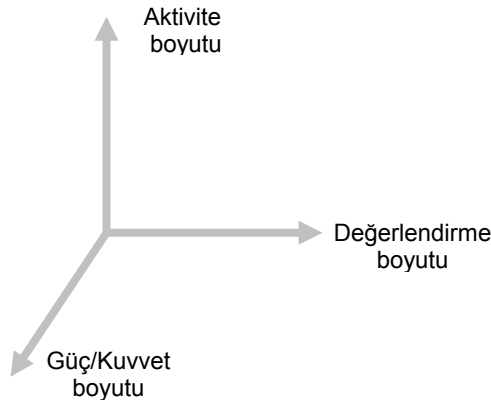


Şekil 3.1. SDÖ'ye bir örnek

Likert ölçeğinin gelişmiş bir versiyonu olan SDÖ'de kelimelerin çağrıştırdığı anlamlar (işaretler) 3 ana başlıkta veya boyutta sınıflandırılmıştır. Bunlar;

- Değerlendirme faktörü: güzel-çirkin, başarılı-başarısız, önemli-önemsiz, doğru-yanlış, sıcak-soğuk vb. Bu kelime çiftlerinin hepsi değerlendirme içermektedir.
- Güç/Kuvvet faktörü: güçlü-zayıf, sert-yumuşak, erkeksi-kadınsı
- Aktivite faktörü: aktif-pasif, yavaş-hızlı, köşeli-dairesel

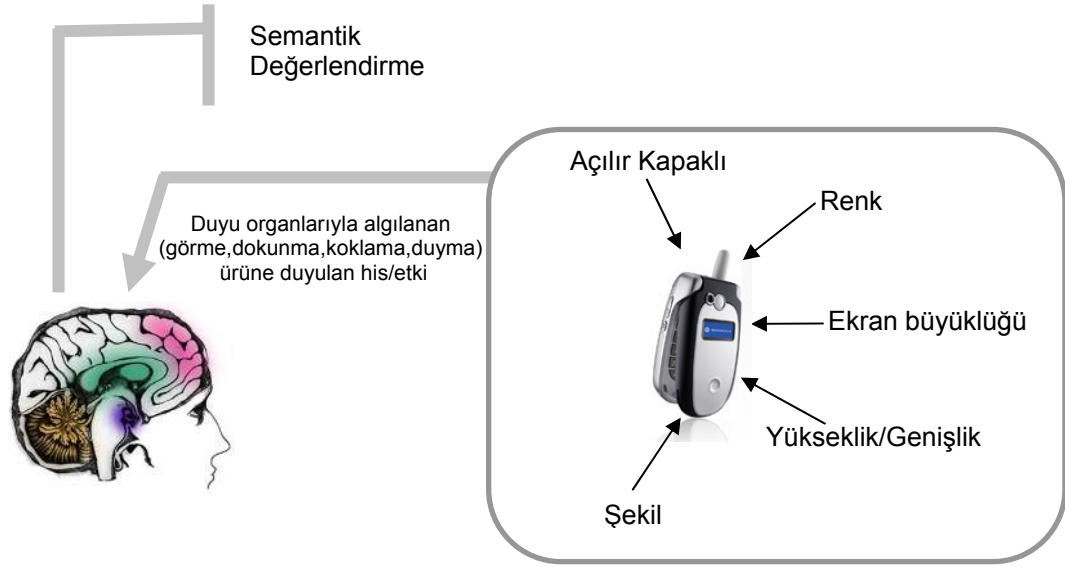
Kelimelerin çağrıştırdığı yukarıdaki 3 ortogonal vektör uzayı semantik uzay olarak adlandırılır (Şekil 3.2). Semantik uzaydan faydalanarak her bir kelimenin bu 3 boyuttaki anlamı tanımlanır.



Şekil 3.2. Semantik uzay

SDÖ ürün memnuniyeti, kullanılabilirlik ve ürünlerin ergonomik tasarımında sık kullanılan ölçeklerden biridir. SDÖ ürüne duyulan hissin, hazzın, duysal kalitenin ve memnuniyetin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Duyu organlarıyla algılanan his ve etkinin çağrıştırdığı kelimeler/anlamlar SDÖ ile değerlendirilir (Şekil 3.3). KM'de ürüne duyulan hissin değerlendirilmesinde [Nagamachi, 1995], tüketici elektronik ürünlerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde [Han ve ark., 2000, 2001], ürün görünüm/şekil tasarımında, duysal ve hedonik kalitenin değerlendirilmesinde [Chuang ve

ark., 2001; Hsu ve ark., 2000; Hsiao ve Huang, 2002] ve ayakkabı tasarımında [Alcantara ve ark., 2005] SDÖ başarıyla kullanılmıştır.



Şekil 3.3. SDÖ'nün ürüne duyulan his/etkinin ölçülmesinde kullanılması

4. GRUP KARAR VERMEDE KARAR VERİCİLERİN KULLANDIKLARI FARKLI TERCİH YAPILARININ BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ

Çok kriterli grup karar verme (ÇKGKV) problemleri karar teorisinde üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir [Fodor ve Roubens, 1994]. Bir ÇKGKV problemi birden fazla karar vericinin tercihlerini dikkate alan, çok sayıda birbiriyle çelişen kriterlere sahip birden fazla alternatif içinden en iyi alternatifin belirlenmesi olarak tanımlanır. Karar verme prosesinde çok sayıda karar vericinin bulunması yanlışlık ve sapmaların azaltılmasında tek karar vericinin kullanılmasına nazaran tercih edilen bir durumdur [Kacprzyk, 1986]. Grup karar vermede, karar vericilerin alternatifleri kriterler bazından değerlendirmesi sırasında bir oy birliğine varılması istenen bir durumdur. Bununla birlikte grup üye sayısının fazlalığı veya oybirliğine varamama gibi durumlarda karar verme sürecinin etkin olduğu söylenemez. Bu gibi durumlarda karar vericilerin farklı biçimlerde (örneğin sayısal değer veya dilsel değişken kullanarak) ifade ettikleri tercih yapılarını birleştirmek daha iyi bir yol olarak gözükmektedir. Literatürde karar vericilerin farklı tercih biçimlerini birleştir- meye yönelik birçok çalışma bulunmaktadır [Herrera ve ark., 2001; Xu, 2004; Zhang ve ark., 2004; Büyüközkan ve Feyzioğlu, 2005].

Bu bölümde literatürde yer alan çalışmalardan faydalanarak karar vericilerin farklı biçimde ifade ettikleri tercih yapılarının bütünleştirilmesine yönelik prosedürler anlatılmıştır. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıdaki notasyonlar tanımlanmıştır

- $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ ve $m > 2$ olmak üzere m tane mümkün alternatifi gösterebilir.
- $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ ve $n > 2$ olmak üzere birbirinden bağımsız olan n tane kriteri ifade etsin.
- $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ ve $k > 2$ olmak üzere k karar vericiyi belirtsin.

Karar vericilerin farklı tercih yapılarının bütünleştirilmesi iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada farklı tercih yapıları çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürülmekte, ikinci aşamada ise farklı karar vericilerden elde edilen çarpımsal tercih ilişkileri bütünleştirilmektedir.

4.1. Tercih Biçimlerinin Çarpımsal Tercih İlişkisine Dönüştürülmesi

Karar vericilerin kullandığı farklı tercih biçimleri ilk aşamada çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürülür. Dönüştürmede kullanılan yöntemler aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

Çarpımsal tercih ilişkisi veya ikili karşılaştırma (Metot 1): Karar verici kriterler hakkında karar verirken pozitif tercih ilişkisinden faydalanabilir. Tercih seviyesinin ölçümünde oransal skalalardan faydalanılır. 1-9 skalası oransal skalaya örnek olarak verilebilir. Bura da 1 değeri kriterler arasında bir fark bulunmadığı, 9 değeri ise kriterin diğerine göre kesinlikle tercih edildiği anlamındadır. Ara tercih değerleri ise 2,3,.....,8 ile ifade edilir. Tercih ilişkisini gösteren matrisin karşılıklı (simetrik) elemanlarının çarpımsal özelliğe sahip olduğu varsayılır ($p_{ij} \cdot p_{ji} = 1$).

Tercihlerin sıralanması (Metot 2): e_k karar vericisinin kriterleri $O^k = (o^k(1), \dots, o^k(n))$ kendi önem derecesine göre sıraladığı kabul edilsin. $O^k(i)$, C_i kriterinin tercih sıralamasındaki pozisyonu göstermektedir. Kriterler en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır. Tercihlerin sıralı vektör halinde gösterildiği yapıları çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürmede Eş. 4.1 kullanılır [Herrera ve ark., 2001].

$$p_{ij}^k = 9^{u_i^k - u_j^k} \quad i, j = 1, \dots, n \quad (4.1)$$

Eş. 4.1’de u_i^k ve u_j^k , C_i ve C_j kriterlerine ilişkin fayda değerleri olup, burada $u_i^k = (n - o^k(i)) / (n - 1)$ gibi artan bir fonksiyondur.

Fayda değeri (Metot 3): e_k karar vericisi C_i kriteri için $u_i^k \in [0, 1]$ aralığında bir fayda (önem) derecesi tayin edebilir. Bu şekilde edilen $U^k = (u_1^k, u_2^k, \dots, u_n^k)$ fayda vektörü Eş. 4.2 kullanılarak çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürülür.

$$p_{ij}^k = \frac{u_i^k}{u_j^k}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

Dilsel terim vektörü biçimi (Metot 4): e_k , C_i kriteri ile ilgili tercih düzeyini l_i^k dilsel terimi ile tanımlayabilir. C_i ve C_j kriterlerine $l_i^k = (\mu_i, \alpha_i, \beta_i)$ ve $l_j^k = (\mu_j, \alpha_j, \beta_j)$ dilsel terimlerinin atandığı kabul edilsin. Dilsel terimler çeşitli yöntemler kullanılarak kesin değerlere dönüştürülür. Basitliğinden dolayı $l_i^k = (\mu_i, \alpha_i, \beta_i)$ ve $l_j^k = (\mu_j, \alpha_j, \beta_j)$ ’nin çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürülmesinde Eş 4.3 kullanılır.

$$p_{ij}^k = 9^{u_i - u_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.3)$$

C kriterler kümesinin bir alt kümesinin seçimi (Metot 5): e_k karar vericisi C kriterler seti içinden $\bar{C} = \{C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_t}\}$ kriter setini $C - \bar{C}$ kriterlerine tercih edebilir. $\bar{C}$ kümesi içindeki kriterlerin tercih edilme düzeyi birbirine eşit olup $C / \bar{C}$ kümesinde yer alan kriterlere baskındır. C ve $\bar{C} = \{C_{i_1}, C_{i_2}, \dots, C_{i_t}\}$ kümelerinin tanımlandığı durumda C_i ve C_j kriterlerine ilişkin çarpımsal tercih ilişkisi Eş. 4.4 ve Eş 4.5 ile hesaplanır.

$$p_{ij}^k = 9 \text{ ve } p_{ji}^k = \frac{1}{9}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j, \text{ eğer } C_i \in \bar{C}, C_j \in C / \bar{C} \quad (4.4)$$

$$p_{ij}^k = p_{ji}^k = 1, \quad i, j=1, 2, \dots, n \text{ diğer durumlarda} \quad (4.5)$$

C bulanık kriterler kümesinin bir alt kümesi (Metot 6): e_k karar vericisi *C* kriterler seti içinden seçtiği $\tilde{C} = \{(C_{i_1}, l_{i_1}^k), (C_{i_2}, l_{i_2}^k), \dots, (C_{i_q}, l_{i_q}^k)\}$, $i_q < n$ kriter kümesini dilsel terimlerden faydalanarak bulanık olarak değerlendirebilir. Örneğin seçilen iki kriter C_i ve C_j , $\tilde{C}$ kümesinin birer elemanı ve $l_i^k = (\mu_i, \alpha_i, \beta_i)$ ve $l_j^k = (\mu_j, \alpha_j, \beta_j)$ dilsel terimleri kullanılarak değerlendirilmiş ise, bu iki kritere ait çarpımsal tercih ilişkisi Eş. 4.6 ile hesaplanır.

$$p_{ij}^k = 9^{u_i - u_j}, \quad i, j=1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (4.6)$$

Her iki kriterde, C_i ve C_j , $\tilde{C}$ kümesine ait değilse

$$p_{ij}^k = 1, \quad i, j=1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (4.7)$$

Eğer C_i , $\tilde{C}$ kümesine ait ve C_j $\tilde{C}$ kümesine ait değilse

$$p_{ij}^k = 9^{u_i - 0.5}, \quad i, j=1, 2, \dots, n; i \neq j \quad (4.8)$$

Normal tercih ilişkisi (Metot 7): Bazı durumlarda karar verici kriterlerden birini diğerine herhangi bir tercih seviyesi belirtmeden tercih edebilir. Bu durumda

$$p_{ij}^k = 9 \text{ ve } p_{ji}^k = \frac{1}{9}, \text{ eğer } i \text{ kriteri } j \text{ kriterinden daha önemli ise,}$$

$$p_{ij}^k = 1, \text{ eğer herhangi bir bilgi yok ise.}$$

4.2. Karar Vericilerin Çarpımsal Tercih İlişkilerinin Bütünleştirilmesi

$P^l = (p_{ij}^l)_{n \times n}$ l' inci karar vericinin çarpımsal tercih ilişki matrisini gösterebilir.

$P^g = (p_{ij}^g)_{n \times n}$ k tane karar vericinin tercihlerini birleştiren matris olup geometrik ortalama operatöründen faydalanılarak hesaplanır [Zhang, 2004].

$$p_{ij}^g = \prod_{l=1}^K (p_{ij}^l)^{T_l}, \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad i \neq j \quad (4.9)$$

Eş. 4.9'da T_l , e_l karar vericisinin grup içindeki diğer karar vericilere göre ağırlık düzeyini gösteren bir katsayıdır.

Geometrik ortalama operatörü Eş 4.10'da tekrar kullanılarak her bir kriterin önem derecesi belirlenir.

$$d_i = \left[\prod_{j=1}^n \prod_{l=1}^K (p_{ij}^l)^{1/K_l} \right]^{1/n}, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (4.10)$$

Eş. 4.10'da elde edilen d_i değerleri normalize edilerek kriterlerin ağırlık değerleri bulunur.

5. GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ

5.1. Gri Teori

Gri teori ilk defa 1982 yılında Tayland'da ki Hua Chung Bilim ve Teknoloji Üniversite'si öğretim üyelerinden olan profesör Julong Deng tarafından ortaya atılmıştır [Deng, 1989]. Gri teori GİA, gri modelleme, gri tahmin ve gri karar verme gibi alt başlıklar altında farklı alanlarda uygulanmaktadır.

Gri sistem teorisi temel olarak sistemler arasındaki ilişkinin analizi, model kurulması, tahmin ve karar problemlerinde sıkça kullanılan bir yöntemdir [Wen, 2004]. Gri sistem teorisi belirsizliğin sayılaştırılmasında alternatif bir metottur. Stokastik veya bulanık yöntemlerle üstesinden gelinmeyen belirsizlik durumlarının modellenmesini sağlar. Gri sistem teorisinde, belirsizliğin olmadığı kusursuz bilgiye sahip olan bir sistem beyaz renk ile sembolize edilir. Tam zıt özelliklere sahip olan sistem ise siyah olarak nitelendirilir. Yalnızca kısmi bilgiye sahip olan sistemler ise gri sistem olarak adlandırılır [Lin ve ark, 2004]. Hayattaki olayların, işlemlerin ve süreçlerinin çoğunluğu hiçbir zaman ne tam siyah ne de tam beyazdır. Örneğin tarım sektöründe ekilecek alanın büyüklüğü, kullanılacak tohumun kalitesi, gübre, sulama gibi tüm faktörlerin kesin bilindiği bir durumda hasat miktarını tam olarak belirlemek mümkün değildir. Örneğin, hava koşulları ürün miktarını etkileyen bir belirsizliktir. Çoğu zaman tam olmayan, eksik bilgi ve varsayımlar altında modeller kurulur ve kararlar verilir. Gri sistem teorisinin ortaya çıkış felsefesi de bu fikirlere dayanmaktadır. Sistem faktörleri (parametreleri), faktörler arasındaki ilişki, sistem işleyiş yapısının belirsiz olduğu bu durumlar gri sistemlerin karakteristik özellikleridir.

Gri sistem ile bulanıklık arasındaki temel farklılık kavramların taşıdığı dar ve geniş anlamdan kaynaklanmaktadır. Gri sistem kesin geniş anlama ve belirsiz dar anlama sahip nesnelerle veya kavramlarla ilgilenirken, bulanık

matematik kesin ve tam bir dar anlama sahip, belirsiz geniş anlama sahip kavramlarla ilgilenir. Örneğin Çin hükümetinin Çin nüfusunu 1,15-1,25 milyar kişi arasında tutmayı planlaması gri bir kavramdır. Çünkü 1,15-1,25 geniş anlamda kesin olarak belirgindir fakat dar anlamda bu aralık belirgin değildir veya nüfusun alacağı büyüklük değeri önemli değildir. Diğer yandan genç erkek bulanık bir kavramdır ve dar anlamda birçok insan genç erkeği tanımlayabilir. Bununla birlikte geniş anlamda hangi erkeklerin genç hangilerinin genç olmadığını belirten bir yaş aralığı tanımlamak oldukça zordur [Lin ve ark., 2004].

Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin dezavantajları örnek hacminin büyük olması ve hata teriminin normal dağılıma sahip olması zorunluluğudur [Hair ve ark., 1998]. Örnek hacminin küçük olduğu basit regresyon modellerinde ise yalnızca değişkenler arasında çok kuvvetli ilişki olması durumunda model güvenilir sonuçlar verebilmektedir. Çok değişkenli istatistiğin önemli varsayımlardan olan normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda ise verilerin normal dağılıma dönüşümünü sağlayan çok sayıda yöntem olmasına rağmen bu yöntemlerin uygulanması oldukça zor ve çaba gerektiricidir. Gri sistem teorisi örnek hacminin küçük olduğu ve normallik şartının sağlanmadığı durumlarda kullanılabilecek alternatif bir yöntemdir [Feng ve Wang, 2000].

Deng, gri sistemlerin karakteristik yapılarını ortaya çıkarmak için sıkıcı matematiksel hesaplamalar, istatistiksel varsayımlarla uğraşmak yerine, gri modelleme kullanarak yetersiz/eksik-gri bilgiye sahip sistemleri basit hesaplama yöntemlerinden faydalananarak incelemiştir [Deng, 1989]. İstatistiksel analizlerde farklı veri yapıları farklı rassal özellikler göstermekte ve dolayısıyla farklı rassal yöntemlerle analiz edilmektedir. Gri sistem teorisinde ise tüm farklı rassal prosesler gri kaynaklı kabul edilmektedir. Gri sistem teorisinin bir başka önemli özelliği ise çok az sayıda verinin olması

durumunda bile, örneğin 3 veya 4, bu tür bir sistemin gri olarak modellenenebilmesidir.

5.2. Gri İlişkisel Analiz

GİA gri modellemenin alt başlıklarından biridir. GİA gri bir sistemdeki her bir faktör serisi ile kıyas yapılan faktör (referans serisi) serisi arasındaki ilişki derecesini belirlemeye yarayan bir metottur. Her bir faktör bir dizi (satır veya sütun) olarak tanımlanır. Faktörler arası etki derecesi ise gri ilişkisel derece (GİD) olarak isimlendirilir. GİD referans faktör serisi ile karşılaştırılacak faktör seri arasındaki geometrik benzerlik dikkate alınarak hesaplanır. Bir GİD'i tanımlayan fonksiyonun normallik, dual simetri, bütünlük ve yakınlık aksiyomlarını sağlaması gerekir [Wen, 2004]. x_i ve x_j serileri arasındaki GİD $y(x_i, x_j)$ olarak tanımlansın. $x_i(k)$ i. serinin k. değerini gösterecektir.

- Normallik : $0 < y(x_i, x_j) \leq 1$, $\forall_i, \forall_j$
- Dual simetri : $y(x_i, x_j) = y(x_j, x_i) \Leftrightarrow X = \{x_i, x_j\}$
- Bütünlük: $y(x_i(k), x_j(k)) \neq y(x_j(k), x_i(k))$, $\forall x_i, x_j \in X = \{x_s \mid s = 1, 2, \dots, m; m \geq 2\}$
- Yakınlık : $y(x_i, x_j)$ 'nin değerini $|x_i(k) - x_j(k)|$ belirler. $|x_i(k) - x_j(k)|$ ne kadar küçük ise GİD o kadar büyüktür.

GİA farklı disiplinlerdeki araştırma alanlarında örneğin havayolu ağlarının tasarımında [Hsu ve Wen, 2000], çevre bilimlerinde [Ning ve Wang, 1996], satış tahminlerinde [Lin ve Hsu, 2002], risk değerlendirmede [Bass ve ark., 1997], servis kalitesinin ölçümünde [Cheng ve Ting, 2002], ürün tasarımı ve proses planlamada [Chang ve ark., 2001], çok yanıtli performans karakteristiklerine sahip problemler için optimum parametre düzeylerinin belirlenmesinde [Lin, 2004; Kao ve Hocheng, 2003; Huang ve Liao, 2003; Lin ve Lin, 2005; Singh ve ark., 2004; Wang ve Tong, 2005] kullanılmıştır. Çok amaçlı karar verme problemlerinin çözümünde alternatif bir yöntem olarak

GİA önerilmiştir [Wu , 2002]. Silah sistemlerinin seçiminde [Yeh ve Lu, 2000] ve TOPSIS yönteminde ideale en yakın ve en kötüye en uzak alternatiflerin belirlenmesinde öklit uzaklığına alternatif olarak GİA kullanılmıştır [Chen ve Tzen, 2004]. Aralıklı sayı kullanarak karar verme sürecinin modellenmesinde [Zhang ve ark., 2005] ve işletmelerin finansal göstergelerin kıyaslanmasında da [Feng ve Wang, 2000] GİA'dan faydalanılmıştır.

GİA metodunun hesaplama adımları aşağıda verilmiştir [Hsu ve Wen, 2000].

Adım 1: n uzunluğundaki referans seri aşağıdaki gibi tanımlansın.

$$\chi_o = (\chi_o(1), \chi_o(2), \chi_o(3), \dots, \chi_o(n)) \quad (5.1)$$

Adım 2: Verilerin normalize edilmesi

Faktörlerin farklı kaynaklardan geldiği, farklı birimlerde ölçüldüğü düşünüldüğünde GİA'nın ilk adımı verilerin aynı birime dönüştürülmesidir. Ayrıca serinin çok geniş aralıklarda değer aldığı durumlarda standartlaştırmayla verilerin küçük bir aralığa çekilmesinde de fayda vardır. GİA'da bu normalleştirme prosesine *gri ilişkisel oluşum* adı verilmektedir. Verilerin normalizasyonunda en sık kullanılan yöntemlerden birisi lineer veri önileme metodudur. Faktör serilerinin normalizasyonun da dikkat edilmesi gereken *daha yüksek daha iyi, daha düşük daha iyi* ve *ideal değer daha iyi* kriterlerinden hangisinin serinin özelliğini yansıttığıdır. Örneğin serideki noktaların küçük değerler olması istenen bir özellik ise lineer normalizasyonda küçük değer alan noktalar normalizasyonda 1'e yakın değerler alırken, büyük değer alan noktalar 0'a yakın değerler alacaktır [Hsia, 1998].

Daha yüksek daha iyi durumunda normalizasyon Eş. 5.2'de ki gibidir.

$$\chi_i(k) = \frac{\chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (5.2)$$

$\chi_i^0(k)$, i serisi k'inci sıradaki orjinal değer, $\chi_i(k)$ normalizasyon sonrası i'inci seri k'inci sıradaki değer, $\min \chi_i^0(k)$ i serisindeki minimum değer, $\max \chi_i^0(k)$ ise i serisindeki maksimum değerdir.

Daha düşük daha iyi için normalizasyon işlemi Eş 5.3'de ki gibidir.

$$\chi_i(k) = \frac{\max \chi_i^0(k) - \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (5.3)$$

İdeal değer daha iyi için normalizasyon işlemi Eş 5.4'de ki gibidir.

$$\chi_i(k) = 1 - \frac{|\chi_i^0(k) - \chi^0|}{\max \chi_i^0(k) - \chi^0} \quad (5.4)$$

Bura da χ^0 istenilen ideal değeri göstermektedir.

Adım 3: χ_0 serisi ile karşılaştırılacak m tane seri Eş 5.5'de ki tanımlanmış olsun.

$$\chi_i = (\chi_i(1), \chi_i(2), \chi_i(3), \dots, \chi_i(n)) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.5)$$

Adım 4: k, n uzunluğundaki serideki k'inci sırayı gösterebilir. $\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k))$, k'inci noktadaki gri ilişkisel katsayı olup Eş 5.6'ya göre hesaplanır.

$$\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(k) + \xi \Delta_{\max}} \quad (5.6)$$

$$\Delta_{oi}(k) = |\chi_o(k) - \chi_j(k)| \quad (5.7)$$

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_k |\chi_o(k) - \chi_j(k)| \quad (5.8)$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_k |\chi_o(k) - \chi_j(k)| \quad (5.9)$$

ve $\xi \in (0,1)$ arasındaki bir katsayıdır, $j=1, 2, \dots, m$; $k=1, 2, \dots, n$. ξ işlevi, Δ_{oi} ile $\Delta_{\max}$ arasındaki farkı ayarlamaktır. Çalışmalar ξ değerinin GİD sonrası oluşacak değerlendirmeyi etkilemediğini göstermektedir. [Wen, 2004].

Adım 5: Son olarak GİD Eş. 5.10 kullanılarak hesaplanır.

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_o(k), \chi_i(k)) \quad (5.10)$$

$\gamma(\chi_0, \chi_i)$ gri bir sistemdeki χ_i serisi ile χ_o referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsüdür. GİD'in büyüklüğü χ_i ile χ_o arasında kuvvetli bir ilişki olduğunun göstergesidir. Eğer karşılaştırılan iki seri birbirinin aynı ise GİD değeri 1 olarak bulunur. GİD karşılaştırılan serinin referans seriyeye ne kadar benzer olduğunu gösterir.

Eğer her bir kriterin ağırlığı verilmiş ise, kriterin gri ilişki katsayısı ile kriterin önem derecesine ilişkin ağırlık değeri çarpılarak GİD bulunabilir. Bu işlem Eş 5.11'e göre yapılır.

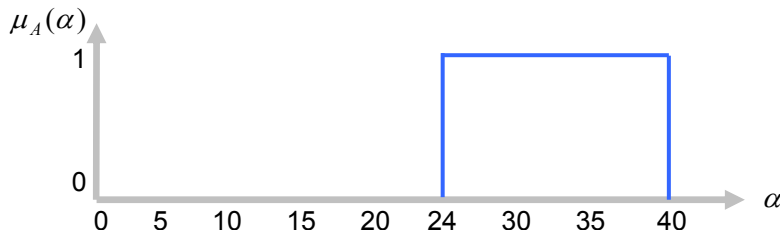
$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_o(k), \chi_i(k)) \cdot W_i(k) \quad (5.11)$$

Karar verme problemlerinde referans seri, kriterlerin alması istenen en büyük, en küçük ve en ideal değerler olarak seçilirse, karşılaştırması yapılacak faktör serilerinin referans seriye göre hesaplanacak GİD değeri kriterleri yakalama seviyesinin bir göstergesi olacaktır. Diğer bir deyişle GİD'i en yüksek olan faktör serisi (alternatif) karar verme probleminde en iyi karar alternatifidir [Wu, 2002].

6. SİNİRSEL BULANIK SİSTEMLER

6.1. Bulanık Kümeler

Klasik küme teorisinde E evrensel kümesinin bir alt kümesi, $A \subset E$, olan A 'nın elemanları liste yöntemi $A = \{x_i; x_i \in A\}$ kullanılarak gösterilir. Bu klasik kümeyi göstermenin bir başka yolu da 0-1 üyelik fonksiyonundan, $\mu_A(x)$, faydalanmaktır. $\mu_A(x)=1$ ise, x , A kümesine aittir ($x \in A$) ve $\mu_A(x)=0$ ise, x A kümesine ait değildir ($x \notin A$) şeklinde bir gösterimdir. Klasik kümelere bir örnek Şekil 6.1'de verilmiştir. 24°C ' den büyük sıcaklık değerleri sıcak kümesine ait iken 24°C ' den küçük sıcaklıklar ise sıcak kümesine ait değildir. Kısaca klasik küme teorisinde bir eleman kümenin ya elemanıdır ya da elemanı değildir. Bu nedenle klasik kümeler kesin kümeler olarak da adlandırılır. Belirsizliğin ve kesinsizliğin olduğu gerçek hayatta ise her şeyi bu iki değerli 0-1 mantığı ile açıklamak tam olarak doğru olmayabilir. 24°C ve daha yüksek sıcaklıkları sıcak olarak kabul eden bir kişi için aynı derecede olmasa bile $23,9^\circ\text{C}$ ' de sıcak olarak hissedilecektir.

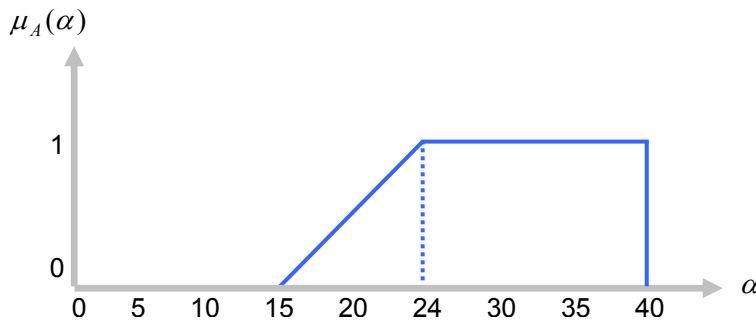


Şekil 6.1. Sıcaklık kümesi

Zadeh, klasik küme kavramının gerçek dünya ki, özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemlerle uğraşırken yetersiz kalmasından yola çıkarak, niteliklerin (küme elemanlarının) ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımlamasını önermiştir [Zadeh, 1965]. Bulanık kümeler klasik küme kavramının genelleştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Klasik kümelere $\{0,1\}$

değerlerini alan üyelik fonksiyonu değerleri bulanık kümelerde $[0,1]$ aralığında sonsuz değer alabilmektedir. E evrensel kümesinde tanımlı, A bulanık kümesi için üyelik fonksiyonu $\mu_A(x): E \rightarrow [0,1]$ şeklinde ifade edilir. $\mu_A(x)$, x elemanın A kümesine ait olma derecesini gösteren üyelik fonksiyonu değeri olarak tanımlanır. A bulanık kümesi ise $A = \{\mu_a(x), x\}$ şeklinde gösterilir.

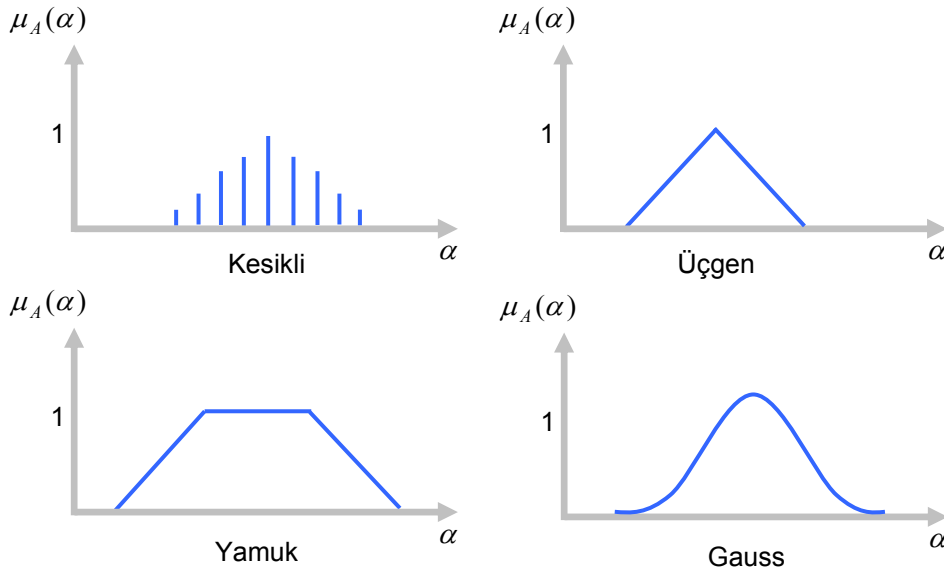
Şekil 6.1.'de verilen sıcaklık kümesini Şekil 6.2'de ki bulanık kümeyle ifade etmek mümkündür. $15-40^\circ\text{C}$ derece arasındaki sıcaklık değerleri sıcak bulanık kümesinin farklı üyelik değerlerine sahip elemanlarıdır ve bu durum gerçeği daha iyi yansıtmaktadır. Üyelik derecesi bir anlamda insanların objelere verdiği değerler olarak insan davranışlarını taklit etme özelliğine sahiptir.



Şekil 6.2. Sıcaklık için bulanık küme örneği

Dilsel (sözel) terim dilsel yapılardan oluşan, sayısal değer almayan bir değişkendir ve bu dilsel değişkenin içeriği bulanık küme olarak tanımlanır. Sayısal bir değişken nasıl farklı değerler alabiliyorsa dilsel bir değişkende farklı değerler alabilir. Örneğin yaş dilsel bir değişkendir. Yaş sözel olarak genç, orta yaşlı ve yaşlı olarak tanımlanabilir. Bu sıfatlar yaş dilsel değişkeninin, dilsel değerleri veya etiketleri olarak adlandırılır ve her bir dilsel etiket bir bulanık küme ile gösterilir.

Şekil 6.2’de ki üyelik fonksiyonu yamuk fonksiyon olarak adlandırılır. Çok fazla sayıda üyelik fonksiyonu olmakla birlikte pratikte en fazla kesikli, üçgen, gauss ve yamuk fonksiyonlar kullanılmaktadır (Şekil 6.3).



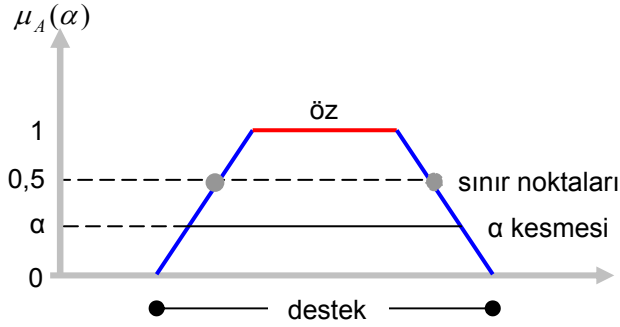
Şekil 6.3. Farklı üyelik fonksiyonları

Bir A bulanık kümesinin destek (dayanak) kümesi $\text{supp}(A)$ ile gösterilir ve $\text{supp}(A)$, A bulanık kümesinin kesin bir kümesi olup, A bulanık kümesinde ki $\mu_A(x) > 0$ olan tüm elemanları içerir. $\mu_A(x) = 1$ değerine sahip elemanların oluşturduğu kesin küme is öz olarak tanımlanır. Üyelik fonksiyonun $\mu_A(x) = 0,5$ eşit olduğu noktalara üyelik fonksiyonunun sınır noktaları (geçiş noktaları), $\mu_A(x) \leq \alpha$ ’dan oluşan kümeye ise α kesmesi adı verilir (Şekil 6.4). $\mu_A(x) = 1$ değerine sahip en az bir elemanı bulunan bulanık kümeye normal bulanık küme denir [Mendel,1999].

6.1.1. Bulanık kümelerde işlemler

Bulanık kümelerdeki işlemler kesin kümelerde yapılan işlemlerin genelleştirilmiş şeklidir. A ve B kümelerinin birleşimi $A \cup B$ ile gösterilir ve A veya B’de bulunan elemanların birleşimden oluşur. A ve B kümelerinin

kesişimi $A \cap B$ ile gösterilir ve $A \cap B$ hem A hem de B kümesinde olan ortak elemanlardan oluşur.



Şekil 6.4. Destek, öz, geçiş noktaları ve α kesmesi

A kümesinin tümleyeni $\bar{A}$ ile gösterilir ve A kümesine ait olmayan tüm elemanları içerir. Bulanık kümeler için işlemler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$A \cup B \Rightarrow \mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (6.1)$$

$$A \cap B \Rightarrow \mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (6.2)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (6.3)$$

Eş 6.1 ve Eş 6.2'de ki max ve min operatörleri bulanık birleşim ve kesişim işlemleri için kullanılan tek operatör değildir. Bulanık birleşim için $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) * \mu_B(x)$ cebirsel toplam operatörü, bulanık kesişim için ise $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) * \mu_B(x)$ cebirsel çarpım operatörü tanımlamıştır [Zadeh, 1965]. Daha sonraları bulanık birleşim için t-conorm ($\oplus$) ve bulanık kesişim için t-norm ($\otimes$) genel operatörleri tanımlanmıştır. Birçok mühendislik uygulamasında ise bulanık kesişim için min veya cebirsel çarpım t-norm işlemcileri, bulanık birleşim içinse max veya cebirsel toplam operatörü kullanılmaktadır [Mendel, 1999].

Bulanık bağıntı iki bulanık küme (A ve B) arasındaki ilişkinin derecesini gösteren $A \times B$ kartezyen kümesinin bir alt kümesidir. R bulanık bağıntısı $R(A, B) = \{(x, y), \mu_R(x, y); (x, y) \in A \times B\}$ ve $\mu_R(x, y) \in [0, 1]$ olarak tanımlanır. Bulanık kümelerdeki işlemler bulanık bağıntılar içinde geçerlidir. R ve S aynı örnek uzayında tanımlı bulanık iki bağıntının birleşim ve kesişimi aşağıda gösterilmiştir.

$$\mu_{R \cap S} = \mu_R(x, y) \otimes \mu_S(x, y) \quad (6.4)$$

$$\mu_{R \cup S} = \mu_R(x, y) \oplus \mu_S(x, y) \quad (6.5)$$

Burada $\otimes$ herhangi bir t-norm, $\oplus$ ise herhangi bir t-conorm işlemcisi olabilir. İki bulanık bağıntı R ve S, A, B, C kümelerinde $R \subseteq A \times B$, $S \subseteq B \times C$ olarak tanımlandığında R ve S bağıntılarının bileşkesi olan $R \circ S$ işlemi A dan C'ye bir bağıntı olarak açıklanır ve bu bileşke $\forall (x, y) \in A \times B, \forall (y, z) \in B \times C$ olmak üzere Eş. 6.6 veya Eş. 6.7 ile tanımlanır. Eş. 6.6 max-min birleşim operatörü, Eş. 6.7 max-çarpım operatörü olarak adlandırılır [Mendel, 1999].

$$\mu_{R \circ S}(x, z) = \{(x, z), \max_y [\min \{(\mu_R(x, y), \mu_S(y, z))\}]\} \quad (6.6)$$

$$\mu_{R \circ S}(x, z) = \{(x, z), \max_y [(\mu_R(x, y) * \mu_S(y, z))]\} \quad (6.7)$$

6.1.2. Bulanık mantık

Önerme yargılarımızı dile getiren, doğru ya da yanlış bir doğruluk değeri taşıyan cümlelerdir. Önermenin aldığı doğru ya da yanlış değere doğruluk derecesi denir. Örneğin $4+5=9$, önermesinin doğruluk değeri doğrudur. Doğru-yanlış, 0-1 gibi doğruluk değerleri klasik iki değerli mantığı ifade eder. Bulanık mantık ise klasik iki değerli mantığın genelleştirilmiş halidir. Bulanık mantık bir önermenin doğruluğunu önermelere kesin yanlış veya kesin doğru

değer yerine $[0,1]$ gerçekte sayı aralığında doğruluk değeri veren çoklu mantık yapısıdır. Bulanık mantıkta kesin nedenlere dayalı düşünme yerine yaklaşık değerlere dayanan düşünme kullanılır.

Bulanık kurallar bulanık mantığın temel noktasını oluşturur. Bulanık kurallar *Eğer x A ise o halde y B* şeklinde ki çıkarımlardır. Kuralın eğer kısmı öncül, o halde kısmı ise soncul (ardıl) olarak adlandırılır. Eğer ise o halde kuralı, mantıktaki $p \rightarrow q$ içermesine (koşullu önerme) karşılık gelir. $p \rightarrow q$ içermesi

$(p \rightarrow q) \leftrightarrow \overline{(p \wedge \bar{q})} \leftrightarrow (\bar{p} \vee q)$ 'ye eşittir. Bu eşitlik sayesinde $p \rightarrow q$ önermesinin üyelik fonksiyon değerini p ve $\bar{q}$ veya $\bar{p}$ ve q önermelerinin doğruluk dereceleri (üyelik değerleri) cinsinden ifade etmek Eş. 6.8 ve Eş. 6.9 ile mümkündür.

$$\mu_{p \rightarrow q}(x, y) = 1 - \mu_{\bar{p} \wedge q}(x, y) = 1 - [\mu_p(x) \otimes (1 - \mu_q(y))] \quad (6.8)$$

$$\mu_{p \rightarrow q}(x, y) = \mu_{\bar{p} \vee q}(x, y) = [1 - \mu_p(x)] \oplus \mu_q(y) \quad (6.9)$$

Totoloji, p , q , r . gibi önermelerin doğruluk değeri ne olursa olsun, bu önermelerin kombinasyonundan oluşan önermelerin her zaman doğru olduğu durumu ifade eder [Mendel, 1999]. Önemli totolojiler modus ponens ve modus tollens'tir. Çıkarım eldeki bilgileri kullanarak yeni bilgi elde etme olarak tanımlanır. Modus ponens ve modus tollens klasik mantıkta ki önemli çıkarım kuralından ikisidir.

Modus ponens: Önerme	: x A dır.
Kural	: Eğer X A ise o halde y B' dir.
Sonuç	: y B dir.

Modus ponens A ise B koşullu önermesi ile ilişkilidir. Modus ponens p ve q önermeleri cinsinden $(p \wedge (p \rightarrow q)) \rightarrow q$ olarak ifade edilir.

Modus tollens: Önerme : y B değildir.

Kural : Eğer X A ise o halde y B dir.

Sonuç : x A değildir.

p ve q önermeleri cinsinden modus tollens $(\bar{q} \wedge (p \rightarrow q)) \rightarrow \bar{p}$ olarak ifade edilir.

Bulanık kümelerin klasik kümelerin genelleştirilmiş şekli olduğu düşünülürse, klasik mantıktaki 0-1 kesin değerlerinin [0-1] aralığındaki üyelik değeri fonksiyonuna dönüştürülmesi ile bulanık mantığa geçilmiş olunur. Böylece Eğer x A ise o halde y B koşullu içermesinin doğruluk derecesi $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) \in [0, 1]$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir. Burada ki üyelik fonksiyonu aşağıdaki fonksiyonlardan biri olabilir.

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = 1 - \min[\mu_A(x), 1 - \mu_B(y)] \quad (6.10)$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \max[1 - \mu_A(x), \mu_B(y)] \quad (6.11)$$

Bulanık mantıkta modus ponens ise genelleştirilmiş modus ponens'e dönüşür.

Genelleştirilmiş Modus ponens: Önerme : x A* dır.

Kural : Eğer X A ise o halde y B dir.

Sonuç : y B* dir.

Genelleştirilmiş modus ponens'in modus ponens'den farkı A*'ın kuralın öncülünde yer alan A ile, B*'ın kuralın sonculunda yer alan B ile aynı değeri almamasıdır. Bu çeşit çıkarıma *yaklaşım akıl yürütme* denir. Klasik mantıkta kuralın öncülü ile önerme ve kuralın ardılı ile sonuç önermesi birbirinin aynısı

iken, bulanık mantıkta önerme ile kuralın öncülü arasında sıfırdan farklı bir benzerlik olması durumunda, önermenin doğruluğuna bağlı sonuç önermesinin doğruluk derecesi de sıfırdan farklı bir üyelik derecesine sahiptir. Genelleştirilmiş modus ponens, birinci bulanık bağıntısı A^* olan bir bulanık küme ile ikinci bulanık bağıntısı $(p \rightarrow q)$ koşullu önermesi olan bir bulanık ilişkidir. Eş. 6.7'de ki max-çarpım operatörü kullanılarak genelleştirilmiş modus ponens Eş 6.12'de ki gibi gösterilir.

$$\mu_{B^*}(y) = \max_{x \in A^*} [\mu_{A^*}(x) \otimes \mu_{A \rightarrow B}(x, y)] \quad (6.12)$$

Eş.6.12'i aşağıdaki örnekle açıklamakta fayda vardır. $x=x^*$ için $\mu_{A^*}(x)=1$ ve $x \neq x^*$ için $\mu_{A^*}(x)=0$ olduğunu kabul edelim. Eş. 6.12'de t-norm operatörü için min operatörü kullanılacak olursa;

$$\begin{aligned} \mu_{B^*}(y^*) &= \max_{x \in A^*} [\mu_{A^*}(x^*) \otimes \mu_{A \rightarrow B}(x^*, y)] = \min(1, \mu_{A \rightarrow B}(x^*, y)) = \mu_{A \rightarrow B}(x^*, y) \\ &= 1 - \min(\mu_A(x^*), 1 - \mu_B(y)) \end{aligned} \quad (6.13)$$

sonucuna ulaşılır. Eş. 6.13'da max operatörü gereksizdir çünkü $x=x^*$ için her zaman $\mu_{A^*}(x)=1$ 'e eşit olacaktır. $\mu_{A \rightarrow B}(x^*, y)$ koşullu önermesinin değeri yerine Eş. 6.8 konulacak olursa $\mu_{B^*}(y)=1 - \min(\mu_A(x^*), 1 - \mu_B(y))$ elde edilmiş olur. Eş. 6.13 dikkatlice incelendiğinde $x \neq x^*$ durumunda da $\mu_{B^*}(y)=1$ eşit olmaktadır. Diğer bir deyişle kuralın doğruluk derecesinin sıfır olduğu durumda bile kuralın ardılı için maksimum doğruluk değerine ulaşılmaktadır ve bu mühendislik problemleri için kabul edilebilir bir durum değildir. Bu problemi çözmek için literatürde farklı bulanık koşullu içerme işlemcileri tanımlanmıştır. Bunlardan biri Mamdani tarafından önerilen Eş 6.14' de ki minimum içerme işlemidir [Mamdani, 1975]. Daha sonra Larsen Eş. 6.15'de ki çarpım içermesini önermiştir [Larsen, 1980].

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) \cong \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (6.14)$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) \cong \mu_A(x) * \mu_B(y) \quad (6.15)$$

Minimum ve çarpım içermeler kullanarak $\mu_{B^*}(y)$ 'nin bulunması Eş. 6.16 ve Eş. 6.17'de matematiksel olarak gösterilmiştir.

$$\mu_{B^*}(y^*) \cong \min(\mu_A(x^*), \mu_B(y)) \quad (6.16)$$

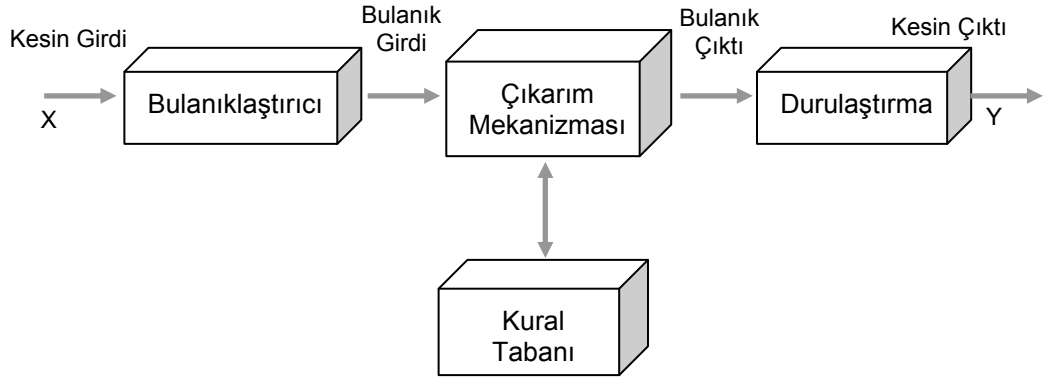
$$\mu_{B^*}(y^*) \cong \mu_A(x^*) * \mu_B(y) \quad (6.17)$$

6.1.3. Bulanık kural tabanlı sistemler

Bir bulanık kural tabanlı sistem bulanık kurallardan faydalanarak doğrusal olmayan bir sistemde girdi değerlerine karşılık gelen çıktı değerlerini bulmayı sağlayan bir uzman sistemdir. Kural yapısına göre beş farklı bulanık kural tabanlı sistem tanımlanabilir [Ross, 1995]. En genel bulanık kural tabanlı sistem ise Eğer $x=A^i$ ise o halde $y=B^i$: $i=1, 2, \dots, r'$ dir. Burada giriş ve çıkışlar bulanık küme olarak tanımlanmıştır.

Bir bulanık kural tabanlı sistem bulanıklaştırıcı, kural tabanı, veri tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırma metodu olmak üzere 4 kısımdan oluşur (Şekil 6.5).

Bulanıklaştırma: Girişteki gerçek sayı değişkenleri uygun bulanık kümelere üyelik fonksiyonuyla birlikte eşleştirilir.



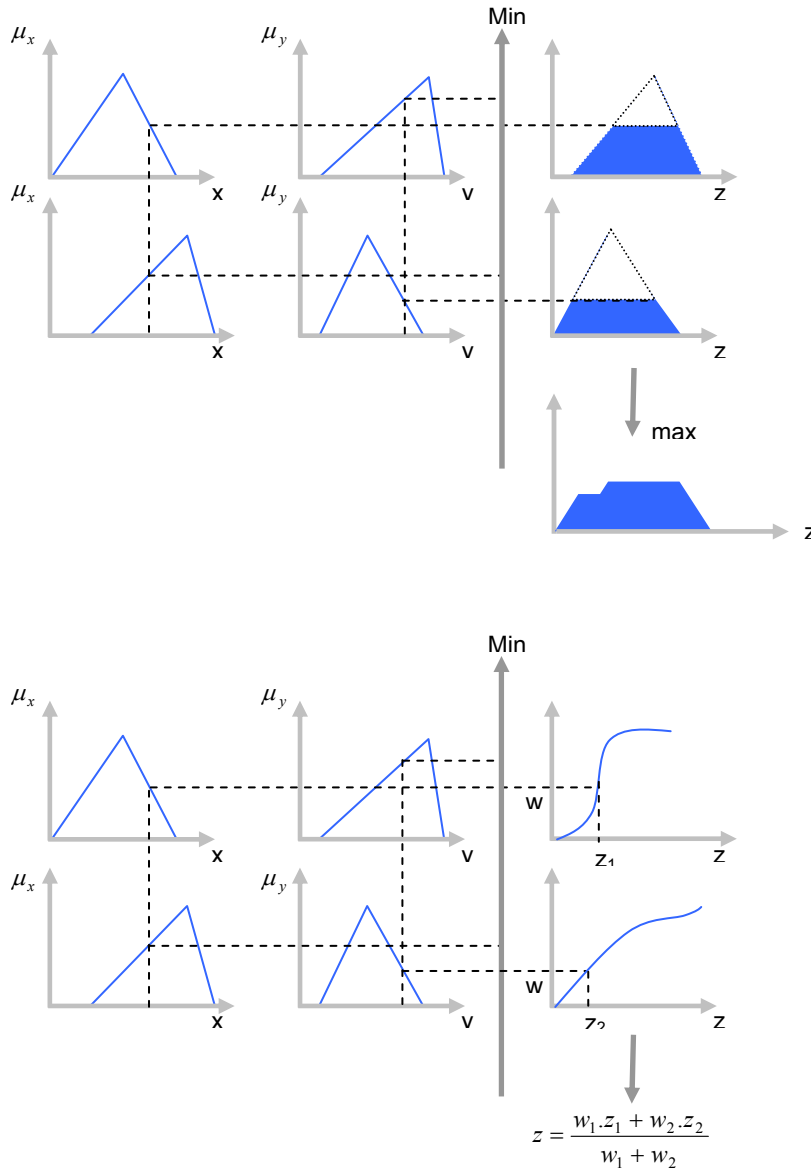
Şekil 6.5. Bulanık kural tabanlı sistem blok diyagramı

Kural tabanı: Giriş ve çıkış değerleri arasındaki bağlantıları sağlayan eğer öyle ise o halde kurallarından oluşur.

Çıkarım mekanizması: Bulanıklaştırıcı, girdi değerlerini ilgili bulanık kümeler üyeliği değerleriyle birlikte atadıktan sonra, çıkarım mekanizmasıyla girdi değerine ait bulanık kümenin üyeliği derecesine bağlı çıktı bulanık kümesi ve üyeliği değeri bulunur. Girdi değerine ilişkin bulanık kümenin kural tabanında yer alan kuralın öncül kısmıyla eşleşme derecesine (ateşleme gücü) bağlı olarak çıktı bulanık kümesi hesaplanır. Eşleşme derecesi genelleştirilmiş modus ponens (Eş. 6.14 veya Eş. 6.15) ile belirlenir. Eğer eşleşme derecesi sıfırdan farklı olan bir kural için öncül kısmında birden fazla önerme var ise birden fazla öncül önerme bulanık işlemcilerden, Eş. 6.2 veya bir t-norm işlemcisi, yararlanılarak tek bir öncül önermeye dönüştürülür. Eğer aynı anda çok sayıda kural ateşlenirse, bu kuralların çıktıları tekrar bulanık işlemcilerden, Eş. 6.1 veya bir t-conorm işlemcisi, faydalanılarak birleştirilir.

Literatürde bulanık çıkarım için farklı yapılar bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en çok kullanılanlar, Mamdani (max-min), max-çarpım, Tsukamoto ve Takagi-Sugeno çıkarım metotlarıdır [Fuller, 2000]. Örnek olması amacıyla Mamdani ve Takagi-Sugeno tipi bulanık çıkarım şemaları Şekil 6.6'da verilmiştir. Mamdani çıkarımı bulanık içerme olarak Mamdani

içermesini, ateşleme derecesi sıfırdan farklı kuralları birleştirmede ise max işlemcisini kullanır. Takagi-Sugeno bulanık çıkarımı, çıkış değeri olarak giriş değerlerinin bir fonksiyonunu kullanır. Ağırlıklı ortalama alınarak bulanık değer kesin değere dönüştürülür.



Şekil 6.6. Mamdani (üstte) ve Takagi-Sugeno (altta) bulanık çıkarım şemaları

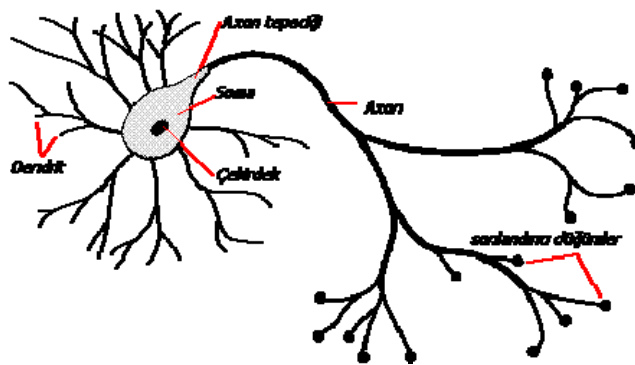
Durulaştırma: Çıktı bulanık kümesinin kesin değere dönüştürülmesidir. Durulaştırmada farklı metotlar kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en

çok kullanılan ağırlık merkezi, yükseklik, en büyüklerin ortalaması, en büyüklerin ilki ve ağırlıklı ortalama metotlarıdır [Ross, 1995].

6.2. Yapay Sinir Ağları

YSA insan beyninin çalışma prensibini taklit eden matematiksel modellerdir [Haykin, 1994]. YSA insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yoluyla yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştiren bilgi sistemleridir [Öztemel, 2003].

İnsan beyni ve YSA'nın temel yapı birimi sinir hücreleridir. İnsan sinir hücresi (nöron) Şekil 6.7'de gösterilmiştir. İnsan beyni yaklaşık olarak birbirine bağlı 10^{11} sinir hücresinden oluşmaktadır [Öztemel, 2003]. İnsan sinir hücresi; çekirdek, gövde ve iki uzantıdan oluşmaktadır. Bu uzantılardan dendrit adı verilen kısa ve binlerce dala dallanmıştır. Görevi giriş bilgilerini almaktır. Tek ve uzun olan uzantıya akson adı verilir. Görevi çıkış bilgilerini diğer sinir hücrelerine taşımaktır. Akson ve dendritin birleştiği yere ise sinaps adı verilir.

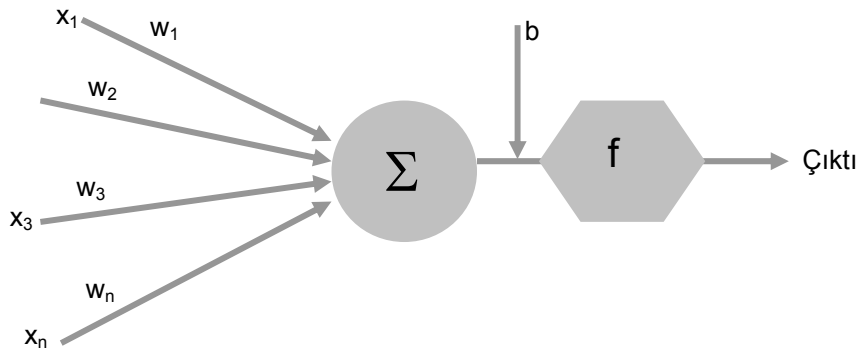


Şekil 6.7. Sinir hücresi

Sinapsa gelen ve dendriteler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir ancak, sinapsta ki kimyasal iletilerden etkilenir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre

bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak adlandırılır ve bu etkiyi sinaps belirler.

Temel bir YSA hücresi ise biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir [McCulloch ve Pitts, 1943]. En temel nöron modeli Şekil 6.8'de görülmektedir. YSA hücresinde temel olarak dış ortamdan ya da diğer nöronlardan alınan veriler; girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar bulunmaktadır. Dış ortamdan alınan veri, ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net girişi hesaplar, net giriş, girişlerle bu girişlerle ait ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu işlem süresince net çıkışı hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını verir. Genelde aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyondur. b bir sabittir ve eşik değeri olarak adlandırılır.



Şekil 6.8. Temel yapay sinir ağı hücresi

Çıkış, $o = f(W.X + \Phi)$ şeklinde hesaplanır. Buradaki W ağırlıklar matrisi, X ise girişler matrisidir. n giriş sayısı olmak üzere; $W = w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ ve $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ şeklinde yazılabilir. Daha açık bir şekilde ifade edilecek olursa

$$o = f(net), \quad net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad \text{ve} \quad o = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) \quad \text{şeklinde de gösterilir.}$$

Burada f aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılır.

YSA, yapay sinir hücrelerinin gruplanması ile oluşur. Bu gruplandırma, birbirine bağlı katmanlardan meydana gelir. Bu yapıdaki ağlar çok katmanlı ağlar olarak adlandırılır ve verileri alan nöronların bulunduğu girdi katmanından, ağın sonuçlarını veren nöronların oluşturduğu çıktı katmanı ve bu iki katman arasında yer alan bir veya daha fazla gizli katmandan oluşur [Anderson ve McNeill, 1992]. Bir çok ağda gizli katmanlardaki nöronlar sinyallerini bir önceki katmandaki nöronlardan alırlar. Herhangi bir nöron kendi fonksiyonunu yerine getirdikten sonra çıktısını bir sonraki katmanın nöronlarına gönderir.

6.2.1. YSA bileşenleri

İşlem birimi: Nöron yada düğüm diye de adlandırılan bir işlem birimi, tek başına ele alındığında çok basit işleve sahip işlemcilerdir. İşlem birimi, dış kaynaklardan veya komşularından girdiyi alır ve diğer birimlere yayılacak sinyali hesaplamak üzere kullanır.

Yapay sinir sistemlerinde üç çeşit nöron vardır:

- Girdi nöronları: Ağ dışından veriyi alır.
- Çıktı nöronları: Ağın dışına veriyi gönderir.
- Gizli nöronlar: Bir önceki katmandaki nöronlardan girdiyi alır ve çıktısını sonraki katman nöronlarına gönderir.

Her bir nöron birden fazla ($x_1, x_2, \dots, x_n$) girdiye sahip olabilir ancak her bir nöronun sadece bir çıktısı (o_j) vardır. Bir nöronun girdisi ağın dışından olabileceği gibi bir başka birimin çıktısı ya da kendi çıktısı olabilir. Bir nöronun girdileri ağırlıkları ile çarpılarak toplama fonksiyonuna girer. Ağırlıklar girdi bağlantılarının güçlülüğünün bir ölçüsüdür.

Toplama fonksiyonu: Bir YSA'da, girdi birimi olmayan her bir nöron bağlantılar yardımı ile diğer nöronlardan gelen değerleri toplar ve net girdiyi üretir. Diğer nöronlardan gelen değerleri toplayan bu fonksiyona toplama (birleştirme) fonksiyonu denir. Bir çok YSA'da her bir nöronun bağlantılı olduğu diğer nöronun girdisine ek bir katkıda bulunduğu varsayılır. Herhangi bir j nöronunun toplam girdisi, diğer nöronlardan gelen değerlerin ağırlıklı toplamı ile eşik (bias) değerinin toplamına eşittir:

$$a_j = \sum_i w_{ji} x_i + \theta_j \quad (6.18)$$

Aktivasyon fonksiyonu: Nöron davranışını belirleyen önemli faktörlerden biri aktivasyon fonksiyonudur. Toplama fonksiyonunun sonuçları aktivasyon fonksiyonu ile çıktıya dönüştürülür. Literatürde, sıkıştırma veya eşik fonksiyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bunun sebebi, çıktı sinyallerini $[0,1]$ veya $[-1,1]$ aralığında sınırlandırmasıdır. Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonunun sonucunu eşik değer ile karşılaştırır. Eğer toplam eşik değerinden büyük ise işlem birimi sinyal üretir. Eğer toplam eşik değerinden büyük değilse sinyal üretilmez. İlgilenilen problem türüne ve ağ yapısına bağlı olarak değişik aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Genellikle kullanılan aktivasyon fonksiyonları doğrusal, basamak, sigmoid ve hiperbolik tanjant' dır.

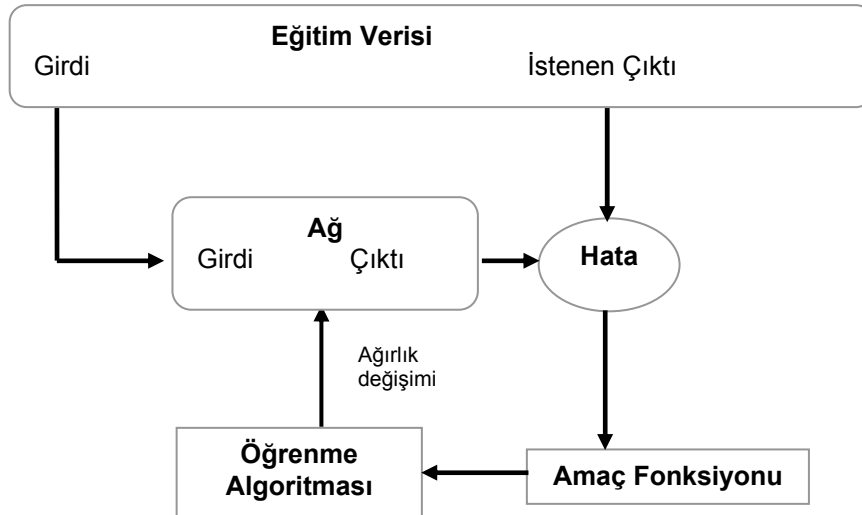
6.2.2. YSA yapıları

YSA'nın yapısı; katman sayısına veya katmanlar arasındaki bağlantıların durumuna göre tanımlanır. YSA'lar katmanlar arasındaki bağlantının yapısına göre ileri ve geri beslemeli ağlar olarak iki sınıfta incelenir. İleri beslemeli ağlar verilerin girdi birimlerinden çıktı birimlerine doğru aktığı ağ yapısıdır. Bu ağ yapısında geri besleme yoktur. Geri beslemeli ağlarda ise veri akışı sadece ileriye doğru değil geriye doğru da olabilmektedir. Bu ağ yapısında, ağın çıktısı aynı zamanda girdi olarak kullanılmaktadır.

6.2.3. YSA'nın eğitimi

YSA'nın en temel özelliği öğrenme yeteneğidir. YSA'da girdi ile çıktı arasındaki ilişkinin öğrenilmesi amacı ile bağlantıların ağırlıklarının hesaplanması işlemi ağın eğitimi olarak adlandırılır. Başlangıç ağırlıkları rassal olarak seçilir ve öğrenme işlemi başlar. Problemin çözümünde en iyi ağırlık kümesini bulmaya yardım eden bir çok öğrenme algoritması ileri sürülmüştür. Bu algoritmalar kabaca iki sınıfta incelenebilir: öğreticili öğrenme ve öğreticisiz öğrenme algoritmaları.

Öğreticili öğrenme: Ağın eğitiminde, çıktıların istenen değerleri ağa tanıtılabiliyorsa, bu tip öğrenme öğreticili öğrenme adını alır. Girdi ve çıktı kümeleri ağa verilir. Ağ, girdiyi işleyerek kendi çıktısını üretir ve gerçek çıktı ile karşılaştırır, öğrenme metodu sayesinde mevcut hatayı en aza indirmek için bağlantılardaki ağırlıklar yeniden düzenlenir. Bu işlem kabul edilebilir bir hata seviyesine ulaşıncaya kadar devam eder. Şekil 6.9 öğreticili öğrenme algoritmasını göstermektedir. Geri yayılım ağıları en yaygın kullanılan öğreticili ağlardandır [Anderson ve McNeill, 1992].



Şekil 6.9. Öğreticili öğrenme

Öğreticisiz öğrenme: Çıktıların istenen değerleri ağa tanıtılamıyorsa, bu tip öğrenme şekli öğreticisiz öğrenme olarak adlandırılır. Öğreticisiz öğrenme algoritmaları daha çok sistemin geçmişte karşılaştığı veri kümesinin içerdiği istatistiksel bilgilerin elde edilmesini amaçlar. Çok elemanlı veri kümeleri içerisinde deneme-yanılma yoluyla bilgi genelleştirilmesi yapılır. Öğreticisiz öğrenmede girdiler aynı zamanda çıktı vazifesi görmektedir. Hem çıktı hem de girdi olan veriler arasındaki kural ve ilişkilerin araştırılması ve en uygununun bulunması ağın eğitilmesi anlamına gelmektedir. Adaptif Rezonans Teorisi, Hopfield Ağı, Kohonen Ağı bu tür YSA yapılarına örnektir.

Bir YSA'nın eğitiminde, öğrenme algoritmalarının yanı sıra, öğrenme oranı ve öğrenme kuralı da önemli rol oynar.

Öğrenme oranı: Öğrenme oranı bağlantıların ağırlık değerlerindeki değişim miktarını belirler. Öğrenme oranı 0 ile 1 arasında bir değerdir. Öğrenme oranının büyük değerleri değişim miktarını artırırken, küçük değerleri değişim miktarını azaltır. Öğrenme oranının çok büyük değerleri kararsızlığa, çok küçük değerleri de öğrenme sürecinin kabul edilemeyecek şekilde yavaşlamasına sebep olur.

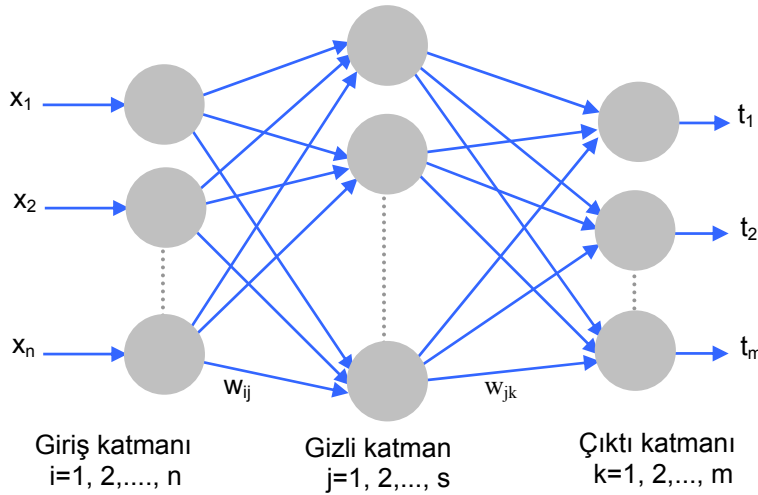
Öğrenme kuralları: YSA'nın önemli özelliklerinden biri, ilgili probleme ait giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişkiyi öğrenebilmesidir. YSA'nın veri yapısındaki ilişkiyi öğrenmesi, probleme ait örnekler yardımı ile ağ ağırlıklarının en uygun değerlerinin belirlenmesine dayanır. Herhangi bir ağırlık için;

$$W_{yeni} = W_{eski} + \Delta W \quad (6.19)$$

denklemini, öğrenmenin matematiksel olarak nasıl gerçekleştiğini ifade etmektedir. Eş 6.19'da ki ΔW değeri belli bir kurala göre hesaplanarak mevcut ağırlık değerlerinin değişim miktarını verir. ΔW 'yi belirlemek için

tanımlanmış kurallara öğrenme algoritmaları denir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılmakta olan öğrenme algoritmalarından biri geri yayılım algoritmasıdır.

Geri yayılım algoritması (GYA)-Genelleştirilmiş Delta Kuralı: Bu öğrenme algoritması, sürekli, türevi alınabilir aktivasyon fonksiyonuna sahip nöronlardan meydana gelen Çok Katmanlı Ağlara (ÇKA) uygulanabilmektedir. Girdi ve bu girdilere karşılık gelen çıktılarından meydana gelen eğitim kümesi $\{x^{(k)}, t^{(k)}\}$, $k=1, 2, \dots, p$ şeklinde ifade edilirse, GYA, verilen eğitim seti için en uygun çözümü üretecek ağırlıkları bulmayı sağlar. Şekil 6.10'da bir tipik bir ÇKA gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Çok katmanlı ağ yapısı

ÇKA tipi YSA'ların eğitiminde oldukça yaygın olarak kullanılan GYA, giriş katmanı-gizli katman ve gizli katman-çıkış katmanları arasında mevcut olan ağırlıklı bağlantıların, w_{ij} ve w_{jk} , ağ çıkışında oluşan hataya bağlı olarak optimize edilmesini amaçlar. Giriş ve ilgili çıkış vektörü ağı eğitmek için kullanılır. Giriş vektörü ağın ilk katmanına verildikten sonra aradaki gizli katmanlardan geçerek en sondaki çıkış katmanına ağırlıklar yardımı ile ulaşır. Ağdaki her bir nöron, kendisinde sonlanan ağırlık vektörlerinin aritmetiksel

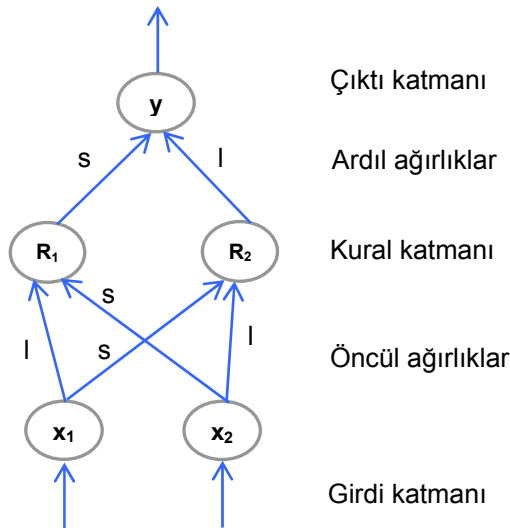
toplamını aldıktan sonra, sonucu kendinden sonraki katmanın tüm nöronlarına kullanılan aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak aktarır. Böylece çıktı katmanındaki nöronların ağırlık çıktısını üretmesi sağlanır. Ağırlık ürettiği çıktı ile eğitim kümesindeki gerçek değerler karşılaştırılır. Aradaki fark hesaplanır. Hatayı minimize etmek için, algoritma geriye doğru çıktı katmanını ağırlıklarını (son gizli katman ile çıktı katmanındaki ağırlıklar) yeniden hesaplamaya çalışır. Daha sonra son gizli katmandaki ve girdi katmanına doğru bütün katmanlardaki ağırlıklar yeniden hesaplanır. Algoritmayı sonlandırma kriteri sağlanana kadar bu işlem sürer. Algoritma, ağırlıkların geriye doğru düzenlenmesinden dolayı, geri yayılım algoritması adını almıştır.

6.3. Sinirsel-Bulanık Sistemler

Sinirsel bulanık sistemler (SBS) sinir ağlarından yararlanarak bulanık sistemlerin oluşturulması ve iyileştirilmesini otomatik olarak gerçekleştiren hibrid sistemlerdir. Amaç, bulanık sistemi oluşturma ve iyileştirme sürecinin maliyetini sinir ağlarını kullanarak ortadan kaldırmaktır. SBS dar anlamda düşünülecek olursa bir bulanık kural tabanlı sistemdir. Bulanık-Sinir Ağları ise SBS ile karıştırılmaması gereken farklı bir yöntemdir. Bir Bulanık-Sinir Ağı bulanık metotlar kullanarak sinir ağının daha hızlı veya daha iyi performans vermesini sağlayan sinir ağı yapısıdır. Burada bulanık sistemin kural tabanının oluşturulması ya mümkün değildir ya da önemli değildir. Çünkü bir Bulanık-Sinir Ağı kara kutu prensibine göre çalışan temel YSA'dan farklı bir şey değildir [Nauck ve ark., 1997]. SBS ise sinir ağı yetenekleriyle zenginleştirilmiş bulanık çıkarım sistemleridir. Bulanık sistemler sinir ağlarına göre daha kullanıcı dostudurlar. Çünkü davranışları insan düşünme şeklinin yapısı olan bulanık kurallarla açıklanabilir. Bulanık mantık doğrudan sözel değişkenlere sahip kurallar kullanarak uzman bilgisini kodlayabilir. Bu yaklaşım, tasarım süreci ve sözel değişkenleri temsil eden üyelik fonksiyonlarının ayarlanması sırasında çok zaman kaybına neden olur. Sonuçta saf bulanık kural tabanlı sistemler uzman bilginin bulunduğu ve girdi

değişken sayısının az olduğu uygulamalarla kısıtlı kalmaktadır. Sinir ağı öğrenme teknikleri ile bu süreci otomatik gerçekleştirir ve geliştirme süresini zaman olarak azaltır. [Baykal ve Beyan, 2004].

SBS bulanık akıl yürütme işlemini gerçekleştirmek için tanımlanır. Burada ağırlık bağlantı ağırlıkları, bulanık akıl yürütmenin parametrelerine karşılık gelir. SBS, öğrenme algoritması kullanarak bulanık kuralları tanımlayabilir ve üyelik fonksiyonlarını öğrenebilir. SBS en temel şekliyle Şekil 6.11’de ki ağ yapısıyla gösterilir.



Şekil 6.11. Bulanık sistemin ileri beslemeli 3 katmanlı ağ yapısı gösterimi

SBS için bulanık sistemdeki veri akışı ve hesaplamalar sinir ağı benzeri bir şekil üzerinde gösterilir. SBS mimarisi öncül cümlecikler, sonuç cümlecikleri ve bağlaç işlemcileri için ayrı ayrı düğümlere sahiptir. Burada düğümler girdi değişkenlerinin sözel terimlerini, bazı düğümler çıktı değişkenleri ve bazıları da bulanık kuralları temsil eder. Şekil 6.11’de ki düğüm gösteriminde bulanık sistemin üyelik fonksiyon parametreleri ağ bağlantılarındadır. Ağdaki düğümlerin hepsi birbiriyle bağlantılı değildir. Bulanık sistemdeki kural tabanını yansıtacak şekilde düğümler birbirine bağlanmıştır. Şekil 6.11, R_1 : “Eğer x_1 büyük ve x_2 küçük ise o halde y küçük” ve R_2 : “Eğer x_1 küçük ve x_2

büyük ise o halde y büyük” kurallarını içermektedir. Giriş katmanı girdi değerlerini, giriş bağlantıları kuralın öncül kısmında yer alan dilsel terim ve parametrelerini, kural katmanı bulanık kuralları, ardıl kısmında yer alan bağlantılar dilsel terim ve parametrelerini, çıktı katmanı ise çıkış değerlerini içermektedir [Nauck, 2000].

SBS YSA’da ki öğrenme algoritması kullanarak bulanık çıkarım sisteminin parametrelerinin belirlenmesini sağlar. Bulanık çıkarım sisteminde kullanılan parametrelerin bazı durumlarda türevlenemez olduğu düşünüldüğünde klasik YSA öğrenme algoritmalarının SBS için uygun olmayacağı açıktır. Bu durumda ya türevlenebilen fonksiyonlar kullanılmalı ya da standart öğrenme algoritmaları kullanılmamalıdır.

SBS ile ilgili önemli çalışmalardan bazıları GARIC [Bherenji ve Khedkar, 1992], FALCON [Lin ve Lee, 1991], ANFIS [Jang, 1992], NEFCON [Nauck ve Krause, 1997], FUN-Fuzzy Net [Sulzberg, 1993], SONFIN [Feng ve Teng, 1998], FINES [Tano ve ark., 1996] ve EfuNN [Kasabov ve Song, 1999] dir. Genetik algoritma da bulanık sistem parametrelerinin öğrenilmesinde kullanılan tekniklerden biridir [Ishubichi ve ark., 2000; Cordon ve ark.,1998; Cordon ve ark., 2004]. Bulanık sistem modellemede kullanılan diğer bir teknikte kümeleme temelli bulanık model belirleme metotlarıdır [Chiu, 1997; 1999]. Bu yöntemlerin her birinin diğerlerine göre avantajlarının yanı sıra dezavantajları bulunmaktadır. Hesaplama zamanı, performans seviyesi veya kural tabanını anlamlılığı kriterlerine göre yöntemler birbirlerine göre üstünlük sağlayabilmektedir [Abraham, 2001]. Bulanık sistemlerin tasarlanmasında kullanılan yöntemler ve yöntemlerin karşılaştırılması ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır [Nauck ve ark., 1997; Mitra ve Hayashi, 2000; Abraham, 2001] .

Bulanık sistemler klasik istatistiksel yöntemlerle kıyaslandığında fonksiyon yaklaştırma ve sınıflandırma problemleri için çok daha iyi sonuçlar vermeye

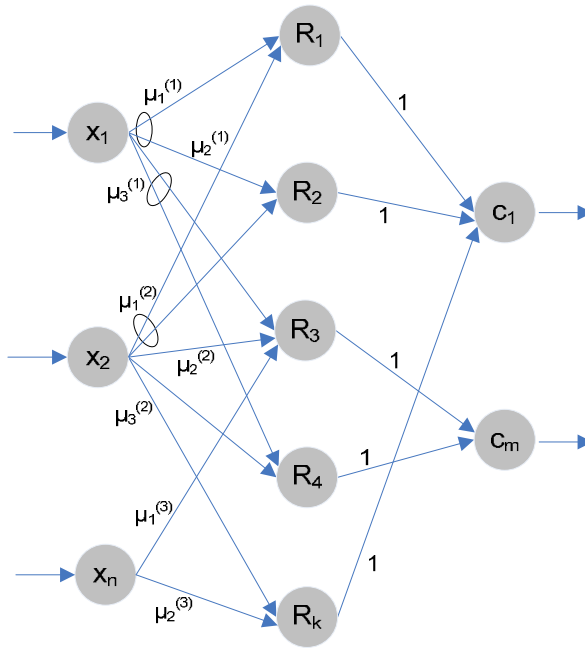
bilir. Bulanık sistemlerin avantajı sistemin basitliği ve yorumlanabilir (açıklanabilir) olma özelliğidir. Veri analizinde amaç giriş değerlerine bağlı olarak çıkış değerlerini elde etmenin yanı sıra giriş ile çıkış değerleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak ve yorumlayabilmek ise bulanık sistemler tercih sebebidir. Bir bulanık sistemin açıklanabilirliği (yorumlanabilirliği); bulanık kural sayısı, dilsel değişken sayısı ve her bir dilsel değişken için tanımlı bulanık küme sayısının azlığı ile ilişkilidir. Aynı dilsel etiketi kullanan farklı kurallar aynı bulanık kümelerle ifade edilmelidir. Aynı kural, kural tabanında bir kereden fazla yer almamalıdır. Öncül kısmı aynı ardıl kısımları farklı olan kurallar yorumlamayı etkiler ve bir çelişki yaratır. Bu nedenle bu tür kurallara bulanık sistemde yer verilmemelidir.

Sinirsel-Bulanık sınıflandırıcılar eğer öyle ise o halde kurallarını kullanarak sınıflandırma yapan SBS' lerdir. Bulanık sınıflandırıcıda kural ardılında dilsel değişken yerine sınıf değeri bulunur. Bir sınıflandırma problemi için çıktı sınıfını hangi giriş değerlerinin etkilediğini bilmek, giriş değerleri verildiğinde uygun çıktı sınıfını belirlemek kadar önemli olabilir [Nauck, 2003; Duch ve ark., 2004]. Bu tip durumlarda bulanık sınıflandırıcıların kullanılması daha avantajlı olacaktır. Bu tez çalışmasında bulanık sınıflandırıcı olarak NEFCLASS (NEuro Fuzzy CLASSification) kullanılmıştır.

6.4. NEFCLASS

NEFCLASS üç katmanlı ileri beslemeli bir sinirsel bulanık sınıflayıcıdır. NEFCLASS ağ yapısı Şekil 6.11'e benzer bir yapıda olup, farklılık olarak çıktı katmanındaki her bir nöron çıktı sınıfını temsil etmektedir (Şekil 6.12). Birinci katman giriş değerlerini, ikinci katman bulanık kuralları, son katman ise çıkış değerleri olup her bir nöron bir sınıfı ifade etmektedir. Düğümlerde aktivasyon fonksiyonu olarak t-norm veya t-conorm operatörleri kullanılır. Düğümler arası ağırlıklar bulanık küme parametrelerini içerir. Aynı dilsel terimlerin aynı bulanık kümeyle ifade edilmesini sağlamak için ortak ağırlıklar kullanılmış ve

elips ile gösterilmiştir. Böylelikle x =büyük şeklindeki dilsel terime ait bulanık küme tüm kurallarda aynı parametrelere sahiptir. Bu da bulanık sistemin daha kolay yorumlanabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 6.12. NEFCLASS model yapısı

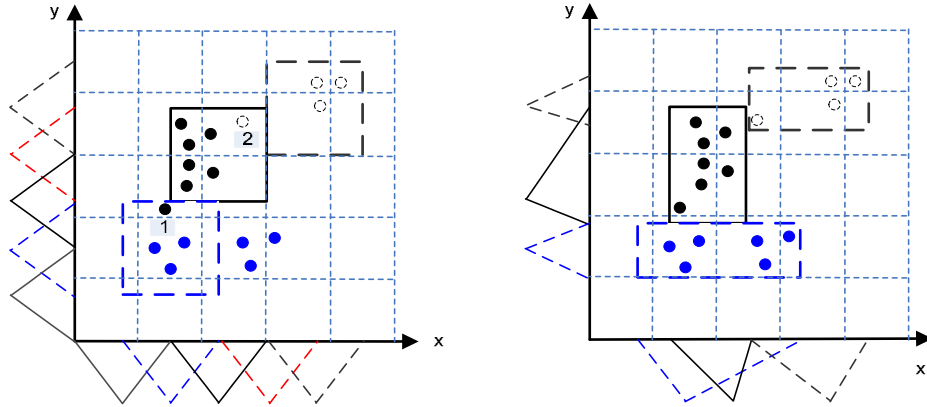
R_k bulanık kuralları, $\mu_i^{(j)}$ ise j 'inci girişin i 'inci bulanık kümesini ifade etmektedir. [Nauck ve Krause, 1997]. Her bir kural yalnızca bir çıktı düğümüne bağlanmaktadır. Giriş değişkenine ilişkin çıktı sınıfını belirleyen kural max işlemcisi kullanılarak belirlenir. En yüksek değere sahip çıktı sınıfına 1 değeri, diğer sınıflara ise 0 değeri verilir. NEFCLASS'ın tıbbi verilerin analizi sonucu hastalık teşhisi ve kontrol alanlarına uygulanmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir [Nauck, 2003; Akcayol ve Elmas, 2005].

NEFCLASS modelinde iki farklı öğrenme gerçekleşir. Önce kural tabanı öğrenilir. Bulanık kuralların oluşturulmasını sağlayan bu işlemin ardından kurallarda yer alan dilsel değişkenlere ilişkin bulanık küme parametrelerinin öğrenilmesi işlemine geçilir.

6.4.1. Kural öğrenme algoritması

$x_1, x_2, \dots, x_n$ n tane giriş değerini, $R_1, R_2, \dots, R_k$ k tane kuralı (başlangıçta $k < k_{\max}$ olmak üzere), $c_1, c_2, \dots, c_m \in \{0,1\}$ olmak üzere m tane çıkış (sınıf değerini) değerini gösterebilir. $L = \{(p_1, t_1), (p_2, t_2), \dots, (p_s, t_s)\}$ olmak üzere $p_i (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ girdi seti ve $t_i \in \{0,1\}$ çıktı değerine sahip s tane örnek giriş-çıkış çiftini ifade etsin. NEFCLASS kural tabanının oluşturulması her bir giriş vektörü p'de yer alan $x_1, x_2, \dots, x_n$ giriş değerleri için en yüksek üyelik değerini veren bulanık kümelerin seçimiyle başlar. Böylelikle aday bir kuralın öncül kısmı belirlenmiş olur. Bu kural öncülüne sahip bir kural daha önceden oluşturulmamış ise kural tabanına eklenir. Tüm p seti için bu işlem gerçekleştirilir. Daha sonra her bir kuralın ardılı bulmak üzere tüm $\{p, t\}$ ler için belirlenmiş olan kural öncüllerinin sağlama dereceleri toplamı tüm sınıflar için ayrı ayrı hesaplanır. Kuralın ardılı bu toplam değerlerinden en büyüğüne sahip sınıf olarak belirlenir. Her bir kuralın performansı, eğer kural giriş değerlerini dikkate alarak sınıflandırmayı doğru olarak yapıyorsa, giriş değerinin kural öncülünü sağlama derecelerinin toplamı olarak hesaplanır. En iyi performans değerine sahip $k_{\max}$ kural (veya her bir sınıf tipi için $k_{\max}/m$) kural tabanına seçilir ve diğer kurallar silinir.

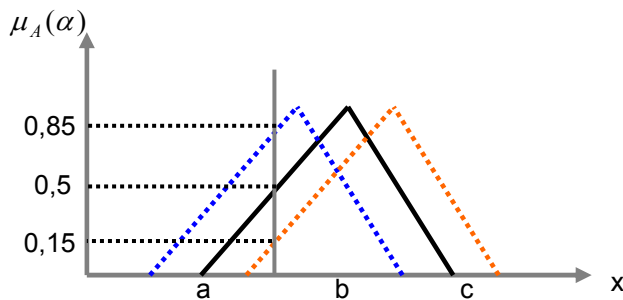
Şekil 6.13'de kural öğrenme algoritması şekil üzerinde gösterilmiştir. Kural öğrenme algoritması hiper kutular kullanarak girdileri sınıflandırır. Kural öğrenme algoritması sonucu yanlış sınıflandırmalar elde edilebilir. Şekil 6.13'de (solda) bazı örnekler yanlış sınıflandırılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının değiştirilmesi ve kaydırılması sonucu bu yanlış sınıflandırmalar ortadan kaldırılabilir. Şekil 6.13'de (sağda) üyelik fonksiyonlarının düzenlenme sonrası yapısı görülmektedir. Yanlış sınıflandırmalar ortadan kalkmıştır. Üyelik fonksiyonların bu şekilde değişmesi bulanık küme öğrenme algoritması ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6.13. Kural öğrenme sonrası NEFCLASS (sol), bulanık küme öğrenme sonrası NEFCLASS (sağ)

6.4.2. Bulanık küme öğrenme algoritması

Kural tabanı oluşturulduktan sonra sınıflandırma performansını iyileştirmek üzere bulanık küme parametrelerinde değişikliğe gidilir. Her bir eğitim girdisi için ağırlık hesapladığı çıktı değerine bağlı olarak bir hata değeri hesaplanır. Hesaplanan bu hata değerine göre aktif olan kuralın aktivasyon seviyesi artırılır veya azaltılır. Minimum değere sahip bulanık küme, aktivasyon seviyesinin ayarlanması için değişime uğrar. Bu değişim bulanık kümenin desteğinin artırılması veya azaltılması ile sağlanır (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. Üyelik fonksiyonu değerinin değiştirilmesi (solda üyelik değerinin arttığı, sağda üyelik değerinin azaldığı durum)

Kuralların anlaşılabilirlik düzeyini korumak amacıyla bulanık kümelerdeki değişim işlemine bazı kısıtlamalar konulabilir. Örneğin bulanık kümelerin

belirli seviyelerde kesişmesi, simetriklik özelliğinin korunması, üyelik değerleri toplamının bire eşit olması gibi. Bulanık küme öğrenme algoritması aşağıda verilmiştir.

Tekrarla

(p,t) örneğini ağa ilet

Her bir çıktı nöronu c_i için

$ec_i = t_i - c_i$;

aktivasyon(R)>0 olan tüm kurallar için

başla

$e_R = \text{aktivasyon}(R) * (1 - \text{aktivasyon}(R)) * ec_i$; { * Kural hatası * }

R kuralını oluşturan öncüller içinden minimum üyelik fonksiyonu değerine sahip

μ^* bulanık kümesini tespit et ; (μ^* bulanık kümesinin parametreleri a, b,c olsun)

$\delta_b = \sigma \cdot e_R \cdot (c - a) \cdot \text{sgn}(p_i^* - b)$; { p_i^* : tespit edilen kümeye (μ^*) ait değişkenin girdi değeri, σ : öğrenme oranı }

$\delta_a = -\sigma \cdot e_R \cdot (c - a) + \delta_b$;

$\delta_c = \sigma \cdot e_R \cdot (c - a) + \delta_b$;

μ değerlerini kısıtların sağlanması durumunda $\delta_a, \delta_b, \delta_c$ delta değişim değerlerini

kullanarak güncelle;

bitir;

Durdurma kriteri gerçekleşene kadar yukarıdaki döngüyü tekrarla.

Algoritmada yer alan $\text{aktivasyon}(R) * (1 - \text{Aktivasyon}(R))$ ifadesi kural aktivasyon değerinin 0,5'e yakın olması durumunda üyelik fonksiyonunda büyük, 0 veya 1'e yakın olması durumunda ise üyelik fonksiyonunda küçük değişimlerin olmasını sağlamaktadır [Nauck ve ark.,1997]. Öğrenme işlemi sonrası kural tabanının daha kolay anlaşılabilir ve basit bir hale getirmek için budama yöntemleri kullanılır [Nauck, 2000]. Örneğin en iyi k kuralın seçimi, yalnızca birkaç verinin sınıflandırmasını sağlayan kuralların silinmesi, kural öncülleri içinden bazı dilsel etiketlerin silinmesi gibi.

7. UYGULAMA

7.1. Mobil Telefonlar

Mobil telefon ilk olarak 1980'ler de insan yaşamına girmiştir. İlk çıktığı yıllarda işadamlarının ve zengin insanların kullandığı bir haberleşme cihazı iken geçen 25 yıllık zaman sonunda mobil telefonlar günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası konumuna gelmiştir. Bugün 1,5 milyara yakın insan mobil telefon kullanmaktadır. Mobil telefon artık temel bir tüketici ürünü olarak görülmektedir. Ayrıca bazı kullanıcılar için mobil telefon sahibinin kişiliğini, statüsünü ve yaşam tarzını yansıtan estetik bir unsur konumuna da gelmiştir [Katz ve Sugiyama, 2005]. Ülkemizde de mobil telefonu kullanıcı sayısı büyük bir artış göstermiştir. 1999'da 3 262 300 olan GSM abonesi sayısı 2004 yılında 34 359 157' e ulaşmıştır (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Türkiye'de ki GSM abone sayısı

Yıl	GSM Abone Sayısı	Bir Önceki Yıla Göre Artış (%)
1998	3 262 302	-----
1999	7 232 917	128
2000	13 421 130	91
2001	18 178 199	22
2002	22 793 305	34
2003	26 929 122	20
2004	34 359 157	23

Dünyada ve ülkemizde mobil telefonlarının bu kadar yaygınlaşmasındaki en önemli etken teknolojiye ki hızlı gelişmedir [Kiljander, 2004]. Resim 7.1 mobil telefon teknolojisinde hızlı gelişim sürecini göstermektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi hem mobil telefonların maliyet olarak ucuzlamasına hem de daha kullanılabilir bir hale dönüşmesine yardımcı olmuştur. Bu nedenle ticari ve

bilimsel alanda mobil telefon teknolojileri ve tasarımı üzerinde en çok ilgilenilen konulardan biri durumuna gelmiştir.



Resim 7.1. Mobil telefon teknolojisindeki gelişim

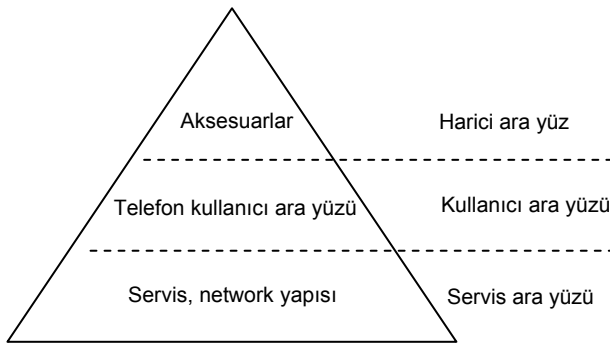
Farklı amaçlara göre mobil telefonlarını sınıflandırmak mümkündür. Çizelge 7.2’de kullanım ergonomisi açısından mobil telefonlarının sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 7.2. Ürün tipine göre kullanım ergonomisi [Kiljander, 2004]

Tür	Telefon	PDAs	İletişimci	Giyilebilir
Temel veri giriş mekanizması	Tek elle veri girişi	Bir el telefonu tutarken diğer el, parmak veya cat’le kullanım	İki elle kullanım	Telefon vücutta veya giysi üzerinde
Kullanım ergonomisi				
Örnek				

Ara yüz özelliğine göre ise mobil telefonlar 3 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar harici ara yüz, kullanıcı ara yüzü ve servis ara yüzüdür (Şekil 7.1) [Ketola, 2002]. Harici ara yüz, ürünü kullanmak için gerekli kullanıcı destek materyalleri ve yazılımları (aksesuarlar, şarj cihazı, PC ve internet

uygulamaları, ürün kullanım kılavuzu) içerir. Servis ara yüzü mobil telefon üzerinde mobil servis sağlayıcısı ve servis operatörleri tarafından sunulan ara yüzlerdir. Kullanıcı ara yüzü ise mobil telefonun sahip olduğu yazılım ve donanımı kapsamaktadır. Çoğu durumda bu 3 ara yüz birbirine karışmış durumdadır [Ketola, 2002].



Şekil 7.1. Ara yüz hiyerarşisi

Bir cep telefonu için temel kullanıcı ara yüzleri aşağıdaki bileşenlerden oluşur (Resim 7.2).

- Nümerik tuş takımı: Rakam, harf veya özel karakter girişi
- Kontrol tuşları: Navigasyon tuşları, joystick, menu tuşları, softkeys, roller, wheels veya özel amaçlı tuşlar
- Arama yönetim tuşları: Arama-aramayı bitirme tuşları. Bazı modellerde bu tuşlar kontrol tuşlarına entegre edilmiş olabilir.
- Ses düzeyi ayar düğmeleri: Telefon açma/kapama düğmesi
- Özel amaçlı tuşlar: Kamera, internet erişimi, ses kayıt, kayan kapaklı telefonda kapak açma mekanizması vd.
- Mikrofon
- Dijital kamera
- Menu ara yüzü

Mobil telefonları, tasarım elemanlarına (morfolojik özelliklerine) göre analiz etmek ve sınıflandırmakta mümkündür.



Resim 7.2. Mobil telefon ara yüz bileşenleri

Literatürde mobil telefonlarının tasarım unsurları detaylı bir şekilde incelenmiştir [Chen, 2004: Lai ve ark., 2005b]. Bu çalışmada ise ilgili literatürde belirlenmiş morfolojik özellikler ve ülkemizde şu an satılmakta olan 70'e yakın farklı cep telefonun özellikleri dikkate alınmıştır (EK-1). Sonuç olarak Çizelge 7.3'de verilen morfolojik özellik tablosu elde edilmiştir. EK-2'de incelenen telefonlara ilişkin morfolojik özellikler verilmiştir.

1980 ve 1990'lar da mobil telefon üreticilerinin hedef tüketicileri mobil telefonla daha önceden tecrübesi olmayan kullanıcılardı. Klasik telefonu kablodan bağımsız hale getirmiş olmak büyük bir başarı olarak gözükmekteydi. Tüketiciler açısından da mobil iletişim imkanına kavuşmak yeterli bir özellikti. Bugün bile gelişmekte olan bazı pazarlarda, örneğin Rusya ve Çin gibi, bu durum aynıdır. Bununla birlikte Amerika, Avrupa ve Asya gibi doymuş pazarlarda çoğu tüketiciler artık ilk kez telefon alan kişilerden ziyade telefonunu değiştiren veya yenileyen kişilerden oluşmaktadır.

Çizelge 7.3. Mobil telefonlar için morfolojik özellik tablosu

Üst Şekil			
	Düz L	Eğri C	Belirsiz R
Gövde Şekli			
	Paralel PL	Konveks RC	Konkav CC
Alt Şekil			
	Düz L	Eğri C	Belirsiz R
Genişlik			
Uzunluk			
Kalınlık			
Genişlik/Uzunluk Oranı			
Fonksiyon Tuşlarının Yerleşimi			
		Geniş WL	Simetri SS
Fonksiyon Tuşlarının Şekli			
	Kare S	Oval O	Joystick J
Nümerik Tuşların Yerleşimi			
		Düzenli R	Düzensiz IR
Ekran Boyu			
Ekran Genişliği			
Ekran Büyüklüğü: Genişlik/Boy			
Ekran Alanı			

Çizelge 7.3. (Devam) Mobil telefonlar için morfolojik özellik tablosu

Nümerik Tuşların Şekli	 Oval O	 Dikdörtgen R	Belirsiz IR		
Fonksiyon Tuşlarının Ekran Üzerindeki Yerleşimi	 Bağımsız ID	 Bağımlı D	 Yarı bağımlı IP		
Kapak Cinsi	Açılan R	Sürgülü S	Değişebilir X	Normal N	Hareketli H
Telefon Rengi	Düz D	Karmaşık K		Desenli DL	
Açma/Kapama	Yukarıda YR		Yanda Y	Gövde üstünde G	
Ağırlık					

Yalnızca Amerika'da 2002 yılında telefon kullanıcılarının % 75'i telefonlarını yenilemiştir. Bu nedenle üreticiler her geçen gün yeni özelliklerle donatılmış telefonlar tasarlamaya ve değer katan servislerin sayısını artırmaya çalışmaktadır.

Mobil telefon teknolojisindeki gelişmelerle birlikte (Wap, GPRS, kablosuz LAN, 3G, multimedya mesajlaşma, bluetooth, kamera, mp3 desteği vb.) telefonlar daha küçük ve daha karmaşık bir şekil almıştır. Bu nedenle üreticiler açısından ürünün kullanılabilirliği ve kullanıcı beklentilerin karşılanması ön plana çıkmıştır. Üreticiler daha büyük ekran, daha büyük yazı karakteri, mantıklı ve tutarlı ara yüzler ve en önemlisi estetik ve duyuşal açıdan farklı kullanıcı segmentlerine hitap eden tasarımlar üzerine yoğunlaşmaktadır. Günümüzde aynı satın alma davranış özelliklerine sahip tek bir tüketici modeli tanımlamak artık mümkün değildir.

Mobil telefon endüstrisi için de ürün farklılaşmasına gitmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Örneğin Nokia pazar payını artırmak ve yüksek kar elde

edebilmek için genç popülasyon üzerine yoğunlaşmaktadır. Çünkü Nokia'nın sattığı telefonlarının üçte ikisini genç kullanıcıların aldığı pahalı olmayan telefonlar oluşturmaktadır. Diğer üreticilerde büyüme ve rekabet edebilmek ve farklı kullanıcı segmentlerinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere ürün farklılaşmasına gitmektedir. Literatürde mobil telefon kullanıcı segmentleri farklı boyutlarda tanımlanmaktadır [Baffoy, 2000]. Bunlar; coğrafi segmentasyon: bölge, ülke, şehir, demografik segmentasyon: yaş, cinsiyet, aile, gelir, meslek, davranışsal segmentasyon: kullanım sıklığı, marka bağımlılığı ve yaşam tarzı segmentasyonu: tutum, değer, algılama olarak sınıflandırılabilir. Bu tez çalışmasında kullanıcı segmenti olarak genç kullanıcı kitlesi seçilmiştir. Yenilikçi ve yaratıcı ürünlerin tasarımında kullanıcı beklentilerin analizi önemli bir unsurdur. Bununla birlikte kullanıcı beklentilerin hangi tip müşterilerden toplanacağı ise daha önemli bir konudur. Önder kullanıcı (lead users) grubu, yenilikleri ve trendleri takip eden, sıradan kullanıcılara göre ürün hakkında daha detaylı bilgiye sahip kullanıcı kitlesidir. Bu grupta yer alan kullanıcılardan ürün ile ilgili geri bildirim almak daha kolaydır [Lüthje, 2003]. Ayrıca, bu tip kullanıcılar yeni ve yaratıcı ürün fikirlerine de sahiptir. [Verveer ve Mozota, 2005]. Mobil telefon gibi elektronik ürünler için önder kullanıcı grubu genç kullanıcılardır. Bu tez çalışmasında da önder kullanıcı olarak genç kullanıcılar seçilmiş ve kullanıcı beklentileri bu gruptan toplanmıştır.

Bu çalışmada mobil telefon kullanılabilirliğinin değerlendirilmesine yönelik olarak literatürde bulunan anketlerden; SUMI [Kirakowski ve Corbett, 1993], QUIS [Chin ve ark.,1988], PUTQ [Lin ve ark., 1997], QUEST'den [Demers ve ark.,1996] faydalanılmıştır. Bu anketler genellikle insan-bilgisayar etkileşiminin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır ve kullanılabilirliğin performans (objektif) boyutunu dikkate almaktadırlar. Mobil telefonu bir yazılım ürününden çok bir tüketici ürünü olarak sınıflandırmak daha doğrudur. Bu nedenle kullanılabilirliğin sübjektif olan tatmin, memnuniyet ve duyuşal boyutu da dikkate alınmalıdır. Estetik görünüm ve duyuşal beklentilerinde

mobil telefon gibi tüketici ürünlerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesine katılması gerektiği vurgulanmaktadır [Jordan, 1998; Kwahk, 1999].

Ryu yukarıda bahsedilen anket çalışmalarında yer alan anket soruları ve değerlendirme boyutlarını 512 soruluk bir havuzda toplamıştır [Ryu, 2005]. Daha sonra benzer soruları ilişki düzeylerine göre kümeleyerek cep telefonu kullanılabilirliği değerlendirmesi için gerekli soru sayısını 119'a indirgemıştır. Daha sonra ise faktör analizinden faydalanarak kullanılabilirlik boyutları 6 ile sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada ise literatürdeki çalışmalardan faydalanarak EK 3'de sunulan anket hazırlanmıştır [Kwahk 1999; Ryu, 2005]. Anket formu 2 kısımdan oluşturulmuştur. Birinci kısımda Ryu'nun belirlediği performans boyutları dikkate alınarak mobil telefonlar değerlendirilmiştir [Ryu, 2005]. Anketin ikinci bölümünde ise Kwahk'ın çalışmasından faydalanarak imaj ve görünüm boyutları bakımından mobil telefonlar değerlendirilmiştir [Kwahk, 1999]. Değerlendirmede 11 imaj/görünüm sıfatı dikkate alınmıştır (Çizelge 7.4).

Çizelge 7.4. Değerlendirmede kullanılacak imaj/görünüm sıfatları

	İmaj/Görünüm Sıfatları
1	Yaşlılara hitap eden - Gençlere hitap eden
2	Klasik – Sportif
3	Ucuz - Pahalı
4	Karmaşık – Basit
5	Kaba - Zarif, Şık
6	Sade, Yalın - Lüks, Görkemli
7	Gösterişsiz, Çekici olmayan - Dikkat çekici, Etkileyici
8	Ürün bileşenleri açısından Uyumsuz, Ahenksiz – Uyumlu, Ahenkli
9	Hoşnutsuzluk, Memnuniyetsizlik - Hoşnutluk, Memnuniyet
10	Güven vermeyen- Güven duygusu veren, Sağlam
11	Detaysız- Ayrıntılı, Detaylı

11 görünüm sıfatı 7 ölçekli SDÖ ile değerlendirilmiştir. Ürünlerle ilgili müşteri beklentilerinin ortaya çıkarılmasında yüksek çözünürlüklü resimlerin kullanılabileceği belirtilmektedir [Dahan ve Srinivasan, 2000]. Ürünle kullanıcı arasındaki etkileşimde en önemli iletişim ise göz ile sağlanır. Diğer duyu organlarıyla, dokunma, koklama, duyma, ile karşılaştırıldığında görme en önemli iletişime sahiptir (Schifferstein, 2006). Bu nedenle ürünlerin semantik değerlendirilmesinin internet üzerinden gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Değerlendirme internet üzerinden gerçekleştirildiği için dokunma kalitesi ankete dahil edilememiştir.

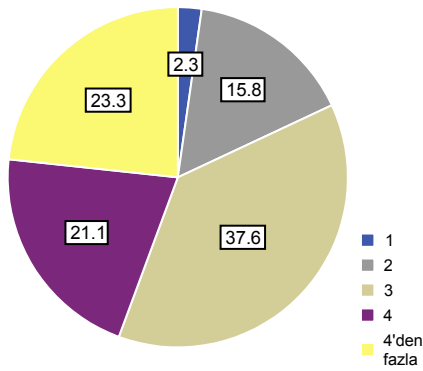
7.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anket değerlendirmesine yaş ortalaması 22,5 olan 76'sı erkek, 56'sı bayan 132 kişi katılmıştır. Katılımcılara anket değerlendirmesinden önce anketin amacı ve içeriği hakkında kısa bilgi verilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi genç kullanıcıların mobil telefonlardan beklentileri analiz edilmiştir. Anketin 3. sorusunda katılımcılardan bir mobil telefon kullanıcısı olarak tanımlanmış olan kategorilerden (A, B) her birine girme derecelerini 0-6 skolasında değerlendirmeleri istenmiştir. Kullanıcıların A kategorisini tercih etme oranı ortalama 3,29 iken, B kategorisini tercih etme oranı ortalama 3,03 olarak bulunmuştur (Çizelge 7.5). Bu sonuç, çalışmaya katılan genç kullanıcı kitlesinin her iki kategoride de yaklaşık olarak eşit dağıldığını göstermektedir.

Çizelge 7.5. Kullanıcı segmentasyonu

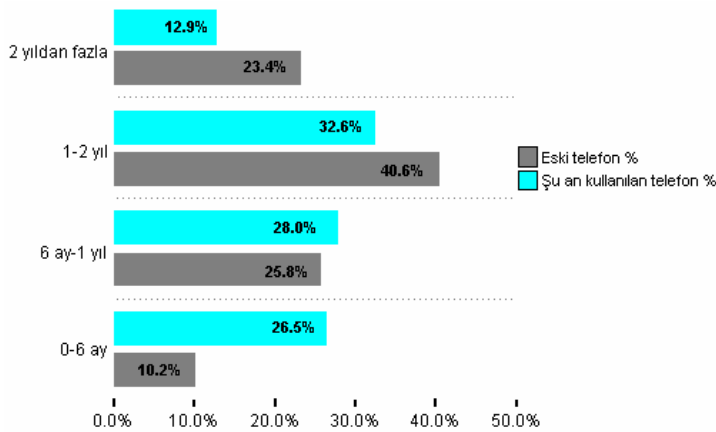
Kategori		Ortalama Değer
A	Güvenilir ve kullanıcı dostu, piyasada kabul görmüş fiyat açısından makul, sınırlı sayıda fonksiyon ve özelliğe sahip ürünleri tercih eden kullanıcı	3,29
B	Cep telefonunu prestij ve statü göstergesi olarak gören, kalite için her türlü fiyatı ödemeye razı olan, en son teknolojiyi ilk olarak kullanma isteğine sahip kullanıcı	3,03

Şekil 7.2 ankette yer alan 4. soruya ilişkin olarak kullanıcıların bugüne kadar kullanmış oldukları farklı mobil telefon sayısına ilişkin değerleri göstermektedir. Kullanıcıların %62,4'ü bugüne kadar birden fazla mobil telefon kullanmıştır. Mobil telefon pazarına yeni ürünlerin girmesiyle kullanıcılar telefonlarını yenilemektedir.



Şekil 7.2. Kullanılan farklı cep telefonu sayısına ilişkin yüzde değerler

Şekil 7.3'de elde sonuçlar bu yaklaşımı destekler niteliktedir. Kullanıcıların yaklaşık olarak %66 sı 6 ay ile 2 yıl arasında eski telefonlarını kullandıktan sonra yenisiyle değiştirmiştir.



Şekil 7.3. Eski ve şu an ki mobil telefonu kullanma sürelerine ilişkin yüzdelere

Şu anki telefonunu 2 yıldan fazla zamandır kullanmakta olan kullanıcıların yüzdesi ise (12,9) oldukça düşüktür.

Kullanıcılara şu an ve bir önceki kullandıkları mobil telefonların markaları ve modelleri sorulmuştur. Kullanıcıların %63'ü telefon alırken eski kullandıkları telefonla aynı marka telefon almayı tercih etmiştir. Daha sonra sorulan çapraz bir soruda kullanıcılardan yeni bir telefon aldıklarında eski kullandıkları telefonla aynı marka olup olmamasına özen gösterip göstermedikleri sorulmuş; %45'i aynı marka telefon seçmeye özen gösterirken, %55'i farklı marka telefon alabileceklerini belirtmiştir. Bu da kullanıcıların değişikliğe açık olduğu göstermektedir. Marka bağımlısı olan kullanıcılar olmakla birlikte değişikliğe açık, farklı görünüm ve özelliklerin arayışında olan kullanıcıların oranı da yüksektir. Kullanıcılara telefonlarını değiştirme nedeni sorulduğunda %66'sı yeni teknolojiler ve farklı görünümdeki telefonları kullanmak istediklerini belirtmiştir (Çizelge 7.6).

Çizelge 7.6. Telefonu yenilemedeki en önemli nedenlere ilişkin yüzdeler

	Yüzde (%)
Eski telefondan memnun kalmama	7,6
Eski telefonun çalınması/kaybolması veya bozulması	26,5
Teknolojideki yeni özelliklere sahip olma isteği	31,8
Şekil ve dış görünüm bakımından yeni model telefonlardan etkilenme	34,1

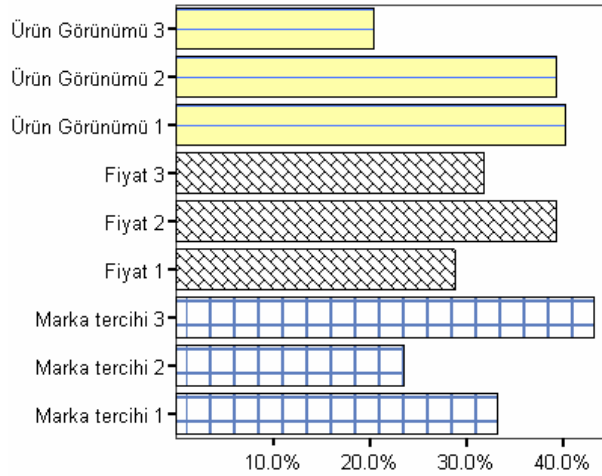
Kullanıcılar teknolojinin sunduğu yeni özelliklere sahip olmayı istemekle birlikte, teknolojinin sunduğu bu özellikleri sık olarak kullanmamaktadır (Çizelge 7.7).

Kullanıcıların %68'i mobil telefon satın almak için satış mağazasına gidip ürünü inceleyip daha sonra satın alırken, %32'si internet üzerinden ürünü inceleyip satın almayı tercih etmektedir. Satış mağazasında telefonları incelerken ilk bakışta dikkat edilen özelliklerin önem sırasına göre (1 en önemli, 2 önemli, 3 en önemsiz) sıralanması sonucu elde edilen değerler Şekil 7.4'de sunulmuştur.

Çizelge 7.7. Sahip olunan telefonunun özelliklerinin kullanımı

	Yüzde (%)
Çoğu özelliğinin farkında bile değilim.	3,8
Birçok özelliğinin farkındayım ama günlük faaliyetlerim de sık olarak kullanmamı gerektirmiyor.	62,1
Çoğu özelliği sık olarak kullanmaktayım.	28
Telefonun sahip olduğu tüm özellikleri kullanmaktayım.	6,1

Ürün görünümü, fiyat ve marka tercihi kriterlerine göre en önemli (1-2 değerleri) özellik olarak görünmektedir. Kullanıcıların ürün görünümü açısından beğendikleri telefonlar arasından bir seçim yaptığı sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 7.4. Mobil telefon alımında ilk başta dikkat edilen özellikler

Kullanıcılardan şu an kullanmakta oldukları telefonları 6 kullanılabilirlik boyutunu dikkate alarak değerlendirmeleri istenmiştir. Her bir kullanılabilirlik boyutuna ilişkin ortalama değerler ve standart sapma değerleri Çizelge 7.8’de sunulmuştur. Kullanılabilirlik boyutlarına verilen cevapların güvenilirliğine test etmek üzere cronbach alfa (α) katsayısı hesaplanmıştır. Cronbach alfa (α) katsayısı, çoktan seçmeli ve toplam puanlar üzerine kurulu ölçeklerin

güvenirliğinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Cronbach alfa katsayısı, ölçek içinde bulunan maddelerin (kullanılabilirlik boyutları) iç tutarlılığının (homojenliğinin) bir ölçüsüdür.

Çizelge 7.8. Kullanılabilirlik boyutlarına ilişkin değerlendirme

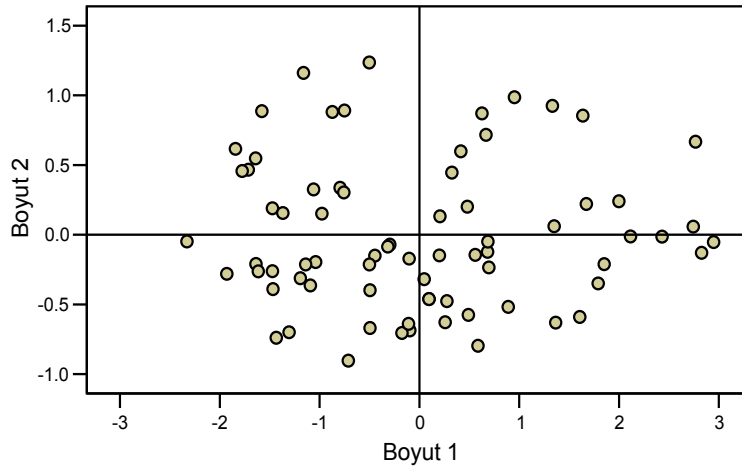
			Friedman Testi Sonuçları	
Kullanılabilirlik Boyutları	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Sırası	Anlamlılık Düzeyi
Şu an sahip olduğum telefonunu kullanmak kolay	4,735	1,171	3,97	Ki-kare =148,487 s.d.=5 p=0,000
Şu an sahip olduğum telefonunun yardım ve problem çözme yeteneği yeterli düzeyde	3,886	1,293	2,76	
Şu an sahip olduğum telefonun duyuşal/hissel ve multimedya özellikleri tatmin edici bir düzeyde	3,755	1,597	2,72	
Şu an sahip olduğum telefonu kullanmak zihinsel olarak bende yorgunluğa yol açmıyor	4,702	1,455	3,84	
Şu an sahip olduğum telefonu kontrol ve etkinlik düzeyi açısından yeterli buluyorum	3,938	1,523	3,97	
Şu an sahip olduğum telefon bir cep telefonu için gerekli basit, gündelik işlemleri gerçekleştirmede yeterli	5,229	1,237	4,75	
Toplam Puan	26,113	5,861		

Diğer bir deyişle, alfa katsayısı ölçekte yer alan k tane maddenin türdeş bir yapıyı açıklamak üzere bir bütün oluşturup oluşturmadığı konusunda bilgi verir. İlgili ölçeğin alfa katsayısı ne kadar yüksek ise ölçekte bulunan maddelerin o ölçüde birbirleriyle tutarlı olduğu yorumu yapılır [Cronbach, 1951; Alpar, 2003]. Çizelge 7.8’de ki verilerden faydalanarak cronbach alfa

katsayı 0,796 olarak hesaplanmıştır. 0,6-0,8 arasındaki değerlerde test oldukça güvenilir olarak sınıflandırılır.

2'den fazla bağımlı grubun bulunduğu parametrik test varsayımlarının sağlanmadığı durumlarda kullanılan Friedman testi ile kullanılabilirlik boyutlarının değerlendirme sonuçları arasında anlamlık bir farklılık bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Test sonucuna göre kullanılabilirlik boyutları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Sahip olunan telefonun gündelik basit işlemleri yerine getirme özelliği en yüksek değeri (5,229) almıştır. En düşük değeri ise görünüm özelliklerine ilişkin kullanılabilirlik boyutu almıştır. Ankete katılan genç kullanıcılar için ürün görünümünü iyileştirilmesi gereken en önemli kullanılabilirlik boyutu olarak görülmektedir. Benzer bir çalışma, Amerika ve Japonya'da ki genç üniversite öğrencilerinin mobil telefonlardan beklentilerinin fonksiyonellikten çok estetik ve görünüm ağırlıklı olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır [Katz ve Sugiyama, 2005]. Bu sonuç duysal beklentilerin ürün tasarımında en önemli unsur olduğu hipotezini ispatlamaktadır. Şekil 7.4'den elde edilen sonuçta bu hipotezi destekler niteliktedir.

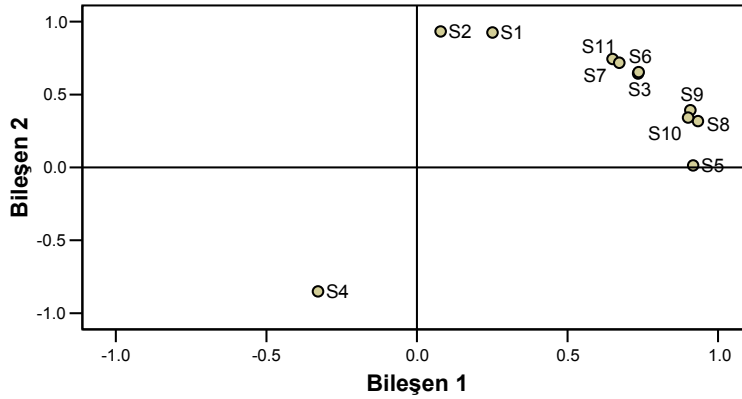
Anketin son sorusunda kullanıcılardan Çizelge 7.4'de yer alan imaj/görünüm sıfatlarına göre EK-1'de verilen 73 mobil telefonu SDÖ kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. EK-4'de değerlendirme sonuçlarına ilişkin değerler sunulmuştur. 73 mobil telefonun 11 görünüm sıfatına göre değerlendirme sonuçları ile yapılan çok boyutlu ölçekleme analizi ile çalışmada yer alan telefonların 2 boyutlu uzayda yerleşimi elde edilmiştir (Şekil 7.5). Çok boyutlu ölçekleme analizi ile elde edilen modelin stres değeri 0,005 olarak bulunmuştur. Stres değerinin 0,1'den küçük olduğu durumlarda çok boyutlu ölçekleme analizi ile elde edilen indirgenmiş verinin gerçek verinin tüm özelliğini yansıttığı kabul edilir. Şekil 7.5 incelendiğinde 73 telefonun uzayda heterojen bir şekilde dağıldı görülmektedir. Bu da örneklem olarak seçilen 73 telefonun popülasyonu yani tüm telefon modellerini yansıttığına işaret etmektedir.



Şekil 7.5. Çok boyutlu ölçekleme analizi sonucu

Faktör analizi çok sayıdaki değişkeni daha az sayıda lineer bileşimlere indirgeyerek, değişkenler arasındaki kompleks ilişkilerin yorumlanmasında kolaylık sağlayan bir çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemidir [Hair ve ark., 1998]. Mobil telefonların görünüm değerlendirmesinde kullanılan 11 semantik kelimeyi daha az boyutta (latent factors) ifade edebilmek için EK-4'de yer alan değerler faktör analizi ile incelenmiştir. EK-4'de yer alan veri için Kaiser-Meyer-Olkin test istatistiği değeri 0,888 olarak hesaplanmıştır. Kaiser-Meyer-Olkin değeri, değişkenler tarafından oluşturulan ortak varyans miktarını bildirmektedir. Bu istatistiğin 1'e yakın olması veri matrisindeki değişkenlerin ortak bir faktörü ölçtüğünü kısaca verilerin faktör analizi için uygun olduğunu gösterir. Barlett's testi sonucunda H_0 hipotezi (değişkenler arası ilişkinin olmaması, örnek korelasyon matrisinin determinantının sıfır olması) $p < 0,001$ ile reddedilmiştir. Bu sonuç 11 semantik sıfatı daha az sayıda ki boyut ile açıklamanın mümkün olduğunu göstermektedir.

Varimax yöntemiyle döndürülmüş bileşenler matrisinin geometrik gösterimi Şekil 7.6'da verilmiştir (s_1 i.inci semantik kelimeyi göstermektedir). 11 semantik sıfat 2 boyuta indirgenmiştir. 1. bileşen değişkenliğin %78,3'nü açıklarken, 2. bileşen değişkenliğin %14,6'sını açıklamaktadır.



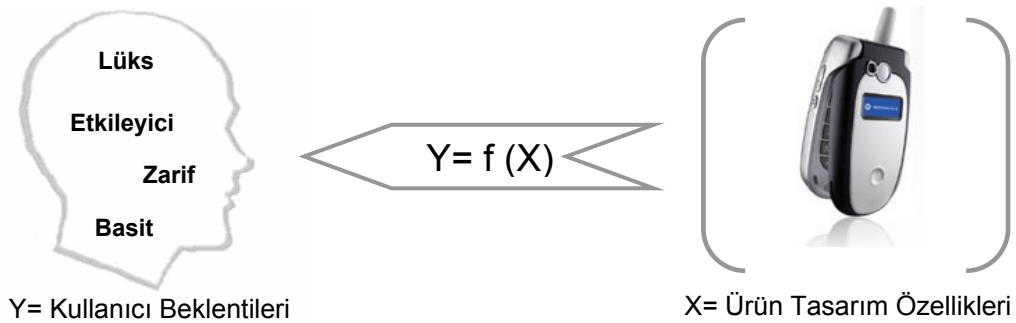
Şekil 7.6. Varimax yöntemiyle döndürülmüş bileşenler matrisinin geometrik gösterimi

2. bileşen 1, 2 ve 4 numaralı semantik sıfatları açıklamaktadır. 5, 8, 9 ve 10 numaralı sıfatlar ise 1. bileşen ile açıklanmaktadır. 3, 6, 7. ve 11 numaralı sıfatları ise kesin olarak tanımlayan bir bileşen bulunamamıştır. 11 semantik sıfatı 2 bileşene (faktöre) indirgemek mümkün olmakla birlikte, tanımlanan 2 faktörün nitelendirilmesi mümkün gözükmemektedir. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında ki değerlendirmelerde 11 semantik sıfatın hepsi yer almaya devam etmiştir.

7.3. Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı İçin Bütünleşik Bir Zeki Model

Katı (esnek olmayan) tasarım sistemleri ürün yaşam döngüsünün kısaldığı ve müşteri isteklerinin hızla ve sürekli değiştiği pazarlara uyum sağlamakta zorlanmaktadır [Yan ve ark., 2001; Chen ve ark., 2003]. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tasarım sistemlerinde tasarımcının faaliyetlerini kolaylaştıran grafiksel ve hesaplamalı araçların sayısı artmakla birlikte bu araçlar tasarımcıya kalitatif kullanıcı isteklerini nicel ve yorumlanabilir şekillere dönüştürme, tasarım parametrelerinde değişikliğe giderek tasarımcıya yeni tasarım fikirleri vermede yardımcı olma veya yaratıcı çözümler sunma gibi özelliklerle henüz donatılmamıştır [Wang ve ark., 2001; Luo ve ark., 2003; Jiao ve Chen, 2006].

Ürün tasarım prosesinin erken aşamalarında özellikle ürün fikirlerinin oluşturulması ve ürün konseptlerinin geliştirilmesinde tasarımcı hala siyah bir kutu olarak gözükmektedir [Hsiao ve Chou, 2004]. Tasarımcı çoğu zaman kullanıcının üründen beklediği hissel ve duysal beklentileri yansıtmaktan çok kendi his ve duygularını ürüne yansıtmaya çalışmaktadır. Bu nedenle geleneksel tasarım proseslerini kullanarak tasarımcıdan müşteri istek ve gereksinimlerine uygun ürünler tasarlaması beklenmemelidir. Potansiyel ürün kullanıcılarının kalitatif görüş ve isteklerinin tasarımcının anlayabileceği tasarım unsurlarına dönüştürecek tekniklerin kullanılmasıyla tasarımcının yeni ve yaratıcı ürünleri ortaya çıkarması daha kolay olacaktır [Bruseberg ve McDonagh, 2001; McDonagh ve ark., 2002; Go ve ark., 2004]. Teknik olmayan müşteri isteklerinin faydalı tasarım spesifikasyonlarına dönüştürülmesi sürecinde etkin modelleme ve karar destek sistemlerine gereksinim duyulduğu belirtilmektedir. [Harding ve ark., 2001], Bu tez çalışmasında önerilen “*Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı İçin Bütünleşik Bir Zeki Model*” Şekil 7.7’de gösterilen ürün-kullanıcı ilişkisinin ortaya çıkarılmasıyla elde edilecek bilginin tasarımcının anlayabileceği açık ve faydalı bir biçime dönüştürmek üzere geliştirilmiş etkin bir karar destek sistemidir (bkz. Şekil 1.1).

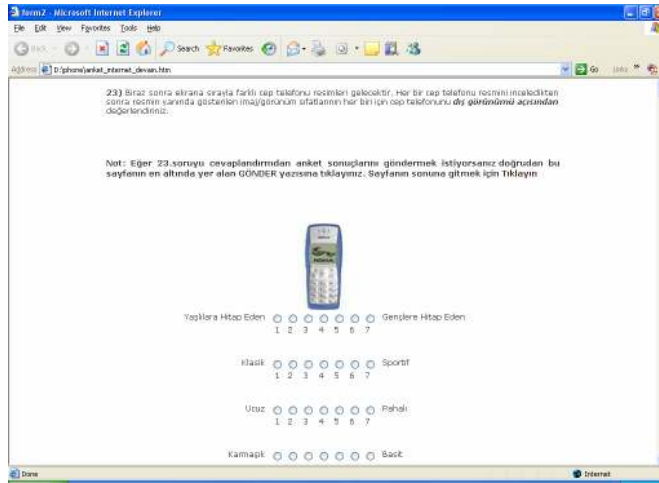


Şekil 7.7. Ürün-kullanıcı ilişki modeli

Modellemede amaç kullanıcıların ürüne karşı olan duysal algıları ve değerlendirmelerini sayılaştırarak ürün tasarım parametrelerine dönüştürmektedir.

Önerilen modelin mobil telefon ürünü için uygulama adımları aşağıda adım adım açıklanmıştır.

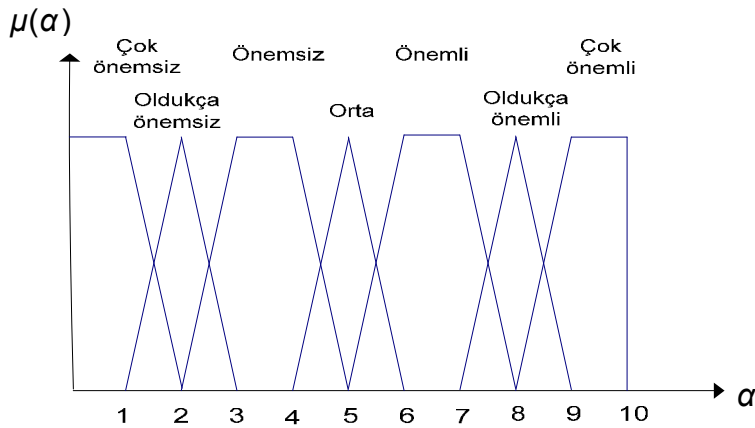
SDÖ ile değerlendirme: Daha önce açıklandığı üzere değerlendirmede EK-1'de yer alan 73 mobil telefon kullanılmıştır. Çok boyutlu ölçekleme analizi (Şekil 7.5) sonucu EK-1'de seçilen telefonların pazardaki tüm modellerin özelliklerini yansıtacak bir örneklem olduğu sonucu ortaya çıkmıştı. SDÖ ile değerlendirmede Çizelge 7.4'de yer alan 11 imaj/görünüm sıfatı kullanılmıştır. 11 sıfatın hepsini kullanarak tüm telefonları değerlendirmek kullanıcılar için zor bir işlem olmakla birlikte faktör analizi sonucu (bkz. Şekil 7.6) bunu gerekli kılmaktadır. Anket değerlendirmesine katılan 132 kullanıcı anketin son sorusunda SDÖ'den faydalanarak 11 görünüm sıfatını 73 telefon için değerlendirmiştir. Değerlendirme internet üzerinde online olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.8). EK-4'de kullanıcıların görünüm boyutlarına SDÖ ile verdikleri sonuçların ortalaması görülmektedir.



Şekil 7.8. SDÖ ile değerlendirme

Çok Kriterli Grup Karar Verme: Her bir mobil telefon için 11 görünüm boyutuna verilen EK-4'deki ortalama değerleri bütünleştirmek için GİA'dan faydalanılmıştır. GİA ile hesaplama adımlarına geçilmeden önce görünüm

boyutlarına (kriterler) ilişkin ağırlık değerlerinin hesaplanmış olması gerekmektedir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ÇKGKV metodolojisinden faydalanılmıştır. Anket değerlendirmesine katılan kullanıcılar arasından 10 kişilik bir grup tesadüfi olarak seçilmiştir. Bu gruptaki kişilere görünüm boyutlarının önem derecelerine ilişkin tercihlerini bildirmeleri istenmiştir. Karar vermede esnekliği sağlamak için kullanıcılara görünüm boyutlarını değerlendirmede kullanabilecekleri 7 farklı tercih yöntemi sunulmuştur (Bkz. Bölüm 3). Kullanıcılar bu 7 farklı yöntemden karar verme yapılarına uygun olan bir tanesini seçerek değerlendirme işlemini gerçekleştirmiştir. 10 farklı kullanıcının 11 görünüm boyutu ile ilgili tercih sonuçları Çizelge 7.9'da verilmiştir. 1. ve 7. yöntem hariç tüm tercih belirtme yöntemleri kullanılmıştır. Bulanık sayı kullanımını gerektiren 4. ve 6. yöntemlerde Şekil 7.9'da yer alan bulanık kümelerden faydalanılmıştır.



Şekil 7.9. Önem derecelerine ilişkin bulanık sayılar

Farklı tercih yapıları, ilgili formülasyonlarla (Bkz. Eş. 4.1 - Eş.4.9) çarpımsal tercih ilişkisine dönüştürülmüştür. 10 kullanıcı için çarpımsal tercih ilişkileri matrisleri geometrik ortalama operatörü (Bkz. Eş. 4.10) kullanılarak birleştirilmiş ve görünüm boyutlarına ilişkin kriterlerin ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 7.9. Kullanıcıların tercih biçimleri

Kullanıcı	Seçilen Tercih Yöntemi	Görünüm Boyutu										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4	Önemsiz	Oldukça Önemli	Orta	Çok Önemli	Çok Önemli	Önemli	Orta	Önemli	Oldukça Önemli	Orta	Önemli
2	5	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓
3	3	0,7	0,9	0,6	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6
4	6		Oldukça Önemli	Çok Önemli	Önemli	Oldukça Önemli					Çok Önemli	
5	2	1	4	11	9	8	5	2	6	10	7	3
6	3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,6	0,1
7	5	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗
8	2	4	5	1	6	2	8	9	3	11	7	10
9	4	Çok Önemli	Çok Önemli	Orta	Oldukça Önemsiz	Oldukça Önemli	Oldukça Önemli	Orta	Çok Önemli	Oldukça Önemli	Çok Önemli	Çok Önemli
10	6						Oldukça Önemli	Oldukça Önemli	Orta		Çok Önemli	Önemli

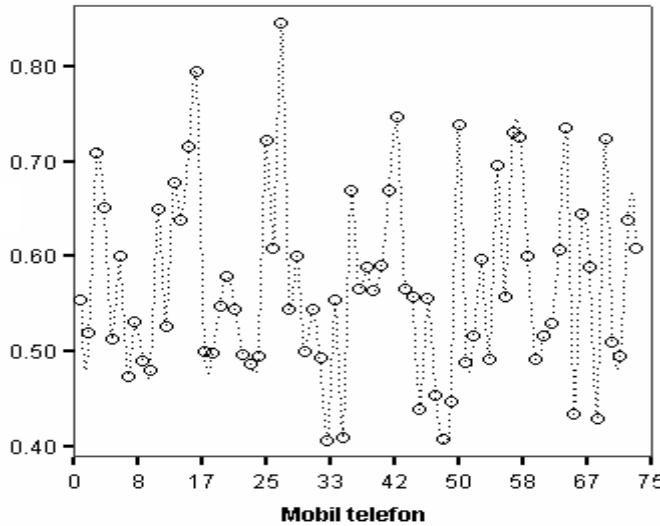
Bütünleştirmede tüm karar vericilerin grup kararında eşit öneme sahip olduğu kabul edilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesiyle ilgili tüm hesaplamalar MS-Excel ortamında gerçekleştirilmiştir. Görünüm boyutlarına ilişkin ağırlık değerleri Çizelge 7.10.'da verilmiştir. Kullanıcı tercihleri arasında farklılıklar olmasına rağmen grup kararlarını gösteren Çizelge 7.10 incelendiğinde kriterlerin yaklaşık olarak aynı önem derecesine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.10. Görünüm boyutları (kriter) ağırlıkları

Görünüm Boyutu	Kriter Ağırlığı
1	0,099
2	0,082
3	0,082
4	0,082
5	0,108
6	0,096
7	0,094
8	0,100
9	0,085
10	0,095
11	0,075

Gri İlişkisel Analiz ile Bütünleştirme: NEFCLASS ile kural çıkarımı için kural ardılının tek değer (sınıf) olması gerekmektedir. Bu nedenle 11 görünüm boyutu GİA'dan faydalanarak tek boyuta indirgenmiştir. GİA'da referans vektör olarak her görünüm boyutundan en iyi değeri alan bir referans vektör (telefon) oluşturulmuştur. 73 telefonunun her birinin 11 görünüm boyutunu dikkate alarak belirlenmiş olan referans vektöre benzerliği olan GİK hesaplanmıştır. Normalizasyon aşamasında 1-10. kriterler için max, 11. kriter için min seçilmiştir. $\xi = 0.5$ alınmıştır. GİD hesaplanmasında gerekli olan ağırlık değerleri olarak Çizelge 7.10'da ki veriler kullanılmıştır. GİD sayesinde mobil telefonları 11 görünüm boyutu yerine tek boyutta (değer)

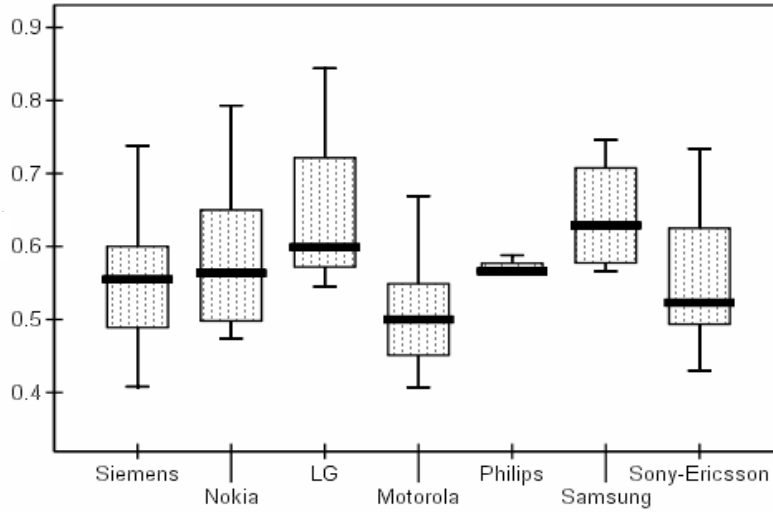
değerlendirmek mümkün olmuştur (Şekil 7.10). Minimum, maksimum ve ortalama GİD değerleri sırasıyla 0,41, 0,84 ve 0,57'dir. GİA ile ilgili tüm hesaplamalar Matlab ortamında yazılan kod yardımıyla gerçekleştirilmiştir (EK-5).



Şekil 7.10. Gri ilişkisel dereceler

Şekil 7.10'da ki sonuçlar GİD değerlerine göre mobil telefonların benzerlik düzeylerini göstermektedir. Burada benzerlik görünüm boyutlarına açısından benzerliktir. Şekil 7.11'de incelenen telefon markaları bazında GİD değerleri görülmektedir. Ortalama değerler markalar bazında yaklaşık olarak aynı olmakla birlikte markaların modelleri bazında değişiklik göstermektedir.

NEFCLASS ile kural çıkarımı: GİD [0 1] arasında sürekli değer almaktadır. NEFCLASS ile kural çıkarımı için ise kural ardılının sınıf şeklinde tanımlanmış olması gerekmektedir. GİD değerlerini sınıf değerlerine dönüştürmek için 2 farklı senaryo oluşturulmuştur (Çizelge 7.11). 1. senaryoda kural ardılında memnuniyet düzeyi 4 sınıftan, 2. senaryoda ise 2 sınıftan oluşturulmuştur.



Şekil 7.11. Telefon markaları bazında gri ilişkisel derece değerleri

NEFCLASS sistemi için giriş değerleri olarak EK-2'deki telefonların morfolojik özellikleri (Çizelge 7.12), çıkış değeri olarak ise bu telefonlara ait GİD'in Çizelge 7.11'e göre dönüştürülmüş sınıf değerleri alınmıştır. Mobil telefon uygulaması için NEFCLASS yapısı Şekil 7.12'de 2. senaryo için gösterilmiştir.

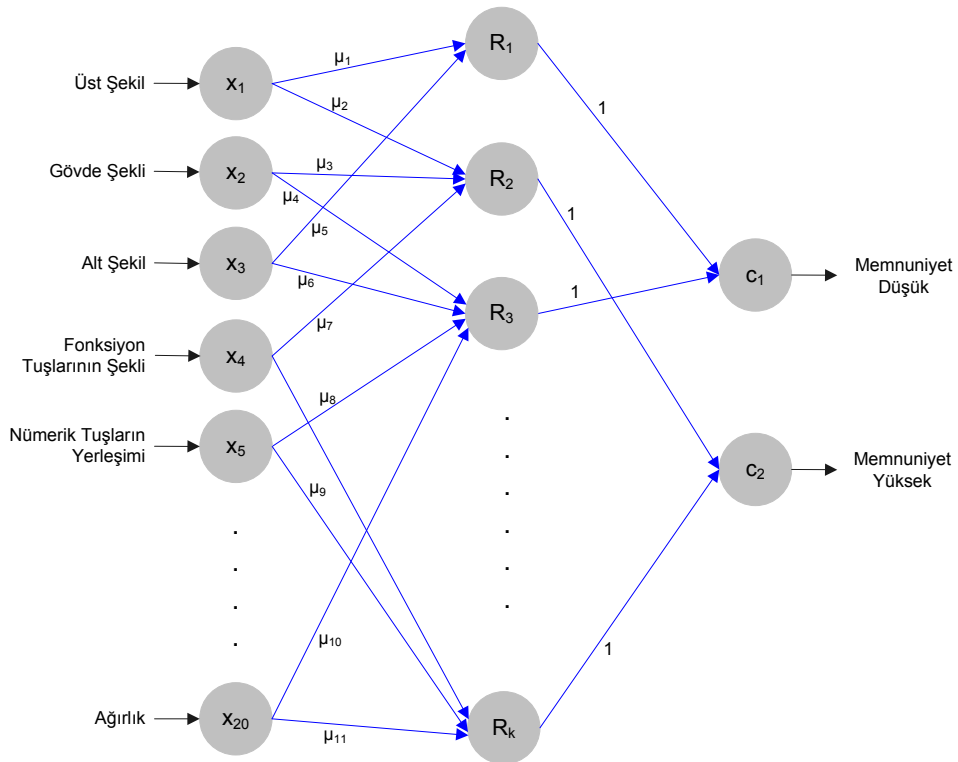
Çizelge 7.11. Senaryolar

Senaryo 1		Senaryo 2	
GİD	Memnuniyet düzeyi sınıfı	GİK	Memnuniyet düzeyi sınıfı
0.4-0.5	3. Sınıf- Düşük	< 0.6	2. Sınıf- Düşük
0.5-0.6	2. Sınıf- Normal		
0.6-0.7	1. Sınıf- Yüksek	≥ 0.6	1. Sınıf- Yüksek

NEFCLASS sisteminde en iyi sonuçlara ulaşmak için algoritma farklı parametrelerle çalıştırılmıştır. Kural sayısının otomatik olarak belirlenmesi, bulanık küme kısıtları (kümelerin göreceli konumlarının korunması, kümelerin çakışması) ve kural öğrenme prosedürü (en iyi kuralların seçimi) parametreleri sabit alınmıştır.

Çizelge 7.12. Morfolojik özellikler

x_1	Üst Şekil	x_{11}	Telefon Rengi
x_2	Gövde Şekli	x_{12}	Gövde Boyu
x_3	Alt Şekil	x_{13}	Gövde Genişliği
x_4	Fonksiyon Tuşlarının Şekli	x_{14}	Gövde Kalınlığı
x_5	Fonksiyon Tuşlarının Yerleşimi	x_{15}	Genişlik/Uzunluk Oranı
x_6	Nümerik Tuşlarının Yerleşimi	x_{16}	Ekran Boyu
x_7	Nümerik Tuşlarının Şekli	x_{17}	Ekran Genişliği
x_8	Açma Kapama	x_{18}	Ekran Büyüklüğü
x_9	Bileşen Yerleşimi	x_{19}	Ekran Alanı
x_{10}	Kapak Cinsi	x_{20}	Ağırlık

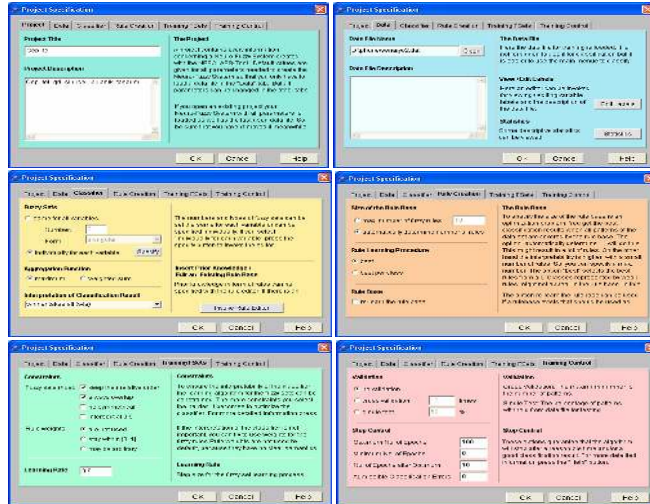


Şekil 7.12. Mobil telefon örneği için NEFCLASS yapısı

İterasyon sayısı, öğrenme oranı ve bulanık üyelik fonksiyonu şekli ise değişken parametreler olarak alınmıştır. EK-2’de ki morfolojik özellikler

incelendiğinde 1 ile 11 arasındaki özellikler kategorik veridir. 12 ile 20 arasındaki özellikler için üçgen ve yamuk fonksiyonları denenmiştir. Kural anlamlılığını sağlamak için her bir özellik için etiket sayısının 2 ve 3 (üçgen için 4 de denenmiştir) değerleri dikkate alınmıştır. Öğrenme oranının 0,01, 0,1, 0,4, 0,6 ve 0,8 değerleri ve iterasyon sayısının 100, 200, 400, 600 değerleri için NEFCLASS çalıştırılmıştır. Algoritma performansını test etmekten ziyade anlamlı kuralların oluşturulmak istenmesi ve veri setinin küçük olması nedeniyle veri seti öğrenme ve test olmak üzere bölünmemiş ve çapraz-geçerlilik işlemine gereksinim duyulmamıştır.

Performans ölçütü olarak hata kareler farkının toplamı (bundan sonra kısaca hata olarak ifade edilecektir) ve sınıflandırma yüzdesi dikkate alınmıştır. Belirlenen tüm kombinasyonlara yönelik olarak NEFCLASS programı Çizelge 7.11'de ki 2. senaryo dikkate alınarak çalıştırılmıştır. Program koşturmalarında NEFCLASS'ın Java versiyonu kullanılmıştır [Nauck, 1999]. NEFCLASS Java menüleri Şekil 7.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.13. NEFCLASS Java menüleri

NEFCLASS'ın önemli avantajlarında bir olan kural budama stratejilerinden faydalanılmıştır. 4 farklı budama stratejisi NEFCLASS Java'da kural ve

bulanık küme öğrenme algoritma işlemlerinin ardından veri setine arka arkaya uygulanmıştır. Budama stratejileri; önemsiz girdi değişkenin kuraldan atılması (sınıf değeri ile arasında düşük korelasyon bulunan değişkenler), kural aktivasyon düzeyinde etkisiz olan değişkenin silinmesi, desteği en yüksek olan kümeye ilişkin değişkenin silinmesi, maksimum aktivasyon değerine nadiren ulaşan veya hiç ulaşamayan kuralın silinmesidir.

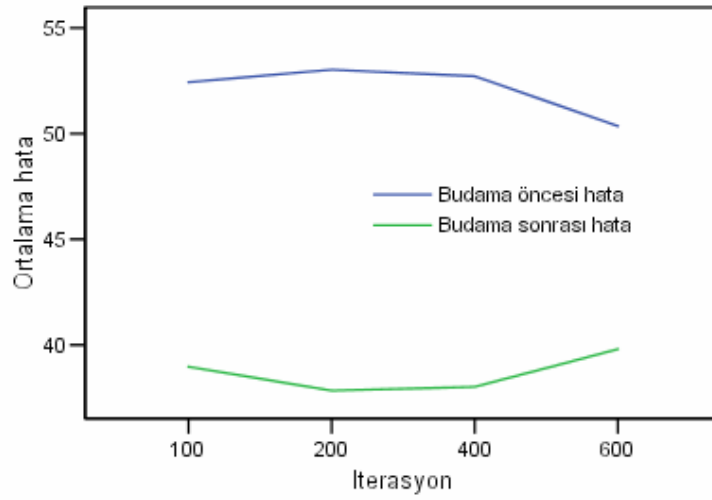
İterasyon sayısı, öğrenme oranı, bulanık küme şekli ve sayısının sınıflandırma performans üzerinde olan etkisini analiz etmek amacıyla ayrıca varyans analizinden faydalanılmıştır (Çizelge 7.13).

Çizelge 7.13. Varyans analizi sonuçları

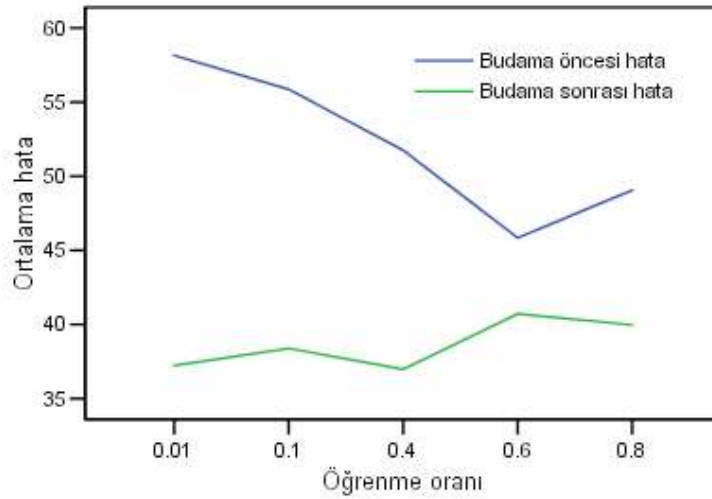
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p
İterasyon	109,06	3	36,35	0,304	0,822
Öğrenme oranı	9380,79	4	2345,19	19,61	0,0001
Bulanık küme şekli	7,97	1	7,97	0,067	0,797
Küme sayısı	3007,41	2	1503,70	12,57	0,0001
Hata	10640,34	89	119,55		
Toplam	23145,57	100			

Öğrenme oranının ve küme sayısının sınıflandırma performansı üzerinde önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,001$). İterasyon sayısı ve bulanık küme şekli ise önemsiz bulunmuştur.

Küme sayısı küçük olduğu durumlarda sınıflandırma performansının yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 7.14 ve Şekil 7.16'da iterasyon sayısının hata ve sınıflandırma performansı üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.



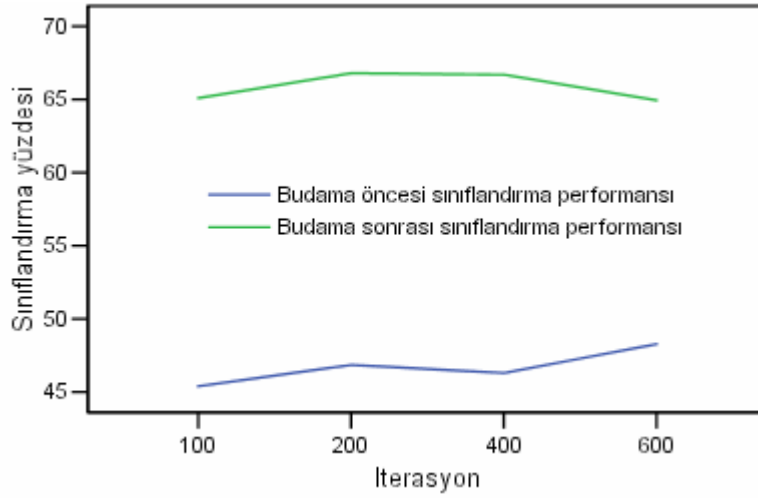
Şekil 7.14. İterasyonlara göre ortalama hata



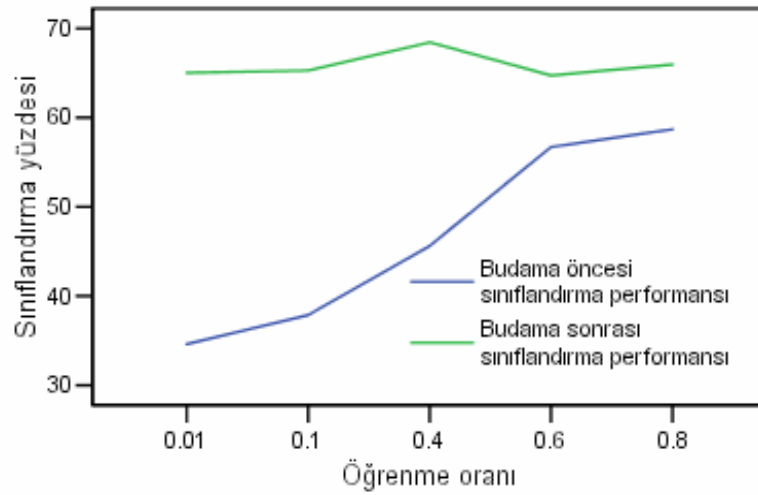
Şekil 7.15. Öğrenme oranına göre ortalama hata

Öğrenme oranı ise sınıflandırma performansı ve hata değeri üzerinde etkilidir. Öğrenme oranının küçük değerleri için hem hata değerinin yüksek hem de sınıflandırma performansının düşük olduğu görülmüştür. Öğrenme oranının 0,6-0,8 arasındaki değerlerinde en iyi sonuçlara ulaşılmıştır (Şekil 7.15 ve Şekil 7.17).

Sonuçlar incelendiğinde budama sonrası hata değeri ve sınıflandırma performansı budama öncesi duruma göre daha iyidir.



Şekil 7.16. İterasyona göre sınıflandırma yüzdeleri



Şekil 7.17. Öğrenme oranlarına göre sınıflandırma yüzdeleri

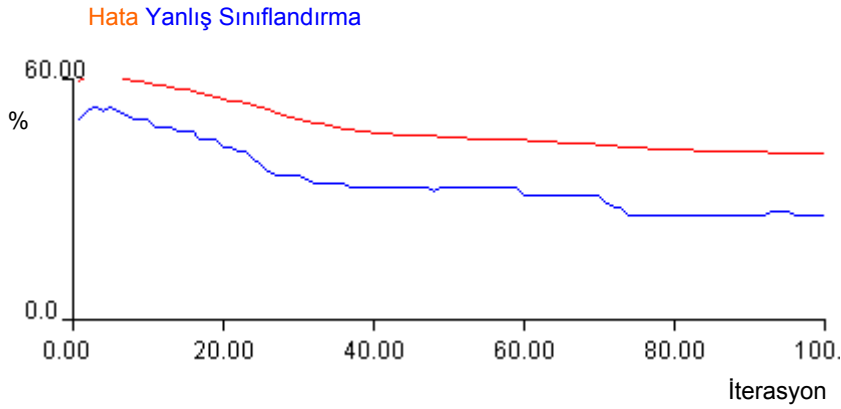
Bu nedenle değerlendirmeler de budama sonrası durumlar dikkate alınmıştır.

1. senaryo için de aynı analizler gerçekleştirilmiştir. 1. senaryoda elde edilen sonuçlar 2. senaryo ile elde edilen sonuçlardan daha kötü olduğu için 1. senaryo değerlendirme dışı bırakılmıştır. 1. senaryodaki sınıf sayısının fazlalığı sınıflandırma performansının düşük olmasına yol açmıştır. Tasarımcıya yol gösterecek kuralları oluşturmak için 2. senaryoda yer alan hata değeri en düşük ve sınıflandırma performansını en iyi olan 4 kural tabanı seçilmiştir (Çizelge 7.14).

Çizelge 7.14. Kural tabanları

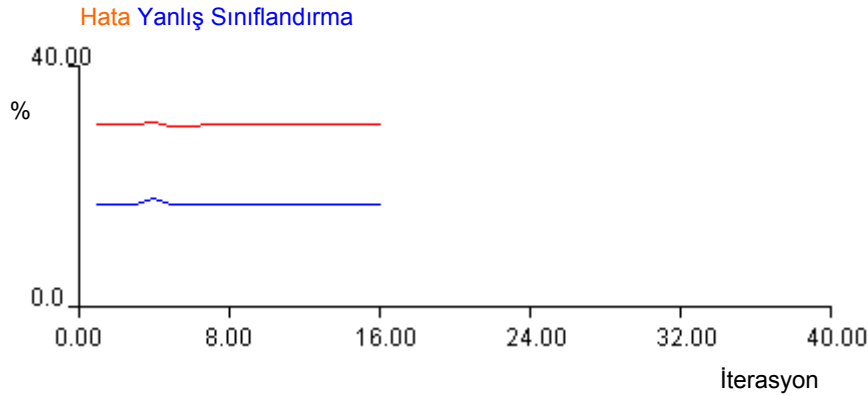
Parametreler	Kural Tabanları			
	1	2	3	4
İterasyon	100	200	400	100
Öğrenme oranı	0,4	0,4	0,1	0,6
Üyelik fonksiyonu	yamuk	yamuk	üçgen	üçgen
Üyelik fonksiyonu etiket sayısı	2	3	3	3
Budama sonrası hata (%)	28,14	30,72	27,56	29,99
Budama sonrası performans (%)	78,08	79,45	80,82	80,82

4. kural tabanı ile elde edilen budama öncesi ve sonrası hata ve yanlış sınıflandırma sonuçları Şekil 7.18 ve Şekil 7.19’da verilmiştir.



Şekil 7.18. Budama öncesi hata ve yanlış sınıflandırma yüzdeleri

Budama öncesi sınıflandırma performansı %64,38 ve hata değeri %41,9 olarak bulunmuştur. Budama öncesi kural sayısı ise 12’dir. Budama sonrası sınıflandırma performansı %80,82’ye çıkarken hata değeri %29,99’e düşmüştür. Kural sayısı da 8’e düşmüştür. Çizelge 7.15’de detaylı sınıflandırma sonuçları görülmektedir. 73 cep telefonundan 59 tanesi doğru, 14 tanesi ise yanlış sınıflandırılmıştır.



Şekil 7.19. Budama sonrası hata ve yanlış sınıflandırma yüzdeleri

Çizelge 7.15. 4. Kural tabanı için sınıflandırma sonuçları

Memnuniyet Düzeyi	Düşük	Yüksek
Düşük	26	8
Yüksek	6	33
<i>Doğru sınıflandırılan: 59 (%80,82)</i>		

4. kural tabanı ile budama sonrası elde edilen 8 kural Çizelge 7.16'da gösterilmiştir. Kurallardan 4 tanesi 1.sınıf (memnuniyet düzeyi > 0,6) diğer 4 tanesi ise 2. sınıfa (memnuniyet düzeyi < 0,6) aittir.

Çizelge 7.17.'de 1. kural tabanında yer alan 5 kural sunulmuştur. 4. kural tabanına göre sınıflandırma performansı değerinin düşük olmasına rağmen daha az sayıda kuralın üretilmiş olması sonuçların yorumlanabilme özelliğini artırmaktadır. Çizelge 7.17'de yer alan x_2 , x_3 , x_{13} , x_{16} , x_{19} ve x_{20} no'lu değişkenler sırasıyla gövde şekli, alt şekil, gövde genişliği, ekran boyu, ekran alanı ve ağırlık parametreleridir. Çizelge 7.17'de ki 2. ve 4. kuralın açık gösterimi aşağıda ki gibidir.

“Eğer *gövde genişliği* büyük ve *ekran boyu* büyük ve *ekran alanı* büyük ve *ağırlık* büyük ise o halde *memnuniyet düşük*”

Çizelge 7.16. 4. Kural tabanı

No	Kurallar
1	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} büyük ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2.sınıf</i>
2	<i>Eğer x_3 fs0 ve x_{10} fs0 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{18} orta ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2.sınıf</i>
3	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} orta ve x_{16} orta ve x_{17} büyük ve x_{18} orta ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 2.sınıf</i>
4	<i>Eğer x_3 fs1 ve x_{10} fs2 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} orta ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} büyük ise o halde 1.sınıf</i>
5	<i>Eğer x_{12} orta ve x_{13} orta ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} orta ve x_{20} büyük ise o halde 2.sınıf</i>
6	<i>Eğer x_{12} küçük ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} küçük ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} orta ise o halde 2.sınıf</i>
7	<i>Eğer x_2 fs0 ve x_3 fs2 ve x_{10} fs1 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 1.sınıf</i>
8	<i>Eğer x_{12} küçük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} orta ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 2.sınıf</i>

Çizelge 7.17. 1. Kural tabanı

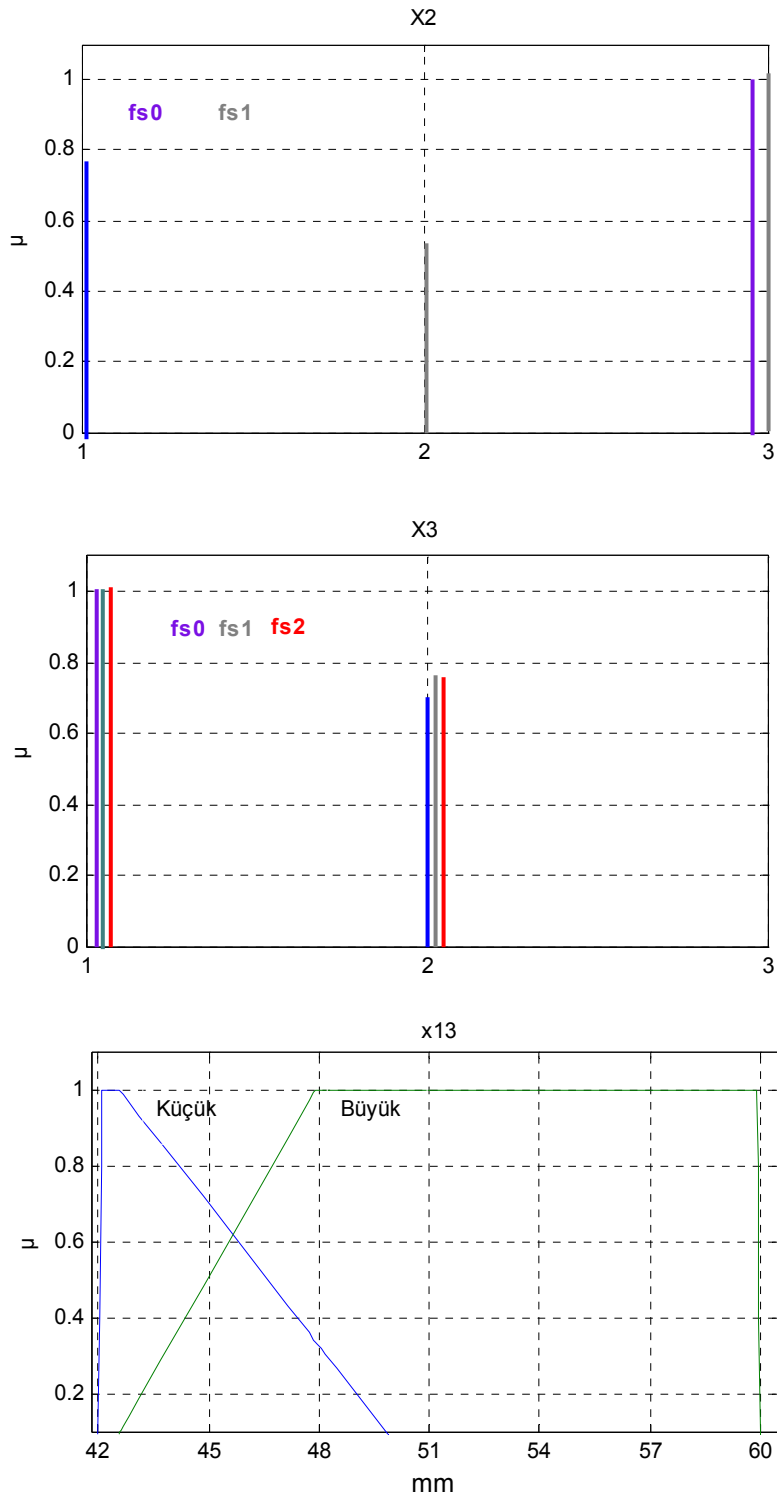
No	Kurallar
1	<i>Eğer x_2 fs1 ve x_3 fs1 ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{19} küçük ve x_{19} küçük ve x_{20} büyük ise o halde 1.sınıf</i>
2	<i>Eğer x_{13} büyük ve x_{16} büyük ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2.sınıf</i>
3	<i>Eğer x_3 fs2 ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{19} küçük ve x_{20} küçük ise o halde 1.sınıf</i>
4	<i>Eğer x_2 fs0 ve x_3 fs0 ve x_{13} küçük ve x_{16} büyük ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 1.sınıf</i>
5	<i>Eğer x_{13} büyük ve x_{16} büyük ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 2.sınıf</i>

“Eğer gövde şekli fs_0 ve alt şekil fs_0 ve gövde genişliği küçük ve ekran boyu büyük ve ekran alanı büyük ve ağırlık küçük ise o halde memnuniyet yüksek”

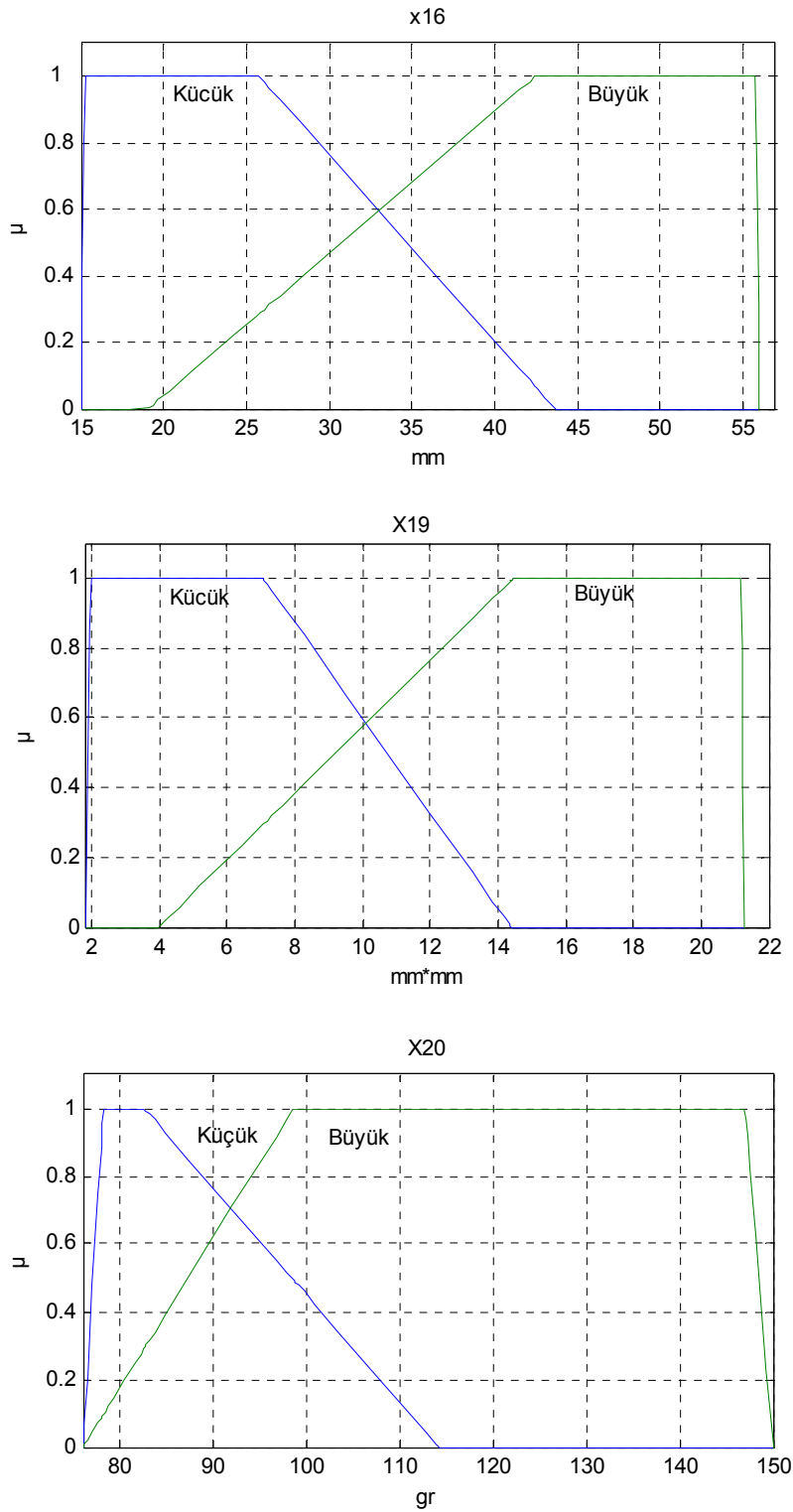
Kural incelendiğinde kural öncüllerinin değerlerinin ürün memnuniyetini artıran özellikler içerdiği görülmektedir. 1. kural tabanında yer alan değişkenlere ait üyelik fonksiyonları Şekil 7.20’de gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonlarına konulan kısıtlamalar sayesinde kolay yorumlanabilir fonksiyonlar elde edilmiştir. Şekil 7.20’de ki üyelik fonksiyonları tasarım parametrelerinin değer aralıklarını tanımlamaktadır. Kurallarda yer alan dilsel etiketlerin hangi aralıkta küçük hangi aralıkta büyük olarak nitelendirileceği açık bir şekilde görülmektedir. Örneğin, X_{13} , gövde genişliği değişkeni 1. kural tabanında küçük ve büyük olmak üzere 2 kısımdan oluşmuştur. 1. kural tabanında, x_{13} ’ün küçük değerini aldığı kurallarda memnuniyet düzeyi yüksek, büyük değer aldığı kurallarda ise memnuniyet düzeyi düşük olarak belirlenmiştir. Genel olarak değişkenlerin tanımlandığı üyelik fonksiyonları ve kural yapıları tasarım parametrelerinin ideal değerleriyle ilgili bilgileri içermektedir.

2. ve 3. kural tabanında yer alan kurallar Çizelge 7.18 ve Çizelge 7.19’da verilmiştir. Çizelge 7.18’de 13, Çizelge 7.19’da ise 9 kural bulunmaktadır. Kural tabanları farklı kural öncüllerine sahip olabilir. Bu nedenle, en iyi performansı veren kural tabanının dışında, alternatif kural tabanlarının araştırılması ve değerlendirilmesi gerekir. Farklı kural tabanlarında yer alacak farklı bilgiler tasarımcıya yol gösterecek yeni bilgiler sunması açısından istenen bir durumdur. Örneğin, bazı durumlarda sınıflandırma düzeyi düşük bir kural tabanı tasarımcıya tasarım ile ilgili kompleks ilişkilerinin anlaşılmasını sağlayan bilgiyi içerebilir.

4 kural tabanında da yer alan genel özellik x_{16} , x_{17} , x_{18} , x_{19} ve x_{20} numaralı değişkenleri (ekran boyu, ekran genişliği, ekran büyüklüğü, ekran alanı, ağırlık) içermesidir.



Şekil 7.20. 1. kural tabanı üyelik fonksiyonları



Şekil 7.20. (Devam) 1. kural tabanı üyelik fonksiyonları

Çizelge 7.18. 2. Kural tabanı

No	Kurallar
1	<i>Eğer x_3 fs0 ve x_{10} fs0 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} küçük ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
2	<i>Eğer x_2 fs0 ve x_{10} fs1 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} orta ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
3	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} büyük ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} orta ise o halde 1. sınıf</i>
4	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} orta ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 2. sınıf</i>
5	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} orta ve x_{19} orta ve x_{20} büyük orta ise o halde 2. sınıf</i>
6	<i>Eğer x_3 fs2 ve x_{10} fs3 ve x_{12} büyük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} küçük ve x_{18} küçük orta ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 2. sınıf</i>
7	<i>Eğer x_{12} orta ve x_{13} orta ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} orta ve x_{20} büyük ise o halde 2. sınıf</i>
8	<i>Eğer x_{12} küçük ve x_{13} orta ve x_{16} küçük ve x_{17} küçük ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} orta ise o halde 2. sınıf</i>
9	<i>Eğer x_3 fs1 ve x_{10} fs2 ve x_{12} orta ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} orta ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
10	<i>Eğer x_{12} orta ve x_{13} orta ve x_{16} orta ve x_{17} büyük ve x_{18} orta ve x_{19} büyük x_{20} küçük ise o halde 2. sınıf</i>
11	<i>Eğer x_{12} küçük ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} büyük ve x_{18} orta ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 2. sınıf</i>
12	<i>Eğer x_{12} büyük ve x_{13} orta ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2. sınıf</i>
13	<i>Eğer x_3 fs1 ve x_{10} fs2 ve x_{12} orta ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} orta ve x_{18} büyük ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>

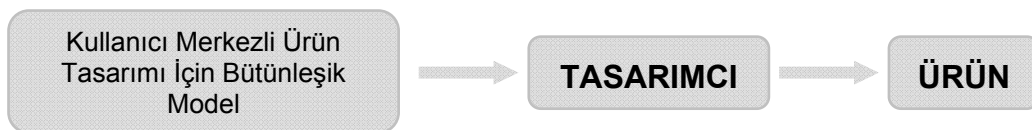
4 farklı kural tabanında yer alan kurallar tasarımcıya yeni ürünleri tasarlamada yol gösterir niteliktedir. Tasarımcının kurallardan ve yaratıcı

yeteneğinden faydalanarak kullanıcı beklentilerini karşılayan yeni ürünleri tasarlaması daha kolay bir hale gelecektir.

Çizelge 7.19. 3. Kural tabanı

No	Kurallar
1	<i>Eğer x_{13} büyük ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2. sınıf</i>
2	<i>Eğer x_3 fs0 ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} küçük ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
3	<i>Eğer x_{13} orta ve x_{16} orta ve x_{17} büyük ve x_{18} orta ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2. sınıf</i>
4	<i>Eğer x_{13} orta ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} büyük ise o halde 2. sınıf</i>
5	<i>Eğer x_3 fs1 ve x_{13} küçük ve x_{16} küçük ve x_{17} küçük ve x_{18} büyük ve x_{19} küçük ve x_{20} orta ise o halde 2. sınıf</i>
6	<i>Eğer x_2 fs1 ve x_3 fs3 ve x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
7	<i>Eğer x_2 fs0 ve x_3 fs2 ve x_{13} küçük ve x_{16} büyük ve x_{17} orta ve x_{18} küçük ve x_{19} büyük ve x_{20} küçük ise o halde 1. sınıf</i>
8	<i>Eğer x_{13} küçük ve x_{16} orta ve x_{17} orta ve x_{18} orta ve x_{19} orta ve x_{20} küçük ise o halde 2. sınıf</i>

Kullanıcı merkezli ürün tasarımı için önerilen bütünleşik zeki model tek başına ürün tasarımı gerçekleştirilen bir sistem değildir. Önerilen model sunduğu bilgi yardımıyla tasarımcı yalnızca yol göstermeyi amaçlamaktadır (Şekil 7.21). Çünkü, gelişen teknolojiye rağmen tasarımcının ürün tasarımda ki rolü her zaman devam edecektir.



Şekil 7.21. Önerilen model ve ürün tasarım süreci

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Müşteri merkezli rekabet stratejisinin ön plana çıktığı günümüz iş felsefesinde üretim sistemleri kitlesel üretimden kitlesel bireyselleştirmeye dönüşmüştür. Kısalan ürün yaşam çevrimi, müşteri beklentilerinin sürekli ve hızlı değişimi kitlesel bireyselleştirmeyi bir zorunluluk haline getirmiştir. Müşteri ihtiyaçlarını ve kullanıcı beklentilerini dikkate alan ürünleri tasarlayan ve üreten firmalar rekabette bir adım öne çıkmıştır. Fonksiyonel ve teknik açıdan ürünlerin birbirine benzediği pazarlarda ürün satış başarısını artıran faktörler ise estetik ürün görünümü, ürünün kullanıcı duygu ve his beklentilerini yansıtması ve ürün kullanımından duyulan memnuniyettir. KMT müşteri gözünde ürüne değer katan bu faktörleri dikkate alan ergonomi odaklı bir ürün geliştirme yaklaşımıdır.

Ürünlerin kullanıcı merkezli tasarımında kullanılan kriterler ergonomi literatüründe performans ve duysal beklentiler olmak üzere iki başlıkta toplanmıştır. Performans beklentilerinin analizi için standartlar bulunmakla birlikte duysal beklentilerin belirlenmesi için ise henüz kabul görmüş yöntemler bulunmamaktadır. Duyusal beklentileri ürün tasarımına yansıtmada önemli rol tasarımcının üzerine düşmektedir. Tasarımcı ise çoğu zaman tasarıma kullanıcının üründen beklediği duysal beklentileri yansıtmaktan çok kendi his ve duygularını, yenilikçi fikirlerini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım ise çoğu zaman ürünün başarıya ulaşmasını sağlamamaktadır.

Bu tez çalışmasında, tasarımcının kullanıcının his ve duysal beklentilerini algılamasına yardımcı olacak bütünleşik bir zeki model önerilmiştir. Kullanıcı beklentilerinin toplanması ve bu beklentilerin tasarımcının anlayabileceği tasarım parametrelerine dönüştürülmesi zor ve karmaşık bir süreçtir. Önerilen zeki model kullanıcı beklentilerini tasarımcının anlayabileceği kantitatif ve somut bilgiye dönüştürmektedir. SDÖ, GİA, ÇKGKV ve NEFCLASS önerilen zeki modelin farklı aşamalarında kullanılmıştır. Sonuçta kullanıcının duysal beklentileri tasarımcının anlayabileceği “eğer öyle ise o

halde” tipindeki bulanık kurallara dönüştürülmüştür. Bulanık kurallar yardımıyla ürün tasarım parametreleriyle kullanıcı beklentileri arasındaki ilişki yapısı ortaya çıkarılmıştır.

Modelin uygulanabilirliği ve geçerliliği mobil telefon ürünü için gerçekleştirilen deneysel bir çalışma üzerinde gösterilmiştir. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı için bütünleşik bir zeki model yaklaşımı literatüre farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu çalışmayla birlikte ilk defa kullanıcı beklentileri bulanık kural yapısı şeklinde ifade edilmiştir. Önerilen modelin çalıştırılmasıyla elde edilen bulanık kuralların basit, açık ve yorumlanabilir olma özelliği tasarımların oluşturulmasında tasarımcıya yeni fikirler sunacak niteliktedir.

Ürün tasarımının erken aşamalarından kullanıcı beklentilerini karşılayan tasarımların oluşturulması, tasarım sürecinin daha sonraki aşamalarının da daha sorunsuz ilerlemesini sağlayacaktır. Konsept geliştirme aşamasında ürün tasarımının kesinleşmesi, tasarımın sonraki proseslerinde değişimlerden kaynaklanacak maliyetlerinden önüne geçilmesini sağlayacaktır. Böylece hem ekonomik hem de fonksiyonel açıdan değerli bir tasarım ortaya konulacaktır.

Kullanıcı merkezli ürün tasarımının önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle önerilen zeki modeli duyuşal beklentilerin ön plana çıktığı mobil telefon gibi diğer elektronik ürünlerde veya otomobil, mobilya, beyaz eşya gibi ürünlerde de kullanmak mümkündür.

Toplumlar ve kültürler arasındaki farklılıklarının ürün tasarımı üzerindeki etkisi de araştırılması gereken önemli konulardan biridir. Çünkü, aynı ülke içinde yer alan farklı bölgelerde, farklı sosyal düzeylerde, cinsiyet durumuna ve jenerasyon düzeyine bağlı olarak da kullanıcı beklentileri farklılık gösterebilmektedir.

Duyusal beklentilerin değerlendirmesinde ürün semantiği ve özellikle SDÖ en sık kullanılan yöntemlerdir. Gelecekte üzerinde durulması gereken önemli bir konu duyusal beklentilerinin analizinde semantik analizden farklı yöntemlerin kullanılmasıdır. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak değerlendirmede yüz ifadesi veya fizyolojik sinyallerdeki (kalp atım hızı, EMG, EEG) değişimler dikkate alınabilir. Bu parametrelerdeki değişimlerin hangi his veya duyusal ifadelere karşılık geldiği önemli bir araştırma konusudur.

KAYNAKLAR

Abraham, A., "Neuro-fuzzy systems: state-of-the-art modeling techniques, connectionist models of neurons, learning processes and artificial intelligence", **Lecture Notes in Computer Science**, 2084: 269-276 (2001).

Akcayol, M. A. and Elmas, Ç., "NEFCLASS-based neuro fuzzy controller for SRM drive", **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 18(5): 595-602 (2005).

Alcantara, E., Artacho, M. A., Gonzalez, J. C. and Garcia, A. C., "Application of product semantics to footwear design. part I—identification of footwear semantic space applying differential semantics", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 35(8): 713-725 (2005).

Alpar, R., "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş", **Nobel Yayınevi**, Ankara, 380-381 (2003).

Anderson, D. and McNeill, G., "Artificial Neural Networks Technology", **Kaman Sciences Corporation**, New York, 2-38 (1992).

Baffoy, S., "Segmentation of the mobile phones market: a study of the strategies of Ericsson, Nokia and Motorola", Yüksek Lisans Tezi, **Stockholm School of Economics**, Stockholm, 8-12 (2000).

Bass, B, Huang, G. and Russo, J., "Incorporating climate change into risk assessment using grey mathematical programming", **Journal of Environmental Management**, 49: 107-123 (1997).

Baykal, N. ve Beyan, T., "Bulanık Mantık, Uzman Sistemler ve Denetleyiciler", **Bıçaklar Kitabevi**, Ankara, 437-439 (2004).

Bennet, J., "Managing to meet usability requirements: establishing and meeting software development goals", Visual Display Terminals, Bennet, J., Case, D., Sandelin, J. and Smith, M. (Eds.), **Prentice-Hall**, NJ, 161-184 (1984).

Bherenji, H. R. and Khedkar, P., "Learning and tuning fuzzy logic controllers through reinforcements", **IEEE Transactions on Neural Networks**, 3: 724-740 (1992).

Bloch, P. H., "Seeking the ideal form: product design and consumer response", **Journal of Marketing**, 59(3): 16-29 (1995).

Bruseberg, A. and McDonagh-Philp, D., "New product development by eliciting user experience and aspirations", **International Journal of Human-Computer Studies**, 55: 435-452 (2001).

Butters, L. M. and Dixon, R. T., "Ergonomics in consumer product evaluation: an evolving process", ***Applied Ergonomics***, 29(1): 55-58 (1998).

Büyüközkan, G. and Feyzioğlu, O., "Group decision making to better respond to customer needs in software development", ***Computers & Industrial Engineering***, 48: 427-441 (2005).

Chang, C. L., Liu, P. H. and Wei, C. C., "Failure mode and effect analysis using grey theory", ***Integrated Manufacturing System***, 12(3): 153-158 (2001).

Chen, K. and Chang, T. Y., "A study on the cognitive thresholds of formal styles", ***Concurrent Engineering: Research and Applications***, 14(3): 207-218 (2006).

Chen, C. N. and Ting, S. C., "A study using the grey system theory to evaluate the importance of various service quality factors", ***The International Journal of Quality and Reliability Management***, 19(6/7): 838-861 (2002).

Chen, C. H., Khoo, L. P. and Yan, W., "A strategy for acquiring customer requirement patterns using ladderling technique and ART2 neural network", ***Advanced Engineering Informatics***, 16: 229-240 (2002).

Chen, C. H., Khoo, L. P. and Yan, W., "Evaluation of multicultural factors from elicited customer requirements for new product development", ***Research in Engineering Design***, 14(3): 119-130 (2003).

Chen, C. H., Khoo, L. P. and Yan, W., "PDCS-a product definition and customization system for product concept development", ***Expert Systems with Applications***, 28: 591-602 (2005).

Chen, C. H., Khoo, L. P. and Yan, W., "An investigation into affective design using sorting technique and kohonen self-organizing map", ***Advances in Engineering Software***, 37: 334-349 (2006).

Chen, J. H., "Integrating a generative system within a case based system for mobile phone design", Yüksek Lisans Tezi, ***National Yunlin University of Science and Technology***, Yunlin, 18-25 (2004).

Chen, M. F. and Tzeng, G. H., "Combining grey relation and topsis concepts for selecting an expatriate host country", ***Mathematical and Computer Modelling***, 40: 1473-1490 (2004).

Chin, J. P., Diehl, V. A. and Norman, K. L., "Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface", ***Proceeding of ACM CHI'88***, Washington DC, 213-218 (1988).

Chiu, S. L., "Fuzzy model identification based on cluster estimation", ***Journal of Intelligent and Fuzzy Systems***, 2: 267-278 (1994).

Chiu, S. L., "Extracting fuzzy rules from data for function approximation and pattern classification", *Fuzzy Information Engineering: A Guided Tour of Applications*, Dubois, D., Prade, H. and Yager, R. (Eds.), ***John Wiley & Sons***, 1-10 (1997).

Chuang, C. H. and Ma, Y. C., "Expressing the expected product images in product design of micro-electronic products", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 27: 233-245 (2001).

Chuang, M. C., Chang, C. C. and Hsu, S. H., "Perceptual factors underlying user preferences toward product form of mobile phones", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 27: 247-258 (2001).

Cordon, O., Jesus, M. J. del and Herrera, F., "Genetic learning of fuzzy rule-based classification systems cooperating with fuzzy reasoning methods", ***International Journal of Intelligent Systems***, 13: 1025–1053 (1998).

Cordon, O., Gomide, F., Herrera, F., Hoffmann, F. and Magdalena, L., "Ten years of genetic fuzzy systems: current framework and new trends", ***Fuzzy Sets and Systems***, 141(1): 5-31 (2004).

Creusen, M. E. H. and Schoormans, J. P. L., "The different roles of product appearance in consumer choice", ***The Journal of Product Innovation Management***, 22: 63-81 (2005).

Cristiano, J. J., Liker, J. K. and White, C. C., "Customer-driven product development through quality function deployment in the US and Japan", ***Journal of Product Innovation Management***, 17(4): 286-308 (2000).

Cronbach, L. J., "Coefficient alpha and the internal structure of test", ***Psychometrika***, 16: 297-333 (1951).

Dahan, E. and Srinivasan, V., "The predictive power of internet based product concept- testing using visual depiction and animation", ***Journal of Product Innovation Management***, 17(2): 99-109 (2000).

Demers, L., Weiss-Lambrou, R. and Ska, B., "Development of the quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology", ***Assistive Technology***, 8(1): 3-13 (1996).

Deng, J. L., "Introduction to grey system", ***The Journal of Grey System***, 1(1): 1-24 (1989).

Desmet, P. M. A., "Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional response to products", *Funology: From Usability to Enjoyment*, Blythe, M. A., Monk, A. F., Overbeeke, K. and Wright, P.C. (Eds.), **Kluwer Academic Pres**, Dordrecht, 111-123 (2003).

Duck, W., Setiono, R. and Zurada, J. M., "Computational intelligence methods for rule-based data understanding", ***Proceedings of IEEE***, 92(5): 771-805 (2004).

Feng, F.J. and Teng, L. C., "An online self constructing neural fuzzy inference network and its applications", ***IEEE Transactions on Fuzzy Systems***, 6(1): 12-32 (1998).

Feng, C. M. and Wang, R. T., "Performance evaluation for airlines including the consideration of financial ratios", ***Journal of Air Transport Management***, 6: 133-142 (2000).

Fodor, J. and Roubens, M., "Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support", **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, 11-17 (1994).

Fukushima, K., Kawata, H., Fujiwara, Y., and Genno, H., "Human sensory perception oriented image processing in a color copy system", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 15: 63-74 (1995).

Fuller, R., "Introduction to Neuro-Fuzzy Systems", **Physica-Verlag**, Heidelberg, 80-86 (2000).

Fung, R. Y. K., Chong, S. P. Y. and Wang, Y., "A framework of product styling platform approach: styling as intangible modules", ***Concurrent Engineering: Research and Applications***, 12(2): 89-103 (2006).

Go, K., Takamoto, Y. and Carroll, J. M., "Designing a mobile phone of the future: requirements elicitation using photo essays and scenarios", ***Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Application***, Fukuoka, 475-480 (2004).

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C., "Multivariate Data Analysis 5th ed.", **Prentice Hall International**, New Jersey, 70-76 (1998).

Han, S. H., Yun, M. H., Kim, K. J. and Kwahk, J., "Evaluation of product usability: development and validation of usability dimensions and design elements based on empirical models", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 26(4): 477-488 (2000).

Han, S. H., Yun, M. H., Kwahk, J. and Hong, S. W., "Usability of consumer electronic products", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28: 143–151 (2001).

Han, S. H. and Hong, S. W., "A systematic approach for coupling user satisfaction with product design", *Ergonomics*, 46(13/14): 1441–1461 (2003).

Han, S. H. and Kim, J., "A comparison of screening methods: selecting important design variables for modelling product usability", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32: 189-198 (2003).

Han, S. H. and Yang, H. "Screening important design variables for building a usability model: genetic algorithm based partial least squares approach", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33: 159-171 (2004).

Han, S. W., Kwang, J. K., Yun, M. H. and Hong, S. W., "Identifying mobile phone design features critical to user satisfaction", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(1): 15-29 (2004).

Harding, J. A., Popplewel, K., Fung, R. Y. K. and Omar, A. R., "An intelligent information framework relating customer requirements and product characteristics", *Computers in Industry*, 44(1): 51-65 (2001).

Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", *Macmillian College*, New York, 15-29 (1994).

Helander, M. G. and Tham, M. P., "Hedonomics-affective human factors design", *Ergonomics*, 46(13/14):1269-1272 (2003).

Herrera, F., Herrera-Viedma, E., and Chiclana, F., "Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations", *European Journal of Operational Research*, 129: 372–385 (2001).

Horiguchi, A. and Suetomi, T., "A Kansei engineering approach to driver/vehicle system", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15: 25-37 (1995).

Hsia, K. H. and Wu, J. H., "A study on the data preprocessing in grey relational analysis", *Journal of Chinese Grey System Association*, 1: 47-53 (1998).

Hsiao, S. W. and Huang, H. C., "A neural network based approach for product form design" *Design Studies*, 23:67-84 (2002).

Hsiao, S. W. and Chou, J. R., "A creativity-based design process for innovative product design", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34: 421-443 (2004).

Hsiao, S. W. and Liu, E., "A neuro-fuzzy-evolutionary approach for product design", ***Integrated Computer-Aided Engineering***, 11: 323-338 (2004).

Hsiao, S. W. and Tsai, H. C., "Applying a hybrid approach based on fuzzy neural network and genetic algorithm to product form design", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 35(5): 411-428 (2005).

Hsiao, K. A. and Chen, L. L., "Fundamental dimensions of affective responses to product shapes", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 36: 553-564 (2006).

Hsu, C. I. and Wen, Y. H., "Application of grey theory and multi objective programming towards airline network design", ***European Journal of Operational Research***, 127(1): 44-68 (2000).

Hsu, S. H., Chuang, M. C. and Chang, C. C., "A semantic differential study of designers' and users' product form perception", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 25: 375-391 (2000).

Huang, J. T. and Liao, Y. S., "Optimization of machining parameters of wire-edm based on grey relational analysis and statistical analysis", ***International Journal of Production Research***, 41: 1707-1720 (2003).

Ishihara, S., Ishihara, K., Nagamachi, M. and Matsubara, Y., "An analysis of Kansei structure on shoes using self-organizing neural networks", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 19: 93-104 (1997).

Ishubichi, H., Nakashima, T. and Murata, T., "Three-objective genetics-based machine learning for linguistic rule extraction", ***Information Sciences***, 136(1-4): 109-133 (2001).

International Organization for Standardization, "Human-centered design processes for interactive systems", ***International Organization for Standardization***, ISO13407:1999, (1999).

Jang R, "Neuro-fuzzy modeling: architectures, analyses and applications", Doktora Tezi, ***University of California Berkeley***, 43-83 (1992).

Jiao, J. R., Zhang, Y. and Helander, M., "A kansei mining system for affective design", ***Expert Systems with Applications***, 30(4): 658-673 (2006).

Jiao, J. R. and Chen, C.H., "Customer requirement management in product development: a review of research issues", ***Concurrent Engineering: Research and Applications***, 14(3): 173-185 (2006).

Jindo, T., and Hirasago, K., "Application studies to car interior of Kansei engineering", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19: 105-114 (1997).

Jordan, J. W., "An Introduction to Usability", *Taylor & Franchis*, London, 8-23 (1998).

Kacprzyk, J., "Group decision making with a fuzzy linguistic majority", *Fuzzy Sets and Systems*, 18: 105–118 (1986).

Kao, P. S. and Hocheng, H., "Optimization of electrochemical polishing of stainless steel by grey relational analysis", *Journal of Materials Processing Technology*, 140: 255-259 (2003).

Karlsson, B. S. A., Aronsson, N. and Sevensson, K. A., "Using semantic environment description as a tool to evaluate car interiors", *Ergonomics*, 46(13/14): 1408-1422 (2003).

Kasabov, N. and Song, Q., "Dynamic evolving fuzzy neural networks with 'm-out-of-n' activation nodes for on-line adaptive systems", *University of Otago, Department of Information Science, Technical Report TR99/04*, 1-29 (1998).

Katz, J. E. and Sugiyama, S., "Mobile phones as fashion statements: the co-creation of mobile communication's public meaning", *Mobile Communications: Re-negotiation of the Social Sphere*, Ling, R. and Pedersen, P. (Eds.), *Springer*, Surrey, UK, 63-81 (2005).

Ketola, P., "Integrating usability with concurrent engineering in mobile phone development", *Doktora Tezi, University of Tampere*, Tampere, 42-49 (2002).

Khalid, H. M. and Helander, M. G., "A framework for affective customer needs in product design", *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(1): 27-42 (2004).

Khalid, H. M., "Embracing diversity in user needs for affective design", *Applied Ergonomics*, 37(4):409-418 (2006).

Khalid, H. M. and Helander, M. G., "Customer emotional needs in product design", *Concurrent Engineering: Research and Application*, 14(3): 197-206 (2006).

Khoo, L. P., Chen, C. H. and Yan, W., "An investigation on a prototype customer oriented information system for a product concept development", *Computers in Industry*, 49(2): 157-174 (2002).

Kiljander, H., "Evolution and usability of mobile phone interaction styles", Doktora Tezi, **Helsinki University of Technology**, 59-69 (2004).

Kirakowski, J. and Corbett, M., "Sumi: The software usability measurement inventory", **British Journal of Educational Technology**, 24(3): 210-212 (1993).

Kontogiannis, T. and Embrey, D., "User centred design approach for introducing computer based information systems", **Applied Ergonomics**, 28: 109-119 (1997).

Kwahk, J., "A methodology for evaluating the usability of audiovisual consumer electronic products", Doktora Tezi, **Pohang University of Science and Technology**, Pohang, Korea, 7-72 (1999).

Kwahk, J. and Han, S. H., "A methodology for evaluating the usability of audiovisual consumer electronics products", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 33: 419-431 (2002).

Kwon, K. S., "Human sensibility ergonomics in product design", **International Journal of Cognitive Ergonomics**, 3(1): 51-62 (1999).

Lai, H. H., Chang, Y. M., Chang, H. C., "A robust design approach for enhancing the feeling quality of a product: a car profile case study", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 35(5): 445-460 (2005a).

Lai, H. H., Lin, Y. C., Yeh, C. H., "Form design of product image using grey relational analysis and neural network models", **Computers & Industrial Engineering**, 32: 2689-2711 (2005b).

Lai, H. H., Lin, Y. C., Yeh, C. H. and Wei, C. H., "User-oriented design for the optimal combination on product design", **International Journal of Production Economics**, 100(2): 253-267 (2006).

Lanning, T. R., "Let the user design", Taking Software Design Seriously, Practical Techniques for Human-Computer Interaction Design, Karat, J. (Ed.), **Academic Press**, San Diego, 127-135 (1991).

Larsen, P. M., "Industrial applications of fuzzy logic control," **International Journal of Man, Machine Studies**, 12(1): 3-10 (1980).

Lee, M. W., Yun, M. H., Jung, E. S. and Freivalds, A., "High touch: ergonomics in conceptual design process-case studies of a remote controller and personal telephones", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 19: 239-248 (1997).

Lee, M. W., Hwan, M. H. and Han, S. H., "High Touch-an innovative scheme for new product development: case studies 1994-1998", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 27: 271-283 (2001).

Lee, Y. S., Hong, S. W., Smith-Jakson, T. L., Nussbaum, M. A. and Tomioka, K., "Systematic evaluation methodology for cell phone user interfaces", ***Interacting with Computers***, 18: 304-325 (2006).

Lin, C. T. and Lee, C. S. G., "Neural network based fuzzy logic control and decision system", ***IEEE Transactions on Computation***, 40(12): 1320-1336 (1991).

Lin, C. T. and Hsu, P. F., "Forecast of non-alcoholic beverage sales in Taiwan using the grey theory", ***Asia-Pacific Journal of Marketing and Logistics***, 14(4): 3-12 (2002).

Lin, H. X., Choong, Y. Y., and Salvendy, G., "A proposed index of usability: a method for comparing the relative usability of different software systems", ***Behaviour & Information Technology***, 16(4/5): 267-278 (1997).

Lin, L. C., "Use of the taguchi method and grey relational analysis to optimize turning operations with multiple performance characteristics", ***Materials and Manufacturing Process***, 19(2): 209-220 (2004).

Lin, J. L. and Lin, C. L., "The use of grey-fuzzy logic for the optimization of the manufacturing process", ***Journal of Materials Processing Technology***, 160: 9-14 (2005).

Lin, Y., Chen, M. Y. and Liu, S., "Theory of grey systems: capturing uncertainties of grey information", ***Kybernetes***, 33(2): 196-218 (2004).

Liu, Y., "Engineering aesthetics and aesthetic ergonomics: theoretical foundations and a dual process research methodology", ***Ergonomics***, 46(13-14): 1273-1292 (2003).

Lin, M. Y., Wang, C. C. and Chen, T.C., "A strategy for managing customer-oriented product design", ***Concurrent Engineering: Research and Applications***, 14(3): 231-244 (2006).

Liu, S. and Lin, Y., "Grey Information: Theory and Practical Applications", ***Springer***, USA, 11-21 (2006).

Luo, S., Sun, S., Zhu, S. and Tang, M., "A case study on product collaborative conceptual design technology based on user implicit knowledge", ***The 8th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings***, Xiamen, China, 191-196 (2003).

Lüthje, C., "Characteristics of innovating users in a consumer goods field", ***Technovation***, 23: 245-267 (2003).

Mamdani, E. H. and Assilian, S., "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", ***International Journal of Man-Machine Studies***, 7: 1-13 (1975).

March, A., "Usability: the new dimension of product design", ***Harvard Business Review***, 72(5): 144-149 (1994).

Matsubara, Y., Nagamachi, M., "Kansei virtual reality technology and evaluation on kitchen design", *Manufacturing Agility and Hybrid Automation*, Koubek, R. J. and Karwowski, W. (Eds.), ***IEA Press***, 81-84 (1996).

McDonagh, D., Bruseberg, A. and Haslam, C., "Visual product evaluation: exploring users' emotional relationships with products", ***Applied Ergonomics***, 33: 231-240 (2002).

Mendel, J. M., "Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial", ***Proceedings of IEEE***, 83(3): 345-377 (1999).

Mitra, S. and Hayashi, Y., "Neuro-fuzzy rule generation: survey in soft computing framework", ***IEEE Transactions on Neural Network***, 11(3): 748-768 (2000).

Mori, N., "Rough Set Approach to product design solution for the purposed Kansei", ***The Science of Design Bulletin of the Japanese Society of Kansei Engineering***, 48 (2002).

Nagamachi, M., "Kansei engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 15: 3-11 (1995).

Nakada, K., "Kansei engineering research on the design of construction machinery", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 19: 129-146 (1997).

Nauck, D. D. and Kruse, R., "A neuro-fuzzy method to learn fuzzy classification rules from data", ***Fuzzy Sets & Systems***, 89: 277-288 (1997).

Nauck D. D., Klawonn, D. and Kruse R., "Foundations of Neuro-Fuzzy Systems", ***John Wiley & Sons***, Chichester, 227-240 (1997).

Nauck, D. D., "Data Analysis with Neuro-Fuzzy Methods", *Doçentlik Tezi*, ***Otto-von-Guericke University of Magdeburg***, Magdeburg, 15-117 (2000).

Nauck, D. D., "Fuzzy data analysis with NEFCLASS", ***International Journal of Approximate Reasoning***, 32(2/3): 103-130 (2003).

Nauck, U., "Design and implementation of a neuro-fuzzy data analysis tool in Java", Doktora Tezi, ***Technische Universität Braunschweig***, Braunschweig, 22-34 (1999).

Nielsen, J., "Usability Engineering". ***AP Professional***, NY, 44-48 (1993).

Ning, D. and Wang, L., "Optimization of harmonious development on regional energy-economy-atmospheric environment system", ***Journal of Environmental Sciences***, 8(4): 390-396 (1996).

Nishino, T., Nagamachi, M. and Ishihara, S., "Rough set analysis on kansei evaluation of color", ***Proceedings of the International Conference on Affective Human Factors Design***, Singapore, (2001).

Osgood, C. E., Tannenbaum P. H. ve Suci, G. J., "The Measurement of Meaning", ***University of Illinois Press***, (1957).

Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", ***Papatya Yayınları***, İstanbul, 13-114 (2003).

Park, J., Han, S. H., "A fuzzy rules based approach to modelling affective user satisfaction towards office chair design", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 34: 31-47 (2004).

Petiot, J. F. and Yannou, B., "Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 33: 507-525 (2004).

Pheasant, S. T., "Bodyspace: anthropometry, ergonomics and design of work", ***Taylor & Franchis***, London, 3-6 (1996).

Ross, T. J., "Fuzzy Logic with Engineering Applications", ***Mc-Graw Hill Publications***, 17-255 (1995).

Ryu, Y. S., "Development of usability questionnaire for electronic mobile products and decision making methods", Doktora Tezi, ***Virginia Polytechnic Institute and State University***, Blacksburg, Virginia, 43-112 (2005).

Scerbo, W. M., "Usability testing", Research Techniques in Human Engineering, Weiner, R. (Ed.), ***Prentice Hall***, 70-72 (1995).

Schifferstein, H. N. J., "The perceived importance of sensory modalities in product usage: a study of self-reports", ***Acta Psychologica***, 121: 41-64 (2006).

Singh, P. N., Raghukandan, K. and Pai, B. C., "Optimization by grey relational analysis of edm parameters on machining A1-10%SiC_p composites", ***Journal of Materials Processing Technology***, 155/156: 1658-1661 (2004).

Su, C. T., Chen, Y. H. and Sha, D. Y., "Linking innovative product development with customer knowledge: a data mining approach", ***Technovation***, 26: 784-795 (2006).

Sulzberger, S. M., Tschicholig-Gurman, N. N. and Vestli, S. J., "FUN: optimization of fuzzy rule based systems using neural networks", ***Proceedings of IEEE Conference on Neural Networks***, San Francisco, 312-316 (1993).

Tano, S., Oyama, T. and Arnould, T., "Deep combination of fuzzy inference and neural network in fuzzy inference", ***Fuzzy Sets and Systems***, 82(2): 151-160 (1996).

Tanoue, C., Ishizaka, K. and Nagamachi, M., "Kansei engineering: a study on perception of vehicle interior image", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 19: 115-128 (1997).

Veryzer, R. W., "Key factors affecting customer evaluation of discontinuous new products", ***Journal of Product Innovation Management***, 15(2): 136-50 (1998).

Veryzer, R. W. and Mozota, B. B., "Impact of user oriented design on new product development: an examination of fundamental relationships", ***Journal of Product Innovation Management***, 22: 128-143 (2005).

VTT Technical Research Centre of Finland, "Ken project report: key usability and ethical issues in the personal navigation program part 1: usability design and evaluation methods", ***VTT Technical Research Centre of Finland***, Finland, 1-34 (2002).

Wang, X., Tang, M. I. and Frazer, J., "Creative stimulator: an interface to enhance creativity in pattern design", ***Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing***, 15: 433-440 (2001).

Wang, C. H. and Tong, L. I., "Optimization of dynamic multi-response problems using grey multiple decision making", ***Quality Engineering***, 17: 1-9 (2005).

Wen, K. L., "Grey Systems: Modeling and Prediction", ***YangSky Scientific Press***, Tucson, USA, 1-51 (2004).

Wixon, D. and Wilson, C., "The usability engineering framework for product design and evaluation", *Handbook of Human-Computer Interaction*, Helander, M. (Ed.), **North Holland**, Amsterdam, 665-667 (1997).

Wu, H. H., "A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems", ***Quality Engineering***, 15(2): 209-217 (2002).

Wu, M. C., Lo, Y. F. and Hsu, S. H., "A case-based reasoning approach to generating new product ideas", ***International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 30:166-173.

Xu, Z., "A method based on linguistic aggregation operators for group decision making with linguistic preference relations", ***Information Sciences***, 166: 19–30 (2004).

Yamamoto, M., Lambert, D. R., "The impact of product aesthetics on the evaluation of industrial products", ***Journal of Product Innovation Management***, 11(4): 309-324 (1994).

Yan, W., Chen, C. H., and Khoo, L. P., "A radial basis function neural network multicultural factors evaluation engine for product concept development", ***Expert Systems***, 18(5): 219–232 (2001).

Yan, W., Khoo, L. P. and Chen, C. H., "A QFD-enabled product conceptualisation approach via design knowledge hierarchy and RCE neural network", ***Knowledge-Based Systems***, 18: 279-293 (2005).

Yanagisawa, H. and Fukuda, S., "Interactive reduct evolutionary computation for aesthetic design", ***Journal of Computing and Information Science in Engineering***, 5:1-7 (2005).

Yeh, M. F and Lu, H. C., "Evaluating weapon systems based on grey relational analysis and fuzzy arithmetic operations", ***Journal of the Chinese Institute of Engineers***, 23(2): 211-221 (2000).

Yun, M. H., Han, S. H., Kim, K. J. and Han, S., "Measuring customer perceptions on product usability: development of image and impression attributes of consumer electronic products", ***Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting***, Texas, 486-490 (1999).

Zadeh, L.A., "Fuzzy sets", ***Information and Control***, 8(3): 338-353 (1965).

Zhang, Q, Chena, J. C. H., and Chong, P. P., "Decision consolidation: criteria weight determination using multiple preference formats", ***Decision Support Systems***, 38: 247–258 (2004).

Zhang, J., Wu, D. and Olson, D. L., "The method of grey related analysis to multi attribute decision making problems with interval numbers", ***Mathematical and Computer Modelling***, 42: 991-998 (2005).

EKLER

EK-1 Çalışmada incelenen mobil telefonlar

			
Siemens C75	Siemens AX75	Nokia 7370	Nokia 6280
			
Nokia 6020	Nokia 6600	Nokia 2100	Nokia 2300
			
Nokia 6610	Nokia 3220	Nokia N70	Nokia 6230i
			
Nokia 6630	Nokia 8800	Nokia 7610	Nokia 6260

EK-1 (Devam) Çalışmada incelenen mobil telefonlar

			
Nokia 2600	Nokia 6030	Nokia 6220	Nokia 6100
			
Nokia 6230	Nokia 7210	Nokia 1100	Nokia 5210
			
Nokia 7260	Nokia 3230	LG 7200	LG C3400
			
LG 4410	Motorola V547	Motorola V360	Motorola V80

EK-1 (Devam) Çalışmada incelenen mobil telefonlar

			
Motorola C117	Motorola MPX200	Motorola C115	Motorola Razr V3i
			
Philips 362	Philips 650	Philips 755	Samsung SGH-X660
			
Samsung E760	Samsung D500	Samsung E730	Siemens M75
			
Siemens C62	Siemens AP75	Siemens C72	Siemens S75

EK-1 (Devam) Çalışmada incelenen mobil telefonlar

			
Siemens A70	Siemens SF65	Siemens A75	Siemens CX75
			
Siemens SX1	Siemens C65	Siemens CF65	Siemens CF62
			
Siemens CF75	Siemens SL65	Siemens S65	Sony Ericsson K300i
			
Sony Ericsson J300i	Ericsson T610	Sony Ericsson W800i	Sony Ericsson W500i

Ek-2 Çalışmada incelenen telefonların morfolojik özellikleri

No	Telefon Modeli	Üst Şekil	Gövde Şekli	Alt Şekil	Fonksiyon Tuşlarının Şekli	Fonksiyon Tuşlarının Yerleşimi	Nümerik Tuşlarının Yerleşimi	Nümerik Tuşlarının Şekli	Açma Kapama	Bileşen Yerleşimi	Kapak Cinsi	Telefon Rengi	Gövde Boy	Gövde Genişliği	Gövde Kalınlığı	Genişlik/ Uzunluk Oranı	Ekran Boy	Ekran Genişliği	Ekran Büyüklüğü	Alan	Ağırlık
1	Siemens C75	C	PL	C	J	WL	R	R	G	ID	N	D	103	44	17	0,39	37	29	0,78	10,7	85
2	Siemens AX75	L	RC	L	S	SS	IR	R	G	ID	N	K	106	47	18	0,38	28,50	28,00	0,98	7,98	76
3	Nokia 7370	C	PL	L	S	WL	R	R	YR	ID	H	DL	88	42	23	0,55	40	30	0,75	12	104
4	Nokia 6280	L	PL	L	S	SS	R	R	YR	D	S	D	100	46	21	0,46	30	30	1,00	9	115
5	Nokia 6020	L	PL	C	S	WL	R	R	YR	ID	N	D	106	44	20	0,45	29	29	1,00	8,41	90
6	Nokia 6600	C	RC	L	J	WL	IR	IR	YR	ID	X	K	108,6	58,2	23,7	0,41	45	37	0,82	16,7	125
7	Nokia 2100	C	PL	L	S	SS	IR	IR	YR	ID	X	D	105,5	44,2	20,7	0,47	31	30	0,97	9,3	85,7
8	Nokia 2300	L	CC	L	S	WL	IR	IR	G	IP	N	K	107	46	20	0,43	24	30	1,25	7,2	92
9	Nokia 6610	L	CC	L	O	SS	IR	R	YR	ID	X	K	106	44	19	0,43	28	30	1,07	8,4	87
10	Nokia 3220	C	CC	L	S	SS	IR	R	YR	ID	X	K	104,5	44,2	18,7	0,42	30	34	1,13	10,2	86
11	Nokia N70	L	PL	C	J	WL	R	R	YR	ID	N	K	109	53	22	0,42	40	44	1,10	17,6	126
12	Nokia 6230i	L	CC	L	J	WL	R	R	YR	ID	X	D	103	44	20	0,45	32	30	0,94	9,6	99
13	Nokia 6630	L	RC	C	O	SS	IR	R	YR	ID	X	D	110	60	21	0,35	45	32	0,71	14,4	127
14	Nokia 8800	L	PL	C	S	SS	R	R	YR	ID	S	D	107	45	16	0,36	30	30	1,00	9	134
15	Nokia 7610	R	PL	R	J	SS	IR	IR	YR	ID	X	K	108,6	53	18,7	0,35	45	36	0,80	16,2	118
16	Nokia 6260	L	PL	C	S	SS	R	R	YR	D	H	D	102	49	23	0,47	43	37	0,86	15,9	130
17	Nokia 2600	C	RC	L	S	SS	IR	R	YR	ID	X	K	107,6	45,9	20,3	0,44	29,5	29	0,98	8,56	96
18	Nokia 6030	L	PL	L	S	WL	R	R	YR	ID	N	D	104	44	18	0,41	29	29	1,00	8,41	90
19	Nokia 6220	C	CC	L	S	SS	IR	IR	YR	IP	X	K	106	44	20	0,45	30	30	1,00	9	88
20	Nokia 6100	C	CC	L	O	SS	IR	IR	YR	ID	X	D	102	44	13,5	0,31	29	29	1,00	8,41	76
21	Nokia 6230	L	CC	L	S	WL	R	R	YR	IP	X	D	103	44	20	0,45	30	31	1,03	9,3	97
22	Nokia 7210	L	CC	L	O	SS	IR	IR	YR	ID	X	K	106	45	18	0,40	39	29	0,74	11,3	83
23	Nokia 1100	L	CC	L	S	SS	R	O	YR	ID	X	K	106	46	26	0,57	25	32	1,28	8	93
24	Nokia 5210	L	RC	C	O	SS	IR	R	YR	ID	X	K	105,5	47,5	22,5	0,47	20	26	1,30	5,2	92
25	Nokia 7260	R	PL	R	J	SS	IR	IR	YR	ID	X	K	105	45	18	0,40	30	27	0,90	8,1	92
26	Nokia 3230	L	PL	L	S	SS	R	R	G	ID	N	D	109	49	19	0,39	41	35	0,85	14,4	110
27	LG 7200	L	PL	L	S	SS	IR	R	G	ID	N	D	97	50	17	0,34	41	33	0,8	13,5	150
28	LG C3400	C	RC	C	O	WL	IR	IR	G	ID	R	K	91	47	24	0,51	16	22	1	9,6	93
29	LG 4410	C	RC	C	O	WL	R	R	G	ID	R	K	94	48	25	0,52	41	32	0,73	13,1	116
30	Motorola V547	C	RC	C	O	WL	IR	IR	G	ID	R	K	89	49	24,6	0,50	45	33	0,73	1,85	114
31	Motorola V360	L	RC	L	O	WL	IR	R	G	ID	R	K	90	47	24	0,51	36	31	0,86	11,2	104
32	Motorola V80	C	CC	C	J	WL	IR	O	G	D	S	K	99	45	22,2	0,49	39	30	0,77	11,7	108
33	Motorola C117	L	PL	L	S	SS	IR	IR	G	ID	N	D	107	45	19,5	0,43	20	29	1,45	5,8	80
34	Motorola MPX200	C	PL	C	O	WL	IR	O	G	ID	N	D	89	48	24	0,50	15	20	1,33	3	118
35	Motorola C115	C	CC	C	O	WL	IR	IR	G	ID	N	D	98	45	21	0,47	20	29	1,45	5,8	81
36	Motorola Razr V3i	L	PL	L	S	WL	IR	IR	G	ID	R	D	98	53	13,9	0,26	40	48	1,2	19,2	95
37	Philips 362	C	PL	C	S	WL	R	R	G	ID	N	D	100	45	18	0,40	35	29	0,83	10,2	83
38	Philips 650	L	PL	L	S	SS	R	R	G	ID	R	D	109	53	22	0,42	40	44	1,10	17,6	126
39	Philips 755	C	PL	C	S	SS	IR	IR	G	ID	N	D	106	46	18	0,39	38	31	0,82	11,8	89
40	Samsung SGH-X660	C	PL	C	S	WL	IR	R	G	ID	R	K	89,5	45	21,5	0,48	37	32	0,86	11,8	78

Ek-2 (Devam) Çalışmada incelenen telefonların morfolojik özellikleri

No	Telefon Modeli	Üst Şekil	Gövde Şekli	Alt Şekil	Fonksiyon Tuşlarının Şekli	Fonksiyon Tuşlarının Yerleşimi	Nümerik Tuşlarının Yerleşimi	Nümerik Tuşlarının Şekli	Açma Kapama	Bileşen Yerleşimi	Kapak Cinsi	Telefon Rengi	Gövde Boy	Gövde Genişliği	Gövde Kalınlığı	Genişlik/ Uzunluk Oranı	Ekran Boy	Ekran Genişliği	Ekran Büyüklüğü	Alan	Ağırlık
41	Samsung E760	C	RC	C	S	WL	R	IR	G	ID	R	D	106	44	19	0,43	28	30	1,07	8,4	87
42	Samsung D500	L	PL	C	O	WL	IR	IR	G	IP	S	D	93,5	45,7	23,5	0,51	39	33	0,85	12,9	99
43	Samsung E730	C	RC	C	S	WL	R	IR	G	ID	R	D	87	44	23	0,52	35	40	1,14	14	88
44	Siemens M75	L	PL	L	J	SS	IR	IR	G	ID	N	K	110,5	51,5	20,8	0,40	38	28	0,74	10,6	110
45	Siemens C62	C	RC	L	O	SS	IR	R	G	ID	N	D	101	44	20	0,45	26	33	1,27	8,58	85
46	Siemens AP75	L	PL	C	O	WL	IR	IR	G	ID	N	D	102	44	18	0,41	28	28	1,00	7,84	86
47	Siemens C72	C	PL	C	O	WL	IR	IR	G	IP	N	K	105	47	18	0,38	27	35	1,30	9,45	86
48	Siemens S75	L	PL	L	S	SS	R	R	G	ID	N	D	103	47	18	0,38	46	35	0,76	16,1	99
49	Siemens A70	C	PL	L	O	SS	IR	IR	G	IP	N	D	101	45	20	0,44	21	31	1,48	6,51	78
50	Siemens SF65	L	PL	L	S	SS	IR	R	G	ID	H	D	91	44	23	0,52	35	28	0,80	9,8	97
51	Siemens A75	C	PL	L	S	SS	R	R	G	ID	N	D	105	45	18	0,40	28,5	28	0,98	7,98	92
52	Siemens CX75	C	RC	C	J	WL	IR	IR	G	IP	N	K	110	48	19	0,40	39	33	0,85	12,9	98
53	Siemens SX1	C	RC	L	J	WL	IR	IR	YR	IP	N	D	104,5	44,2	18,7	0,42	30	34	1,13	10,2	86
54	Siemens C65	C	RC	C	J	WL	IR	IR	G	ID	N	D	105	45	16	0,36	29	30	1,03	8,7	86
55	Siemens CF65	C	PL	C	S	SS	R	R	G	ID	R	K	94	47	22	0,47	37	29	0,78	10,3	91
56	Siemens CF62	C	PL	C	O	SS	R	R	G	ID	R	D	82	45	22	0,49	34	31	0,91	10,7	85
57	Siemens CF75	C	PL	C	S	SS	R	R	G	ID	R	K	94	47	22	0,47	37	29	0,78	10,3	91
58	Siemens SL65	C	PL	C	J	WL	R	R	G	D	S	D	90,2	47,6	20,90	0,44	31	31	1,00	9,61	99
59	Siemens S65	L	CC	L	S	SS	IR	IR	G	D	N	D	109	48	18	0,38	44	34	0,77	15	98
60	Ericsson K300i	L	PL	C	J	WL	R	R	YR	IP	N	K	99,9	45,2	19,4	0,43	30	31	1,03	9,3	85
61	Ericsson J300i	C	PL	C	S	WL	R	O	G	IP	N	K	99,1	42,6	18,2	0,43	27	27	1,00	7,29	78
62	Ericsson T610	L	PL	L	J	SS	R	O	YR	ID	N	K	102	44	49	1,11	39	32	0,82	12,5	95
63	Sony Ericsson W800i	C	PL	L	J	SS	IR	O	YR	IP	N	K	100	46	20,5	0,45	32	30	0,94	9,6	99
64	Sony Ericsson W550i	C	PL	C	O	WL	R	O	Y	IP	S	K	93	46	22	0,48	37	31	0,84	11,5	120
65	Ericsson T68i	C	CC	L	J	SS	R	O	G	D	N	D	100	46	21	0,46	30	30	1,00	9	115
66	Sony Ericsson K750i	L	PL	C	J	WL	R	R	YR	IP	N	D	107	46	20	0,43	24	30	1,25	7,2	92
67	Sony Ericsson K700i	L	PL	C	J	WL	IR	R	YR	IP	N	D	105,5	44,2	20,7	0,47	31	30	0,97	9,3	85,7
68	Ericsson R600	C	CC	L	O	SS	IR	O	G	D	N	D	106	44	20	0,45	29	29	1,00	8,41	90
69	Sony Ericsson S700i	C	PL	C	O	WL	IR	IR	G	ID	H	D	107,5	49	24,5	0,50	56	38	0,68	21,3	137
70	Ericsson T630	L	PL	L	J	SS	R	R	G	ID	N	D	102	43	17	0,40	37	30	0,81	11,1	92,5
71	Ericsson K500i	C	RC	C	J	WL	R	O	G	IP	N	D	102	46	14	0,30	38	29	0,76	11	85
72	Nokia 7360	L	PL	C	S	SS	R	IR	YR	ID	N	DL	105	45	18	0,40	36	36	1,00	13	92
73	Nokia 6670	R	PL	R	S	WL	R	IR	YR	ID	X	K	108,6	53	20,9	0,39	38	43	1,13	16,3	120

EK-3 Mobil telefon kullanıcılarının beklentilerinin analizi için geliştirilen anket

Sayın Kullanıcı,

Aşağıdaki anket sorularına vereceğiniz cevaplar Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yürütmekte olduğum doktora tez çalışmam da kullanılacaktır. Bu anket, cep telefonu kullanıcıların beklentilerinin tespit edilmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Kişisel bilgileriniz ve anket sorularına vereceğiniz cevaplar gizli tutulacaktır. Değerli zamanınızı ayıracağınız ve soruları içtenlikle yanıtlayacağınız için şimdiden teşekkür ederim.

1. Yaşınız: _____

2. Cinsiyetiniz

- ☐ Erkek
☐ Bayan

3. Bir cep telefonu kullanıcısı olarak kendinizi aşağıdaki kategorilerden (**A,B**) hangisi içinde görmektesiniz? Her bir kategoriye girme derecenizi belirtiniz.

- A.** Güvenilir ve kullanıcı dostu, piyasada kabul görmüş fiyat açısından makul, sınırlı sayıda fonksiyon ve özelliğe sahip (temel iletişim ihtiyaçları) ürünleri tercih eden kullanıcı
- B.** Cep telefonunu prestij ve statü göstergesi olarak gören, kalite için her türlü fiyatı ödemeye razı olan, en son teknolojiyi ilk olarak kullanma isteğine sahip kullanıcı

	Kesinlikle katılmıyorum							Tamamen katılıyorum
A	0	1	2	3	4	5	6	
B	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

4. Şu an kadar kaç farklı cep telefonu kullandınız ?

- ☐ 1 ☐ 4
☐ 2 ☐ 4'den fazla
☐ 3

5. Lütfen kullanmış olduğunuz ***bir önceki*** cep telefonunuzun markasını ve modelini belirtiniz. (6. soruya "1" cevabı dışında cevap veren kullanıcılar bu soruyu cevaplandıracaktır.)

6. ***Bir önceki*** cep telefonunuzu ne kadar kullandınız ? (6. soruya "1" cevabı dışında cevap veren kullanıcılar bu soruyu cevaplandıracaktır.)

- ☐ 0 – 6 ay
☐ 6 ay – 1 yıl
☐ 1 – 2 yıl
☐ 2 yıldan fazla

EK-3 (Devam) Mobil telefon kullanıcılarının beklentilerinin analizi için geliştirilen anketi

7. Lütfen **şu an kullanmış olduğunuz** cep telefonunuzun markasını ve modelini belirtiniz.

8. Cep telefonunuzu yenilemenizdeki **en önemli** neden aşağıdakilerden hangisidir ?

- ☐ Eski telefonumdan memnun kalmamam.
- ☐ Eski telefonum çalındı/ kayboldu/ bozuldu.
- ☐ Cep telefonu teknolojisindeki yeni özelliklere sahip olma isteğim.
- ☐ Şekil ve dış görünüm bakımından yeni cep telefonlarından etkilenmem.

9. Yeni cep telefonunuzu ne kadar zamandır kullanıyorsunuz?

- ☐ 0 – 6 ay
- ☐ 6 ay – 1 yıl
- ☐ 1 – 2 yıl
- ☐ 2 yıldan fazla

10. Cep telefonunuzla günde ortalama kaç arama yapıyorsunuz ?

- ☐ 0-5 kez
- ☐ 5-10 kez
- ☐ 10-15 kez
- ☐ 15 kez ve üstü

11. Cep telefonunuzla günde ortalama kaç tane SMS gönderiyorsunuz?

12. Cep telefonunuzda menu dili olarak hangi dili kullanıyorsunuz ?

- ☐ Türkçe
- ☐ Yabancı dil, belirtiniz _____

13. Sahip olduğunuz cep telefonunun **tüm özelliklerini** kullandığınızı düşünüyor musunuz ?

- ☐ Çoğu özelliğinin farkında bile değilim.
- ☐ Birçok özelliğinin farkındayım ama günlük faaliyetlerim de sık olarak kullanmamı gerektirmiyor.
- ☐ Çoğu özelliğini sık olarak kullanmaktayım.
- ☐ Telefonun sahip olduğu tüm özellikleri kullanmaktayım.

EK-3 (Devam) Mobil telefon kullanıcılarının beklentilerinin analizi için geliştirilen anketi

14. Yeni bir cep telefonu aldığınızda daha önce kullanmış olduğunuz cep telefonu markasıyla aynı marka cep telefonu almaya dikkat edermisiniz ? (6. soruya "1" cevabı dışında cevap veren kullanıcılar bu soruyu cevaplandıracaktır.)

- ☐ Evet
☐ Hayır

15. Yeni bir cep telefonu satın alırken aşağıdaki yöntemlerden hangisi tercih edersiniz ?

- ☐ Satış mağazasına giderek ürünü inceler ve satın alırım.
☐ İnternet ortamında ürünü inceler ve satın alırım.

16. Yeni bir cep telefonu satın almak için gittiğiniz bir satış mağazasında vitrinde duran cep telefonlarını incelediğinizde **ilk bakışta** dikkat edeceğiniz özellikleri **önem derecesine göre 1'den 3'e kadar numaralandırınız.**

- ☐ Marka tercihi _____
☐ Fiyat _____
☐ Ürün görünümü _____

17. Yeni bir cep telefonu aldığınızda ürün özelliklerini öğrenmek için aşağıdaki yöntemleri hangi sırayla kullanmayı tercih edersiniz? **Lütfen yöntemleri önem sırasına göre 1'den 4'e kadar numaralandırınız.**

- ☐ Deneme-yanılma yöntemi _____
☐ Kullanım kılavuzunu okumak _____
☐ Bilen birinden yardım almak _____
☐ Diğer Belirtiniz: _____

18. Bugüne kadar kullanmış olduğunuz cep telefonlarının görünüm ve menü kullanım şekillerini dikkate aldığınızda, bu faktörlerin farklı toplumların özelliklerine göre değişkenlik gösterebileceğini hiç düşündünüz mü ?

- ☐ Evet
☐ Hayır

19. Şu an kullanmakta olduğunuz cep telefonu için aşağıda **koyu renkle** yazılmış cümlelere hangi derecede katıldığınızı aşağıdaki skalayı dikkate alarak değerlendiriniz. Koyu renkle gösterilmiş cümlelerin daha kolay anlaşılmasını sağlamak için altlarına bazı örnekler konulmuştur. Bu örnekleri tamamen okumanız değerlendirmeyi daha sağlıklı yapabilmeniz açısından tavsiye edilmektedir.

EK-3 (Devam) Mobil telefon kullanıcılarının beklentilerinin analizi için geliştirilen anketi

	Kesinlikle katılmıyorum							Tamamen Katılıyorum
Şu an sahip olduğum cep telefonu bir cep telefonu için gerekli basit, gündelik işlemleri gerçekleştirmede yeterli ☐ Adres defterini kullanmak kolay ☐ Kısa mesaj gönderip almak kolay ☐ Ürünü tek el ile kullanmak kolay ☐ Cevapsız çağrıları kontrol etmek kolay ☐ En son çağrıyı kontrol etmek kolay ☐ Zil tipini ve zil sesi düzeyini değiştirmek kolay	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

20. Biraz sonra ekrana sırayla farklı cep telefonu resimleri gelecektir. Her bir cep telefonu resmini inceledikten sonra resmin yanında gösterilen imaj/görünüm sıfatlarının her biri için cep telefonunu dış görünümü açısından değerlendiriniz.



Kaba ——— Zarif
 1 2 3 4 5 6 7

Not: Örnek olması açısından “kaba-zarif” görünüm sıfatı için skala gösterilmiştir.

EK-4 Mobil telefonlarının görünüm değerlendirme sonuçları

		Değerlendirmede Kullanılan Görünüm Sıfatları										
No	Telefon Modeli	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Siemens C75	4,008	3,492	4,992	4,155	4,547	4,859	4,453	4,961	4,822	4,822	4,695
2	Siemens AX75	3,462	3,144	4,412	4,432	4,427	4,038	3,922	4,788	4,489	4,780	4,114
3	Nokia 7370	5,313	5,031	6,069	3,901	5,176	5,878	5,832	5,408	5,328	5,328	5,446
4	Nokia 6280	4,992	4,583	5,992	3,848	4,864	5,538	5,656	5,130	5,235	5,182	5,450
5	Nokia 6020	4,008	3,515	4,008	4,780	4,336	3,511	3,504	4,621	4,302	4,646	3,824
6	Nokia 6600	5,818	5,545	5,298	4,008	2,780	4,939	5,099	4,902	4,748	5,038	5,417
7	Nokia 2100	3,870	3,886	2,462	5,197	3,553	2,511	2,447	4,045	3,623	3,878	2,769
8	Nokia 2300	5,553	5,371	2,848	4,636	4,362	3,136	4,273	4,114	3,924	3,735	3,432
9	Nokia 6610	3,455	3,160	3,152	5,205	4,053	3,114	2,947	4,470	3,840	4,423	3,288
10	Nokia 3220	5,212	5,083	2,962	4,763	3,053	3,076	3,621	3,545	3,374	3,740	3,553
11	Nokia N70	5,424	5,030	6,162	3,015	3,947	5,780	5,600	5,205	5,068	5,315	5,902
12	Nokia 6230i	3,970	3,561	4,500	4,652	4,405	4,038	3,871	4,733	4,489	4,718	4,191
13	Nokia 6630	6,129	6,008	6,260	3,015	3,242	5,811	5,879	4,969	4,738	5,242	5,818
14	Nokia 8800	4,076	3,687	5,712	4,308	5,205	5,282	5,328	5,114	5,121	5,377	4,879
15	Nokia 7610	6,238	5,809	6,076	3,260	4,229	5,856	6,030	5,136	5,250	5,371	5,856
16	Nokia 6260	5,614	5,227	6,298	3,550	5,481	6,152	6,221	5,664	5,644	5,649	5,879
17	Nokia 2600	4,182	3,871	4,053	4,177	3,970	3,720	3,697	4,557	4,099	4,721	4,137
18	Nokia 6030	3,705	3,750	2,826	5,351	4,432	2,847	3,152	3,985	3,723	3,939	2,831
19	Nokia 6220	4,606	4,023	4,576	4,185	4,557	4,351	4,412	4,826	4,530	4,864	4,477
20	Nokia 6100	4,561	4,227	4,076	4,710	5,122	3,909	4,212	5,045	4,731	5,015	4,154
21	Nokia 6230	4,333	3,894	4,530	4,462	4,603	4,015	4,076	4,841	4,573	4,909	4,303
22	Nokia 7210	5,450	5,083	3,492	3,832	3,860	3,652	4,473	3,685	3,628	3,765	4,061
23	Nokia 1100	3,333	3,667	1,802	5,817	3,485	1,932	1,786	3,674	3,311	3,720	2,280
24	Nokia 5210	4,924	5,121	2,618	5,174	2,985	2,718	3,198	3,803	3,591	4,167	3,106
25	Nokia 7260	6,198	5,954	6,107	2,946	4,695	5,806	6,177	5,085	5,290	5,168	5,733

EK-4 (Devam) Mobil telefonlarının görünüm değerlendirme sonuçları

		Değerlendirmede Kullanılan Görünüm Sıfatları										
No	Telefon Modeli	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26	Nokia 3230	5,159	4,182	5,705	3,295	4,160	5,318	5,405	5,000	4,962	5,344	5,591
27	LG 7200	6,129	5,492	6,629	2,748	5,477	6,417	6,458	5,740	5,740	5,611	6,189
28	LG C3400	4,394	3,856	4,641	4,227	4,878	4,409	4,295	4,763	4,649	4,508	4,481
29	LG 4410	5,955	6,046	5,435	3,122	4,098	5,008	5,374	4,511	4,221	4,303	5,189
30	Motorola V547	3,569	3,235	3,258	5,192	4,273	3,288	3,235	4,455	4,106	4,504	3,568
31	Motorola V360	4,394	3,856	4,641	4,227	4,878	4,409	4,295	4,763	4,649	4,508	4,481
32	Motorola V80	4,915	4,962	4,308	3,786	3,794	4,154	4,240	3,930	3,690	3,756	4,282
33	Motorola C117	2,644	2,569	2,214	4,840	2,629	2,214	2,212	3,144	2,662	2,777	2,740
34	Motorola MPX200	4,679	4,326	5,379	3,705	4,439	4,962	4,856	4,742	4,477	4,554	5,023
35	Motorola C115	3,470	3,598	2,282	4,462	2,311	2,288	2,409	2,788	2,364	2,530	2,603
36	Motorola Razr V3i	5,672	5,450	5,748	3,397	4,962	5,574	5,831	5,131	5,008	5,046	5,465
37	Philips 362	4,885	4,667	5,008	4,062	4,438	4,698	4,646	4,877	4,767	4,638	4,656
38	Philips 650	4,636	4,197	5,273	4,121	4,909	5,023	5,023	4,908	4,765	4,871	4,817
39	Philips 755	6,077	5,805	5,153	3,269	3,178	4,840	5,527	4,038	3,719	3,885	4,878
40	Samsung SGH-X660	4,924	4,626	5,206	3,985	5,046	4,977	4,894	4,915	4,636	4,649	4,700
41	Samsung E760	5,083	4,832	5,618	3,871	5,389	5,432	5,417	5,308	5,197	5,191	5,130
42	Samsung D500	5,592	5,305	5,884	3,748	5,305	5,769	5,870	5,649	5,466	5,592	5,771
43	Samsung E730	4,870	4,667	5,023	4,038	4,718	4,718	4,802	4,840	4,591	4,470	4,656
44	Siemens M75	4,000	3,443	5,131	4,130	4,351	4,923	4,677	5,008	4,695	4,985	4,746
45	Siemens C62	3,886	3,879	3,053	4,258	3,644	3,114	3,091	3,557	3,182	3,412	3,504
46	Siemens AP75	4,046	3,634	5,160	4,124	4,695	4,687	4,545	4,802	4,727	4,901	4,561
47	Siemens C72	4,023	3,763	3,389	4,300	3,542	3,336	3,260	3,947	3,669	3,794	3,723
48	Siemens S75	2,847	2,838	2,446	4,569	2,794	2,412	2,344	3,038	2,659	2,846	2,775
49	Siemens A70	3,419	3,240	3,063	4,721	3,597	2,938	2,883	3,899	3,465	3,625	3,250
50	Siemens SF65	5,523	5,162	6,023	3,715	5,477	5,781	5,915	5,569	5,446	5,377	5,662

EK-4 (Devam) Mobil telefonlarının görünüm değerlendirme sonuçları

		Değerlendirmede Kullanılan Görünüm Sıfatları										
No	Telefon Modeli	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
51	Siemens A75	4,109	3,922	4,124	4,148	3,961	3,984	3,906	4,302	3,984	4,287	4,078
52	Siemens CX75	4,718	4,592	4,504	4,038	3,908	4,122	4,183	4,450	4,395	4,481	4,554
53	Siemens SX1	5,931	5,870	5,824	2,573	3,153	5,473	5,763	4,244	4,267	4,442	5,748
54	Siemens C65	4,344	4,008	3,893	4,237	4,000	3,954	3,931	4,308	4,069	4,223	4,107
55	Siemens CF65	4,832	4,031	5,870	3,527	5,585	5,777	5,731	5,422	5,285	5,389	5,504
56	Siemens CF62	4,862	4,400	4,631	4,254	4,817	4,550	4,672	4,626	4,485	4,615	4,565
57	Siemens CF75	4,931	4,092	5,969	3,618	5,715	5,900	5,815	5,555	5,408	5,511	5,542
58	Siemens SL65	5,254	4,885	5,867	3,662	5,426	5,819	5,792	5,659	5,398	5,408	5,419
59	Siemens S65	4,246	3,785	5,162	4,039	4,869	5,078	5,092	5,208	4,938	5,178	4,838
60	Ericsson K300i	4,634	4,380	4,412	3,802	3,954	4,092	3,771	4,223	3,815	4,233	4,344
61	Ericsson J300i	5,435	5,046	3,777	4,573	4,053	3,725	4,282	4,138	3,580	3,662	3,808
62	Ericsson T610	4,580	4,408	4,285	4,176	4,508	4,162	4,122	4,595	4,431	4,687	4,626
63	Sony Ericsson W800i	5,565	5,508	5,336	3,829	4,344	4,985	5,061	4,838	4,762	4,893	5,155
64	Sony Ericsson W550i	6,267	6,285	5,977	3,710	4,531	5,550	6,031	5,256	5,338	5,153	5,569
65	Ericsson T68i	3,718	3,565	2,878	4,710	3,000	2,977	2,992	3,438	3,054	3,285	3,162
66	Sony Ericsson K750i	5,223	4,646	5,802	3,651	4,718	5,466	5,354	5,206	5,191	5,285	5,511
67	Sony Ericsson K700i	5,542	5,153	5,260	3,500	4,160	4,931	4,992	5,000	4,718	4,800	5,321
68	Ericsson R600	3,168	3,145	2,664	4,786	3,047	2,600	2,392	3,346	3,015	3,279	2,736
69	Sony Ericsson S700i	6,369	6,031	6,308	2,754	4,423	6,023	6,124	5,062	5,031	5,078	5,823
70	Ericsson T630	4,405	4,214	4,068	4,341	4,303	3,855	3,811	4,641	4,265	4,318	4,242
71	Ericsson K500i	4,955	4,621	4,341	3,788	3,652	4,212	4,311	4,038	3,932	4,076	4,435
72	Nokia 7360	5,917	5,386	5,458	3,667	4,702	5,265	5,583	5,023	4,744	4,756	5,182
73	Nokia 6670	5,305	5,061	5,735	3,600	4,182	5,295	5,191	4,802	4,802	5,220	5,432

EK-5 Gri ilişkisel analiz için Matlab kodu

```

clc
girdimatrasi=xlsread('data.xls');
agirlikmatrasi=xlsread('agirlikmatrasi.xls');

[satirsayisi sutunsayisi]=size(girdimatrasi);

kriter=[ ];
referansvektoru=[ ];
yenimatrasi=[ ];
nym=[ ];
uzaklikmatrasi=[ ];
senaryo=[ ];
iliskimatrasi=[ ];

for i=1:sutunsayisi
a=[int2str(i),'.kriter için normallestirme türünü giriniz; max=1 or min=2 or ideal=3 :'];
kriter(i)=input(a);
end

for k=1:sutunsayisi
    b=[int2str(k),'.kriter için ideal degeri giriniz: '];
    if kriter(k)==1
        referansvektoru(1,k)=max(girdimatrasi(:,k));
    end
    if kriter(k)==2
        referansvektoru(1,k)=min(girdimatrasi(:,k));
    end
    if kriter(k)==3
        ideal=input(b);
        referansvektoru(1,k)=ideal;
    end
end

yenimatrasi=[referansvektoru;girdimatrasi];
[satirsayisi sutunsayisi]=size(yenimatrasi);

for i=1:sutunsayisi
    if kriter(i)==1
        for j=1:satirsayisi
            nym(j,i)=(yenimatrasi(j,i)-min(yenimatrasi(:,i)))/(max(yenimatrasi(:,i))-min(yenimatrasi(:,i))));
        end
    end
    if kriter(i)==2
        for j=1:satirsayisi
            nym(j,i)=(max(yenimatrasi(:,i))-yenimatrasi(j,i))/(max(yenimatrasi(:,i))-min(yenimatrasi(:,i))));
        end
    end
end

```

EK-5 (Devam) Gri ilişkisel analiz için Matlab kodu

```

    if kriter(i)==3
        for j=1:satirsayisi
            nym(j,i)=abs(referansvektoru(1,i)-(yenimatrix(j,i)))/(max(yenimatrix(:,i)-
(yenimatrix(j,i))));
        end
    end
end

uzaklikmatrixi=nym(2:end,:);
uzaklikmatrixi=abs(ones(size(uzaklikmatrixi))-uzaklikmatrixi);

delta_max=max(max(uzaklikmatrixi));
delta_min=min(min(uzaklikmatrixi));
epsilon=input('epsilon degerini giriniz: ');

[satirsayisi sutunsayisi]=size(uzaklikmatrixi);

for i=1:sutunsayisi
    for j=1:satirsayisi

        iliskimatrixi(j,i)=(delta_min+epsilon*delta_max)/(uzaklikmatrixi(j,i)+epsilon*delta_max
);
    end
end

[sat sut]=size(iliskimatrixi);
[ssat ssut]=size(agirlikmatrixi);

for j=1:sat
    iliski(j)=iliskimatrixi(j,:)*agirlikmatrixi(:,1);
end

iliski=iliski';

```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKAY, Diyar
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.11.1979 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 231 74 00 - 2844
 Faks : 0 (312) 230 84 34
 E-posta : diyar@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği Bölümü	2003
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği Bölümü	2001
Lise	Alparslan Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
Ekim 2001-	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
Şubat-Temmuz 2003	Pohang University of Science and Technology	Ziyaretçi Araştırmacı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Eraslan, E., Akay, D., Kurt, M., "Usability ranking of intercity bus passenger seats using fuzzy axiomatic design theory", **Lecture Notes in Computer Science**, 4101, 141-148 (2006). (SCI)

2. Akay, D., Demiray A., Kurt, M., "Collaborative tool for solving human factors problems in manufacturing environment: the Theory of Inventive Problem Solving Technique (TRIZ) Method", **International Journal of Production Research**, Basımda (2006). (SCI)
3. Akay, D., Kurt, M., "Otomobil emniyet kemeri kullanılabilirlik testi", **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 21(1): 183-191 (2006). (EI)
4. Eraslan, E. Akay, D., Dinçman, B., "Elektronik cihazların kullanılabilirliğinin TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi", **XXVI. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi**, Kocaeli Üniversitesi, 635-638 (2006).
5. Çetinyokuş, T., Akay, D., Gökçen H., "Gri ilişkisel analiz kullanarak trafik kaza bilgi sistemi verileri üzerinde bir veri madenciliği uygulaması", **XXVI. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi**, Kocaeli Üniversitesi, 603 (2006).
6. Eraslan, E., Akay, D., Aydoğmuş, Ç., "Usable menu design using hierarchical clustering analysis: A case study on designing bank internet websites", **The 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering**, İstanbul, Cilt 1, 611-616 (2005).
7. Duru, H. A., Ermiş, A., Akay, D., Kurt, M., "Bilgisayar sektöründe öznel bir yöntemle zihinsel iş yükünün analizi", **Teknoloji Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi**, 8(2):173-180 (2005).
8. Hamzaçebi, C., Akay, D., "Artificial neural network and logistic regression approaches for forecasting Turkish basketball league match results", **IMS 2004-The 4th International Symposium On Intelligent Manufacturing Systems**, Sakarya, 253-263 (2004).
9. Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M., "Çalışma duruşlarının ergonomik analizi", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 18(3): 73-84 (2003). (EI)
10. Akay, D., Çetinyokuş, T., Dağdeviren, M., "Portföy seçimi problemi için KDS/GA yaklaşımı", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 17(4): 125-138 (2002). (EI)
11. Akay, D., Kurt, M., Dizdar, E.N., "Çalışma duruşlarının ergonomik analizi", **XXIII. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi**, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul (2002).