

**ELEKTRONİK ÜRÜNLERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatih GAVGACI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2006
ANKARA**

Fatih GAVGACI tarafından hazırlanan ELEKTRONİK ÜRÜNLERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa KURT
Tez Yöneticisi

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

Başkan: : Prof. Dr. Mustafa KURT

Üye : Doç. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

Üye : Doç. Dr. Adnan SÖZEN

Tarih : 01/11/2006

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.

Fatih GAVGACI

**ELEKTRONİK ÜRÜNLERİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Fatih GAVGACI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kasım 2006**

ÖZET

Her geçen gün ağırlaşan rekabet koşulları firmalar için müşteri odaklı üretim yapmayı zorunlu kılmıştır. Üretim yapan firmalar, ürettikleri ürünlerin iyi çalışmasını, tüketici ihtiyaçlarını karşılamasını, kolay kullanıma sahip olmasını kısaca kullanılabilir olmasını sağlamak durumundadırlar.

Bu tez çalışmanın amacı kullanılabilirlik kavramını açıklayarak elektronik ürünlerin kullanılabilirliklerinin çok amaçlı karar verme yöntemiyle değerlendirilmesi konusunda literatüre katkıda bulunmaktır.

Çalışma kapsamında kullanılabilirlik kavramı ve çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisi olan bulanık TOPSIS yöntemi detaylı olarak incelenmiş ve uygulanma bölümünde son zamanlarda kullanımı hızla yaygınlaşan ve piyasada çok farklı şekil ve özelliklerde karşımıza çıkan mp3 çalarlardan seçilen bir grup kullanılabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme yöntemi olarak çalışma kapsamında incelenen bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan uygulama sonucunda odak grup çalışması neticesinde belirlenmiş olan kriterlere göre alternatif mp3 çalarlar değerlendirilmiş ve gerek tasarım, gerek

kullanım kolaylığı gerekse teknik özellikler bakımından kullanıcı beklentilerini en iyi şekilde karşılayan mp3 çalar, kullanılabilirlik bakımından alternatifler arasında en iyi ürün olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın sonucunda bundan sonraki dönemlerde kullanıcı beklenti ve görüşlerini dikkate almayan ve tasarımlarında kullanıcı merkezli tasarım gerçekleştirmeyen firmaların pazarda diğer firmalarla rekabet etme şanslarının çok düşük olacağı hususu vurgulanmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.309
Anahtar Kelimeler : Kullanılabilirlik, Bulanıklık, TOPSIS
Sayfa Adedi : 69
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Mustafa KURT

**EVALUATING THE USABILITY OF ELECTRONIC PRODUCTS
BY MULTI – CRITERIA DECISION MAKING
METHOD
(M.Sc.Thesis)**

Fatih GAVGACI

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

ABSTRACT

Fierce competitive environment force companies to produce customer oriented products. Manufacturers should ensure their products to function thoroughly, meet the customer needs and be utilised easily, in short they should ensure their products be usable.

Main goal in this study is to contribute to the literature on evaluating the usability of electronic products by multi - criteria decision making method while explaining the usability concept.

The usability concept and the fuzzy TOPSIS method, which is one of the multi - criteria decision making method, have been thoroughly reviewed within scope of this study, and in the application part, a group of rapidly widespread mp3 players where you can see in the market in different shape and features, have been analysed from the usability point of view. The method for analysis is the fuzzy TOPSIS method, which also has been observed within scope of this study.

As a result of the application, alternative mp3 players have been evaluated according to the criteria determined as a result of focus group study and one of the mp3 players that meets customer needs better than the others in a point of

design, ease of use and technical specifications is determined as a best product among alternatives in a point of usability. Besides, at the result of the study, it is emphasized that manufacturers which do not consider customer needs and do not make their designs as user-centered design have almost no chance to compete anymore.

Science Code : 906.1.309
Key Words : Usability, Fuzzy, TOPSIS
Page Number : 69
Adviser : Prof. Dr. Mustafa KURT

TEŞEKKÜR

Geçmişte çok fazla çalışmanın yapılmadığı bir alanda ortaya koyduğum bu tez çalışmasının literatüre küçük de olsa bir katkı sağlamış olmasını umut ediyorum.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde beni bu konuda çalışmaya yönlendiren ve çalışmamın her safhasında yakın ilgisini ve desteğini gördüğüm değerli danışman hocam Prof. Dr. Mustafa KURT' a çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, araştırmamın şekillenmesinde bilgi ve düşünceleri ile önemli katkılar sağlayan Arş. Gör. Diyar AKAY' a, çalışmamın uygulama aşamasında çalışmalarına katılarak görüş ve fikirleriyle bana destek olan Türk Telekomünikasyon A.Ş. Uluslararası İlişkiler Dairesi çalışanlarına ve çalışmalarım boyunca bana gösterdikleri anlayış ve destek için aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. KULLANILABİLİRLİK	3
2.1. Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı	4
2.1.1. Duyusal – imaj ve izlenim beklentileri	5
2.1.2. Performans - fiziksel ve zihinsel beklentiler	6
2.2. Kullanılabilirlik Kavramının Ortaya Çıkışı ve Gelişimi	8
2.3. Kullanılabilirlik Ölçütleri.....	11
2.4. Ürün Kullanılabilirliği ile İlgili Çalışmalar.....	13
2.4.1 Kansei mühendisliği.....	14
2.4.2. Kullanılabilirlikle ilgili diğer çalışmalar	16
3. BULANIK TOPSIS	30
3.1. Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler.....	30
3.2. TOPSIS Yöntemi Hesaplama Adımları	31
3.2.1. Bulanık sayılar	34

Sayfa

3.3. Bulanık TOPSIS Uygulama Örneği	38
4. UYGULAMA	44
4.1. Uygulama Kapsamı	44
4.1.1 Mp3 çalar nedir?	44
4.2. Odak Grup Çalışması	45
4.2.1. Belirlenen kriterlerin açıklamaları	46
4.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi ile En İyi Alternatifin Seçimi	46
5. SONUÇ	56
KAYNAKLAR	57
EKLER.....	61
EK-1 Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri	62
ÖZGEÇMİŞ	69

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Özellik tiplerinin tanımlamaları.....	20
Çizelge 2.2. İnsan ara yüzü unsurlarının örnek anahtar kelimeleri.....	21
Çizelge 2.3. “Zarafeti” değerlendirmek için görsel skala.....	22
Çizelge 3.1. Sistem analiz mühendisi kriterleri	38
Çizelge 3.2. Kriter ağırlıkları	39
Çizelge 3.3. Alternatif mühendisler için dilsel değişkenler	39
Çizelge 3.4. Karar vericilere göre kriterlerin önem ağırlıkları.....	39
Çizelge 3.5. Karar vericilere göre alternatiflerin kriterler için önem ağırlıklar	40
Çizelge 3.6. Bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıkları.....	41
Çizelge 3.7. Bulanık normalize edilmiş karar matrisi.....	42
Çizelge 3.8. Ağırlaklandırılmış normalize karar matrisi.....	42
Çizelge 3.9. Her alternatifin ideal sonuçlara uzaklığı.....	43
Çizelge 4.1. Mp3 çalar kriterleri	46
Çizelge 4.2. Kriter ağırlıkları	47
Çizelge 4.3. Alternatif mp3 çalarlar için dilsel değişkenler.....	47
Çizelge 4.4. Karar vericilere göre kriterlerin dilsel ağırlıklarının belirlenmesi	47
Çizelge 4.5. Karar vericilere göre kriterlerin ortalama bulanık ağırlık dereceleri.....	48
Çizelge 4.6. Karar vericilere göre her bir alternatif için kriterlerin ağırlıklarının dilsel olarak belirlenmesi	48
Çizelge 4.7. Bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıkları.....	49

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.8. Bulanık normalize edilmiş karar matrisi.....	51
Çizelge 4.9. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	52
Çizelge 4.10. Her alternatifin ideal sonuçlara olan uzaklığı	54

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kullanıcı merkezli tasarım: Ergonomik sistem, ürün, kullanıcı, görev ve bunların arasındaki etkileşim	4
Şekil 2.2. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı	6
Şekil 2.3. Beklentiler arasındaki ilişki	7
Şekil 2.4. Kullanılabilirlik kavramının üç temel niteliği	9
Şekil 2.5. Üç temel niteliği etkileyen üç faktör.....	10
Şekil 2.6. Geliştirilmiş kullanılabilirlik modeli	10
Şekil 2.7. Kavramsal ilişki modeli.....	13
Şekil 2.8. Kullanılabilirlik boyutları ve insan ara yüzü unsurları arasındaki ilişkinin kavramsal şekli	17
Şekil 2.9. Kullanılabilirlik boyutları	18
Şekil 2.10. Bir ürünün imaj/izleniminin aktarılması.....	19
Şekil 2.11. Elektronik tüketim malları insan ara yüzünün belirli unsurlara ayrıştırılması çerçevesi.....	19
Şekil 2.12. Kullanılabilirlik değerlendirme çerçevesi.....	23
Şekil 3.1. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları	31
Şekil 3.2. Dilsel etiketlerin bulanık küme olarak gösterilmeleri.....	34
Şekil 3.3. Üçgen bulanık sayı.....	35
Şekil 4.1. Uygulama bölümünde izlenecek adımlar.....	44

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. a) NC tezgahı b) Tilt makinesi	8
Resim 2.2. Büyük saç kurutma makinası küçük olana göre daha kuvvetli gözükmekte (Her ikisinde 1875 watts)	27
Resim 2.3. Kullanımı kolay telefon ve karmaşık telefon.....	28
Resim 2.4. Farklı el mikserleri.....	28
Resim 4.1. Alternatif ürünler arasında kullanılabilirlik bakımından en iyi ürün	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklama
KM	Kansei Mühendisliği
SD	Semantik Diferansiyel
AÇT	Anlamsal Çerçeve Tanımlaması
BPİS	Bulanık Pozitif İdeal Sonuç
BNİS	Bulanık Negatif İdeal Sonuç

1. GİRİŞ

Globalleşen dünya ve ağır rekabet koşulları müşteri odaklı üretim yapmayı zorunlu hale getirmiştir. 1970'lerdeki her üretileni satın alan, kişisel tercihlerini arka plana iten müşteri profili gitmiş ve yerine ne istediğini bilen ve seçme özgürlüğünü kullanabilen, fonksiyonel tasarım ve fiyat açısından duygu ve ihtiyaçlarını tatmin eden ürünleri seçen müşteri profili gelmiştir. Tüm bu gelişmeler sonunda artık firmalar için teknik mükemmelliğe sahip ürünleri pazara sürmek yeterli olmamaya başlamıştır. Ürünlerin kolay kullanımı, çalışma şartları, aktiviteleri ve tüketiciyi çevreleyen şartlara uyumluluğu bir zorunluluk haline gelmiştir [1]. Tüketiciler ürünleri satın aldıklarında, ürünün iyi çalışmasını, ihtiyaçlarını karşılamasını, kolay kullanıma sahip olmasını kısaca kullanılabilir olmasını beklemektedirler. Bununla birlikte, yaygın olarak kullanılmakta olan pek çok ürünün kullanımının karmaşık ve zor olması firmaların müşteri kaybetmesine yol açmaktadır [2].

Bir ürünün kullanılabilirliği; ürünün fonksiyonel olması, fiyatı ve satış sonrası servis kalitesi gibi kullanıcının ürünü alırken hesaba kattığı en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Kullanımı karmaşık ve zor olan ürünler ürettikleri taktirde müşteri kaybedecek olmaları, şirketleri kullanılabilir ürünler üretmeyi bir şirket felsefesi olarak görmeye zorlamıştır.

Son yıllarda üreticiler için kullanılabilirliğin öneminin artması şu örneklerle açıklanabilir. Bilgisayarların ilk çıktığı yıllarda bilgisayar kullanıcı kitlesi bu teknoloji konusunda bilgili ve tecrübeli tüketicilerdi ve kullanıcılar ürün kullanımı konusunda karşılaştıkları sorunların üstesinden gelebilecek nitelikteydiler. Ancak, günümüzde bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ve ucuzlaması bu tip elektronik ürünleri kullanacak tüketici sayısını arttırmıştır. Dolayısıyla bugün bir bilgisayarı 5 yaşındaki bir çocuktan, 85 yaşındaki bir kişiye kadar herkes kullanabilmektedir. Kullanıcı profiline genişlemesi, ürünleri kullanıcıların beklentilerini yansıtacak, işlemleri kolay ve rahat yapacak şekilde tasarlama ihtiyacını doğurmuştur.

Bu konuda ikinci bir örnek elektronik tüketim malları için verilebilir. Çoğu kullanıcı elektronik cihazları tüm özellikleriyle kullanma konusunda zayıftır. Sık kullanan biri dahi el kitabına başvurmadan ürünün her fonksiyonunu kullanamamakta, hatta bazı fonksiyonlar ürünün ömrünün sonuna kadar hiç kullanılmamaktadır. Bunun nedeni üründe çok fazla fonksiyon olmasıdır. Bazı kullanıcılar bu fonksiyonların mevcut olduğunu dahi fark edememektedir.

Hangi ürün özelliklerinin müşteri için anlamlı olduğunu anlamak ve müşteriden gelen geri beslemeleri de ürünün tasarım ve gelişim sürecine yansıtmak önemli bir konudur. Bu sebeple tasarımcılar ürünleri tasarlarlarken, kullanılabilirliğin hayati yönlerini ve bunların müşteride uyandırdığı memnuniyeti ve hazzı üzerindeki etkileri dikkatlice değerlendirmek zorunda kalmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında ürün kullanılabilirliği konusu üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda öncelikli olarak kullanılabilirlik kavramı incelenmiş ve ürün kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan ve çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisi olan Bulanık TOPSIS yöntemi detaylı olarak açıklanmıştır.

Tez çalışması hazırlığı kapsamında konuyla ilgili çok geniş bir literatür taraması yapılmış ve kullanılabilirlik ve ilgili konularda hazırlanan bir çok makale ve çalışma incelenmiştir. Kullanılabilirlik konusunda önceki yıllarda yapılan çalışma ve uygulamalara da tez içerisinde yer verilmiştir.

Tez çalışmasının son bölümünde ise, son yıllarda tüketiciler arasında kullanımı hızla artan ve çok çeşitli şekillerde kullanıcıların beğenisine sunulan mp3 çalarlardan 13 farklı model alınmış ve bu modeller odak grup çalışması yapılarak ürün kullanılabilirliği açısından değerlendirilmiştir. Alternatifler arasında değerlendirme yapılırken çalışma kapsamında incelenen bulanık TOPSIS yöntemi ile alternatifler ayrı ayrı değerlendirilmiş ve en iyi alternatif tespit edilmiştir.

2. KULLANILABİLİRLİK

Kullanılabilirlik, insan-bilgisayar etkileşimi alanında iyi bilinen ve iyi tanımlanmış bir kavramdır. Bu kavram yazılım kullanıcı ara yüzlerinin kullanılabilirliğinin geliştirilebilmesi için uygulanmaktadır [3]. Pek çok şirket günümüzde bu kavramı insan-bilgisayar etkileşimi alanından ödünç alarak kendi tüketici ürünlerinin kullanılabilirliğini geliştirmek için uygulamaktadır [4]. Şirketler kullanılabilir ürünler üretmeyi bir şirket felsefesi olarak görmektedirler [5]. Bir ürünün kullanılabilirliği; ürünün fonksiyonel olması, fiyatı, satıştan sonraki servis kalitesi vb. faktörler gibi kullanıcının ürünü alırken hesaba kattığı en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir [6]. Örneğin, bir yazılım ürününün satın alınmasında en önemli ikinci faktör, kullanılabilirlik olarak ortaya çıkmıştır. Araba almak isteyen bir kişi, denemek için bir arabayı incelediğinde dikkatini çeken ilk unsur estetikdir, fakat arabanın içine girdiği zaman göstergelerin karmaşık ve anlamasının zor olması tüketiciyi bu arabayı almaktan caydırabilmektedir.

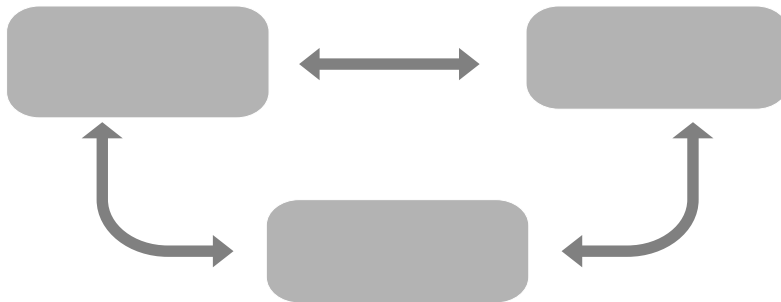
Üretim teknikleri ve proseslerinin artık teknolojik açıdan en üst seviyeye ulaştığı düşünülürse üretim maliyeti ve kalite konusunda ki iyileştirmelerin ürüne katkısı marjinal olacaktır. Kullanıcı dostu veya ergonomik tasarlanmış ürünleri pazara sürmek, teknik ve fonksiyonel özellikleri bakımından birbirine benzer ürünlerin üretilmeye başlandığı pazarda tüketicilerin ürünleri satın almasında bir öncelik konumunda olacaktır. Üreticilerin reklamlarında veya ürün üzerinde kullanıcı dostu, ergonomik tasarım gibi imaj kelimelerini daha sık kullanması kullanılabilirliğinin üreticiler içinde önemli olduğunu göstermektedir [7].

Ürünün kullanılabilirliği, yüksek müşteri tatmini ve gelecekteki satışlar için çok değerli bir ön koşuldur. Bu bağlamda, son yıllardaki eşzamanlı mühendislik kavramı ve kalite fonksiyon yayılımı gibi yaklaşımların ürün tasarımında müşteri odaklı olması şaşırtıcı değildir [8]. Hangi ürün özelliklerinin müşteri için anlamlı olduğunu anlamayı ve müşteriden gelen geri beslemeleri de ürünün tasarım ve gelişim sürecine yansıtmak önemli bir konudur [9]. Tasarımcılar ürünleri tasarlarken, kullanılabilirliğin hayati yönlerini ve bunların müşteride uyandırdığı memnuniyet ve

haz etkilerini dikkatlice değerlendirmek zorundadırlar. Bununla birlikte tasarım süreci içinde yer alan kişilerin çabalarına rağmen, tasarım süreci sıklıkla tüketicilerin beklentilerini karşılayamayan ürünleri ortaya çıkarmaktadır. Tasarımcıların varsayımları, nihai ürün ve ürünün kullanıcı ile etkileştiğinde nasıl bir performans sergileyeceği hakkındaki tahminlerine dayanır [10]. Bununla birlikte, tasarımcının ürünün kullanımı ve performansı hakkında yaptığı tahminler her zaman kullanıcının beklentisini ve ürünün gerçek kullanımını karşılamaz. Tasarımcının tahminleri ve ürünün gerçek kullanımı arasındaki bu türden uyumsuzluklar kullanıcının memnuniyetsizliğine ve ürün hakkında hayal kırıklığına yol açmaktadır.

2.1. Kullanıcı Merkezli Ürün Tasarımı

Ergonomi insan-makine sistemleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek yapılan işin, kullanılan ürün veya ekipmanın insana uygun hale getirilmesiyle uğraşır [11]. Pheasant, ergonominin amacını ürün, kullanıcı ve ürün kullanımı sırasında yapılan işler arasındaki etkileşimin en iyi şekilde tanımlanması olarak belirtmiştir (Şekil 2.1) [12].



Şekil 2.1. Kullanıcı merkezli tasarım: Ergonomik sistem, ürün, kullanıcı, görev ve bunların arasındaki etkileşim [12].

Kullanıcı merkezli ürün geliştirme, ürün geliştirmeye bir insan unsurları/ergonomi mühendisliği yaklaşımıdır. Bu yaklaşım aşağıdakilerle açıklanabilir:

- Kullanıcı/kullanım gereksinimlerinin analizi
- Kullanıcı gereksinimlerinin ölçülebilir mühendislik gereksinimlerine dönüşümü

- Prototiplerin kullanıcılar tarafından test edildiği ve mühendisler tarafından daha kullanışlı hale getirildiği bir dizayn

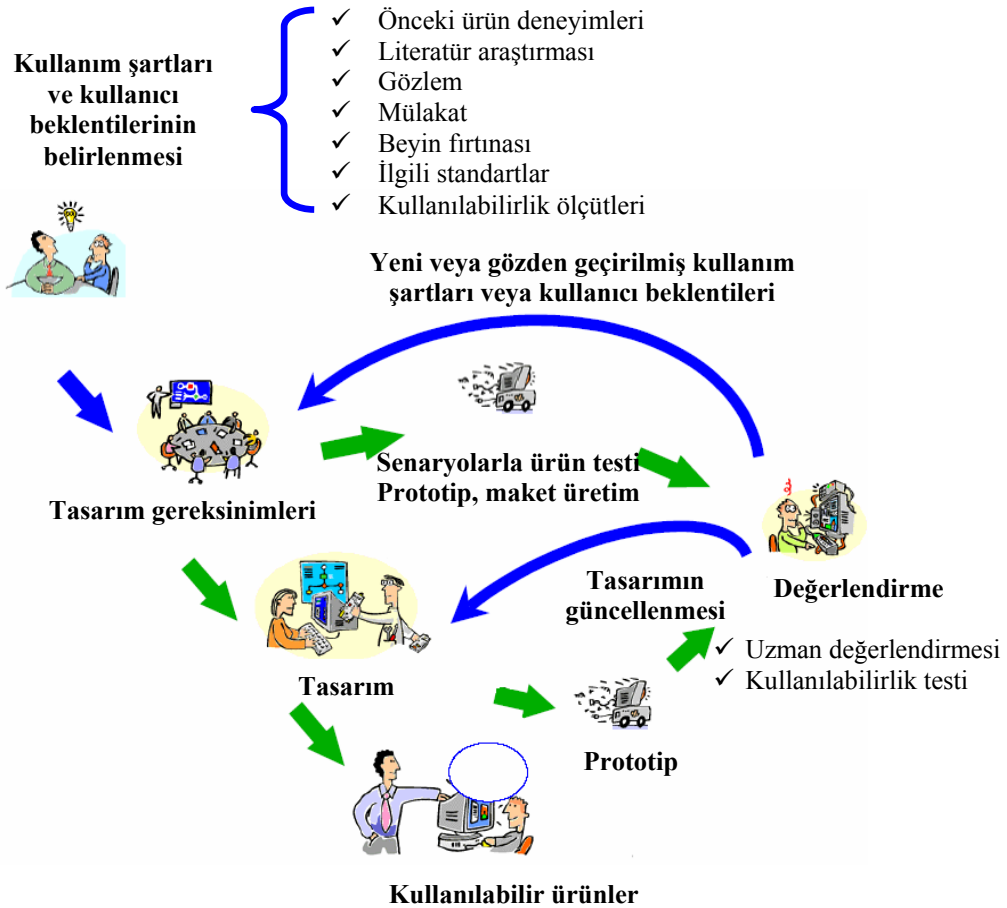
Kullanıcı merkezli tasarım iteratif bir tasarım sürecini içermekte olup kullanıcı bu tasarım sürecinin birçok aşamasında yer almaktadır (Şekil 2.2) [13]. Kullanıcı, tasarım sürecine, kullanıcı görüşlerinin ve isteklerinin ürün tasarım özelliklerine yansıtılması ve prototip ürünlerin değerlendirilmesi gibi aşamalarda katılmaktadır. Kullanıcı merkezli tasarım, kullanıcı katılımı ve kullanıcı geribildirimlerine dayalı bir süreçtir [14]. Kullanıcı katılımı tasarımın erken aşamalarında önemli iken, kullanıcı geri bildirimi ürün piyasaya sürüldükten sonra önem kazanmaktadır. Kullanıcı merkezli tasarım kullanıcının da ürün tasarım süreci içerisinde yer almasını öngörmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanıcıların ürünle olan etkileşim düzeyi de artırmaktadır. Bu nedenle kullanıcıları tasarım sürecine sokma, bu etkileşimin belirlenmesi için gerekli bir unsurdur [15]. Lannig, kullanıcı merkezli ürün tasarımında kullanıcının rolünü 3 farklı kategoriye koymaktadır [16]. 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 tasarımı için araştırılan kriterler, Ergonomi/İnsan faktörleri literatüründe iki farklı grup altında toplanmıştır. Bunlar; kullanıcının ürün ile ilgili duyuşal ve performans beklentileridir.

2.1.1. Duyusal – imaj ve izlenim beklentileri

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 duyuşal izlenim ya da imaj içeren daha geniş bir kavramdır.



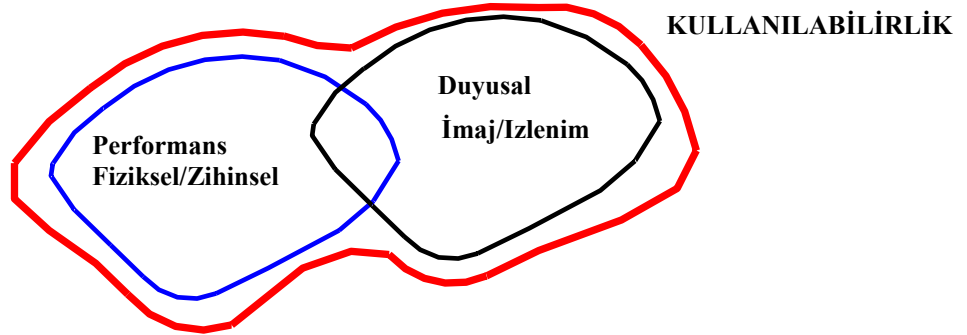
Şekil 2.2. Kullanıcı merkezli ürün tasarımı [13]

Örneğin, bir arabayı inceleyen bir kişide modern ya da klasik gibi izlenimler doğar. Duyusal beklentiler sıralama, puanlama, anket, görüşme, kontrol listeleri gibi yöntemlerle belirlenebilir. Günümüzde duyuşal beklentiler en az fiziksel ve zihinsel beklentiler kadar önemlidir. Bu gibi durumlarda ürün kullanılabilirliğinin belirlenmesinde bu iki beklentinin iç içe olduğu görülmektedir (Şekil 2.3) [17].

2.1.2. 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, 20 yıl önce hidrolik direksiyon olmadığı için araba kullanmak sürücüyü fiziksel olarak yormaktaydı. Tasarımcılar bu durumu göz önünde bulundurarak hidrolik direksiyonu ürettiler. 15 yıl öncesine kadar bilgisayarlarda DOS işletim sistemi kullanılmaktaydı. Fakat DOS'ta istenilen işlemlerin yazılı komutlarla yapılması, kullanıcılara pek çok komutu ezberinde bulundurma zorunluluğu gerektirmiş, bu da DOS'u zihinsel olarak kullanımını zor kılmıştır. Tasarımcılar, bu zorlukları dikkate alarak WINDOWS, LINUX gibi kullanımı kişide oldukça az zihinsel çaba gerektiren işletim sistemleri üretmişlerdir. Performansa bağlı beklentilerin karşılanıp karşılanmadığı objektif verilerin toplanmasıyla ölçülebilir. Örneğin, cep telefonu rehberine yeni bir isim ekleme işlemini tamamlama süresi zihinsel iş yükünün ölçümü ile ilgili bir gösterge olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.3. Beklentiler arasındaki ilişki

Duyusal veya performans beklentilerinin hangisinin ön plana çıktığı kullanılan ürüne, kullanım ortamına, kullanıcı profiline (yaş, cinsiyet, milliyet, eğitim düzeyi) göre belirlenir. Örneğin, Resim 2.1'deki NC tezgahında çalışan bir operatör için etkililik, etkinlik, güvenlik gibi performans kriterleri ön plana çıkarken, bir tilt oyunu makinesi için tatmin, memnuniyet, ürüne duyulan his gibi beklentiler ön plandadır (Şekil 2.4).



(a)



(b)

Resim 2.1. a) NC tezgahı b) Tilt makinesi

2.2. Kullanılabilirlik Kavramının Ortaya Çıkışı ve Gelişimi

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, 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 en geniş anlamıyla, ürünün kullanıcıların bütün ihtiyaçlarını karşılayacak kadar iyi olup olmadığı sorusu olarak tanımlanabilen sistem kabul edilebilirliğinin küçük bir parçasıdır. 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 kullanıcılar kullanımının daha kolay olması ve daha çok hoşlarına gitmesinden ötürü fareyi kullanmayı tercih etmektedirler [18]. Literatürde ürün kullanılabilirliği, kullanılabilirlik mühendisliği veya kullanılabilirlik testi gibi farklı isimlerle de adlandırılmaktadır.

Kullanılabilirlik testi genel anlamıyla ürün kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyen tasarım unsurlarının veya ürün fonksiyonlarının neler olduğunu belirlemek için önceden hazırlanmış senaryolar (ürünle ilgili görevlerin yerine getirilmesi) kullanarak ürün kullanılabilirliğini önceden belirlenmiş kriter bazında ölçülmesine

dayalı deneylerdir. Ürün tipi, kullanım alanı, kullanıcı tipi ve ürün tasarım aşamasına göre farklı kullanılabilirlik testleri (beyin fırtınası, grup çalışması, senaryo tekniği, anket, sezgisel veya uzman görüşlerinden faydalanma, kritik olay yöntem, zihinsel iş yükünün ölçümü, tasarım standartlarıyla karşılaştırma, ürün değerlendirmesi vs.) kullanılabilir [19].

Kullanılabilirliğin çeşitli tanımlamaları yapılmıştır. Ancak kesin ve homojen bir tanıfı yapılamamıştır. Bunun sebebinin de uygulama alanlarının çok geniş bir yelpazeyi kapsaması olarak düşünülebilir. Başlıca kullanılabilirlik tanımları şöyledir;

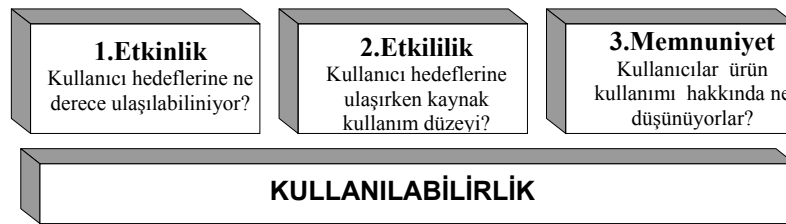
Kullanılabilirlik, kullanıcının ürünü kullanımı ile sonuçlanan başarımlarının nasıl olduğu ile ilgilidir [20].

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) kullanılabilirliğı 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.”

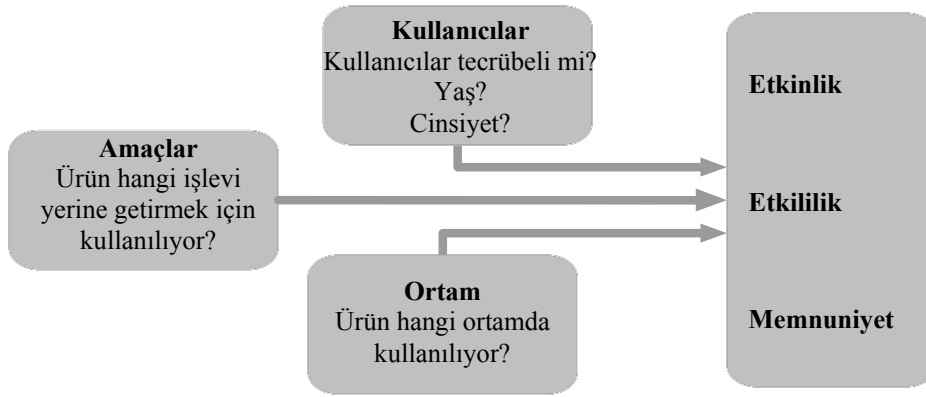
Bu tanım incelendiğinde karşımıza üç temel nitelik çıkmaktadır [21]. Bu nitelikler Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

Bununla beraber bu üç niteliğı etkileyen üç faktör göze çarpmaktadır. Bu faktörler Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Kullanılabilirlik kavramının üç temel niteliğı

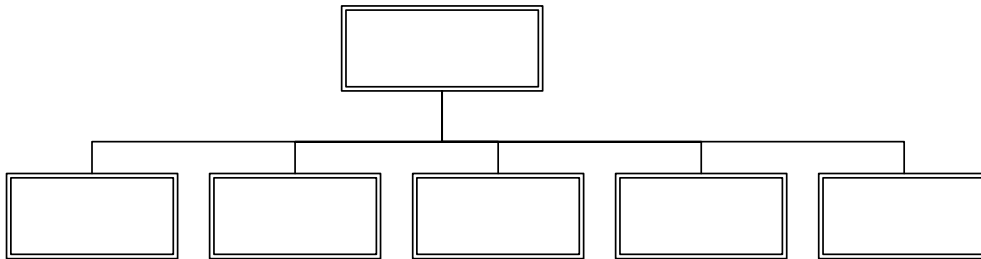
Bazı araştırmacılar bu niteliklere eklenebilecek çeşitli özellikler öne sürmüşlerdir. Örneğin, kullanılabilirlik üzerine çalışmalarıyla tanınan Nielsen, öğrenilebilirlik niteliğinin de kullanılabilirlik içerisinde yer alması gerektiğini ileri sürmüştür [22].



Şekil 2.5. Üç temel niteliği etkileyen üç faktör

Abran ve ark., “öğrenilebilirlik” niteliği ile birlikte “güvenlik” niteliğinin de kullanılabilirlik kapsamında olduğunu geliştirilmiş bir kullanılabilirlik modeli ile öne sürmüşlerdir [23]. Bu model Şekil 2.6’da gösterilmiştir.

Kullanılabilirlik artık interaktif sistemlerin ve tüketici ürünlerinin başarısı için vazgeçilmez bir unsur olarak görülmektedir. Kötü tasarlanmış ürünler, hem kullanıcının ürünü üreten işletmeye karşı görüşlerini etkilemekte hem de firmanın kötü tasarlanmış ürün için sonradan ek maliyetlere katlanmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.6 Geliştirilmiş kullanılabilirlik modeli

Kullanılabilir ürünlerin tasarlanması ve pazara sunulmasının faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir [19].

- *Artan verimlilik:* Kullanılabilirlik prensipleri dikkate alınarak üretilecek ürünler, kullanıcıların ürünü daha kolay ve daha etkin bir şekilde kullanmalarını sağlayacaktır. Kullanılabilir bir ürün kullanıcısını ürün özellikleri üzerine değil yapılması gereken görev, işlem üzerine odaklanmasını sağlar.
- *Azalan hatalar:* İnsan hatalarının çoğu iyi tasarlanmamış ara yüzlerden kaynaklanmaktadır.
- *Azalan eğitim ve destek hizmetleri:* Kullanıcıların ürün kullanım sırasında karşılaşacağı zorlukların önüne geçilmesi müşteri destek hizmetleri için veya kullanıcıların eğitimi için gerekli kaynak miktarının azalmasını sağlayacaktır.
- *Artan kabul edilebilirlik/memnuniyet:* Kullanılabilir ürünler kullanıcıların o ürünü kabullenme ve sürekli kullanma isteklerini artıracaktır.
- *Artan firma ünü:* Müşterilerin kullanılabilir ürünleri tercih etmesi, kullanılabilir ürünler üreten işletmelerin satışlarını artıracığı gibi, müşteri potansiyelinin ve firma ününün artmasına katkı sağlayacaktır. Pazar araştırmaları bir üründen memnun kalan müşterilerin ürün yaşam çevrimi süresince dolaylı veya dolaysız yoldan ortalama beş müşteriyi de kendi kullandıkları ürünü kullanmaya yönelttiği sonucuna işaret etmektedir.

2.3. Kullanılabilirlik Ölçütleri

Bir ürünün kullanılabilir olup olmadığını belirleyebilmek için bazı ölçütlere ihtiyaç duyulacaktır. Kullanıcı bu ölçütlere göre ürünü değerlendirecek ve o ürünün kullanılabilir olup olmadığına karar verecektir. Bu karar da, ürünün satın alınıp alınmamasında etkili olacaktır.

Literatürde kullanılabilirliğin ölçütleri niteliklerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır [7]:

Etkinlik

► *Görevi tamamlama:* Ürünün belirlenen amacı gerçekleştirmesi. Örneğin, bir telefonda mesaj gönderme işleminin başarıyla tamamlanıp tamamlanması.

► *Çıktıların kalitesi:* Bazı ürünler\sistemler görevlerini gerçekleştirirken çıktı veya ürün elde edilir. Bu çıktılar çeşitli kalitelerde olabilir. Çıktıların\ürünlerin önceden belirlenen kalitede olup olmamaları da ölçüt olarak kabul edilebilir.

Etkililik

► *Talimatlara duyulan ihtiyaç:* Ürünün kullanılabilirliğinin iyi seviyede olabilmesi için talimatlara olan gereksinim minimum olmalıdır. Örneğin, bir bilgisayar programını öğrendikten sonra yardım menüsünü kullanmama.

► *Hata oranı:* En çok kullanılan ölçütlerden biridir. Kullanıcı görevini yerine getirirken ne kadar az hata yaparsa o kadar az efor sarf eder. Bu da o ürünün etkililiğini yani kullanılabilirliğini artırır. Örneğin, telefonda mesaj yazarken “a” harfine basınca ekranda “b” harfini yazması.

► *Görevi tamamlama süresi:* Kullanıcı ürünü kullanırken amacını ne kadar kısa sürede gerçekleştiriyorsa ürün o derece verimlidir.

► *Zihinsel iş yükü:* Ürün kullanılırken oluşturduğu zihinsel iş yükü fazla ise hata yapma riski de artacaktır. Bu da kullanılabilirliği olumsuz yönde etkileyecektir.

Memnuniyet/Tatmin

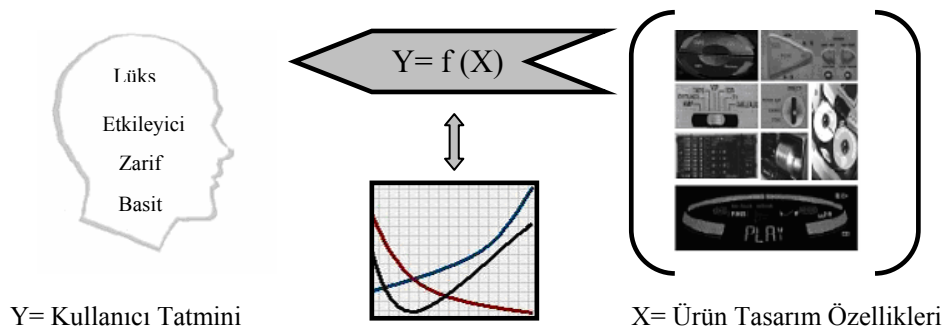
► *Kalitatif görüş:* Kullanıcıların üründen memnun olup olmadıkları çeşitli anketlerle veya görüşleri alınarak belirlenebilir. Bu araştırmalardan elde edilecek bilgiler kullanılabilirliğin ölçütleri olarak kullanılabilir. Örneğin, sürücülerin arabaların iç dizaynı ile ilgili görüşleri.

► *Kantitatif görüş*: Sayısal oranlarla standardize edilmiş anketler kullanılarak kullanıcı memnuniyeti hakkında sayısal veriler elde edilebilir.

2.4. Ürün Kullanılabilirliği ile İlgili Çalışmalar

Ürün tasarım sürecinde kullanıcı tatminini sistematik olarak ele almak bütünlük özelliklerinin tamamen incelenmesini gerektirmektedir. İlk olarak, bir ürün için kullanıcı tatmininin çok boyutlu olduğu anlaşılmalıdır. Bir ürün lüks, çekici veya normal olarak algılanabilir. Bu kullanıcı tatmininin, kullanıcı tatmin boyutları olarak adlandırılan, daha detaylı kavramlara ayrılmasını ima etmektedir. Bu boyutlar üründen ürüne değişmektedir. Örneğin, ses ürünleri (vcd, müzik seti) için tatmin boyutları otomobilinkinden farklıdır. Bu nedenle kullanıcı tatminini anlamak için ürün ailesini açıkça tanımlamak gerekmektedir.

Kullanıcı tatmini büyük oranda ürün tasarımına dayanmaktadır. Eğer bir müşteri ürün için “lüks gibi duruyor” imajına sahipse, arkasından doğal olarak “onu lüks yapan nedir?” sorusu akla gelecektir. Buna cevap verebilmek için, kullanıcı tatmini ile ürün tasarımı arasındaki ilişki açıklanmalıdır ve bu çok boyutlu ve doğrusal olmayan bir ilişkidir (Şekil 2.7) [24].



Şekil 2.7. Kavramsal ilişki modeli [24]

Öznel tatmin (memnuniyet), orijinal kullanılabilirlik anlayışının bir parçası olmasına rağmen, kullanılabilirlik çalışmalarının çoğu, kullanıcı tarafından yerine getirilen görevlerin doğruluk (etkinlik kriteri) ve hızı (etkililik kriteri) gibi nesnel

performansla ilgilidir. Nielsen tarafından yapılan bir araştırmaya göre; çalışmaların %87’den fazlası nesnel (etkinlik ve etkililik kriterlerine) performansla bağlantılıdır [22].

Objektif performans kriterlerini dikkate alarak, ürün ara yüzlerini düzeltmenin ürünü daha kullanılabilir yapacağı açıktır. Ama, bu müşterilerin üründen memnun oldukları anlamına gelmemektedir.

Tüketici ürünleri, özellikle elektronik tüketim malları görüntü, ses, yazılım ve donanımı gibi farklı alanlarda teknolojiyle bütünleşmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle bu tür ürünlerde kullanıcı ara yüzleri birçok fonksiyonun ilave edilmesinden dolayı daha karmaşık hale gelmektedir. Bu eğilim kullanılabilirliğin tüketici ürünlerinin tasarımında önemli unsurlardan bir tanesi haline gelmesine neden olmaktadır. Kullanıcılar bu tarz ürünlerde sadece performans ile değil aynı zamanda ürünün onlarda uyandırdığı görüntü, etki ve haz ile de ilgilenmektedirler. 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. Kullanılabilirlikle ilgili yapılan çalışmalar bu farklı boyutları dikkate almaktadır. Çalışmaların bazılarında performans boyutları, bazılarında görünüm izlenim boyutları bazılarında da her iki boyut birden dikkate alınmıştır. Kullanılabilirliğin öznel boyutuyla ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemlerden en önemlisi Kansei Mühendisliği (KM)’dir.

2.4.1. Kansei mühendisliği

Kansei Japonca’da “Ürüne Duyulan His” anlamına gelmektedir. Kansei Mühendisliği araştırmaları, kullanılabilirliğin öznel görüşünün önemini vurgulayan en geniş anlayışlardan bir tanesidir. Alışverişe çıkan bir kişinin aklında alacağı ürünle ilgili, lüks, gösterişli, güçlü vb. birtakım sıfatlar mevcuttur. Kansei mühendisliği tüketicinin hislerinin ve aklındaki ürün imajının tasarım aşamasına yansımaları sağlamaktadır [25]. Bu, bir ürün hakkındaki öznel duyguları kelimeler

halinde toplama, istatistiksel metotlarla anahtar duyguları belirleme ve bunları deneme, beyin fırtınası ve deney tasarımı ile ürün özellikleri haline çevirme olarak karakterize edilebilir.

Gelişmiş bir kansei sistemi, bilgisayar destekli olan bir sistemdir. Bu sistem 4 alt veritabanına ayrılır [25].

Kansei Veritabanı : Kansei kelimesine ait, insan his ve isteklerini anlatan, mağazalarda satış elemanları ve tüketiciler arasında geçen kelimelerden oluşur. Bu kelimeler yaklaşık 600 civarında olup, bu kelimeler kansei veritabanında ölçeklendirilerek toplanır. Bu ölçeğe semantik diferansiyel (SD) ölçeği denir. Bu ölçeklerden elde edilen veriler, faktör analizi ile analiz edilir.

İmaj Veritabanı : SD ölçek 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 “gözkamaştırıcı” bir şeyler istiyorsa, bu sistemde bu kelimeye ait tasarımlar bulunabilir.

Bilgi Veritabanı : Bilgi veritabanı, kansei kelimeleri ile tasarım ayrıntısı arasında yüksek ilişki seviyesinde kuralları içerir. Bu kurallar çoklu regresyon yöntemleri, yapay sinir ağları, bulanık mantık ve uzman sistemler gibi yöntemlerden elde edilir.

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

Kansei Mühendisliği 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.

Bu yöntem , otomobil dış tasarımı [26], renkli fotokopi makineleri [27], mutfak tasarımı [28], bulaşık makinesi tasarımı [29], ayakkabı dizaynı [30] ve iş makineleri dizaynı [31] gibi tüketim mallarının tasarımı için uygulanmıştır.

2.4.2. Kullanılabilirlikle ilgili diğer çalışmalar

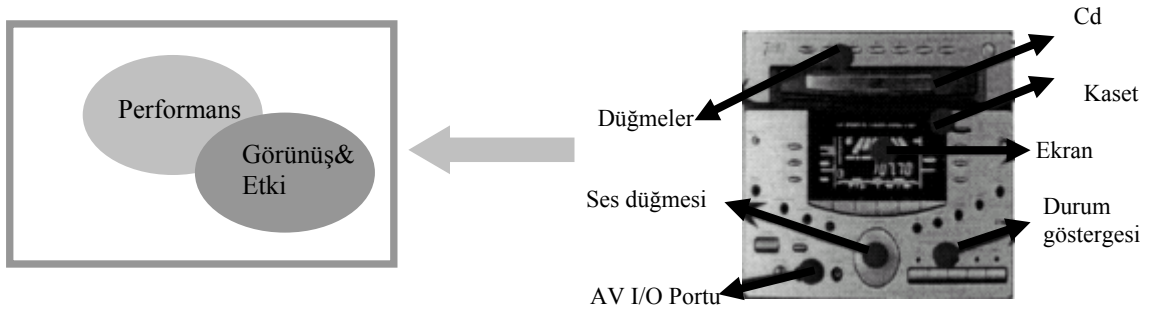
Lee ve ark. kullanıcı dostu ve estetik açıdan uygun ergonomik ürün geliştirme stratejisi olarak “High Touch” yöntemini önermişlerdir [32, 33]. “High Touch” bir ürün ile ilgili müşteri ihtiyaçlarının ergonomistler ve diğer tasarımla ilgili uzmanlar tarafından sistematik bir şekilde adım-adım ürün tasarım unsurlarına dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir. Ergonomi konusunda uzmanlar görev analizi, mevcut ürün kullanım tecrübeleri, odak grup yöntemlerini kullanarak ürünle ilgili insan karakteristikleri (antropometrik gereksinimler, zihinsel faktörler vd.), 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 (high touch ideas) doğmasına yardımcı olur.

Han ve ark. kullanılabilirliğin öznel duyguları ilgilendiren boyutları içermesine rağmen, literatürde tüketim mallarının (özellikle elektronik tüketim mallarının) görüntü ve etkisini kesinleştiren kullanılabilirlik boyutlarını içeren sistematik bir çalışmanın bulunmadığını belirtmişlerdir [17, 34]. Çalışmalarında, elektronik tüketim mallarının kullanılabilirliğini, kullanıcıların hissettikleri görüntü-etki ve ürün performansının birlikte değerlendirilmesiyle mümkün olabileceğini belirtmişlerdir (Şekil 2.8). Ürün ara yüz unsurlarının ürün performansı ve görüntü üzerindeki etkisini modellemişlerdir.

Bir ürünün insan ara yüzü, kullanıcının gördüğü, duyduğu, dokunduğu ya da işlettiği nesnelerin toplamı olarak tanımlanmıştır. Kullanılabilirlik, hem ürünün bütün olarak

hem de ürünün herhangi bir bileşeni tarafından etkilenmektedir. Örneğin, bir CD çalardaki kontrol düğmesinin rengi ya da boyutu, rahatlık gibi 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.

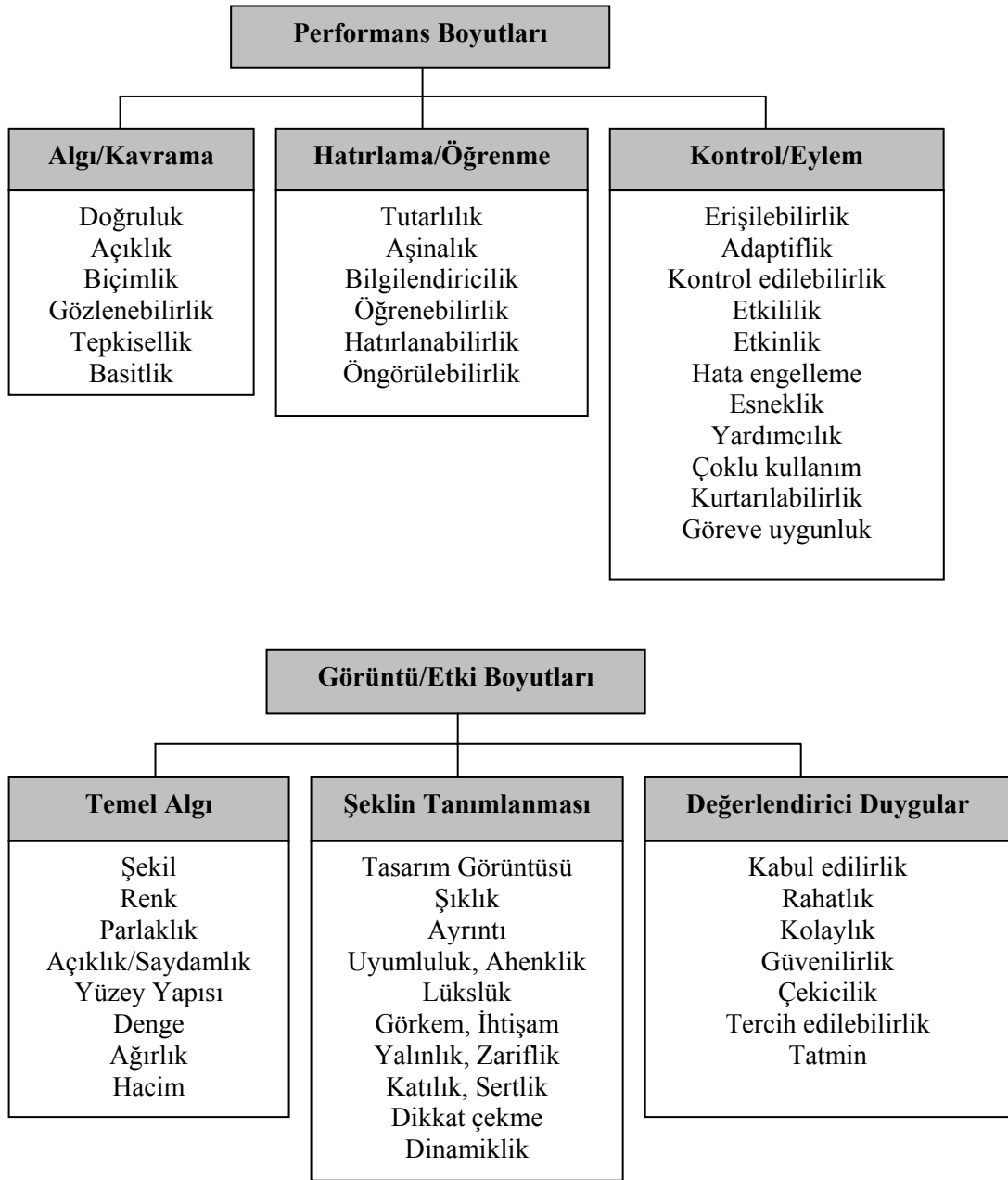
Şekil 2.8’de ürün ara yüz unsurlarının ürün performansı ve görüntü üzerindeki etkisinin modellenebilmesi için performans ve görüntü/etki boyutları Şekil 2.9’daki gibi detaylandırılmıştır [34]. Birinci grup, kullanıcının performansını ölçen performans boyutları olarak tanımlanmıştır. Daha sonra performans boyutları, algı/idrak, öğrenme/hatırlama ve kontrol/hareket olmak üzere üç grupta sınıflandırılmıştır.



Şekil 2.8. Kullanılabilirlik boyutları ve insan ara yüzü unsurları arasındaki ilişkinin kavramsal şekli

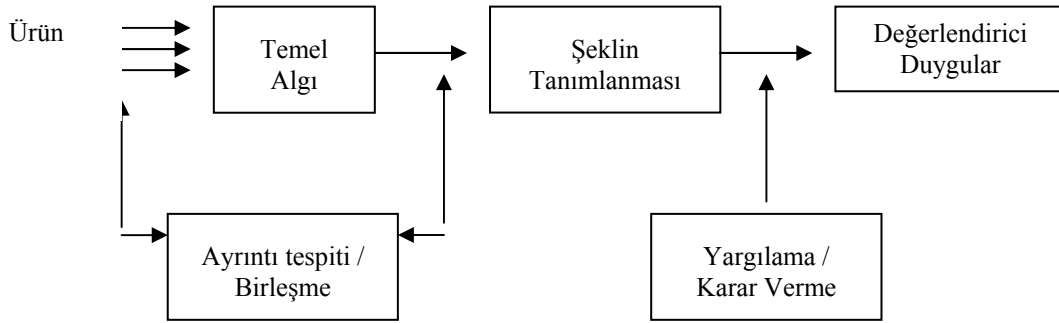
Algı/idrak kategorisi, kullanıcının bir ürünün ara yüzünü yorumlama ve algılaya düzeyini belirlemek için uygulanabilecek kullanılabilirlik boyutlarını içermektedir. Öğrenme/hatırlama boyutu, kullanıcıların ürüne alışma hızı ve ürünün fonksiyonlarını hatırlama düzeyini açıklamaktadır. Kontrol/hareket kategorisi, kullanıcı kontrol faaliyetleri ve bunun sonuçlarını açıklayan boyutlardır. Han ve ark. bunların hepsi ile toplamda 23 adet performans boyutunu çalışmalarında tanımlamışlardır [34].

İkinci grup, kullanıcının ürün hakkındaki görüntü ve etkisi ile ilgili algısını ölçen görünüm/etki boyutları olarak tanımlanmıştır. Toplamda 25 adet görünüm/etki boyutu tanımlanmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Kullanılabilirlik boyutları [34]

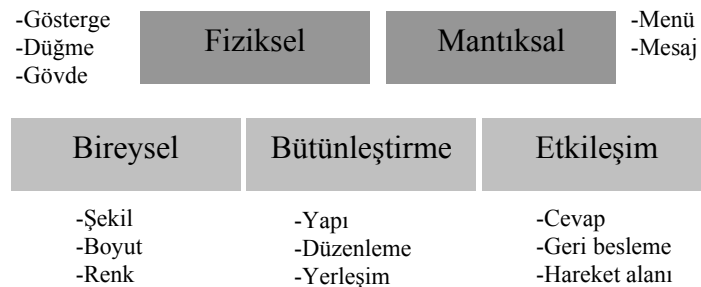
Görünüm/etki boyutlarını, temel duyu, ürün şeklinin tanımlaması ve duyu/davranış değerlendirmesi olmak üzere üç kategori içinde incelemiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Bir ürünün imaj/izleniminin aktarılması. (Ölçütler temel algıda oluşturulur ve daha üst düzeye aktarılır. Sonuçta bir ürünün imaj / izlenimi için bütünleşmiş ve kompleks ölçütler geliştirilir)

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 boyutları içermektedir. Son olarak, duygu/davranış değerlendirme, ürün hakkındaki yargısal ya da davranışsal duyguları açıklamaktadır.

İnsan ara yüzü unsurları, bir ürünün kullanılabilirliğini belirlemede temel üniteler olarak tanımlanmıştır. Bunlar; boyut, genişlik, işlem şartları gibi tasarım değişkenleri ya da ürün özelliklerine benzemektedir. Diğer bir deyişle bunlar, kullanılabilirlik noktasında bir ürünün özellikleridir. Ürünü, insan ara yüzü unsurlarına sistematik biçimde ayırtırmak için Şekil 2.11’de görülen bir anlayış çerçevesi geliştirilmiştir.



Şekil 2.11. Elektronik tüketim malları insan ara yüzünün belirli unsurlara ayırtırılması çerçevesi

Bu anlayış, bir elektronik tüketim malının fiziksel ve mantıksal bileşenlerden oluştuğunu farz etmektedir. Bir CD çalardaki görünür ekran fiziksel bileşenlerin iyi bir örneğidir. Diğer yandan CD çalar kullanımı için menü yapısı ise mantıksal bileşenler için iyi bir örnektir. Her bir bileşenin, kullanılabilirliği etkileyebilecek çeşitli tiplerde özelliklere sahip olduğu farz edilmektedir. Özellik tipleri; bireysel, bütünleştirme ve etkileşim özellikleri olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Çizelge 2.1’de özellik tiplerinin tanımlamaları örneklerle gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Özellik tiplerinin tanımlamaları

Tip	Tanımlama	Örnek
Bireysel	Bireysel bileşenin bağımsız olarak sahip olduğu özellik	Boyut, renk, kontrol düğmesinin şekli
Bütünleştirme	İkiden fazla bileşen birleştirildiği zaman ortaya çıkan özellik	Kontrol düğmesinin yapısı, işleyişi ya da düzenlemesi
Etkileşim	Kullanıcının ürünü kullandığı zaman ortaya çıkan özellik	Kullanıcı tarafından işlemi kontrol etmek için cevap olan geri besleme mesajının içeriği

Çizelge 2.1’deki özellik tanımlamalarını kullanarak, tipik elektronik tüketim mallarının insan ara yüzlerini; gövde/ses/iletişim bağlantı kontrol, ekran ve yükleme mekanizması olmak üzere dört kategoriye ayrılan temel unsurlarla analiz etmişlerdir (Çizelge 2.2).

Bu dört kategori daha sonra 88 tane ara yüz unsuruna bölünmüştür. Çizelge 2.2’de çalışmalarında kullanmış oldukları ara yüz unsurlarının anahtar kelimelerinden örnekler gösterilmektedir. Han ve ark. [17], [34] ürün özellikleri (88 ara yüz unsuru) ile kullanılabilirlik boyutları (23 performans boyutu, 25 görünüm/etki boyutu) arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak üzere bir model geliştirmişlerdir. 88 ara yüz unsurunu ölçmek üzere farklı ölçüm skalaları (4 farklı skala) kullanmışlardır.

- ✓ 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 seçme)

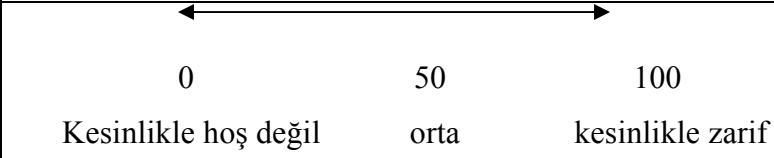
Çizelge 2.2 İnsan ara yüzü unsurlarının örnek anahtar kelimeleri

İnsan ara yüzü unsurlarının yapısı	İnsan ara yüzü unsurlarının anahtar kelimeleri	Ara yüz sayısı
Gövde	Ürün boyutu, yatay ve dikey uzunluk oranı, yerleşim yoğunluğu, kavis(eğrilik) kullanım derecesi, kullanılan renk sayısı	16
Kontrol	Kontrol sayısı, kontrol boyutlarının birbiriyle tutarlılığı, kontrolün renk sayısı, kontrol işlemlerinin ağırlığı	29
Ekran	Bilgi yoğunluğu, durum göstergesinin tanımlanabilirliği, birincil ekranın şekli, menü derinliği	23
Yükleme mekanizması	Yükleme süresi, yükleme/boşaltma sesi, tablanın rengi, yükleme metodu, tabla sayısı	20

88 ara yüz unsuruna ait 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 deneğe bu ürünlerin her birini her bir kullanılabilirlik boyutu için 0-100 görsel skalasında değerlendirmeleri istenmiştir (Çizelge 2.3). Değerlendirme sırasında deneklere ürünlere dokunmaları ve ürünleri çalıştırıp kullanmaları için izin

verilmiştir. Sonuçta kurulan 48 çoklu regresyon denklemi ile hangi kullanılabilirlik boyutunun hangi ara yüz unsuru ile ilişki olduğu belirlenmiştir. KM ile birlikte Han ve arkadaşlarının önerdiği bu metodoloji literatürde kabul görmüştür [34].

Çizelge 2.3. “Zarafeti” değerlendirmek için görsel skala

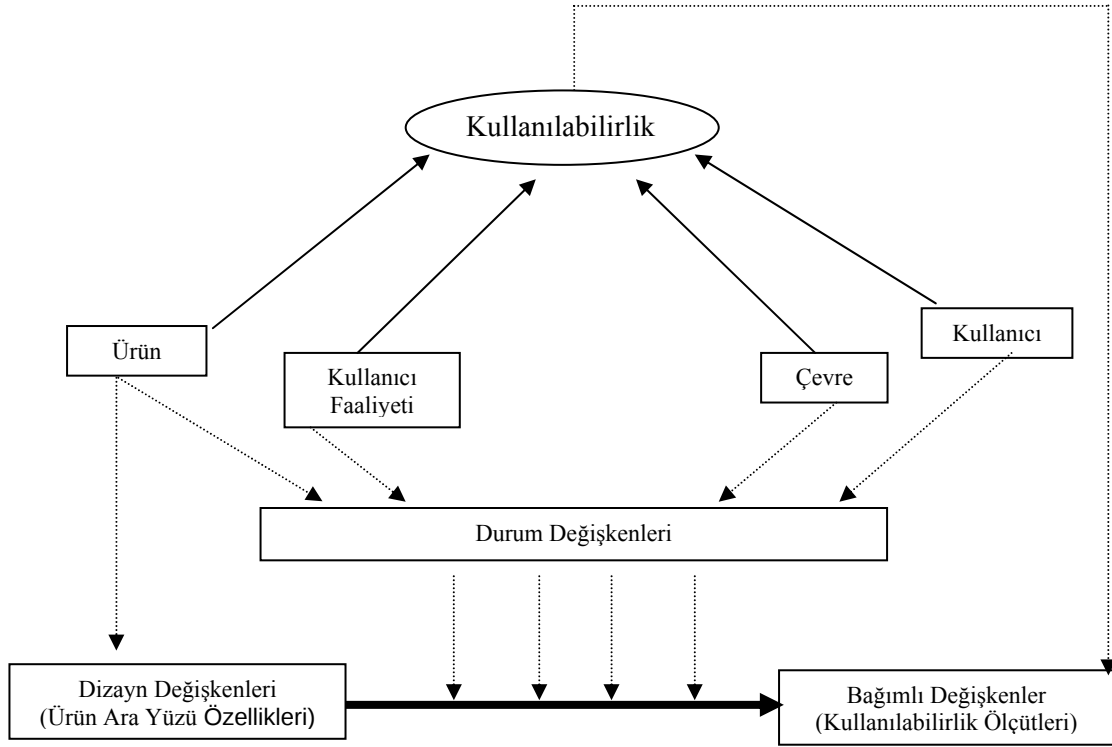
Boyut	Zarafet
Tanım	Bir ürünün zarif olma derecesi
İlgili kelimeler	Zarif, enfes, kibar, hoş vs.
Değerlendirme ölçeği	

Kwahk ve Han , dizayn değişkenleri ile kullanılabilirlik ölçütleri arasındaki ilişkiyi etkileyen durum değişkenlerinin ürün kullanılabilirliğinin belirlenmesinde önemli bir unsur olduğunu belirtmişlerdir [35]. Durum değişkenleri olarak ürün, kullanıcı, faaliyet ve çevreden oluşan dört bileşenli iskelet modelini önermişlerdir. (Şekil 2.12)

Kullanıcı Bilgisi

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

Kullanıcı değişkenleri, farklı yaş grupları için, fiziksel veya algı zorlukları olan insanlar gibi özel ihtiyaçları olan kullanıcılar, ürün için hedef olarak seçildiğinde özellikle önem kazanmaktadır. Kullanıcı değişkenlerinin sınıflandırılması hedef kullanıcıların karakteristiklerini sistematik bir şekilde tanımlamada değerlendiriciye yardımcı olacaktır. Ayrıca kullanılabilirlik ölçütlerinin belirlenmesinde de kullanıcı bilgilerine ihtiyaç duyulacaktır.



Şekil 2.12 Kullanılabilirlik değerlendirme çerçevesi [35]

Demografik/Sosyal Bilgi: Yaş, cinsiyet, ırk/milliyet, iş/kariyer, evlilik durumu, gelir düzeyi, harcamalar, etnik geçmiş, kültürel geçmiş.

Fiziksel/Psikomotor/Fizyolojik Karakteristikler : Görme (görüş doğruluğu, renk görüşü, gece görüşü, derinlik algısı, parlaklığa karşı hassasiyet), duyma (genel, ses dikkati, ses yönü belirleme, konuşma işitmesi), dokunma yeteneği, vücut ölçüsü, maharet (manuel/parmak mahareti) hareketlilik, sağlık, yorgunluk, sakatlık, güç, kontrol hassasiyeti, psikolojik tolerans, metabolik ihtiyaçlar.

Bilgi/Tecrübe Karakteristikleri : Asıl bilgi, ürün kullanım tecrübesi, akademik geçmiş, zeka seviyesi.

Algısal/Bilişsel Karakteristikler : Hafıza, anlama, algı/bilişsel tepki, öğrenme yöntemi tercihi, sözlü/yazılı ifade seviyesi, fikirlerin akıcılığı, sebeplendirme kabiliyeti, algısal hız, genel/özel kabiliyetler.

Duygusal/Psikolojik Karakteristikler : Estetik tercih, sınıf bilinci, yaratıcılık, kendine saygı, sinirlilik, inançlar, stres, ilgiler, motivasyon.

Ürün Bilgisi

Değerlendirilecek ürünün şekil ve durumu (kağıt tabanlı tanımlar, modeller, bilgisayar tabanlı prototipler, veya tamamlanmış ürünler), ürün hattının seviyesi (prestij (yüksek-son), kitle-pazar (orta-mesafe) veya değer (düşük-son) 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.

Bir ürünün değerlendirilmesinde dikkate alınan ilk husus kağıt tabanlı tanımlar, modeller, bilgisayar tabanlı prototipler veya tamamlanmış ürünler gibi bir ürünün değerlendirilebilmesindeki şekil veya durumla ilgilidir. Bu ürün gelişiminin evresi ile yakından alakalıdır ve kullanılabilirlik değerlendirme yönteminin seçimini ve değerlendirmenin amacına uygunluğunu etkilemektedir. Örneğin tamamlanmış bir ürüne karşı bilgisayardaki çalışma prototipi o anda değerlendirilebilecek ara yüz özelliklerinin kapsamını da belirler. Eğer bir ürün kağıt-kalem şeklinde değerlendirilecekse örneğin ürün dizayn kavramının kaba çizimleri, tamamlanmış bir ürünle karşılaştırıldığında ara yüz özellikler daha az ayrıntılı olarak değerlendirilebilir.

İkinci husus, genellikle etiket isminden kaynaklanan ürün değeri ile ilgilidir. Ürün etiketinin sahip olduğu imaj stratejisine bağlı olarak tüketici ürünleri üç ana grup içinde kategorize edilebilir; prestij, kitle-pazar veya değer. Değişik ürün grupları için değişik değerlendirme kriterleri kullanılabilir.

Bir ürünün farkında olunan imajı, etiket ismi, ürünün üretildiği ülke veya üretim bilgileri gibi ürünle ilgili bazı bilgilerin varlığından önemli ölçüde etkilenebildiğinden, kullanılabilirliğin değerlendirme süreci dikkatli bir şekilde

planlanmalıdır. Değerlendiriciler, çalışmalarının amacına bağlı olarak katılımcıların ürünün etiket ismini görmesine izin verip vermemeye karar vermelidirler.

Kullanıcı Faaliyet Bilgisi

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

Kullanıcı faaliyet karakteristiklerine bağlı olarak kullanılabilirlik değerlendirmesine farklı kriterler uygulanabilir. Örneğin, bir ürünün kullanımı tekrarlı, basit ve kısa süreli (örneğin bir CD'yi yükleme mekanizmasına yükleme/çıkartma) ise tepkisellik, ulaşılabilirlik, etkinlik veya hata önleme gibi kriterler esas ilgi alanı olacaktır. Bunun tersi olarak, sıklıkla yapılmayan ve karışık olan faaliyetlerde (örneğin video kaset kayıt cihazının kayıt fonksiyonunu programlama) öğrenilebilirlik, aşinalık veya öğreticilik diğerlerinden daha önemli olacaktır.

Bu karakteristikler değerlendirme tekniklerini ve değerlendirme işlemi seçimini de etkilemektedir. Örneğin yanlış kullanımın cihaza hasar vereceği veya cihazı tahrip edeceği beklendiğinde, katılımcıları bir laboratuvar test ortamına getirmek ve değerlendirmeyi kontrollü olarak yapmak kullanılabilir bir teknik olabilecektir.

Çevre Bilgisi

Ürünün kullanıldığı çevre ergonomi çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Kullanıcı performansının, karanlık, soğuk ve gürültülü ortamlarda düştüğü bilinen bir gerçektir. Çevre bilgisi, fiziksel çevre ve evin veya ofisin psikolojik (veya sosyal) şartlarının her ikisini de kapsamaktadır .

Fiziksel Dış Şartlar : Sıcaklık, nem, havalandırma, ses, titreşim, yansıma, çevresel şartlardaki istikrarsızlık.

Psikolojik veya Sosyal Şartlar : Evin veya iş yerinin psikolojik atmosferi, aile veya çalışma grubunun etkisi ve organizasyonel iklim.

Liu , literatüre *Mühendislik Estetiği* kavramını kazandırmıştır [36]. Mühendislik estetiği ürünlerin veya sistemlerin estetik tasarımında mühendislik ve bilimsel metotların nasıl ortak kullanılacağı ve ürünlerin estetik açıdan nasıl değerlendirileceğine yönelik bir yaklaşımdır.

Karlsson ve ark., Anlamsal Çerçeve Tanımlaması (AÇT) yöntemini kullanarak 4 farklı otomobil iç tasarımını değerlendirmişlerdir [37]. AÇT, Kuller tarafından geliştirilen ürün ve çevre ile ilgili genel izlenim ve etkilerin ölçüm ve değerlendirilmesine yönelik geliştirilmiş bir araçtır. AÇT’de değerlendirme 6 imaj kelimesiyle (hoşnutluk, karmaşıklık, bütünlük, kapalılık, güçlülük, sosyal durum, (örneğin ürünün ucuz veya pahalı görünümlü olarak nitelendirilmesi, etkileme, orijinallik) ve yedi ölçekli likert skalası kullanılarak yapılır.

Han ve ark. cep telefonları için ürün memnuniyetini etkileyen tasarım özelliklerini belirlemek için ampirik modellerden yararlanmışlardır [38]. Cep telefonları şekil, renk, menü tasarımı, kullanılan malzeme, düğmelerin yerleşimi gibi çok farklı tasarım özelliklerine sahiptir. Çalışmalarında bu özelliklerin hangi ürün tatmin boyutuyla (örneğin etkileyicilik, ahenklik, uyumluluk, lükslük, genel memnuniyet) ne tür bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Khalid ve Helander, ürün tasarımında duyuşal, hissel müşteri ihtiyaçlarını bütünsel (genel görünüm, büyüklük, şekil, renk vb.), fonksiyonel (düğmelerin büyüklüğü, gösterge ve kontrollerin yerleşimi vb.) ve detaylı tasarım-sitil (spesifik düğme veya düğmenin rengi, şekli, büyüklüğü vb.) olmak üzere 3 özellik altında toplandığı hipotezini ispatlamışlardır [39]. Ürün tasarımında müşteri istekleri ve müşterinin önceki ürün deneyimleri ve tecrübelerine bağlı olarak bu özelliklerin önem

derecesinin deðiřtiđini belirlemişlerdir. Ürünle ilgili deneyim ve tecrübesi olmayan kullanıcıların bütünsel ve sitil özellikleri ile ilgilenirken, deneyimli kullanıcıların fonksiyonel özelliklerle ilgilendikleri sonuçlarına ulaşmışlardır.

Bloch ürün görünümünün ürün tasarımında müşteri beklentilerini karşılamada önemli bir faktör olduğunu geliştirdiği kavramsal bir model ile açıklamıştır [40]. Creusen ve Schoormans [41], Bloch [40]'un fikrinden yararlanarak tüketicilerin ürünü satın almada etkili olan ürünün görünümü ile ilgili faktörleri 6 grupta toplamışlardır:

Estetik değer : Ürün fonksiyonlarını dikkate almaksızın ürünün dış görünümünden ötürü müşteri üzerinde oluşan memnuniyet, zevk duygusu. Ürünlerin fonksiyonel ve fiyat açısından aynı koşullarda olduğu durumlarda estetik görünüm ürünün satın alınmasında etkili bir faktördür. Bütünlük, oransallık, simetri, karmaşıklık, ürün benzerliği ve renk estetik tercihlerden birkaçıdır.

Sembolik değer : Ürünler taşıdığı sembolik anlamlarla müşteriyle iletişim kurarlar. Örneğin müşteri ürüne baktığı zaman ürünü pahalı, kaba, lüks gibi tanımlayabilir. Bu tür sembolik anlamlar çoğu zaman üreticilerin marka yaratma ve bu markayı yaşatmada kullandıkları bir araç konumundadır.

Fonksiyonel ürün değer : Ürün dış görünümü çoğu zaman ürün fonksiyonelliği ve kullanılabilirliği konusunda bilgi içerir. Örneğin aşağıdaki resimde soldaki saç kurutma makinesi sağdakine göre daha hızlı kurutacağı izlenimini verir. (Resim 2.2).



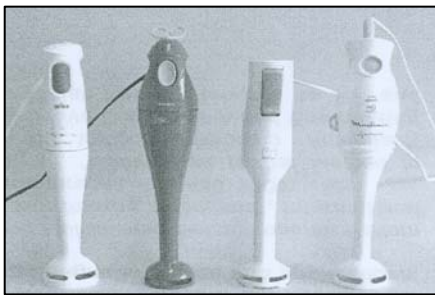
Resim 2.2. Büyük saç kurutma makinesi küçük olana göre daha kuvvetli gözükmekte (Her ikisi de 1875 watt)

Ergonomik ürün değeri : Ürün görünümü ürünün kolay kullanılabilirliği ve ergonomikliği konusunda da ipuçları verir. Örneğin ürün üzerinde bulunan düğmelerin tasarımı (büyüklüğü, şekil, yerleşim) ürünün kullanılabilirliğini gösteren özelliklerden biridir (Resim 2.3). Ürün üzerinde az sayıda kontrol elemanının bulunması kolay kullanılabilirliğin bir göstergesidir [42].



Resim 2.3. Kullanımı kolay telefon (soldaki) ve karmaşık telefon (sağdaki)

Dikkat çekme-cezbetme değeri : Bazı ürünler kendilerine rakip ürünlerle aynı ortama konulduklarında diğer ürünlere göre dikkat çekecek özelliklere sahiptirler. Farklı renklerin kullanımı, büyük hacimli tasarımlar gibi nedenler bazı ürünleri rakiplerinden fonksiyonel özellikleri kötü olmasına rağmen ön plana çıkarır. Resim 2.4’de soldan ikinci sıradaki Philips el mikseri diğer ürünlere göre farklılığından dolayı dikkati üzerinde toplamaktadır.



Resim 2.4. Farklı el mikserleri

Sınıflandırma değeri : Bir ürünün aynı kategorideki diğer ürünlere benzediği durumlarda o ürünü görünüme göre tanımlamak daha kolay olabilir. Ürünlerin aynı kategorideki ürünlere benzerliği bazı durumlarda avantaj yaratırken bazı durumlarda

dezavantaj olabilir. Yenilikçi bir ürünü piyasaya sürülecek bir üretici için ürün görünümünün rakip ürünlerden farklı olması satışları artırmada katkı sağlayabilir.

Creusen ve Schoormans, yukarıdaki 6 faktörün hangisinin ürünü satın almada etkili olduğu ortaya çıkarmak üzere 142 kişi üzerinde gerçekleştirdikleri deney çalışması sonucunda estetik, sembolik ve ergonomik değerlerin sırasıyla en önemli faktörler olduğunu ortaya çıkarmışlardır [41]. Bununla birlikte ürün tipinin bu faktörlerin önem derecesini belirlemede en önemli kriter olduğunu vurgulamışlardır.

Kalite ürünün müşteri isteklerini ve beklentilerini karşılamasıdır. Lai ve ark. “duygusal kalite” kavramını önermişlerdir. Duygusal kalite ürünün müşteri tarafından duygusal yönden tercih edilmesini sağlayacak ürün özelliklerine sahip olması olarak tanımlanmıştır. Lai ve ark. sağlam tasarım metodolojisini kullanarak ürüne duyulan hissel beklentilerin iyileştirilmesine yönelik bir uygulamayı otomobil dış tasarımı için gerçekleştirmişlerdir [43]. Taguchi deney tasarımındaki sinyal/gürültü oranından faydalanarak otomobil dış tasarımını belirleyen 13 tasarım parametresinin (her biri 3 seviyeli) en iyi seviyelerini 3 duygusal kalite özelliğini (aile tipi, şehir kullanımı, gençliğe özgü) dikkate alacak şekilde belirlemişlerdir.

3. BULANIK TOPSIS

Karar verme; karar vericinin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması gibi bir sorunu çözmesi sürecidir. Karar vericiler için en iyi seçeneği seçmek oldukça zor bir iştir. Karar vericiler alternatifler arasından seçim yaparken değişik amaçları gerçekleştiren, bazen de birbiriyle çelişen seçenekler arasından en uygun olanı bulmak zorundadırlar. Bu nedenle birçok karar verici bu şekildeki problemlerle karşılaştığı zaman çok amaçlı karar verme yöntemlerini uygular. Çok amaçlı karar verme metodolojisinde amaç, farklı alternatifleri kıyaslayacak farklı boyutlardaki verilerin toplanmasıdır. Karar verici öncelikli olarak, hedefini gerçekleştirmeye yönelik ölçütleri, kriterleri belirler. Daha sonra alternatiflerin seçilen kriterlere uygunluğu saptanır. Analitik Hiyerarşi Prosesi, Gri İlişkisel Analizi, Aksiyomlarla tasarım, Electre ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri çok amaçlı karar verme yöntemlerinden bazılarıdır. Bunlardan biri olan TOPSIS çok seçenekli karar verme problemlerinde tüm mümkün alternatifler arasından pozitif sonuca en yakın, negatif sonuca en uzak sonucu bulabilmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu tür problemlerde seçim belirlenmiş kriter ölçütlerine göre yapılır. TOPSIS YÖNTEMİ ile ‘m’ sayıda alternatifi ve ‘n’ sayıda kriteri olan çok amaçlı karar verme problemi n-boyutlu uzayda m noktaları ile gösterilebilir. TOPSIS yöntemi, çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturulmuştur.

3.1. Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler

Pozitif ideal çözüm Eş. 3.1’deki gibidir.

$$A^* = (x_1^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*) \quad (3.1)$$

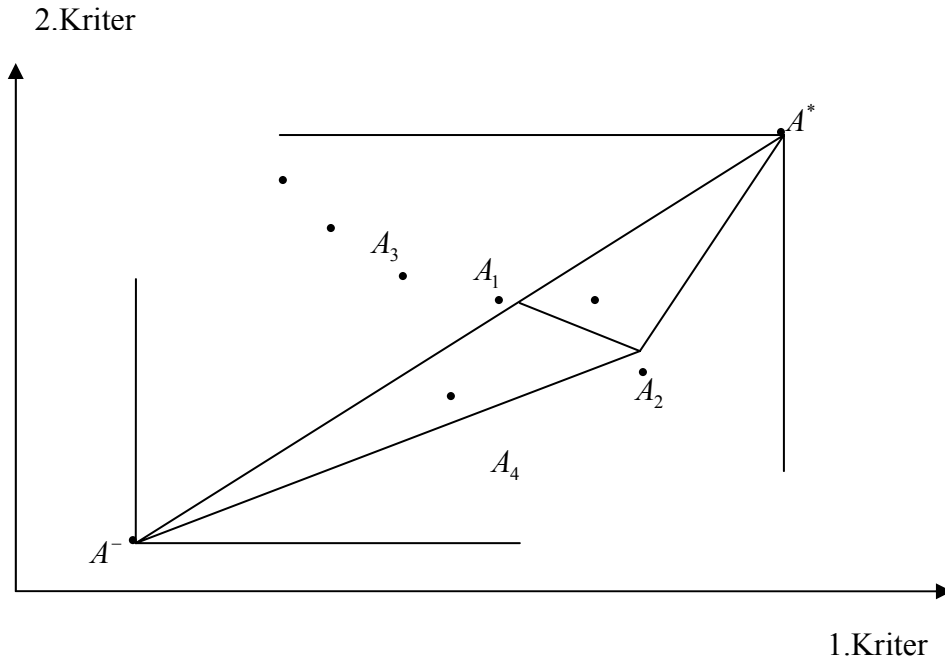
x_j^* değeri tüm alternatifler arasında j ’inci kriter için en iyi değerdir.

Negatif ideal çözüm Eş. 3.2’deki gibidir.

$$A^- = (x_1^-, \dots, x_j^-, \dots, x_n^-) \quad (3.2)$$

x_j^- değeri tüm alternatifler arasında j 'inci kriter için en kötü değerdir.

Örneğin Şekil 3.1'deki gibi A_1 ve A_2 gibi iki alternatifi göz önüne alırsak , A_2 A^* 'ye en yakın noktadır, aynı zamanda A_2 A^- 'den en uzak noktadır.



Şekil 3.1. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları

Bulanık TOPSIS yöntemi farklı kişiler tarafından farklı alanlarda örneğin robot seçimi [44], maliyeti minimize etme, kaynakların kullanımını maksimize etme [45], katkı atık maddelerinin yerleştirilmesinde [46], tercih düzenlemede ideal çözüme yaklaşma [47], optimum parametre düzeyinin belirlenmesinde [48], havayolu hizmetlerinin düzenlenmesinde [49] başarıyla uygulanmıştır.

3.2. TOPSIS Yöntemi Hesaplama Adımları

TOPSIS Yöntemi hesaplama adımları aşağıdaki gibidir.

1. Adım : Normalizasyon oranlarının hesaplanması Eş. 3.3'deki gibidir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n \quad (3.3)$$

x_{ij} = i. alternatifin j. kriterinin değeridir.

r_{ij} = i. alternatifin j. kriterinin normalizasyon oranıdır.

2. *Adım* : Ağırlıklı normalizasyon oranlarının hesaplanması Eş. 3.4'deki gibidir.

$$v_{ij} = w_{ij} \cdot r_{ij} \quad i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n \quad (3.4)$$

w_{ij} = i. alternatifin j. kriterinin ağırlık oranıdır.

v_{ij} = i. alternatifin j. kriterinin ağırlıklı normalizasyon oranıdır.

3. *Adım* : Pozitif İdeal ve Negatif İdeal çözümlerin belirlenmesi Eş. 3.5 ve Eş. 3.6'daki gibidir.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} = \{\max(v_{ij} | i \in J_1), \min(v_{ij} | i \in J_2) \mid i=1, \dots, m\} \quad (3.5)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \{\min(v_{ij} | i \in J_1), \max(v_{ij} | i \in J_2) \mid i=1, \dots, m\} \quad (3.6)$$

J_1 fayda kriterleri seti, J_2 ise maliyet kriterleri setidir.

4. *Adım* : Ayırım ölçülerinin hesaplanması Eş. 3.7 ve Eş. 3.8'deki gibidir.

Her alternatifin pozitif-ideal çözümden olan mesafesi şu şekilde hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i=1, \dots, m \quad (3.7)$$

Aynı şekil de negatif-ideal çözümden olan mesafelerde hesaplanır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.8)$$

5. *Adım* : Pozitif İdeal çözüme benzerliğin hesaplanması Eş. 3.9'daki gibidir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^* - S_i^-)!}, \quad i = 1, \dots, m \quad (3.9)$$

$$0 \leq C_i^* \leq 1 \quad A_j = A^* \rightarrow C^* = 1 \quad A_j = A^- \rightarrow C^* = 0$$

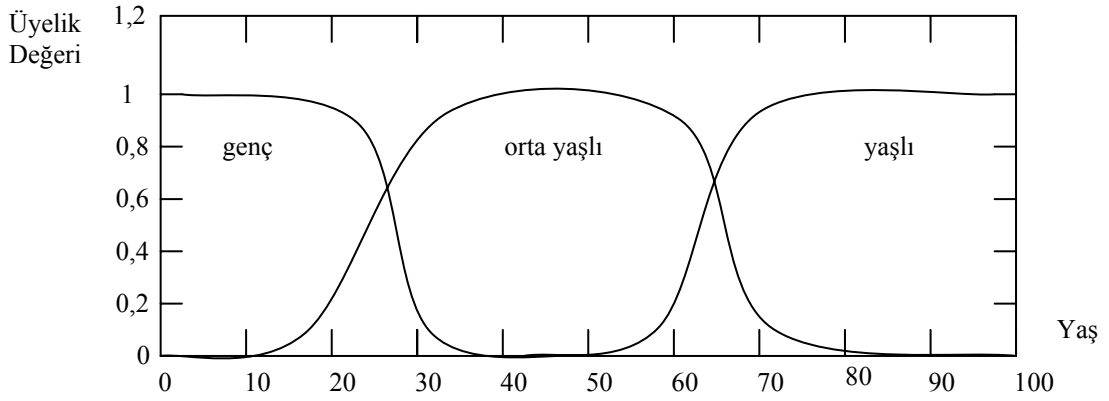
6. *Adım* : Tercih Yapılması; Maksimum C_i^* değeri seçilir.

Performans dereceleri ve kriter ağırlıkları *kesin* değerler olarak tanımlanır. Ancak, kesin değerler gerçek hayatta model kurmada yetersizdir. Çünkü farklı nesnel özellikler altında olan problem dataları genel olarak dilsel olarak ifade edilmiştir. Böylece rakamsal veriler yerine dilsel ifadeler kullanmak daha gerçekçi bir yaklaşım olmaktadır.

Dilsel (sözel) değişken–terim dilsel yapılardan (terimlerden) 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 olarak gösterilir (Şekil 3.2).

Farklı kriter ağırlıklarının ve kriterlerin dilsel değişkenler içermesi , kesin değer ne olduğunu tahmin edemememize neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür problemleri

bulanık sayı ile çözmekteyiz. Bu problemlerin çözümü matris formatında TOPSIS ile aynıdır. Bu yüzden optimal çözüme ulaşmak için Bulanık TOPSIS kullanılır.



Şekil 3.2. Dilsel etiketlerin bulanık küme olarak gösterilmeleri

3.2.1. Bulanık sayılar

Bulanık sayı problemini çözümümüzde biz üçgen bulanık sayısını kullanacağız. Bulanık sayıdan bahsetmek gerekirse ait olduğu küme; normal bir bulanık küme olmalıdır. Bulanık kümeler klasik küme kavramının genelleştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Klasik kümelerde $\{0,1\}$ 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. Bulanık kümeler üyelik fonksiyonu değerlerinin kesikli veya sürekli değerler alması durumuna göre Eş. 3.10 veya Eş. 3.11'de ki gibi gösterilebilir.

Bulanık kümenin kesikli olması durumunda;

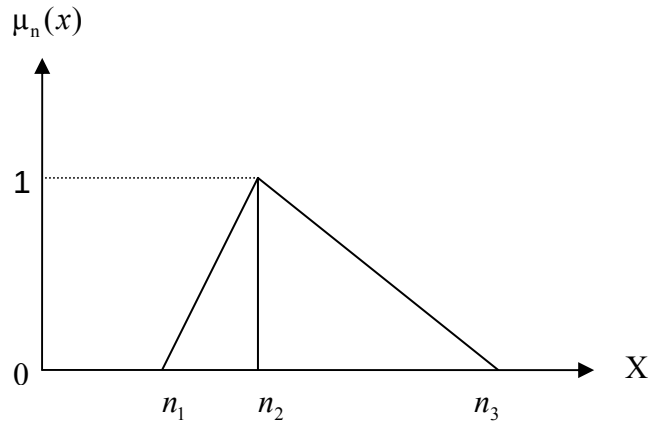
$$A = \{\mu_a(x), x\} = \{\mu_a(x)/x\} = \{\mu_a(x_1)/x_1, \mu_a(x_2)/x_2, \dots, \mu_a(x_n)/x_n\} = \{\sum \mu_a(x_i)/x_i\} \quad (3.10)$$

Bulanık kümenin sürekli olması durumunda;

$$A = \left\{ \int \mu_A(x_i) / x_i \right\} \quad (3.11)$$

Yani en az bir elemanı 1 değerini almalıdır; konveks bir bulanık küme olmalıdır, A bir bulanık küme olsun $\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min[\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)]$; desteği, ${}^{0+}A$, sınırlı olmalıdır.

Üçgen bulanık sayısı $\tilde{n}$, $(n_1 \ n_2 \ n_3)$ şeklinde gösterilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Üçgen bulanık sayı

Üçgen bulanık sayı $\tilde{n}$, $\mu_n(x)$ fonksiyonu Eş. 3.12'deki gibi hesaplanır;

$$\mu_n(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & x < n_1, \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1} & n_1 \leq x \leq n_2, \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3} & n_2 \leq x \leq n_3, \\ 0 & x > n_3 \end{array} \right\} \quad (3.12)$$

Bulanık TOPSIS yöntemi adım adım aşağıda verilmiştir.

1. *Adım* : Her bir kriter için dilsel değişken ağırlıklarını ve alternatifler için kriter önem değişkenleri tanımlanır.

2. *Adım* : Her bir kriter için önem ağırlıkları ve kriterler ile alternatifler için dilsel oranlar belirlenir.

3. *Adım* : K kişi için her C_j 'nin bulanık ağırlık derecesi $\tilde{w}_j$ hesaplanır. Hesaplama Eş. 3.13'deki gibidir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \dots \dots \dots (+) \tilde{w}_j^K] \quad (3.13)$$

Seçicilerin alternatiflerin kriterlere göre nasıl olduğunu düşündükleri bulanık $\tilde{x}_{ij}$ Eş. 3.14'deki gibi hesaplanır.

$$\tilde{x}_j = \frac{1}{K} [\tilde{x}_j^1(+) \tilde{x}_j^2(+) \dots \dots \dots (+) \tilde{x}_j^K] \quad (3.14)$$

Bu işlemler kriter ve alternatifleri tek bir matrise dönüştüren ortalama değerlerin hesaplanması için yapılır.

Üçgen bulanık sayıları $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ elde edilir.

4. *Adım* : Oluşturulan bulanık karar matrisi normalize edilir. Normalize eden formül Eş. 3.15 ve Eş. 3.16'da gösterilmiştir.

$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ normalize bulanık matris olsun. B ve C kümelerimizin yarar kriteri ve maliyet kriteri olsun.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_i^*}, \frac{b_{ij}}{c_i^*}, \frac{c_{ij}}{c_i^*} \right) \quad j \in B \quad (3.15)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{\tilde{a}_j}{c_{ij}}, \frac{\tilde{a}_j}{b_{ij}}, \frac{\tilde{a}_j}{a_{ij}} \right) \quad j \in C \quad (3.16)$$

$c_i^* = \max c_{ij}$ eğer $j \in B$, $\tilde{a}_j = \min a_{ij}$ eğer $j \in C$.

5. *Adım* : Ağırlıklandırılmış normalize bulanık matrisi Eş. 3.17 ve Eş. 3.18'deki gibi elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1, 2, \dots, m, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (3.17)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} (*) \tilde{w}_j \quad (3.18)$$

6. *Adım* : Bulanık pozitif ideal sonuç (BPİS) Eş. 3.19'deki gibi, bulanık negatif ideal sonuç (BNİS) Eş. 3.20'deki gibi belirlenir.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \text{ BPİS} \quad \tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1) \quad j=1, 2, \dots, n \quad (3.19)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ BNİS} \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0) \quad j=1, 2, \dots, n \quad (3.20)$$

7. *Adım* : Her alternatifin BPİS ve BNİS uzaklıkları Eş. 3.21 ve Eş. 3.22'deki gibi hesaplanır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}^+, \tilde{v}_j^+), \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.21)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}^-, \tilde{v}_j^-), \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.22)$$

$d(.,.)$ iki bulanık sayının birbirine uzaklığı Eş. 3.23'deki gibi hesaplanır.

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ iki bulanık sayı olsun;

$$d = \left[\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2] \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.23)$$

8. *Adım* : Her alternatifin yakınlık kat sayıları Eş. 3.24'deki gibi hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.24)$$

9. *Adım* : Alternatiflerin yakınlık kat sayılarına bakılarak içlerinden seçim yapılır.

3.3. Bulanık TOPSIS Uygulama Örneği

TOPSIS yönteminin çok amaçlı karar verme problemlerinde kullanılmasına yönelik bir örnek göstermek gerekirse, 3 farklı sistem analiz mühendisi (A_{1-3}) içinden belirlenmiş 5 teknik kriter özelliğe (C_{1-5}) göre en iyi sistem analiz mühendisinin seçimi örneği verilebilir. 3 farklı sistem analiz mühendisinin kriter özellikleri Çizelge 3.1'deki gibi sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Sistem analiz mühendisi kriterleri

C_1	Duygusal devamlılık
C_2	Sözlü iletişim beceri
C_3	Kişilik
C_4	Geçmiş tecrübe
C_5	Kendine güven

Sistem analizi mühendislerinin seçiminde kullanılmak üzere belirlenen kriterlerin ağırlıkları dilsel olarak Çizelge 3.2'deki gibi sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Kriter ağırlıkları

Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0,1)
Düşük (D)	(0, 0,1, 0,3)
Orta Düşük (OD)	(0,1, 0,3, 0,5)
Orta (O)	(0,3, 0,5, 0,7)
Orta Yüksek (OY)	(0,5, 0,7, 0,9)
Yüksek (Y)	(0,7, 0,9, 1,0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0,9, 1,0, 1,0)

Alternatif Mühendisler için dilsel değişkenlerde Çizelge 3.3'deki gibi sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Alternatif mühendisler için dilsel değişkenler

Çok Az (ÇA)	(0, 0, 1)
Az (A)	(0, 1, 3)
Orta Az (OA)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Sistem analizi mühendislerinin seçiminde kullanılmak üzere belirlenen kriterlerin karar vericilere göre önem ağırlıkları Çizelge 3.4'deki gibi sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Karar vericilere göre kriterlerin önem ağırlıkları

	D ₁	D ₂	D ₃
C ₁	Y	ÇY	OY
C ₂	ÇY	ÇY	ÇY
C ₃	ÇY	Y	Y
C ₄	ÇY	ÇY	ÇY
C ₅	O	OY	OY

Karar vericilere göre alternatiflerin kriterler için önem ağırlıkları Çizelge 3.5'deki gibi sunulmuştur.

1. ve 2. adımda belirtilen dilsel değişken ağırlıklarını ve alternatifler için kriter önem değişkenleri tanımlanmıştır. 3. adımda K kişi için her C_j 'nin bulanık ağırlık derecesi $\tilde{w}_j$ Eş. 3.13'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [w_j^1(+)w_j^2(+).....(+)w_j^K] \quad (3.13)$$

Çizelge 3.5. Karar vericilere göre alternatiflerin kriterler için önem ağırlıkları

Kriterler	Alternatifler	D ₁	D ₂	D ₃
C ₁	A ₁	Oİ	İ	Oİ
	A ₂	İ	İ	Oİ
	A ₃	Çİ	İ	O
C ₂	A ₁	İ	Oİ	O
	A ₂	Çİ	Çİ	Çİ
	A ₃	Oİ	İ	Çİ
C ₃	A ₁	O	İ	İ
	A ₂	Çİ	Çİ	İ
	A ₃	İ	Oİ	İ
C ₄	A ₁	Çİ	İ	Çİ
	A ₂	Çİ	Çİ	Çİ
	A ₃	İ	Çİ	Oİ
C ₅	A ₁	O	O	O
	A ₂	Çİ	Oİ	İ
	A ₃	İ	İ	Oİ

Her kriter için $\tilde{w}_j$;

$$\begin{aligned} \tilde{w}_1 & (0,7, 0,9, 1), & \tilde{w}_2 & (0,9, 1, 1), & \tilde{w}_3 & (0,77, 0,93, 1), \\ \tilde{w}_4 & (0,9, 1, 1), & \tilde{w}_5 & (0,43, 0,63, 0,83) \end{aligned}$$

4. adımda Çizelge 3.6'daki Bulanık karar matrisi ve üç alternatif için bulanık ağırlıklar işlemleri Eş. 3.14'e göre aşağıdaki gibidir;

$$A_1, C_1 = \frac{5+7+5}{3}, \frac{7+9+7}{3}, \frac{9+10+9}{3} = (5,7, 7,7, 9,3)$$

$$A_1, C_2 = \frac{7+5+3}{3}, \frac{9+7+5}{3}, \frac{10+9+7}{3} = (5, 7, 9)$$

$$A_1, C_3 = \frac{3+7+7}{3}, \frac{5+9+9}{3}, \frac{7+10+10}{3} = (5,7, 7,7, 9)$$

$$A_1, C_4 = \frac{9+7+9}{3}, \frac{10+9+10}{3}, \frac{10+10+10}{3} = (8,33, 9,67, 10)$$

$$A_1, C_5 = \frac{3+3+3}{3}, \frac{5+5+5}{3}, \frac{7+7+7}{3} = (3, 5, 7)$$

Geri kalanlarda bu şekilde bulunup Çizelge 3.6'ya yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.6. Bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıkları

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	(5,7, 7,7, 9,3)	(5, 7, 9)	(5,7, 7,7, 9)	(8,33, 9,67, 10)	(3, 5, 7)
A ₂	(6,3, 8,3, 9,7)	(9, 10, 10)	(8,3, 9,7, 1,0)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
A ₃	(6,3, 8, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(6,3, 8,3, 9,7)
w _j	(0,7, 0,9, 1)	(0,9, 1, 1)	(0,77, 0,93, 1)	(0,9, 1, 1)	(0,43, 0,63, 0,83)

Çizelge 3.7'deki Eş. 3.15'e göre Bulanık normalize edilmiş karar matrisi değerleri aşağıdaki gibidir;

$$A_1, C_1 = \left(\frac{5,7}{9,7}, \frac{7,7}{9,7}, \frac{9,3}{9,7} \right) = (0,59, 0,77, 0,96)$$

$$A_1, C_2 = \left(\frac{5}{10}, \frac{7}{10}, \frac{9}{10} \right) = (0,5, 0,7, 0,9)$$

$$A_1, C_3 = \left(\frac{5,7}{10}, \frac{7,7}{10}, \frac{9}{10} \right) = (0,57, 0,77, 0,9)$$

$$A_1, C_4 = \left(\frac{8,33}{10}, \frac{9,67}{10}, \frac{10}{10} \right) = (0,83, 0,96, 1)$$

$$A_1, C_5 = \left(\frac{3}{10}, \frac{5}{10}, \frac{7}{10} \right) = (0,3, 0,5, 0,7)$$

Geri kalanlarda bu şekilde bulunup Çizelge 3.7'ye yerleştirilmiştir

Çizelge 3.7. Bulanık normalize edilmiş karar matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	(0,59, 0,77, 0,96)	(0,5, 0,7, 0,9)	(0,57, 0,77, 0,9)	(0,83, 0,96, 1)	(0,3, 0,5, 0,7)
A ₂	(0,65, 0,86, 1)	(0,9, 1, 1)	(0,83, 0,97, 1)	(0,9, 1, 1)	(0,7, 0,9, 1)
A ₃	(0,65, 0,82, 0,93)	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)	(0,63, 0,83, 0,97)

5.adımda Çizelge 3.8'deki ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki değerler Eş. 3.18'e göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$V_{11} = (0,59 \times 0,7, 0,77 \times 0,9, 0,96 \times 1) = (0,41, 0,71, 0,96)$$

$$V_{12} = (0,5 \times 0,9, 0,7 \times 1, 0,9 \times 1) = (0,45, 0,7, 0,9)$$

$$V_{13} = (0,57 \times 0,77, 0,77 \times 0,93, 0,9 \times 1) = (0,44, 0,72, 0,9)$$

$$V_{14} = (0,83 \times 0,9, 0,96 \times 1, 1 \times 1) = (0,75, 0,97, 1)$$

$$V_{15} = (0,3 \times 0,43, 0,5 \times 0,63, 0,7 \times 0,83) = (0,13, 0,32, 0,58)$$

Geri kalanlarda bu şekilde bulunup Çizelge 3.8'e yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.8. Ağırlaklandırılmış normalize karar matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	(0,41, 0,71, 0,96)	(0,45, 0,7, 0,9)	(0,44, 0,72, 0,9)	(0,75, 0,97, 1)	(0,13, 0,32, 0,58)
A ₂	(0,46, 0,77, 1)	(0,81, 1, 1)	(0,64, 0,9, 1)	(0,81, 1, 1)	(0,3, 0,57, 0,83)
A ₃	(0,46, 0,74, 0,93)	(0,63, 0,9, 1)	(0,54, 0,84, 1)	(0,63, 0,9, 1)	(0,27, 0,52, 0,81)

6. adımda bulanık pozitif ideal sonuç ve bulanık negatif ideal sonuç belirlenir.

Bulanık pozitif ideal sonuç Eş. 3.19'a göre;

$$A^* = [(1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1)]$$

Bulanık negatif ideal sonuç Eş. 3.20'ye göre;

$$A^- = [(0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0)]$$

7. adımda iki bulanık sayının birbirine uzaklığı Eş. 3.23'e göre hesaplanır ve Çizelge 3.9 oluşturulur. Çizelge 3.9'daki değerler aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{1}{3} [(1-0,41)^2 + (1-0,71)^2 + (1-0,96)^2] \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{3} [(1-0,45)^2 + (1-0,7)^2 + (1-0,9)^2] \right)^{\frac{1}{2}} \\ &+ \left(\frac{1}{3} [(1-0,44)^2 + (1-0,72)^2 + (1-0,9)^2] \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{3} [(1-0,75)^2 + (1-0,97)^2 + (1-1)^2] \right)^{\frac{1}{2}} \\ &+ \left(\frac{1}{3} [(1-0,13)^2 + (1-0,32)^2 + (1-0,58)^2] \right)^{\frac{1}{2}} = 2,10 \end{aligned}$$

Geri kalanlarda bu şekilde bulunup Çizelge 3.9'a yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.9. Her alternatifin ideal sonuçlara uzaklığı

	A^*	A^-
A_1	2,10	3,45
A_2	1,24	4,13
A_3	1,59	3,85

8. adımda her alternatifin yakınlık kat sayıları Eş. 3.24'e göre hesaplanır ve sonrasında seçim yapılır.

$$CC_1 = \frac{3,45}{2,10 + 3,45} = 0,62 \quad CC_2 = \frac{4,13}{1,24 + 4,13} = 0,77 \quad CC_3 = \frac{3,85}{1,59 + 3,85} = 0,71$$

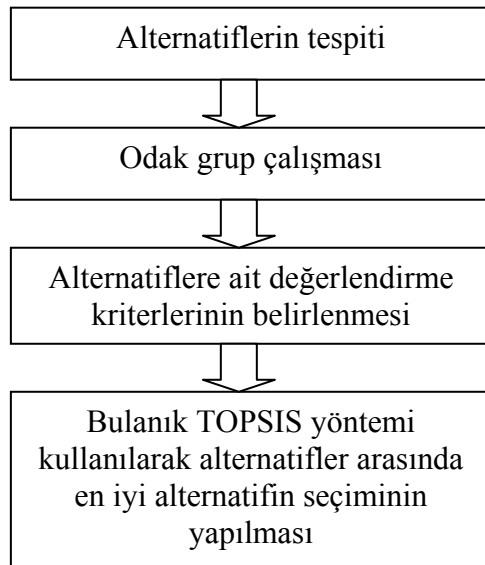
Seçimimiz en yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatif A_2 'dir

4. UYGULAMA

4.1. Uygulama Kapsamı

Bu proje kapsamında, mp3 çalarların kullanılabilirliğinin incelenmesi amacıyla 13 adet mp3 çalar seçilmiş, mp3 çalarların kullanılabilirliğinde geçerli olan kriterler belirlenmiş ve belirlenen bu kriterler doğrultusunda bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak en iyi alternatif tespit edilmiştir.

Uygulama adımları Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1 Uygulama bölümünde izlenecek adımlar

4.1.1 Mp3 çalar nedir?

Dijital ses çalıcının yaygın olarak kullanılan ismidir. Ses dosyalarını depolayıp organize eden aletlerdir. En çok tercih edilen ve yaygın ses formatı mp3 olduğundan bu aletlere mp3 çalar denmektedir.

Tez çalışması kapsamında uygulama alanı olarak mp3 çalarların tercih edilme sebebini gerek bu ürünlerin kullanıcı kitlesinin giderek artması gerek ürün

çeşitliliğinin çok olması gerekse literatürde bu konuda yapılmış bir çalışma bulunmaması şeklinde açıklayabiliriz.

4.2. Odak Grup Çalışması

Han ve arkadaşları, 2000 yılında yaptıkları çalışmada, elektronik tüketim malları için ürün arayüz unsurlarının ürün performansı ve görüntü üzerindeki etkisini modellemişlerdir [34]. Bu boyutlar tüm elektronik tüketim malları için geçerlidir. Farklı ürünlerin kullanılabilirlik çalışması yapılacağı zaman bu ürünlere uygun kriterlerin seçilmesi, uygun olmayanların ise elenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde çıkan sonuçlar anlamlı olmayacaktır. Örneğin bir cep telefonu için şeklin tanımlanması kategorisinden yalınlık/zariflik kriteri önem kazanırken, bir araba için lükslük kriteri önemli olmaktadır.

Mp3 çalarların kullanılabilirliğinde etkili olan kriterleri belirlemede odak grup çalışmasından faydalanılmıştır. 11/04/2006 ve 18/04/2006 tarihlerinde iki oturum halinde toplantılar yapılmıştır. Toplantı katılımcıları yedi kişi olup, potansiyel mp3 kullanıcıları ya da ileride kullanma olasılığı yüksek olan insanlardan seçilmiştir.

Toplantı ortamında, kullanılabilirlik çalışmasına konu olan 13 adet mp3 çalar bulundurulmuş, katılımcıların bu ürünleri teker teker incelemesi sağlanmıştır.

İlk oturumda, daha önce Han ve arkadaşları tarafından belirlenen kriterlerin [34] birer kopyaları katılımcılara dağıtılmış, onlara yöneltilen sorular sonucu mp3 çalarlar için önemli olan kriterler belirlenmiştir.

İkinci oturumda ise, ilk oturumda belirlenen performans ve görüntü boyutlarının yanısıra, kullanıcıların eklemek istedikleri başka bir boyut olup olmadığı tartışılmıştır. Burdan çıkan sonuca göre, mp3 çalarların kullanılabilirliğinde, performans boyutu altında teknik özelliklerin de (hafıza, ses kalitesi, batarya ömrü, veri işleme vb.) dikkate alınması gerektiğine karar verilmiştir. Yapılan iki oturum sonucunda, mp3 çalarların kullanılabilirliğinde önemli olan kriterler belirlenmiştir.

4.2.1. Belirlenen kriterlerin açıklamaları

Doğruluk : Cismin yarattığı algının kendi algımıza olan uygunluğu

Biçimlik/Estetik : Renk ve biçimin psikolojide uyandırdığı hazın kavramaya olan etkisi

Basitlik : Karmaşıklıktan uzak olma durumu

Öğrenilebilirlik : Herhangi bir konuda bilgi sahibi olmanın kolaylığı

Etkililik : İstenilen amacı yerine getirme başarısı

Etkinlik : İstenilen amaç yerine getirilirkenki performans

Hata Engelleme : Hatalı davranış sonrası karşılaşılabilecek olumsuzlukları engelleme başarısı

Teknik Özellik : Hafıza, ses, batarya özelliği ve veri işleme hızı bakımından cihazın sahip olduğu özellikler

Tasarım Görüntüsü : Cismin benzerlerine göre sahip olduğu özgünlük, fark

Kolaylık : Kullanımı kolaylaştıran unsurların miktarı

Çekicilik : Cismin kullanıcı üzerinde yarattığı çekim, sahip olma isteği

Tatmin : Cisim ile ilgili hislerin doyuma ulaşma miktarı

4.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi ile En İyi Alternatifin Seçimi

13 farklı mp3 çalar için odak grup çalışması sonucu belirlenen kriter özellikleri Çizelge 4.1'deki gibi sunulmuştur. Kriter ağırlıkları dilsel olarak Çizelge 4.2'deki gibi sunulmuştur. Alternatif mp3 çalarlar için dilsel değişkenlerde Çizelge 4.3'deki gibi sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Mp3 çalar kriterleri

S1	Doğruluk	S7	Hata Engelleme
S2	Biçimlik/Estetiklik	S8	Teknik Özellik
S3	Basitlik	S9	Tasarım Görüntüsü
S4	Öğrenilebilirlik	S10	Kolaylık
S5	Etkililik	S11	Çekicilik
S6	Etkinlik	S12	Tatmin

Çizelge 4.2. Kriter ağırlıkları

Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0,1)
Düşük (D)	(0, 0,1, 0.3)
Orta Düşük (OD)	(0,1, 0,3, 0.5)
Orta (O)	(0,3, 0,5, 0,7)
Orta Yüksek (OY)	(0,5, 0,7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0,7, 0,9, 1,0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0,9, 1,0, 1,0)

Çizelge 4.3. Alternatif mp3 çalarlar için dilsel değişkenler

Çok Az (ÇA)	(0,0,1)
Az (A)	(0,1,3)
Orta Az (OA)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

22 karar vericinin yaptıkları bireysel değerlendirmeler sonucunda kriterlerin ortalama önem ağırlıkları önce dilsel olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Karar vericilere göre kriterlerin dilsel ağırlıklarının belirlenmesi

	Dilsel Önem Ağırlıkları															
Kriterler	K1	K2	K3	K4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	K22
S1	OD	O	OD	D	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S2	OY	O	Y	OY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S3	D	O	OD	O	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S10	O	OD	OY	O	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S11	Y	O	OD	OY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S12	OD	O	OD	O	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Kriterlerin ortalama önem ağırlıkları dilsel olarak tespit edildikten sonra kriterlerin bulanık ağırlık dereceleri Eş. 3.13'e göre;

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [w_j^{-1}(+)w_j^{-2}(+).....(+)w_j^K] \quad (3.13)$$

eşitliği ile hesaplanmış ve kriterlerin bulanık ağırlık dereceleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Karar vericilere göre kriterlerin ortalama bulanık ağırlık dereceleri

Kriterler	Ortalama Önem Ağırlıkları / W~j
S1	(0,18, 0,30, 0,42)
S2	(0,41, 0,69, 0,96)
S3	(0,18, 0,30, 0,42)
S4	(0,20, 0,33, 0,46)
S5	(0,32, 0,54, 0,76)
S6	(0,29, 0,48, 0,67)
S7	(0,20, 0,33, 0,46)
S8	(0,45, 0,75, 1)
S9	(0,40, 0,66, 0,92)
S10	(0,31, 0,51, 0,71)
S11	(0,40, 0,66, 0,92)
S12	(0,27, 0,45, 0,63)

Aynı şekilde 22 kullanıcı için 13 alternatif mp3 çalara yönelik olarak öncelikle kriterlerin dilsel değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Karar vericilere göre her bir alternatif için kriterlerin ağırlıklarının dilsel olarak belirlenmesi

[illegible]

Çizelge 4.6.(Devam) Karar vericilere göre her bir alternatif için kriterlerin ağırlıklarının dilsel olarak belirlenmesi

S2	Ü1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Ü13	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Karar vericiler tarafından her bir alternatif için kriterlere verilen dilsel değişkenler, her bir alternatif için Eş. 3.14'e göre yapılan hesaplamalarla bulanık ağırlıklara dönüştürülmüş ve Çizelge 4.7'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıkları

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Ü1	(6,3, 8,1, 9,1)	(6,5, 8,3, 9,3)	(6,0, 7,7, 8,6)	(6,7, 8,6, 9,6)	(5,3, 6,8, 7,6)	(5,1, 6,6, 7,3)
Ü2	(6,5, 8,3, 9,3)	(6,1, 7,8, 8,7)	(6,0, 7,7, 8,6)	(6,3, 8,1, 9,0)	(5,9, 7,6, 8,5)	(5,9, 7,6, 8,4)
Ü3	(5,8, 7,5, 8,4)	(6,0, 7,7, 8,6)	(5,1, 6,6, 7,3)	(5,8, 7,5, 8,3)	(5,0, 6,4, 7,1)	(4,6, 6,0, 6,6)
Ü4	(5,8, 7,4, 8,3)	(5,6, 7,2, 8,0)	(5,3, 6,8, 7,5)	(6,0, 7,7, 8,6)	(4,7, 6,1, 6,8)	(4,3, 5,6, 6,2)
Ü5	(4,6, 5,9, 6,6)	(5,1, 6,6, 7,3)	(5,0, 6,5, 7,2)	(5,2, 6,7, 7,5)	(5,6, 7,2, 8,0)	(5,0, 6,5, 7,2)
Ü6	(5,0, 6,5, 7,2)	(5,3, 6,8, 7,5)	(5,0, 6,5, 7,2)	(5,7, 7,4, 8,2)	(6,0, 7,7, 8,6)	(5,6, 7,2, 8,0)
Ü7	(6,3, 8,1, 9,1)	(6,6, 8,5, 9,5)	(6,3, 8,1, 9,0)	(6,7, 8,6, 9,6)	(6,5, 8,4, 9,4)	(6,3, 8,1, 9,0)
Ü8	(6,0, 7,7, 8,6)	(6,3, 8,1, 9,0)	(6,2, 7,9, 8,8)	(6,6, 8,4, 9,4)	(6,3, 8,1, 9,1)	(6,0, 7,8, 8,6)
Ü9	(5,7, 7,3, 8,1)	(5,9, 7,6, 8,5)	(5,7, 7,3, 8,1)	(5,9, 7,6, 8,4)	(6,0, 7,7, 8,6)	(5,5, 7,1, 7,8)
Ü10	(6,2, 7,9, 8,8)	(6,6, 8,5, 9,5)	(6,6, 8,5, 9,5)	(7, 9, 10)	(6,9, 8,8, 9,8)	(7, 9, 10)
Ü11	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(6,9, 8,9, 9,8)	(6,9, 8,8, 9,8)	(6,6, 8,5, 9,4)
Ü12	(6,3, 8,1, 9,1)	(6,7, 8,7, 9,6)	(6,5, 8,3, 9,3)	(6,8, 8,7, 9,7)	(7, 9, 10)	(6,3, 8,1, 9,0)
Ü13	(5,9, 7,6, 8,5)	(6,3, 8,1, 9,0)	(6,3, 8,1, 9,0)	(6,7, 8,6, 9,6)	(6,4, 8,2, 9,2)	(6,2, 8, 8,8)
W~j	(0,18, 0,3, 0,42)	(0,41, 0,69, 0,96)	(0,18, 0,30, 0,42)	(0,20, 0,33, 0,46)	(0,32, 0,54, 0,76)	(0,29, 0,48, 0,67)

Çizelge 4.7.(Devam) Bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıkları

	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Ü1	(4,5, 5,8, 6,5)	(4,4, 5,7, 6,3)	(4,4, 5,7, 6,3)	(6,2, 7,9, 8,8)	(4,4, 5,6, 6,3)	(4,7, 6,1, 6,8)
Ü2	(5,6, 7,3, 8,1)	(6,3, 8,1, 9,0)	(5,5, 7,1, 7,9)	(6,2, 7,9, 8,8)	(5,9, 7,6, 8,4)	(5,4, 7,0, 7,8)
Ü3	(5,7, 7,4, 8,2)	(4,3, 5,5, 6,1)	(4,2, 5,4, 6,0)	(5,5, 7,1, 7,9)	(3,2, 4,1, 4,6)	(3,9, 5,1, 5,7)
Ü4	(4,9, 6,3, 7,0)	(4,4, 5,6, 6,3)	(4,3, 5,5, 6,1)	(5,3, 6,8, 7,5)	(3,5, 4,5, 5)	(4,1, 5,3, 5,9)
Ü5	(5,7, 7,4, 8,2)	(5,0, 6,5, 7,2)	(5,7, 7,4, 8,2)	(5,5, 7,1, 7,9)	(4,7, 6,1, 6,8)	(4,9, 6,4, 7,1)
Ü6	(5,9, 7,6, 8,4)	(5,5, 7,0, 7,8)	(6,7, 8,6, 9,6)	(6,2, 8,0, 8,9)	(6,1, 7,9, 8,8)	(5,3, 6,9, 7,6)
Ü7	(6,7, 8,6, 9,6)	(7, 9, 10)	(6,2, 7,9, 8,8)	(6,6, 8,4, 9,4)	(5,9, 7,6, 8,4)	(6,3, 8,1, 9,1)
Ü8	(6,3, 8,1, 9,0)	(5,9, 7,6, 8,4)	(6,5, 8,4, 9,3)	(6,6, 8,4, 9,4)	(5,8, 7,5, 8,3)	(6,1, 7,9, 8,7)
Ü9	(5,8, 7,5, 8,3)	(5,1, 6,5, 7,3)	(6,0, 7,7, 8,6)	(5,8, 7,5, 8,4)	(5,4, 6,9, 7,7)	(5,0, 6,5, 7,2)
Ü10	(6,9, 8,8, 9,8)	(6,9, 8,9, 9,9)	(6,9, 8,8, 9,8)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Ü11	(6,5, 8,4, 9,4)	(6,6, 8,5, 9,4)	(7, 9, 10)	(6,9, 8,9, 9,8)	(6,4, 8,3, 9,2)	(6,7, 8,6, 9,6)
Ü12	(7, 9, 10)	(6,7, 8,6, 9,5)	(6,9, 8,9, 9,9)	(6,3, 8,1, 9,0)	(6,1, 7,9, 8,8)	(6,6, 8,5, 9,4)
Ü13	(6,4, 8,2, 9,1)	(6,2, 8,0, 8,9)	(6,6, 8,6, 9,5)	(6,8, 8,7, 9,7)	(5,6, 7,2, 8,0)	(6,0, 7,8, 8,6)
W~j	(0,2, 0,33, 0,46)	(0,45, 0,75, 1)	(0,40, 0,66, 0,92)	(0,31, 0,51, 0,71)	(0,40, 0,66, 0,92)	(0,27, 0,45, 0,63)

Çizelge 4.7’de bulduğumuz bulanık ağırlıkları Eş. 3.15’e göre normalize ederek Çizelge 4.8’deki normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

Normalizasyon işlemleri şu şekilde yapılır;

$$\ddot{U}_1S_1 = (6,3/10, 8,1/10, 9,1/10) = (0,63, 0,81, 0,91)$$

$$\ddot{U}_1S_2 = (6,5/10, 8,3/10, 9,3/10) = (0,65, 0,83, 0,93)$$

$$\ddot{U}_1S_3 = (6,0/10, 7,7/10, 8,6/10) = (0,60, 0,77, 0,86)$$

$$\ddot{U}_1S_4 = (6,7/10, 8,6/10, 9,6/10) = (0,67, 0,86, 0,96)$$

$$\ddot{U}_1S_5 = (5,3/10, 6,8/10, 7,6/10) = (0,53, 0,68, 0,76)$$

$$\ddot{U}_1S_6 = (5,1/10, 6,6/10, 7,3/10) = (0,51, 0,66, 0,73)$$

$$\ddot{U}_1S_7 = (4,5/10, 5,8/10, 6,5/10) = (0,45, 0,58, 0,65)$$

$$\ddot{U}_1S_8 = (4,4/10, 5,7/10, 6,3/10) = (0,44, 0,57, 0,63)$$

$$\ddot{U}_1S_9 = (4,4/10, 5,7/10, 6,3/10) = (0,44, 0,57, 0,63)$$

$$\ddot{U}_1S_{10} = (6,2/10, 7,9/10, 8,8/10) = (0,62, 0,79, 0,88)$$

$$\ddot{U}_1S_{11} = (4,4/10, 5,6/10, 6,3/10) = (0,44, 0,56, 0,63)$$

$$\ddot{U}_1S_{12} = (4,7/10, 6,1/10, 6,8/10) = (0,47, 0,61, 0,68)$$

Alternatif mp3 çalarlar için bu hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 4.8’e aktarılmıştır.

Çizelge 4.8. Bulanık normalize edilmiş karar matrisi

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Ü1	(0,63, 0,81, 0,91)	(0,65, 0,83, 0,93)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,67, 0,86, 0,96)	(0,53, 0,68, 0,76)	(0,51, 0,66, 0,73)
Ü2	(0,65, 0,83, 0,93)	(0,61, 0,78, 0,87)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,59, 0,76, 0,85)	(0,59, 0,76, 0,84)
Ü3	(0,58, 0,75, 0,84)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,51, 0,66, 0,73)	(0,58, 0,75, 0,83)	(0,50, 0,64, 0,71)	(0,46, 0,60, 0,66)
Ü4	(0,58, 0,74, 0,83)	(0,56, 0,72, 0,80)	(0,53, 0,68, 0,75)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,47, 0,61, 0,68)	(0,43, 0,56, 0,62)
Ü5	(0,46, 0,59, 0,66)	(0,51, 0,66, 0,73)	(0,50, 0,65, 0,72)	(0,52, 0,67, 0,75)	(0,56, 0,72, 0,80)	(0,50, 0,65, 0,72)
Ü6	(0,50, 0,65, 0,72)	(0,53, 0,68, 0,75)	(0,50, 0,65, 0,72)	(0,57, 0,74, 0,82)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,56, 0,72, 0,80)
Ü7	(0,63, 0,81, 0,91)	(0,66, 0,85, 0,95)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,67, 0,86, 0,96)	(0,65, 0,84, 0,94)	(0,63, 0,81, 0,90)
Ü8	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,62, 0,79, 0,88)	(0,66, 0,84, 0,94)	(0,63, 0,81, 0,91)	(0,60, 0,78, 0,86)
Ü9	(0,57, 0,73, 0,81)	(0,59, 0,76, 0,85)	(0,57, 0,73, 0,81)	(0,59, 0,76, 0,84)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,55, 0,71, 0,78)
Ü10	(0,62, 0,79, 0,88)	(0,66, 0,85, 0,95)	(0,66, 0,85, 0,95)	(0,7, 0,9, 1)	(0,69, 0,88, 0,98)	(0,7, 0,9, 1)
Ü11	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)	(0,69, 0,89, 0,98)	(0,69, 0,88, 0,98)	(0,66, 0,85, 0,94)
Ü12	(0,63, 0,81, 0,91)	(0,67, 0,87, 0,96)	(0,65, 0,83, 0,93)	(0,68, 0,87, 0,97)	(0,7, 0,9, 1)	(0,63, 0,81, 0,90)
Ü13	(0,59, 0,76, 0,85)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,67, 0,86, 0,96)	(0,64, 0,82, 0,92)	(0,62, 0,8, 0,88)
	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Ü1	(0,45, 0,58, 0,65)	(0,44, 0,57, 0,63)	(0,44, 0,57, 0,63)	(0,62, 0,79, 0,88)	(0,44, 0,56, 0,63)	(0,47, 0,61, 0,68)
Ü2	(0,56, 0,73, 0,81)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,55, 0,71, 0,79)	(0,62, 0,79, 0,88)	(0,59, 0,76, 0,84)	(0,54, 0,70, 0,78)
Ü3	(0,57, 0,74, 0,82)	(0,43, 0,55, 0,61)	(0,42, 0,54, 0,60)	(0,55, 0,71, 0,79)	(0,32, 0,41, 0,46)	(0,39, 0,51, 0,57)
Ü4	(0,49, 0,63, 0,70)	(0,44, 0,56, 0,63)	(0,43, 0,55, 0,61)	(0,53, 0,68, 0,75)	(0,35, 0,45, 0,5)	(0,41, 0,53, 0,59)
Ü5	(0,57, 0,74, 0,82)	(0,50, 0,65, 0,72)	(0,57, 0,74, 0,82)	(0,55, 0,71, 0,79)	(0,47, 0,61, 0,68)	(0,49, 0,64, 0,71)
Ü6	(0,59, 0,76, 0,84)	(0,55, 0,70, 0,78)	(0,67, 0,86, 0,96)	(0,62, 0,80, 0,89)	(0,61, 0,79, 0,88)	(0,53, 0,69, 0,76)
Ü7	(0,67, 0,86, 0,96)	(0,7, 0,9, 1)	(0,62, 0,79, 0,88)	(0,66, 0,84, 0,94)	(0,59, 0,76, 0,84)	(0,63, 0,81, 0,91)
Ü8	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,59, 0,76, 0,84)	(0,65, 0,84, 0,93)	(0,66, 0,84, 0,94)	(0,58, 0,75, 0,83)	(0,61, 0,79, 0,87)
Ü9	(0,58, 0,75, 0,83)	(0,51, 0,65, 0,73)	(0,60, 0,77, 0,86)	(0,58, 0,75, 0,84)	(0,54, 0,69, 0,77)	(0,50, 0,65, 0,72)
Ü10	(0,69, 0,88, 0,98)	(0,69, 0,89, 0,99)	(0,69, 0,88, 0,98)	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)	(0,7, 0,9, 1)
Ü11	(0,65, 0,84, 0,94)	(0,66, 0,85, 0,94)	(0,7, 0,9, 1)	(0,69, 0,89, 0,98)	(0,64, 0,83, 0,92)	(0,67, 0,86, 0,96)
Ü12	(0,7, 0,9, 1)	(0,67, 0,86, 0,95)	(0,69, 0,89, 0,99)	(0,63, 0,81, 0,90)	(0,61, 0,79, 0,88)	(0,66, 0,85, 0,94)
Ü13	(0,64, 0,82, 0,91)	(0,62, 0,80, 0,89)	(0,66, 0,86, 0,95)	(0,68, 0,87, 0,97)	(0,56, 0,72, 0,80)	(0,60, 0,78, 0,86)

Bundan sonraki aşamada ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin değerleri Eş. 3.18'e göre bulunur.

$$V_{11} = (0,63*0,18, 0,81*0,30, 0,91*0,42) = (0,11, 0,24, 0,38)$$

$$V_{12} = (0,65*0,41, 0,83*0,69, 0,93*0,96) = (0,26, 0,57, 0,89)$$

$$V_{13} = (0,60*0,18, 0,77*0,30, 0,86*0,42) = (0,10, 0,23, 0,36)$$

$$V_{14} = (0,67*0,20, 0,86*0,33, 0,96*0,46) = (0,13, 0,28, 0,44)$$

$$V_{15} = (0,53*0,32, 0,68*0,54, 0,76*0,76) = (0,16, 0,36, 0,57)$$

$$V_{16} = (0,51*0,29, 0,66*0,48, 0,73*0,67) = (0,14, 0,31, 0,48)$$

$$V_{17} = (0,45*0,20, 0,58*0,33, 0,65*0,46) = (0,09, 0,19, 0,29)$$

$$V_{18} = (0,44*0,45, 0,57*0,75, 0,63*1,00) = (0,19, 0,42, 0,63)$$

$$V_{19} = (0,44*0,40, 0,57*0,66, 0,63*0,92) = (0,17, 0,37, 0,57)$$

$$V_{110} = (0,62*0,31, 0,79*0,51, 0,88*0,71) = (0,19, 0,40, 0,62)$$

$$V_{111} = (0,44*0,40, 0,56*0,66, 0,63*0,92) = (0,17, 0,36, 0,57)$$

$$V_{112} = (0,47*0,27, 0,61*0,45, 0,68*0,63) = (0,12, 0,27, 0,42)$$

Diğer mp3 çalarlar için de aynı işlemler yapılarak ağırlıklandırılmış normalize değerler bulunmuş ve Çizelge 4.9'a aktarılmıştır.

Çizelge 4.9. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Ü1	(0,11, 0,24, 0,38)	(0,26, 0,57, 0,89)	(0,10, 0,23, 0,36)	(0,13, 0,28, 0,44)	(0,16, 0,36, 0,57)	(0,14, 0,31, 0,48)
Ü2	(0,11, 0,24, 0,39)	(0,25, 0,53, 0,83)	(0,10, 0,23, 0,36)	(0,12, 0,26, 0,41)	(0,18, 0,41, 0,64)	(0,17, 0,36, 0,56)
Ü3	(0,10, 0,22, 0,35)	(0,24, 0,53, 0,82)	(0,09, 0,19, 0,30)	(0,11, 0,24, 0,38)	(0,16, 0,34, 0,53)	(0,13, 0,28, 0,44)
Ü4	(0,10, 0,22, 0,34)	(0,22, 0,49, 0,76)	(0,09, 0,20, 0,31)	(0,12, 0,25, 0,39)	(0,15, 0,32, 0,51)	(0,12, 0,26, 0,41)
Ü5	(0,08, 0,17, 0,27)	(0,20, 0,45, 0,70)	(0,09, 0,19, 0,30)	(0,10, 0,22, 0,34)	(0,17, 0,38, 0,60)	(0,14, 0,31, 0,48)
Ü6	(0,09, 0,19, 0,30)	(0,21, 0,46, 0,72)	(0,09, 0,19, 0,30)	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,19, 0,41, 0,65)	(0,16, 0,34, 0,53)
Ü7	(0,11, 0,24, 0,38)	(0,27, 0,58, 0,91)	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,13, 0,28, 0,44)	(0,20, 0,45, 0,71)	(0,18, 0,38, 0,60)
Ü8	(0,10, 0,23, 0,36)	(0,25, 0,55, 0,86)	(0,11, 0,23, 0,36)	(0,13, 0,27, 0,43)	(0,20, 0,43, 0,69)	(0,17, 0,37, 0,57)
Ü9	(0,10, 0,21, 0,34)	(0,24, 0,52, 0,81)	(0,10, 0,21, 0,34)	(0,11, 0,25, 0,38)	(0,19, 0,41, 0,65)	(0,15, 0,34, 0,52)
Ü10	(0,11, 0,23, 0,36)	(0,27, 0,58, 0,91)	(0,11, 0,25, 0,39)	(0,14, 0,29, 0,46)	(0,22, 0,47, 0,74)	(0,20, 0,43, 0,67)
Ü11	(0,12, 0,27, 0,42)	(0,28, 0,62, 0,96)	(0,12, 0,27, 0,42)	(0,13, 0,29, 0,45)	(0,22, 0,47, 0,74)	(0,19, 0,40, 0,62)
Ü12	(0,11, 0,24, 0,38)	(0,27, 0,60, 0,92)	(0,11, 0,24, 0,39)	(0,13, 0,28, 0,44)	(0,22, 0,48, 0,76)	(0,18, 0,38, 0,60)
Ü13	(0,10, 0,22, 0,35)	(0,25, 0,55, 0,86)	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,13, 0,28, 0,44)	(0,20, 0,44, 0,69)	(0,17, 0,38, 0,58)
	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Ü1	(0,09, 0,19, 0,29)	(0,19, 0,42, 0,63)	(0,17, 0,37, 0,57)	(0,19, 0,40, 0,62)	(0,17, 0,36, 0,57)	(0,12, 0,27, 0,42)
Ü2	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,28, 0,60, 0,9)	(0,22, 0,46, 0,72)	(0,19, 0,40, 0,62)	(0,23, 0,50, 0,77)	(0,14, 0,31, 0,49)
Ü3	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,19, 0,41, 0,61)	(0,16, 0,35, 0,55)	(0,17, 0,36, 0,56)	(0,12, 0,27, 0,42)	(0,10, 0,22, 0,35)
Ü4	(0,09, 0,20, 0,32)	(0,19, 0,42, 0,63)	(0,17, 0,36, 0,56)	(0,16, 0,34, 0,53)	(0,14, 0,29, 0,46)	(0,11, 0,23, 0,37)
Ü5	(0,11, 0,24, 0,37)	(0,22, 0,48, 0,72)	(0,22, 0,48, 0,75)	(0,17, 0,36, 0,56)	(0,18, 0,40, 0,62)	(0,13, 0,28, 0,44)
Ü6	(0,11, 0,25, 0,38)	(0,24, 0,52, 0,78)	(0,26, 0,56, 0,88)	(0,19, 0,40, 0,63)	(0,24, 0,52, 0,80)	(0,14, 0,31, 0,47)
Ü7	(0,13, 0,28, 0,44)	(0,31, 0,67, 1)	(0,24, 0,52, 0,80)	(0,20, 0,42, 0,66)	(0,23, 0,50, 0,77)	(0,17, 0,36, 0,57)
Ü8	(0,12, 0,26, 0,41)	(0,26, 0,57, 0,84)	(0,26, 0,55, 0,85)	(0,20, 0,42, 0,66)	(0,23, 0,49, 0,76)	(0,16, 0,35, 0,54)
Ü9	(0,11, 0,24, 0,38)	(0,22, 0,48, 0,73)	(0,24, 0,50, 0,79)	(0,17, 0,38, 0,59)	(0,21, 0,45, 0,70)	(0,13, 0,29, 0,45)
Ü10	(0,13, 0,29, 0,45)	(0,31, 0,66, 0,99)	(0,27, 0,58, 0,90)	(0,21, 0,45, 0,71)	(0,28, 0,59, 0,92)	(0,18, 0,40, 0,63)
Ü11	(0,13, 0,27, 0,43)	(0,29, 0,63, 0,94)	(0,28, 0,59, 0,92)	(0,21, 0,45, 0,69)	(0,25, 0,54, 0,84)	(0,18, 0,38, 0,60)
Ü12	(0,14, 0,29, 0,46)	(0,30, 0,64, 0,95)	(0,27, 0,58, 0,91)	(0,19, 0,41, 0,63)	(0,24, 0,52, 0,80)	(0,17, 0,38, 0,59)
Ü13	(0,12, 0,27, 0,41)	(0,27, 0,6, 0,89)	(0,26, 0,56, 0,87)	(0,21, 0,44, 0,68)	(0,22, 0,47, 0,73)	(0,16, 0,35, 0,54)

Bu noktada bulanık pozitif ideal sonuç Eş. 3.19'a göre ve bulanık negatif ideal sonuç Eş. 3.20'ye göre belirlenir.

Bulanık pozitif ideal sonuç ve bulanık negatif ideal sonuç:

$$\ddot{U}^+ = [(1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1)]$$

$$\ddot{U}^- = [(0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0)]$$

Sonraki adımda alternatif mp3 çalarların sahip oldukları ağırlıklandırılmış normalize bulanık değerlerle pozitif ve negatif ideal bulanık değerlerin birbirlerine olan uzaklıkları Eş. 3.23 'e göre;

12

$$\ddot{U}_i \ddot{U}^+ = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j) \quad \text{eşitliği ile hesaplanır.}$$

$$\begin{aligned} \ddot{U}_1 \ddot{U}^+ = & \{1/3 * [(1-0,11)^2 + (1-0,24)^2 + (1-0,11)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,26)^2 + (1-0,57)^2 + (1-0,89)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,10)^2 + (1-0,23)^2 + (1-0,36)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,13)^2 + (1-0,28)^2 + (1-0,44)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,16)^2 + (1-0,36)^2 + (1-0,57)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,14)^2 + (1-0,31)^2 + (1-0,48)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,09)^2 + (1-0,19)^2 + (1-0,29)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,19)^2 + (1-0,42)^2 + (1-0,63)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,17)^2 + (1-0,37)^2 + (1-0,57)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,19)^2 + (1-0,40)^2 + (1-0,62)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,17)^2 + (1-0,36)^2 + (1-0,57)^2]\}^{1/2} + \\ & \{1/3 * [(1-0,12)^2 + (1-0,27)^2 + (1-0,42)^2]\}^{1/2} = 8,22 \end{aligned}$$

Tüm alternatifler için bu işlemler uygulandığında alternatiflerin ideal sonuçlara olan uzaklıkları Çizelge 4.10'daki gibi bulunur.

Çizelge 4.10. Her alternatifin ideal sonuçlara olan uzaklığı

	A+	A-
Ü1	8,22	4,40
Ü2	7,77	5,00
Ü3	8,52	4,02
Ü4	8,57	3,95
Ü5	8,26	4,35
Ü6	7,91	4,82
Ü7	7,48	5,41
Ü8	7,62	5,19
Ü9	7,98	4,72
Ü10	7,24	5,75
Ü11	7,27	5,69
Ü12	7,38	5,54
Ü13	7,58	5,25

Alternatiflerin ideal sonuçlara olan uzaklıkları da bulunduktan sonra, her bir alternatif için yakınlık katsayıları Eş. 3.24'e göre hesaplanır ve bu katsayılar göre alternatifler arasından bir seçim yapılır.

$$\ddot{U}_1 = 4,40 / (8,22 + 4,40) = 0,348$$

$$\ddot{U}_2 = 5,00 / (7,77 + 5,00) = 0,391$$

$$\ddot{U}_3 = 4,02 / (8,52 + 4,02) = 0,320$$

$$\ddot{U}_4 = 3,95 / (8,57 + 3,95) = 0,316$$

$$\ddot{U}_5 = 4,35 / (8,26 + 4,35) = 0,345$$

$$\ddot{U}_6 = 4,82 / (7,91 + 4,82) = 0,379$$

$$\ddot{U}_7 = 5,41 / (7,48 + 5,41) = 0,420$$

$$\ddot{U}_8 = 5,19 / (7,62 + 5,19) = 0,405$$

$$\ddot{U}_9 = 4,72 / (7,98 + 4,72) = 0,372$$

$$\ddot{U}_{10} = 5,75 / (7,24 + 5,75) = 0,443$$

$$\ddot{U}_{11} = 5,69 / (7,27 + 5,69) = 0,439$$

$$\ddot{U}_{12} = 5,54 / (7,38 + 5,54) = 0,429$$

$$\ddot{U}_{13} = 5,25 / (7,58 + 5,25) = 0,409$$

Seçim yaparken en yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatif bizim seçimimiz olacaktır. Bu örnekteki sonuçlara göre alternatiflerin katsayıları $\ddot{U}_{10} > \ddot{U}_{11} > \ddot{U}_{12} > \ddot{U}_7 > \ddot{U}_{13} > \ddot{U}_8 > \ddot{U}_2 > \ddot{U}_6 > \ddot{U}_9 > \ddot{U}_1 > \ddot{U}_5 > \ddot{U}_3 > \ddot{U}_4$ şeklinde sıralanmaktadırlar. Dolayısıyla bizim seçimimiz $\ddot{U}_{10}$ alternatifi olacaktır (Resim 4.1).



Resim 4.1. Alternatif ürünler arasında kullanılabilirlik bakımından en iyi ürün

Ayrıca TOPSIS değerlerine göre yukarıda yapılan sıralamaya göre mp3 çalarları kullanılabilirlik açısından gruplandırarak olursak 10, 11, 12 ve 7 numaralı alternatifler en kullanışlı olan mp3 çalarlar, 13, 8, 2 ve 6 numaralı alternatifler normal kullanışlı olan mp3 çalarlar ve 9, 1, 5, 3 ve 4 numaralı alternatifler de en az kullanışlı olan mp3 çalarlar şeklinde gruplandırılır.

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışma kapsamında öncelikli olarak son yıllarda önemi hızla artan ve gelişen piyasa koşullarında firmaların birbirleriyle rekabet edebilmeleri için göz önünde bulundurmaları gereken önemli unsurlardan biri haline gelen kullanılabilirlik kavramı incelenmiştir.

Çalışmamız kapsamında ortaya çıkan en önemli sonuç ağır rekabet koşullarının firmaları müşteri odaklı üretim yapmaya zorunlu hale getirdiği gerçeğidir. Bunun sonucunda firmaların üretimlerini müşteri odaklı yapmalarının zorunlu hale gelmesiyle üretilen ürünler için ürün kullanılabilirliği hususu ön plana çıkmaktadır. Bundan böyle yaptıkları üretim faaliyetlerinde kullanıcı beklenti ve görüşlerini dikkate almayan ve tasarımlarında kullanıcı merkezli tasarım gerçekleştirmeyen firmaların pazarda diğer firmalarla rekabet edebilme şansları hemem hemen hiç olmayacaktır.

Tez kapsamında yapılan uygulama çalışması da anlatılan konuları destekler niteliktedir. Uygulama kapsamında, kullanımı hızla yaygınlaşan ve piyasada çok fazla çeşit ve alternatifiyle karşılaştığımız mp3 çarlardan 13 tanesi seçilmiş ve ürün kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılan ve çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisi olan Bulanık TOPSIS yöntemi ile kullanılabilirlik bakımından en iyi mp3 çalar belirlenmiştir. Yapılan uygulama sonucunda odak grup çalışması neticesinde belirlenmiş olan kriterlere göre alternatif mp3 çalarlar değerlendirilmiş ve gerek tasarım, gerek kullanım kolaylığı gerekse teknik özellikler bakımından kullanıcı beklentilerini en iyi şekilde karşılayan mp3 çalar, kullanılabilirlik bakımından alternatifler arasında en iyi ürün olarak belirlenmiştir.

Literatürde bu konuda daha önceden yapılmış bir çalışma olmaması sebebiyle yapılan çalışma literatüre de bir katkı sağlayacaktır. Literatürde de farklı ürünler için kullanılabilirlikle ilgili yapılmış farklı çalışmalar bulunmakta ve benzer sonuçlar arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bevan, N., "Quality in use: meeting user needs for quality", *The Journal of Systems and Software*, 49(1): 89-96 (1999).
2. Nussbaum, B. and Neff, R., "I can't work this thing", *BusinessWeek*, April 29, 58-66 (1991).
3. Gould, J.D., Lewis, C., "Designing for usability: key principles and what designers think", *Communications of the ACM*, 28 (3): 360-411 (1985).
4. Jordan, P.W., "The four pleasures: Taking human factors beyond usability", *Proceedings of the 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*, Tampere, Finland, 2: 364-366 (1997).
5. Rubin, J., "The Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests", *John Wiley & Sons*, New York, 68-79 (1994).
6. Dumas, J.S. and Redish, J.C., "A Practical Guide to Usability Testing", *Intellect Books*, NJ, 26-35 (1994).
7. Jordan, J.W. , "An introduction to usability", *Taylor & Franchis*, London, 2-5 (1998).
8. Bergquist, K., Abeysekera, J., "Quality function deployment (QFD) – A means for developing usable products", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18:269-275 (1996).
9. 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).
10. Hasdoğan, G., "The role of user models in product design for assessment of user needs", *Design Studies*, 17(1):19-33 (1996).
11. Kroemer, K.H.E., Grandjean, E., "Fitting the task to the human", (5th edition), *Taylor &Franchis*, London, 12-15 (1997).
12. Pheasant, S.T., "Bodyspace: anthropometry, ergonomics and design of work", *Taylor & Franchis*, London, 49-57 (1996).
13. ISO13407:1999, "Human-Centered Design processes for interactive systems", *The International Organization for Standardization*, 24: 52-57 (1999).
14. Kontogiannis, T. and Embrey, D., "User centred design approach for introducing computer based information systems", *Applied Ergonomics* , 28:109-119 (1997).

15. Butters, L.M., Dixon, R.T., “Ergonomics in consumer product evaluation: an evolving process”, ***Applied Ergonomics***, 29(1):55-58 (1998).
16. Lanning, T.R., “Let the user design”, In Karat, J. (ed) Taking software design seriously, practical techniques for human-computer interaction design. ***Academic Press***, San Diego, 127-135 (1991).
17. 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).
18. Scerbo, W.M., “Usability Testing: In Research Techniques in Human Engineering”, Editor Weiner, R., ***Prentice Hall***, 70-72 (1995).
19. Maguire, M. “Methods to support human-centred design”, ***International Journal of Human-Computer Studies***, 55:587-634 (2001).
20. Bennet, J., “Managing to meet usability requirements: establishing and meeting software development goals”. In: Bennet, J., Case, D., Sandelin, J., Smith, M. (Eds.), Visual Display Terminals, ***Prentice-Hall***, NJ, 161-184 (1984).
21. Wixon, D. and Wilson, C., “The usability engineering framework for product design and evaluation”, Ed: M. Helander, ***Handbook of Human-Computer Interaction***, North Holland, Amsterdam, 665-667 (1997).
22. Nielsen, J., “Usability Engineering”. ***AP Professional***, NY, 126-131 (1993).
23. Abran, A., Khelifi, A., and Suryn, W., “Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards”, ***Software Quality Journal***, 11:325–338 (2003).
24. Han, S.H. and Hong, S.W., “A systematic approach for coupling user satisfaction with product design”, ***Ergonomics***, 46(13/14): 1441 – 1461 (2003).
25. Nagamachi, M., “Kansei engineering: a new ergonomic consumer-oriented technology for product development”, ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 15:3-11 (1995).
26. Horiguchi, A. and Suetomi, T., “A Kansei engineering approach to driver/vehicle system”, ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 15:25-37 (1995).
27. 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).
28. Matsubara, Y., Nagamachi, M., “Kansei virtual reality technology and evaluation on kitchen design”, In: Koubek, R.J., Karwowski, W. (Eds.), Manufacturing Agility and Hybrid Automation - I., ***IEA Press***, 81-84 (1996).

29. Ishihara, S., Ishihara, K. and Nagamachi, M., "Kansei analysis of dishwasher design using neural networks", ***Proceedings of the Fifth Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics***, Kitakyushu, Japan, 162-162 (1996).
30. 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).
31. Nakada, K., "Kansei engineering research on the design of construction machinery", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 19:129-146 (1997).
32. 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).
33. 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).
34. 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): 477-88 (2000).
35. Kwahk, J., Han, S.H., "A methodology for evaluating the usability of audiovisual consumer electronics products", ***International Journal of Industrial Ergonomics***, 33: 419-431 (2002).
36. Liu, Y., "Engineering aesthetics and aesthetic ergonomics: Theoretical foundations and a dual process research methodology", ***Ergonomics***, 46(13-14): 1273-1292 (2003).
37. Karlsson, B.S.A., Aronsson, N., Sevansson, K.A., "Using semantic environment description as a tool to evaluate car interiors", ***Ergonomics***, 46(13-14): 1408-1422 (2003).
38. 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).
39. Halimahtun, M.K., Helander, M.G., "A framework for affective customer needs in product design", ***Theoretical Issues in Ergonomics Science***, 5(1): 27-42 (2004).

40. Bloch, P.H., "Seeking the ideal form: Product design and consumer response", *Journal of Marketing*, 59(3): 16-29 (1995).
41. Creusen, M.E.H., Schoormans, J.P.L., "The different roles of product appearance in consumer choice", *The Journal of Product Innovation Management*, 22: 63-81 (2005).
42. Norman, D., "The Psychology of Everyday Things", *Basic Books*, New York, 88-95 (1988).
43. 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 (2005).
44. Chu T.-C. and Lin Y.C., "A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21: 284-290 (2003).
45. Chu.-C., "Slecting Plant Location via a Fuzzy TOPSIS Approach", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20: 859-864 (2002).
46. Chen ve Tung Chen, "Extension of the TOPSIS for group decison-making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, 114: 1-9 (2000).
47. Marcello Braglia, Marco Frosolini ve Roberto Montanari, "Fuzzy TOPSIS Approach for Failure Mode,Effects and Criticality Analysis ",*Quality and Reliability Engineering International*, 19: 425-443 (2003).
48. Tong,Lee-Ing ve Su,Chao-Ton , "Optimizing Multi-Response Problems in the Taguchi Method by Fuzzy Multiple Attribute Decision Making", *Quality and Reliability Engineering International*, 13: 25-34 (1997).
49. Taho Yang ve Pohung Chou, "Solving a Multiresponse Simulation-Optimization Problem with Discrete Variables Using a Multiple-Attribute-Decision-Making Method", *Mathematics and Computers Simulation*, 68: 9-21 (2003).

EKLER

EK-1 Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



Resim 1.1. Alternatif 1

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- CD ve MP3 Çalar,
- Şeffaf Kapak,
- Kumandalı Kulaklık,
- Uzaktan Kumanda
- 40 Sn. Anti-Schok,
- Digital Ekran,
- Pili Şarj Etme Özeliği,
- Kulaklık,
- Adaptör.



Resim 1.2. Alternatif 2

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- G-PROTECTION
- Mega Bass
- CD-R/CD-Rw Uyum
- Ünite Üzerinde LCD
- AVLS
- Program Oynatma
- Karışık Çalma
- Tekrarlama
- Devam Ettirme
- Yeri İmi
- CD Metni Gösterimi
- Hat Çıkışı
- MD Bağlantısı
- Ağırlık (gr): 201.0
- ATRAC Uyumlu
- MP3 Uyumlu ID3 Etiket Gösterimi
- Direkt Grup Atlama
- Grup Modu
- Bit Hızı: 16 - 320 Kbps
- Klasör Çalımı
- Atlama
- VBR Çalma
- Pil Ömrü: CDDA(S) 22.0 ATRAC (S) 41.0

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



TEKNİK ÖZELLİKLER:

- MP3 Çalma
- Boyutlar(mm):
Genişlik: 92
Derinlik : 28
Yükseklik : 119
- CD-R / CD-RW
Desteği
- Antişok, Sekme
Koruması
- ID3 Etiketi Gösterimi
- 6 Adet Pil
- Ağırlık(gr): 184

Resim 1.3. Alternatif 3



TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Programlanabilir CD
çalar
- CD-R / CD-RW
Uyumlu
- Atla / Ara Özelliği
- Rastgele Arama
özellliği
- Süper Bass, Dijital
Ekran
- Pil Şarj Özelliği
- Dış Güç Kaynağına
Bağlanma Özelliği
- Stereo Kulaklık, Hat
Çıkışı
- Pil Özelliği: 2x-UM3
– Küçük
- Renk: Gümüş
- Boyutlar (mm):
Genişlik : 130
Yükseklik : 20
Derinlik : 140
- Ağırlık (gr): 200

Resim 1.4. Alternatif 4

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



Resim 1.5. Alternatif 5

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- MP3 çalar, FM Radyo, Dijital ses kaydetme cihazı
- 512, 256 ve 128 MB olmak üzere 3 model
- 30 kanal Radyo hafızası
- TRT Bandrolü
- LCD Ekran
- Ekranda, şarkı ile eş zamanlı kayan şarkı sözleri
- 8 Saat ses kaydedebilme
- 128 x 32 ekran çözünürlüğü
- 5 Ayrı Renk Seçeneği
- USB 2.0 Taşınabilir Disk



(Resim 1.6. Alternatif 6

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Grafik LCD, ID3-Tag, USB 2.0
- MP3/WMA/WAV-Player
- 512 MB Hafıza
- Mavi rekli LCD ekran
- 1 Kalem pille 10 saat çalışma kapasitesi

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



Resim 1.7. Alternatif 7

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- LCD Ekran
- MP3 Desteği
- Ses Kayıt
- 56 Saat Çalma
- Boyutlar(mm):
Genişlik : 82.6
Derinlik : 76.2
Yükseklik : 31.8
- Ağırlık(gr): 127.52
- Audio Kulaklıklar



Resim 1.8. Alternatif 8

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- 128 MB
- WMA/MP3
- Boyutlar(mm):
Genişlik : 73
Derinlik : 16
Yükseklik : 35
- Ağırlık(gr): 28
- Dijital Ses Kontrol
- USB Bağlantısı
- LCD Ekran
- 1 X AAA Pil ile 12 Saate Kadar Kesintisiz Çalma
- Ses-Gürültü Oranı: 90db
- Frekans Aralığı: 20Hz To 20khz
- Harmonik Bozulma: <0.05%

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



Resim 1.9. Alternatif 9

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Kullanıcı Tanımlı Ekolayzer
- Navigasyon Fonksiyonu
- Düşük Güç Tüketimi
- Protatif USB Bellek
- 7 Renkli Arka Işık
- Multi-Codec Çalıcı
- Multi Dil Desteği
- Yazılım Desteği
- FM Radyo ve Kayıt
- Otomatik FM Kanal Taraması
- EQ



Resim 1.10. Alternatif 10

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- 5 GB
- LCD Ekran
- WMA, MPEG1, MPEG 2, MP3
- Ses Çıkışı Mini-jack Soketli
- m :trip (Müzik Düzenleme Yazılımı) Yazılımı
- PC: Windows 2000 Professionnel /Family, XP Professionel/Family Uyumlu
- Aksesuarlar: Stereo kulaklık, USB 2.0 kablosu, AC kablosu
- Boyutlar (mm):
Genişlik : 52
Yükseklik : 90
Derinlik : 14,9
- Ağırlık (gr): 100
- Entegre Uyumlu Ekolayzer

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri



Resim 1.11. Alternatif 11

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Yüksek Hızlı Veri Transferi
- USB Bağlantısı
- Seçilebilir Veri Sıkıştırma (ATRAC3 / ATRAC3plus)
- MP3 / WMA / WAV'dan ATRAC3 Ya Da ATRAC3plus'a Veri Dönüştürme
- CDDDB Otomatik Müzik Bilgisi Transferi
- PC Üzerinde Müzik Bilgisi Düzenleme
- PC Üzerinde Ağ WALKMAN™ Kontrolü
- Tümleşik Flash Bellek (MB): 512
- ATRAC3 Çalma

- Grup İşlevi Çalıştırma
- Tekrarlama
- Karışık
- Dijital Ses Ön Ayarı
- Ana Ünite Üzerinde Nokta Grafikli LCD
- Arkadan Aydınlatmalı LCD
- AVLS
- Pil Ömrü (S): ATRAC3 Çalmada 70.0 , ATRAC3plus Çalmada 60.0
- Ağırlık (Gr): 40.0
- Aksesuarlar: Kulaklıklar, Boyun Askısı, USB Kablosu, Taşıma Torbası
- Boyutlar (Mm): Genişlik 37.3
- Yükseklik 55.8
- Derinlik 15.0



Resim 1.12. Alternatif 12

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- Yüksek Hızlı Veri Transferi
- USB Bağlantısı
- Seçilebilir Veri Sıkıştırma (ATRAC3 / ATRAC3plus)
- MP3 / WMA / WAV'dan ATRAC3 Ya Da ATRAC3plus'a Veri Dönüştürme
- CDDDB Otomatik Müzik Bilgisi
- PC Üzerinde Müzik Bilgisi Düzenleme
- PC Üzerinde Ağ WALKMAN™
- Tümleşik Flash Bellek (MB): 1024.0

EK-1 (Devam) Alternatif mp3 çalarlar ve teknik özellikleri

- ATRAC3 Çalma • ATRAC3plus Çalma • Grup İşlevi Çalıştırma • Tekrarlama
- Karışık • Dijital Ses Ön Ayarı • Ana Ünite Üzerinde Nokta Grafikli LCD
- Arkadan Aydınlatmalı LCD • AVLS • Pil Ömrü (S): ATRAC3 Çalmada 70.0
ATRAC3plus Çalmada 60.0 • Ağırlık (Gr): 26.0 • Kulaklıklar • USB Kablosu
- Boyutlar (Mm): Genişlik 56.2 Yükseklik 56.2 Derinlik 19.2



Resim 1.13. Alternatif 13

TEKNİK ÖZELLİKLER:

- 512 MB
- Boyutlar(mm):
Genişlik : 73
Derinlik : 16
Yükseklik : 35
- Dahili FM Radyo Ve Kayıt
- Süper Hızlı USB 2.0
- Ses Kaydı İçin Dahili Mikrofon
- Yazılıma Gerek Olmadan Basit Dosya Transferi
- 4 Sabit (Jazz, Rock, Pop And Classical) Ve 5 Band Ayarlanabilir Ekolayzer
- LCD Ekranda Şarkı İsmin Yazma (ID3 Tag)
- Sağ Veya Sol El Kullanımına Göre Ayarlanabilir LCD Ekran

- Fotoğraf, Sunu Ve Tüm Diğer Veri Dosyalarınızı Saklayabilir
- Ağırlık: Pilsiz 32 Gram
- 1 X AAA Pil İle 15 Saate Kadar Kesintisiz Çalma Süresi
- Ses-Gürültü Oranı: 90db
- Frekans Aralığı: 20Hz To 20khz
- Harmonik Bozulma: <0.05%

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GAVGACI, Fatih
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.10.1979 Kayseri
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (352) 2313809
Faks : 0 (352) 2327522
e-mail : gavgaci@yahoo.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Endüstri Müh.	2001
Lise	Özel Kılıçaslan Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002-2003	Hes Kimya San. Ve Tic. A.Ş.	Mühendis
2003-2006	Türk Telekomünikasyon A.Ş.	T. Uzman Yrd.
2006-	Kayseri Büyükşehir Belediyesi	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Seyahat, Sinema, Masa tenisi