

**KALİTE FONKSİYON YAYILIM SÜRECİNİN ENİYİLENMESİ: ÇOK  
AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMINA DAYALI BİR KARAR  
DESTEK SİSTEMİ**

**Elif KILIÇ DELİCE**

**DOKTORA TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2010  
ANKARA**

Elif Kılıç DELİCE tarafından hazırlanan KALİTE FONKSİYON YAYILIM SÜRECİNİN ENİYİLENMESİ: ÇOK AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMINA DAYALI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR  
Tez Danışmanı,  
Endüstri Mühendisliği A.B.D, G.Ü.

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

Prof. Dr. Zülal Güngör  
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Fulya Altıparmak  
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Ertan Güner  
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Dursun Kaya  
Bilgisayar Programlama, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Murat Caner Testik  
Endüstri Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi

Tarih: 22/06/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

Elif KILIÇ DELİCE

**KALİTE FONKSİYON YAYILIM SÜRECİNİN ENİYİLENMESİ: ÇOK  
AMAÇLI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMINA DAYALI BİR KARAR  
DESTEK SİSTEMİ**  
(Doktora Tezi)

**Elif KILIÇ DELİCE**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
Haziran 2010

**ÖZET**

Bu tez çalışmasının amacı yeni ürün tasarımı veya var olan ürünün geliştirilmesinde teknik gereksinimlerin (TG) kesikli değerleri için Kalite Fonksiyon Yayılım (KFY) sürecinin eniyilenmesidir. KFY literatüründe ürün geliştirme sürecinin eniyilenmesi için sürekli bir aralıkta değer alan TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi son derece önemli bir konudur. Buna ek olarak, pratikte, TG'ler genellikle kesikli değerler almaktadır. Bu nedenle, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak TG'lerin kesikli değerler aldığı düşünülerek KFY sürecini eniyilenmesi için yeni bir Karma Tamsayı Doğrusal Programlama-1 (KTDP-1) modeli önerilmiştir. Bu modelde, müşteri tatmin boyutlarının da eniyileme sürecinde dikkate alınması için Kano model kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, KTDP-1 modelinde KFY literatürüne benzer şekilde TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayımı yapılmıştır. Fakat gerçek hayat uygulamalarında teknolojik ve üretim kısıtlarından dolayı böyle bir ilişki nadiren ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, KFY süreci daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi için birden fazla birbiriyle çelişen amacın eşzamanlı olarak eniyilenmesini gerektirebilir. Belirsiz bir ortamda ele alınan bu amaçların hedef değerlerinin belirlenmesi ise karar vericiler için son derece zor bir durumdur. Bu nedenlerden dolayı önerilen

**KTDP-1 modeli genişletilerek sırasıyla Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-2 (KTDP-2), Karma Tamsayılı Hedef Programlama (KTHP) ve Bulanık Karma Tamsayılı Hedef Programlama (BKTHP) modelleri geliştirilmiştir. Son olarak, önerilen modellerin tasarımcılar tarafından daha etkin bir şekilde kullanılması ve daha kolay ve hızlı bir şekilde ürün tasarımının yapılması için bir Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmiştir. KFY Analizci adı verilen bu KDS'nin uygulanabilirliği gerçek bir hayat problemi üzerinde gösterilmiştir.**

**Bilim Kodu : 906.1.141**

**Anahtar Kelimeler :Kalite fonksiyon yayılımı, matematiksel programlama, ürün tasarımı ve geliştirme, karar destek sistemi, kano model**

**Sayfa Adedi : 115**

**Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR**

**OPTIMIZATION OF QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT  
PROCESS: A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON  
MULTI-OBJECTIVE PROGRAMMING APPROACH**

**(Ph. D. Thesis)**

**Elif KILIÇ DELİCE**

**GAZİ UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**June 2010**

**ABSTRACT**

**The purpose of this thesis is to optimize Quality Function Deployment (QFD) process for discrete values of design requirements (DRs) in new product design or development of an existing product. In the QFD literature, for optimizing product development, determining the target levels of DRs that are continuous range is crucial. However, in practice, values of DRs are often discrete. Therefore, unlike the existing studies, a new Mixed Integer Linear Programming-1 (MILP-1) model is proposed by considering that values of DRs are discrete for QFD optimization. In this model, Kano model is used in order to integrate customer satisfaction levels into QFD optimization process. In addition, same as the existing literature, it is assumed that there is a linear relationship between fulfillment levels of DRs and their costs. But, such a relationship in real cases rarely emerges due to the technological and production constraints. Besides, QFD process may necessitate to simultaneously optimize more than one conflicting objectives to obtain more realistic solutions. It is really hard for decision makers to determine the target values of these objectives in imprecise and uncertain environment. Because of these reasons, Mixed Integer Linear Programming-2 (MILP-2), Mixed Integer Goal**

**Programming (MIGP) and Fuzzy Mixed Integer Goal Programming (FMIGP) are developed respectively by extending the MILP-1 model. Finally, a Decision Support System (DSS) is developed in order to assist decision makers to effectively use the proposed models and make product design easily and faster. Applicability of developed DSS called QFD Analist is illustrated in a real life problem.**

**Science Code : 906.1.141**

**Key Words :Quality function deployment, mathematical programming, design product and development, decision support system, kano model**

**Page Number : 115**

**Adviser : Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarını hiçbir zaman benden esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Sayın Zülal GÜNGÖR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikir ve tecrübelerimden yararlandığım tez izleme komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. Sayın Fulya ALTIPARMAK ve Doç. Dr. Sayın M. Dursun KAYA'ya şükranlarımı sunarım.

Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve bu bölümde bulunduğum süre içinde birlikte çalıştığım tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma, büyüklerime maddi manevi her zaman beni destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun iş temposuna rağmen her zaman bana elinden geldiğince yardım eden ve beni destekleyen sevgili eşim Orhan DELİCE'ye, manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim değerli abim Hakan KILIÇ'a ve doktora tezimi benimle birlikte yapmak zorunda kalan canım oğlum Selim Safa DELİCE'ye sonsuz sevgilerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, bin bir fedakârlıkla beni büyüten, bugün burada olmamda büyük emekleri olan, hiçbir zaman hiçbir şekilde haklarını ödeyemeyeceğim ilk öğretmenlerim annem Fatma KILIÇ ve babam Muzaffer KILIÇ'a şükranlarımı sunuyor ve bu tez çalışmasını onlara ithaf ediyorum.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI .....	5
2.1. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin İşleyişi.....	7
2.2. Kano Model ve Analizi .....	12
2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Ürün Geliştirme Süreci.....	16
2.4. Kalite Fonksiyon Yayılımının Avantaj ve Dezavantajları .....	18
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	20
3.1. Matematiksel Programlama Tabanlı Yaklaşımlar .....	27
3.2. Bulanık-Matematiksel Tabanlı Yaklaşımlar.....	29
3.3. Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Tabanlı Yaklaşımlar ...	33
3.4. Matematiksel Programlama Tabanlı Karar Destek Sistemleri .....	35
3.5. Literatürdeki Çalışmaların Genel Olarak Değerlendirilmesi.....	37
4. ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI .....	40
4.1. Çok Amaçlı Karar Verme.....	40
4.2. Hedef Programlama .....	41

4.3. Bulanık Hedef Programlama .....	44
4.4. Karar Destek Sistemi.....	47
4.4.1. Karar destek sistemlerinin temel bileşenleri .....	48
4.4.2. Karar destek sistemlerinin özellikleri .....	50
4.4.3. Karar destek sistemlerinin yararları.....	51
5. KALİTE FONKSİYON YAYILIM SÜRECİNİN ENİYİLENMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MATEMATİKSEL MODELLER VE KARAR DESTEK SİSTEMİ .....	52
5.1. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama–1 Modeli .....	56
5.2. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama–2 Modeli .....	59
5.3. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinde Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı ..	61
5.3.1. Karma tamsayı hedef programlama modeli.....	61
5.3.2. Bulanık karma tamsayı hedef programlama modeli.....	65
5.4. Kalite Fonksiyon Yayılım Tabanlı Karar Destek Sistemi: KFY Analizci.....	68
6. UYGULAMA.....	71
6.1. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin Eniyilenmesi .....	71
6.2. KFY Analizci Programının Uygulanması .....	85
6.2.1. Kalite evinin kurulması.....	85
6.2.2. Kalite evinin analizi .....	87
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	95
KAYNAKLAR.....	100
EKLER.....	109
EK-1. Kano Anketi .....	110
ÖZGEÇMİŞ.....	115

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. İlişki sayı ve anlamları .....	11
Çizelge 2.2. Kano modeli için değerlendirme tablosu .....	15
Çizelge 3.1. Literatür araştırması özeti .....	22
Çizelge 6.1. KTDP-2 modelinin çözüm sonuçları.....	78
Çizelge 6.2. Öncelik sıralarına göre KTHP modelinin çözüm sonuçları.....	80
Çizelge 6.3 Öncelik sıralarına göre BKTHP modelinin çözüm sonuçları .....	82
Çizelge 6.4 Modellerin sonuçlarının karşılaştırılması .....	84

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. KFY süreci.....	6
Şekil 2.2. Kalite evi .....	9
Şekil 2.3. Kano model [Cheng ve Chiu, 2007]. .....	13
Şekil 2.4. Ürün geliştirme sürecindeki değişiklik sayısı .....	18
Şekil 4.1. $Z_q(x) \succ g_q$ durumu için üyelik fonksiyonu .....	47
Şekil 4.2. $Z_q(x) \sim g_q$ durumu için üyelik fonksiyonu.....	47
Şekil 4.3. KDS' nin temel bileşenleri .....	49
Şekil 5.1. Doğrusal ilişki.....	56
Şekil 5.2. Parçalı-doğrusal ilişki.....	60
Şekil 5.3. Memnuniyetten sapma amacının bulanık üyelik fonksiyonu .....	66
Şekil 5.4. Bütçe amacının bulanık üyelik fonksiyonu .....	67
Şekil 5.5. Teknik zorluk amacının bulanık üyelik fonksiyonu.....	67
Şekil 5.6. KFY Analizci programının akış diyagramı.....	70
Şekil 6.1. KFY uygulamasının akış diyagramı.....	72
Şekil 6.2. Bulaşık makinesi için oluşturulan kalite evi.....	74
Şekil 6.3. KFY Analizci programı açılış ekranı .....	85
Şekil 6.4. Bulaşık makinesi için oluşturulan boş kalite evi.....	86
Şekil 6.5. Bulaşık makinesi için tamamlanmış kalite evi.....	87
Şekil 6.6. Kano anket verilerinin giriş ekranı .....	88
Şekil 6.7. Çözüm menüsü ekranı.....	89
Şekil 6.8. KTDP-2 modeli için bütçe değeri giriş ekranı .....	90

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 6.9. KTDP-2 modelinin çözüm sonuçları .....	90
Şekil 6.10. KTHP modelinin çözüm sonuçları .....	91
Şekil 6.11. KTHP modelinde MBT ve TBM için ayrıntılı çözüm sonuçları .....	92
Şekil 6.12. BKTHP çözüm sonuçları .....	93
Şekil 6.13. BKTHP modelinde MBT ve TBM için ayrıntılı çözüm sonuçları.....	93

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
<b>B</b>	bütçe değeri
<b>B<sub>ip</sub></b>	<i>i.</i> ve <i>p.</i> Mİ'ler arasındaki korelasyon değeri ( $\forall i, p \in M$ )
<b>b<sub>jmax</sub></b>	<i>j.</i> TG'nin en büyük alternatif değeri ( $\forall j \in N$ )
<b>b<sub>jmin</sub></b>	<i>j.</i> TG'nin en küçük alternatif değeri ( $\forall j \in N$ )
<b>b<sub>jref</sub></b>	<i>j.</i> TG referans değeri ( $\forall j \in N$ )
<b>b<sub>jr</sub></b>	<i>j.</i> TG'nin <i>r.</i> alternatif değeri ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ )
<b>c<sub>j</sub></b>	<i>j.</i> TG'in birim başına gelişme maliyeti ( $\forall j \in N$ )
<b>c<sub>jr</sub></b>	<i>j.</i> TG'nin <i>r.</i> alternatif değerinin birim başına gelişme maliyeti ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ )
<b>C<sub>L</sub></b>	maliyet amacının alt tolerans limiti
<b>CS<sub>i</sub></b>	<i>i.</i> Mİ'nin müşteri memnuniyet katsayısı ( $\forall i \in M$ )
<b>DS<sub>i</sub></b>	<i>i.</i> Mİ'nin memnuniyetsizlik katsayısı ( $\forall i \in M$ )
<b>d<sub>1</sub><sup>-</sup></b>	S <sub>L</sub> 'nin negatif sapması
<b>d<sub>1</sub><sup>+</sup></b>	S <sub>L</sub> 'nin pozitif sapması
<b>d<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	C <sub>L</sub> 'nin negatif sapması
<b>d<sub>2</sub><sup>+</sup></b>	C <sub>L</sub> 'nin pozitif sapması

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
$d_3^-$	$T_L$ 'nin negatif sapması
$d_3^+$	$T_L$ 'nin pozitif sapması
$d_{1i}$	$i$ . Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $y_i$ ) ile hedef memnuniyet düzeyi ( $t_i$ ) arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )
$d_{2i}$	$i$ . Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $y_i$ ) ile ideal memnuniyet düzeyi (ideal durum) yani 1 arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )
$I_j$	$j$ . TG alternatif kümesi ( $\forall j \in N$ )
$L_{jr}$	1, eğer $j$ . TG için $r$ . seviye seçilirse; 0 aksi halde ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ )
$M$	Mİ'lerin kümesi
$N$	TG'lerin kümesi
$NTÖ_j$	$j$ . TG'nin normalize edilmiş teknik önem derecesi ( $\forall j \in N$ )
$r$	$j$ . TG seviyesi ( $\forall j \in N$ )
$R_{ij}^{norm}$	$i$ . Mİ ile $j$ .TG arasında normalize edilmiş ilişki değeri ( $\forall i \in M, \forall j \in N$ )
$S_i$	$i$ . Mİ'nin ağırlıklandırılmış memnuniyet düzeyleri arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )
$S_L$	müşteri memnuniyetinden sapma amacının alt tolerans limiti
$t_i$	$i$ . Mİ'nin memnuniyet düzeyinin hedef değeri ( $\forall i \in M$ )
$T_j$	$j$ . TG'nin hedef değeri, ( $\forall j \in N$ )

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
$T_L$	teknik zorluk amacının alt tolerans limiti,
$TÖ_j$	$j$ . TG'nin önem derecesi ( $\forall j \in N$ )
$w_i$	$i$ . Mİ'nin normalize (göreceli) önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )
$W_i$	$i$ . Mİ'nin nihai önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )
$x_j$	$j$ . TG'in başarıma düzeyi ( $\forall j \in N$ )
$y_i$	$i$ . Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $\forall i \in M$ )
$y_{jc}$	$j$ . TG'nin mümkün değeri, ( $\forall j \in N$ )
$y_{jo}$	$j$ . TG'nin şimdiki değeri, ( $\forall j \in N$ )
$Z_i$	$i$ . Mİ'nin başlangıç önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )
$\gamma_{kj}$	$k$ . TG ile $j$ . TG arasındaki korelasyon değeri ( $\forall k, j \in N$ )
$\mu_{z_1}$	bulanık memnuniyetten sapma amacının başarı derecesi
$\mu_{z_2}$	bulanık maliyet amacının başarı derecesi
$\mu_{z_3}$	bulanık teknik zorluk amacının başarı derecesi
$Z_1$	bulanık memnuniyetten sapma amacı
$Z_2$	bulanık maliyet amacı
$Z_3$	bulanık teknik zorluk amacı



<b>Kısaltma</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AHS</b>	Analitik hiyerarşi süreci
<b>AAS</b>	Analitik ağ süreci
<b>BHP</b>	Bulanık hedef programlama
<b>BKT</b>	Bulanık küme teorisi
<b>BKTHP</b>	Bulanık karma tamsayılı hedef programlama
<b>ÇAKV</b>	Çok amaçlı karar verme
<b>ÇKKV</b>	Çok kriterli karar verme
<b>ÇNKV</b>	Çok nitelikli karar verme
<b>DP</b>	Doğrusal programlama
<b>HP</b>	Hedef programlama
<b>KDS</b>	Karar destek sistemi
<b>KFY</b>	Kalite fonksiyon yayılımı
<b>KTDP-1</b>	Karma tamsayılı doğrusal programı-1
<b>KTDP-2</b>	Karma tamsayılı doğrusal programı-2
<b>KTHP</b>	Karma tamsayılı hedef programlama
<b>Mİ</b>	Müşteri isteği (İhtiyacı)
<b>MP</b>	Matematiksel programlama
<b>MTÖ</b>	maksimum TG önem derecesi
<b>NTÖ</b>	Normalize edilmiş teknik önem derecesi
<b>TG</b>	Teknik gereksinim

## 1. GİRİŞ

Küresel rekabetin artması ve ürün yaşam çevriminin kısılmasından dolayı, işletmeler ürün geliştirme sürecini daha etkili bir şekilde yönetme çabasına girmişlerdir. Ürün geliştirme süreci sadece ürünlerin başarılı olması için değil aynı zamanda şirketlerin ayakta kalması için son derece önemlidir. Birbirinden farklı ve hızlı değişen müşteri isteklerini (Mİ) karşılamak ürün geliştirme sürecinde çok önemli bir konu haline gelmiştir. Eksik veya açık olmayan ürün tanımlamaları üründe oluşacak hatalara ya da üretim zamanının artmasına yol açmaktadır. Mİ'leri ürün geliştirme sürecinin erken aşamalarında ve açık bir şekilde anlamak başarılı ürünler üretmeyi ve üretim zamanının kısılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle günümüz endüstrilerinde, müşteri odaklı ürün geliştirme yöntemleri ve özellikle bu yöntemlerden biri olan Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

KFY, Mİ'leri ürün teknik özelliklerine yani teknik gereksinimlere (TG) dönüştüren bir planlama ve problem çözme aracıdır. Bu dönüştürme işlemi sırasında kullanılan kalite evinin amacı müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için TG'lerin hedef değerlerini belirlemektir. Literatürde, sürekli bir aralıkta TG'lerin hedef değerlerini belirlemek için geliştirilen yaklaşımlar öznel ve öncelik tabanlı sezgiseller ile matematiksel programlama (MP) yaklaşımları olarak sınıflandırılabilir. Öznel ve öncelik tabanlı sezgiseller tasarımcılara TG'lerin kabul edilebilir hedef değerlerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu sezgiseller tasarımı eniyilemek yerine uygun çözümler sunmakla birlikte karmaşık tasarım problemlerinde yetersiz kalmaktadırlar. Bu yüzden tasarımı eniyilemek için MP yaklaşımlarına ve ürün geliştirme sürecini kolaylaştırdığı için MP tabanlı Karar Destek Sistemleri (KDS) ile bilgisayar yazılımlarına karşı gösterilen ilgi gün geçtikçe artmıştır.

Geleneksel KFY'de girdi değişkenleri genellikle kesin değerler olarak kabul edilir ve sayısal veri olarak ele alınır. Fakat KFY süreci dilsel veri formunda insan yargıları, Mİ'lerin önem ağırlıkları, Mİ'ler ile TG'ler ve TG'lerin kendi arasındaki ilişkilerinden oluşan çeşitli girdileri içermektedir. Bu girdilerin belirlenmesi için kullanılan pazar araştırma sonuçları, müşteri anketleri veya dilsel terimler çoğunlukla

belirsizdir. Bu nedenle, araştırmacıların çoğu KFY sürecine Bulanık Küme Teorisi'ni (BKT) uygulamışlar ve çeşitli Bulanık- KFY yaklaşımları geliştirmişlerdir

Bu tez çalışmasında ise literatürden farklı olarak TG'lerin kesikli değerleri için yeni ürün tasarımı veya var olan ürünün geliştirilmesinde KFY süreci eniyilenmiştir. İlk olarak bütçe kısıdı altında memnuniyetten sapma amacını enküçükleyecek TG'lerin alternatif değerlerini belirlemek için bir Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-1 (KTDP-1) modeli geliştirilmiştir. KTDP-1 modelinde TG'lerin başarılma düzeyleri ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılmıştır. Ancak, teknolojik ve üretim kısıtları nedeniyle bu ilişkinin nadiren ortaya çıkmasından dolayı KTDP-1 modeli yeniden düzenlenerek yeni bir Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-2 (KTDP-2) modeli geliştirilmiştir. KTDP-2 modelinde, TG'lerin başarılma düzeyleri ile maliyetleri arasında parçalı doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayılmış ve böylece daha gerçekçi çözümler elde edilmiştir. Ayrıca bu iki modelde literatürdeki modellerden farkı olarak Kano modeli ile Mİ'ler derecelendirilmiş ve tatmin boyutları belirlenerek matematiksel modellere yansıtılmıştır. Böylece müşteri memnuniyet boyutları ürün tasarım sürecine dâhil edilmiştir.

Gerçek hayat uygulamalarında KFY ve ürün geliştirme sürecinde birbiriyle çelişen birden fazla amacın eşzamanlı olarak eniyilenmesi durumu sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Bazı yazarlar KFY planlama sürecinde, maliyet ve teknik zorluk faktörlerinin matematiksel modellerin geliştirilmesi aşamasında dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu nedenle KTDP-2 modeli Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yaklaşımı ile genişletilerek Karma Tamsayılı Hedef Programlama (KTHP) modeli önerilmiştir. Geliştirilen KTHP modeli, memnuniyetten sapmanın enküçüklenmesinin yanı sıra maliyetin ve teknik zorluğun enküçüklenme amaçları da dikkate alınarak Öncelikli Hedef Programlama (HP) yaklaşımı ile çözülmüş ve birden fazla alternatif çözüm elde edilmiştir.

KTHP modelinde amaçların hedef değerleri karar vericiler tarafından belirlenmektedir. Ancak bu değerlerin belirlenmesi öznel ve nicel yargılara bağlı olduğundan karar vericiler için bir belirsizlik durumu ortaya çıkmaktadır. Bu

nedenle, Bulanık Karma Tamsayılı Hedef Programlama (BKTHP) modeli geliştirilmiş ve Bulanık Hedef Programlama (BHP) yöntemi ile amaçların farklı öncelik sıraları dikkate alınarak çözülmüştür. Böylece karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi sunularak belirsiz ortamlarda daha kolay bir şekilde karar verme olanağı sağlanmıştır.

KFY eniyileme süreci için model geliştirme aşamasının tamamlanmasından sonra bu modellerin etkin bir şekilde ürün tasarımcıları tarafından kullanılması için bir KDS programı oluşturulmuştur. KFY Analizci adı verilen bu MP tabanlı KDS programı ile bir ürünü tasarlamak veya geliştirmek için ihtiyaç duyulan tüm bilgiler bir kalite evi oluşturularak sunulmaktadır. Böylece tasarımcıların hem ürün ile ilgili genel bir bilgi edinmeleri hem de kalite evi içerisindeki karmaşık ilişkileri veya hesaplamaları daha iyi anlamaları sağlanmıştır. Ayrıca bu program ile TG'lerin alabileceği en iyi alternatif değerler ortaya çıkarılmaktadır. Böylece tasarımcılara soyut tasarım bilgileri yerine somut ve kesin teknik bilgiler sunularak ürün ile ilgili kararların daha kısa zamanda ve daha kolay bir şekilde alınması için imkân sağlanmış olur. KDS programının tamamlanmasından sonra geliştirilen modellerin ve KFY Analizci programının uygulanabilirliği gerçek bir hayat problemi üzerinde gösterilmiştir.

Buraya kadar anlatılanlar çerçevesinde bu tez çalışmasının ikinci bölümünde, KFY yöntemi ile ilgili genel bir bilgi verilecek ve bu yöntemin ürün geliştirme sürecindeki öneminden bahsedilecektir. Ayrıca geliştirilen matematiksel modellerde müşteri memnuniyet boyutlarının dikkate alınması için kullanılan Kano model ve analizi konusunda bilgi verilecektir.

Üçüncü bölümde, KFY literatüründe ele alınan çalışma konularından genel olarak bahsedilecektir. Daha sonra KFY'nin eniyilenme süreci ile bu süreçte kullanılan yöntem ve KDS'ler ile ilgili ayrıntılı bir literatür verilecektir.

Dördüncü bölümde, bu tez çalışmasında önerilen matematiksel modellerin geliştirilmesinde ve çözümlenmesinde kullanılan HP ve BHP yöntemleri ile ilgili bilgi

verilecektir. Ayrıca bu bölümde, karar vericilere ürün geliştirme süreci dâhil birçok süreçte karar vermede yardımcı olan KDS'lerden bahsedilecektir.

Beşinci bölümde, KFY yöntemini eniyilemek için önerilen KTDP-1, KTDP-2, KTHP ve BKTHP modeller sunulacaktır. Aynı bölümde, ürün geliştirme sürecinde tasarımcılara bu modelleri kolay bir şekilde kullanarak karar almada yardımcı olmak için geliştirilen KFY Analizci programından bahsedilecektir.

Altıncı bölümde, geliştirilen modellerin ve KFY Analizci programının ürün tasarım sürecine uygulanabilirliğinin gösterilmesi için bulaşık makinesi geliştirme problemi ele alınarak gerçek bir uygulama yapılacaktır. Bu uygulama ile söz konusu modeller ve KDS programının kullanılmasıyla tasarımcıların daha kolay ve hızlı bir şekilde ürün geliştirebilecekleri gösterilecektir.

Yedinci ve son bölümünde ise, bu tez çalışması genel olarak değerlendirilecek ve ileride yapılabilecek çalışmalardan bahsedilecektir.

## 2. KALİTE FONKSİYON YAYILIMI

KFY ilk kez 1960'ların sonlarına doğru 1970'lerin başlarında profesör Yoji Akao tarafından Japonya'da ortaya atılan müşteri odaklı bir ürün geliştirme yöntemidir [Akao,1990]. KFY'nın ilk uygulaması, yine Japonya'da, 1972 yılında "Mitsubishi Heavy Industries Ltd." şirketi tarafından Kobe tersanesinde gerçekleştirilmiştir [Hauser ve Clausing, 1998]. Daha sonraki yıllarda KFY, Japonya'da Toyota gibi firmalarda başarılı şekilde kullanılmıştır. Bu yöntem, Amerika Birleşik devletlerinde ise ilk defa Ford Motor Şirketinde, daha sonra General Motors, Chrysler, Digital Equipment, Hewlett-Packard, AT&T, Procter and Gamble ve Baxter Healthcare gibi firmalarda uygulanmıştır [Prasad, 1998].

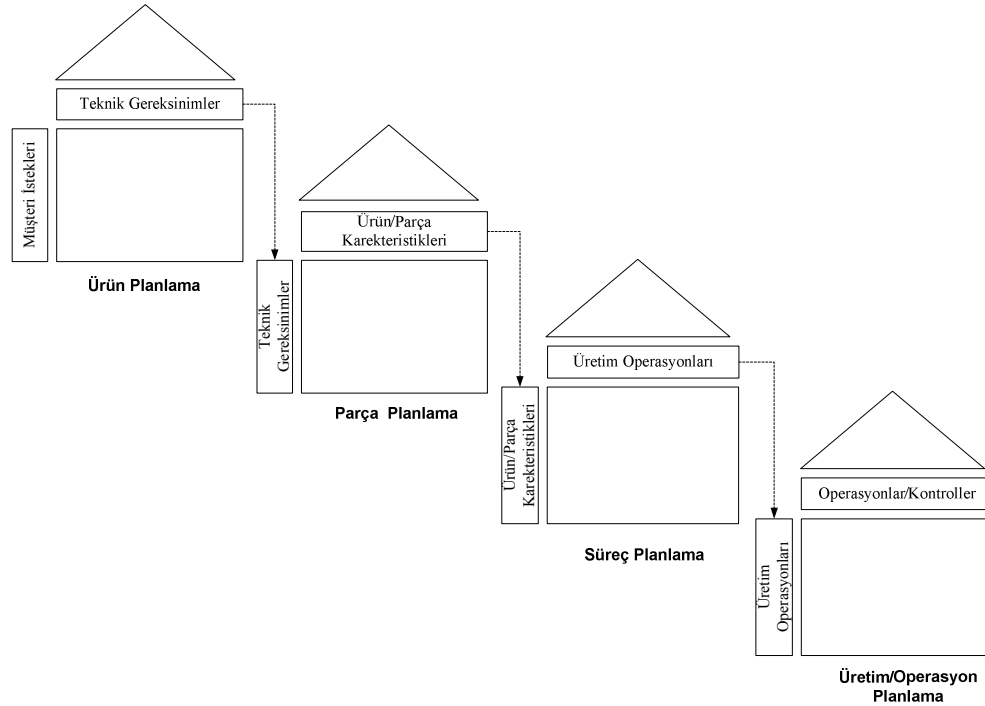
Türkiye'de ise literatüre geçen ilk KFY uygulaması beyaz eşya üreticisi olan Arçelik firması tarafından 1994 yılında bulaşık makinesi için yapılan uygulamadır [Telek ve Akın, 1996]. Aynı firma 1995 yılında buzdolabı, çamaşır makinesi ve elektrik süpürgesi ürünleri için KFY uygulamaları başlatmıştır. Daha sonraki yıllarda KFY yönteminin Türkiye'de tanınması ile birlikte Tofaş, Cevher Maden Sanayi, BMC, Beko ve Brisa gibi birçok işletmede bu yöntem kullanılmıştır [Akbaba, 2005].

KFY, Mİ'leri algılayarak en uygun ürün özelliklerini yani TG'leri belirlemeye çalışan bir planlama metodudur. Bu metodun amacı; var olan ürünün iyileştirilmesi veya yeni bir ürünün geliştirilmesinin çeşitli aşamalarında, müşterinin istediği kalitedeki ürünü sunmak için yapılan çalışmaları, müşterinin sesine kulak vererek yönlendirmek ve gerçekleştirmektir [Khoo, 1996].

KFY' nin asıl işlevi yüksek kalitede ürünler geliştirmek veya Mİ'leri karşılamak için bu istekler hakkında bilgi toplamak ve analiz etmektir. Bu nedenle, KFY'nin başlıca fonksiyonları ürün geliştirme, kalite yönetimi ve Mİ'lerin analizidir. Daha sonraları bu yöntem tasarım, planlama, karar verme, mühendislik, yönetim, takım çalışması, zaman ve maliyet yönetimi alanlarında da uygulanmıştır. KFY' deki hızlı gelişmeler otomotiv, taşıma ve haberleşme, elektronik ve elektrik sektörü, yazılım sistemleri,

üretim, hizmet, eğitim ve araştırma, uzay, inşaat, paketleme, tekstil gibi birçok endüstride kullanılmasına neden olmuştur [Chan ve Wu, 2002].

Literatürde, farklı özellikler gösteren değişik alanlarda yapılan uygulamalar için temel alınabilecek çok sayıda KFY modeli bulunmaktadır. Uygulama yapılan alanın özelliklerine bağlı olarak bu modellerden birisi temel alınıp matrisler yeniden tanımlanarak, matrislerden bazıları atılarak veya yeni matrisler eklenerek modelde değişiklikler yapılabilmektedir [Cohen 1995]. KFY için en yaygın kullanılan modeller Fukuhara'nın Kalite Evi Modeli, Macabe tarafından geliştirilen Dört Aşamalı Model ve Akao'nun Matrislerin Matrisi Modelidir [Shillito, 1994; Akbaba, 2005]. Bu çalışmada Macabe tarafından geliştirilen Dört Aşamalı Model kullanılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. KFY süreci

Şekildeki birinci matris olan Ürün Planlama matrisi Mİ'leri TG'lere, Parça Planlama matrisi yüksek öneme sahip TG'leri ürün/parça karakteristiklerine, Süreç Planlama

matrisi kritik parça karakteristiklerini üretim operasyonlarına ve son olarak Üretim/Operasyon Planlama matrisi önemli üretim operasyonlarını günlük operasyon ve kontrol işlemlerine dönüştürür [Shillito, 1994]. Her bir dönüştürme işlemi kalite evi denilen grafiksel bir gösterim ile sağlanır ve her bir matris bir diğer matrisin girdisini oluşturur. Böylece, müşteri sesi tasarımdan üretime kadar her aşamada dikkate alınmış olur.

## 2.1. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin İşleyişi

KFY süreci Planlama, "Müşterinin Sesi"nin Toplanması, Kalite Evinin Oluşturulması ve son olarak Sonuçların Analizi ve Yorumlanması olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır [Cohen, 1995]:

### Planlama (Aşama 0)

KFY uygulaması hayata geçirilmeden önce bir planı yapılmalı ve bu plan kapsamında proje hedefleri, zaman ve bütçe kısıtları, zaman çizelgeleri, malzeme kullanımı, çalışma ekibi gibi etkenler düşünülmelidir. KFY uygulamasına başlamadan önce grup üyelerinin şu hususlar üzerinde karar vermeleri gerekmektedir [Govers, 1996]:

- Hangi ürün yada ürün karakteristiği üzerinde çalışılacak?
- Müşterimiz gibi nasıl düşünebiliriz?
- Ürün geliştirmede hangi rakip ürünleri kullanacağız?
- Nasıl bir KFY yaklaşımı ürün ve proses planımıza uygun olur?

Bu konulara karar verildikten sonra uygulanacak planlama aşamasının adımlarına geçilir. Planlama adımları; örgütsel desteğin sağlanması, amaçların belirlenmesi, müşterilerin belirlenmesi, zaman ufkunun belirlenmesi, ürün/hizmet kavramına karar verilmesi, KFY takımının kurulması, KFY uygulama çizelgesinin hazırlanması ve gerekli malzeme ile tesisin sağlanmasıdır [Cohen, 1995].



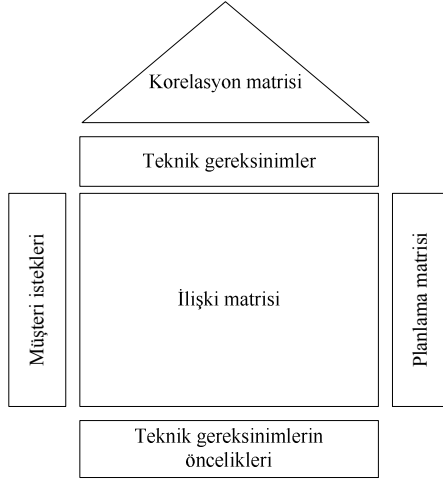
### "Müşterinin sesi"nin toplanması (Aşama 1)

KFY sürecinin en önemli basamağı olan bu aşamada Mİ'ler kalite evinin girdisi olarak matrise yerleştirilir. Mİ'lerin anlaşılması ve farklılıklarının belirlenmesi, bu ihtiyaçların yönetimi için çok önemlidir. Müşteriye odaklanma sadece Mİ'lerin karşılanması için değil, bunların aşılması için de yapılmalıdır. Bunun için anket çalışmaları, odak gruplar, müşteri panelleri, deneme süreçleri, görüşmeler, müşteri ziyaretleri, fuar ve ticari gösteriler gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmaktadır. Müşterilerin daha iyi anlaşılması için KFY sürecinde bu geleneksel yöntemlerin yanında Kano Model kullanılmaktadır. Müşteri ihtiyaçlarını sınıflandırmak için kullanılan Kano model ayrıntılı şekilde Bölüm 2.2'de anlatılmıştır.

### Kalite evinin oluşturulması ve analizi (Aşama 2 ve 3)

KFY sürecinin ilk matrisi olan ürün planlama matrisi, tasarım merkezli doğasından dolayı hem tasarımcılar için değerli bir kaynak hem de mühendisler için müşteriden gelen geri beslemeleri özetlemek ve bilgiye çevirmek için bir yoldur [Karsak, 2004]. Bu nedenle, ilerleyen bölümlerde ürün planlama aşamasında kalite evinin oluşturulması ile ilgili bilgi verilmiştir. KFY sürecindeki diğer matrisler yani kalite evleri benzer şekilde oluşturulmaktadır.

KFY'nin temel aracı olan kalite evi Mİ'lerin TG'ler ile bir arada görülebildiği görsel bir araçtır [Cohen, 1995]. Kalite evinin kurulma aşamasında, Mİ'lerin önem ağırlıklarını belirlenmesi ve değerlendirilmesi, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin yanı sıra TG'ler arasındaki korelasyonların belirlenmesi ve TG'lerin önceliklendirilmesi önemli konulardır. Kalite evi genellikle 6 bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kalite evi

### 1. Mİ'lerin belirlenmesi

KFY sürecinin en önemli basamağı olan bu bölümde, daha önce anlatılan “müşterinin sesi”nin toplanması aşamasında belirlenen ve sınıflandırılan Mİ'ler kalite evinin girdisini olarak matrise yerleştirilir. Müşterilerin ürün veya hizmet ile ilgili isteklerini kendi kelimeleri ile ifade etmeleri önemlidir. Çünkü daha sonra yapılacak tüm çalışmalar bu aşamada belirlenmiş unsurlar tarafından yönlendirilecektir [Güllü ve Ulcay, 2002].

Bu bölümde, Mİ'lerin öncelik sıralarına dayalı olarak sayısal karşılaştırmalar yapılmaktadır [Cohen,1995]. Mİ'lerin yine müşterilerden alınan bilgiye göre öncelik sıraları yani önem ağırlıkları elde edilir. KFY literatüründe bu ağırlıklarının belirlenmesinde genel olarak 1–3–5,1–3–9 veya 1–5–9 gibi skalalar [Griffin ve Hauser, 1993], bileşik analiz [Gustafsson and Gustafsson, 1994] veya Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi yöntemler kullanılmıştır [Saaty, 1980].

### 2. Teknik gereksinimlerin belirlenmesi

Bu aşamada, Mİ'ler ürün özelliklerine yani TG'lere dönüştürülür. TG'ler ölçülebilir nitelikte olmalıdır, bu şekilde TG'lerin hangi yönde ve hangi hedef değere ulaşmak

amacıyla geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkarılabilir.

Her bir müşteri beklentisini gerçekleştirmeyi sağlayacak en az bir TG matrise dâhil edilmelidir [Cohen, 1995]. Ancak, TG'lerin sayısı çok fazla olmamalıdır. Çünkü TG'lerin sayısı, matrisin sütun sayısını belirler, bu da teknik verileri geliştirmek için gerek duyulan test sayısı ile alınması gereken karar sayısını artırır ve karışıklığa yol açar [Güllü ve Ulcay, 2002]. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen tecrübelerle göre TG'lerin Mİ'lere oranının 1 ile 1.5 arasında olması gerekmektedir [Day,1998].

### 3. Planlama matrisi

Bu matriste, rakiplerle kıyaslamalar, satış noktasına dair değerlendirmeler, iyileştirme oranları gibi bilgiler içermektedir. Firmanın kendi ürününün piyasadaki yerini görmesi açısından bu kısım önem taşımaktadır. Bu matris de Mİ'ler bakımından söz konusu ürün veya hizmeti rakipleri ile karşılaştırmak ve ulaşılmak istenen hedefleri belirlemek için, 1 ile 5 arasında veya 1 ile 10 arasında bir puanlama yöntemi kullanılır. Burada 1: En kötü, 10: En iyi veya 1: En kötü, 5: En iyi olacak şekilde puanlamalar yapılmaktadır. Planlama matrisinde ayrıca, Mİ'lerin önem ağırlıklarının toplam içerisindeki payları (göreceli önem ağırlıkları) hesaplanmaktadır. Buna bağlı olarak göreceli önemleri yüksek çıkan Mİ'ler müşteri tatminini ve satışları daha fazla artıracığından geliştirilmektedir [Akbaba, 2000].

### 4. İlişki matrisi

Bu aşamada Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir. Böylece TG'lerin Mİ'lere ne kadar katkıda bulunduğu sayısallaştırılmaktadır [Savaş ve Ay, 2005]. İlişki matrisinde oluşturulmasındaki amaç her bir Mİ'yi karşılayacak olan önemli TG'lerin belirlenmesi ve bir sonraki aşamada yüksek öneme sahip TG'lerden yararlanmaktır [Maddux ve ark., 1991].

Kalite evi içerisinde kullanılan ilişkilerin TG'lerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde güçlü ve direk olarak etkileri bulunmaktadır. Bu yüzden, sözkonusu

ilişki skalalarının seçimi KFY uygulamalarında son derece kritiktir. Literatürde rastgele incelenen otuz adet KFY çalışmasında genel olarak 1-3-9, 1-3-5, 1-5-9,1-2-4 ve 1-6-9 gibi skalaların kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmaların hiçbirinde skalaların seçimi ile ilgili açıkça bir gerekçe belirtilmemiştir. Bununla birlikte Cohen (1995) skala seçiminin herhangi bir bilimsel temeli olmadığını vurgulamıştır [Cohen, 1995]. Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi ilişki derecesinin gösteriminde ya semboller ya da puanlama yöntemi kullanılmaktadır [Savaş ve Ay,2005].

Çizelge 2.1. İlişki sayı ve anlamları

İlişki derecesi	Amerikan sistemi puanlama	Japon sistemi puanlama	Sembol
Güçlü ilişki	9	5	⊖
Orta ilişki	3	3	O
Zayıf ilişki	1	1	Δ

### 5.Korelasyon matrisi

Bu matriste TG’ler arasındaki ilişkiler yani korelasyonlar gösterilir. Buradaki temel amaç TG’lerin birbirini nasıl etkilediğinin araştırılmasıdır [Bossert, 1991]. Yani bir TG’de olumlu veya olumsuz yönde bir gelişme sağlanması, bir diğerini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir. İlişki matrisinde olduğu gibi korelasyon matrisinde korelasyon derecesini ifade etmek için de semboller ya da puanlama kullanılmaktadır.(Çizelge 2.1).

TG’ler gibi Mİ’ler arasında da iç bağımlılıktan ileri gelen ilişkiler olabilir. Mİ’ler birbirlerini olumlu yada olumsuz yönde etkilemektedirler. Hem TG’lerin hem de Mİ’lerin kendi aralarında oluşan bu ilişkiler kalite evinde yan ve üst üçgenlerden meydana gelen korelasyon matrisleri ile gösterilmektedir.

## 6. TG'lerin öncelikleri, kıyaslamalar ve hedefler

Bu bölümde önceki aşamalardan elde edilen sonuçlar ile tasarımda önceliği olacak TG'lere karar verilir. Bunun yanında, maliyet, geliştirebilme, üretilebilme gibi ek tasarım ölçütleri, bu aşamada yer alır [Shillito,1994]. Bu ölçütler geliştirmenin yönünün ve önceliklerinin belirlenmesine yardım ederek işletmenin ürününü, rakip ürünlerden daha iyi hale getirmek için hangi özelliklerde ne düzeyde bir geliştirme yapması gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

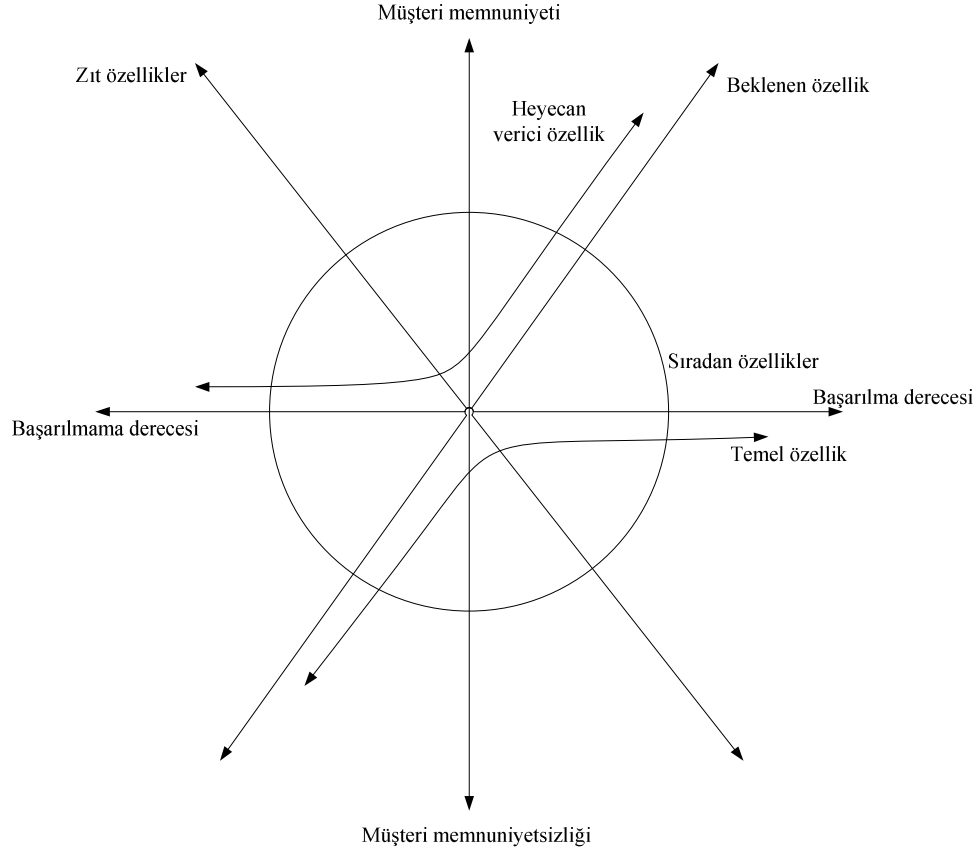
### 2.2. Kano Model ve Analizi

Kano model, Kano ve ark. (1984) tarafından geliştirilen Mİ'leri sınıflandırmak için kullanılan bir modeldir [Kano ve ark., 1984]. Kano model müşteri memnuniyeti ile bir ürünün veya servisin performansı yani müşteri beklentilerini karşılayabilme derecesi arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaktadır. Bu model bazı Mİ'lerde küçük bir gelişme sağlandığında müşteri memnuniyeti son derece artarken, bunun aksine diğer Mİ'lerde büyük bir gelişme olmasına rağmen müşteri memnuniyet derecesinin niçin sıradan bir artış gösterdiğini açıklayan bir modeldir [Tan ve Shen, 2000]. Kano modele göre ürün veya hizmet özellikleri Şekil 2.3'de görüldüğü gibi altı kategoriye ayrılmaktadır.

**Temel özellikler:**Bu özellikler, ürün üzerinde bulunması gereken ve müşteriler tarafından zaten ürünün üzerinde bulunacağı varsayılarak dile getirilmeyen ihtiyaçlardır [Özkan ve ark., 2002]. Şekil 2.3'de de görüldüğü gibi bu özelliklerin olması memnuniyeti artırmamakla birlikte, bu özelliklerin eksikliği memnuniyeti olumsuz yönde etkilemektedir [Matzler ve Hinterhuber, 1998]. Örneğin, bir arabada fren sisteminin zayıf olması müşteride tatminsizliğe yol açar. Bununla birlikte iyi bir fren sistemi müşteri memnuniyetini artırmaz.

**Beklenen özellikler:** Bir müşteriye o üründen ne beklediği sorulduğunda alınan cevaptır. Müşterinin üründen beklediği temel performanstır. Bu özellikler yerine getirildiğinde müşteri memnuniyetine, yerine getirilmediklerinde ise müşteride

tatminsizlik yol açar [Tan ve Shen, 2000]. Müşteri memnuniyeti başarı derecesi ile birlikte doğru orantılı artmaktadır (Şekil 2.3). Yani Mİ'lerin yerine getirilme derecesi artıkça memnuniyet düzeyi artmaktadır. Örneğin, bir arabadaki gaz göstergesinin iyi çalışması müşteri tarafından beklenen bir özelliktir.



Şekil 2.3. Kano model [Cheng ve Chiu, 2007].

**Heyecan verici özellikler:** Bu tür ihtiyaçlar müşterinin hayal gücünün üzerindedir. Müşteri teknolojik gelişmelerden haberdar olmayabilir ve dolayısıyla üründe bu tür özelliklerin olabileceği aklına gelmeyebilir [Seyhan,2005]. Bu nedenle müşteri bu özelliklere karşı bir beklenti içinde değildir. Bu özellikleri taşımayan ürün müşteride bir tatminsizliğe neden olmazken, bu isteklerin yerine getirilmesi müşteriyi son derece memnun etmektedir [Matzler ve Hinterhuber,1998]. Müşteri memnuniyeti ile ürünün başarı durumu arasındaki ilişki artan parabolik bir davranış göstermekte yani

ürünün başarısı belli bir değere kadar artarken müşteri memnuniyeti daha dik bir ivmeyle artmaktadır (Şekil 2.3). Bunun anlamı, ürün müşteri memnuniyetini beklenilenin ötesinde sağlamıştır. Sonuç olarak, bu özellikler rakip ürünlerden farklı olmayı sağlayan özelliklerdir. Örneğin, emniyet kemerlerinin arabaya binilmesinden sonra otomatik olarak kendiliğinden bağlanması müşteri için beklenmeyen bir özelliktir.

**Sıradan özellikler:** Bu özellik müşteri için bir anlam ifade etmez. Yani bu özelliğin olup olmaması müşteri açısından önemli değildir. Örneğin, bir arabada sigara çakmağının olması önemli bir özellik değildir.

**Zıt özellikler:** Bu istekler müşteri tarafından arzu edilen ürün özellikleri olmasına rağmen bunların tam terside müşteri tarafından beklenen özelliklerdir. Müşteri sadece bu özellikleri istemez aynı zamanda bu özelliklerin tam tersi özelliklerin de sağlanmasını bekler [Matzler ve Hinterhuber,1998]. Örneğin, normal şartlarda, büyük pencereleri olan ev istenirken enerji tasarrufu için küçük pencereci ev tercih edilir.

**Şüpheli özellikler:** Bu tip de, soru yanlış ifade edilmiş, müşteri yanlış anlamış veya mantıksız bir cevap verilmiştir.

Kano anketinde her bir ürün özelliği için olumlu ve olumsuz olmak üzere iki tip soru sorulmaktadır. Aynı ürün özelliği için her iki soru tipine verilen cevapların birlikte değerlendirilmesi ile o ürün özelliği için Kano kategorisi belirlenmektedir. Örneğin, bulaşık makinesi için hazırlanan Kano anket soruları şu şekildedir.

*Bulaşık makinesinin iyi yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin iyi yıkamaması size ne hissettirir*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

Her bir soru için beş cevap seçeneği mevcuttur. Bu seçenekler ve kategoriler Çizelge 2.2’de gösterilmektedir [Sireli ve ark., 2007]. Bu çizelgeye göre hangi ürün özelliğinin hangi kategoriye ait olduğu bulunmaktadır. Örneğin; bir ürün özelliği için müşteri olumlu soruya “Çok hoşuma gider”, olumsuz soruya ise “Hiç hoşuma gitmez” cevabını vermişse bu özellik “O” kategorisine aittir. Yani söz konusu ürün özelliği müşteri için beklenen bir özelliktir.

Çizelge 2.2. Kano modeli için değerlendirme tablosu

Müşteri İstekleri		Olumsuz Soruya Verilen Cevaplar				
		Çok hoşuma gider	Öyle olmasını beklerim	Farketmez	Hoşlanmam ama katlanabilirim	Hiç hoşuma gitmez
Olumlu Soruya Verilen Cevaplar	1. Çok hoşuma gider	Q	A	A	A	O
	2. Öyle olmasını beklerim	R	I	I	I	M
	3. Fark etmez	R	I	I	I	M
	4. Hoşlanmam ama katlanabilirim	R	I	I	I	M
	5. Hiç hoşuma gitmez	R	R	R	R	Q
M:Temel özellik, O:Beklenen özellik, A:Heyecan verici özellik, I:Sıradan özellik, R=Zıt özellik, Q:Şüpheli özellikler						

Kano anketi ile ürün özelliklerinin sınıflandırılmasının yanı sıra her bir ürün özelliği için müşteri memnuniyeti ve müşteri memnuniyetsizliği katsayıları da bulunmaktadır. Memnuniyet katsayısı bir ürün özelliğinin karşılanmasıyla müşteri memnuniyetinin boyutunu gösterirken, memnuniyetsizlik katsayısı aynı ürün özelliğinin yeterli biçimde karşılanamaması ile müşteri memnuniyetsizliğinin boyutunu göstermektedir. Bu katsayılar aşağıda gösterilen Eş. 2.1 ve Eş. 2.2’nin yardımıyla hesaplanmaktadır [Berger, 1993]:



$$CS_i = \frac{A_i + O_i}{A_i + O_i + M_i + I_i} \quad (2.1)$$

$$DS_i = -\left( \frac{M_i + O_i}{A_i + O_i + M_i + I_i} \right) \quad (2.2)$$

Burada  $\forall i \in M$  olmak üzere i.sorunun memnuniyet ve memnuniyetsizlik katsayıları sırasıyla  $CS_i$  ve  $DS_i$  ile gösterilmektedir.  $A_i$ ,  $O_i$ ,  $M_i$  ve  $I_i$  ise i. soru için her bir Kano kategorisinde verilen cevapların yüzdesidir.

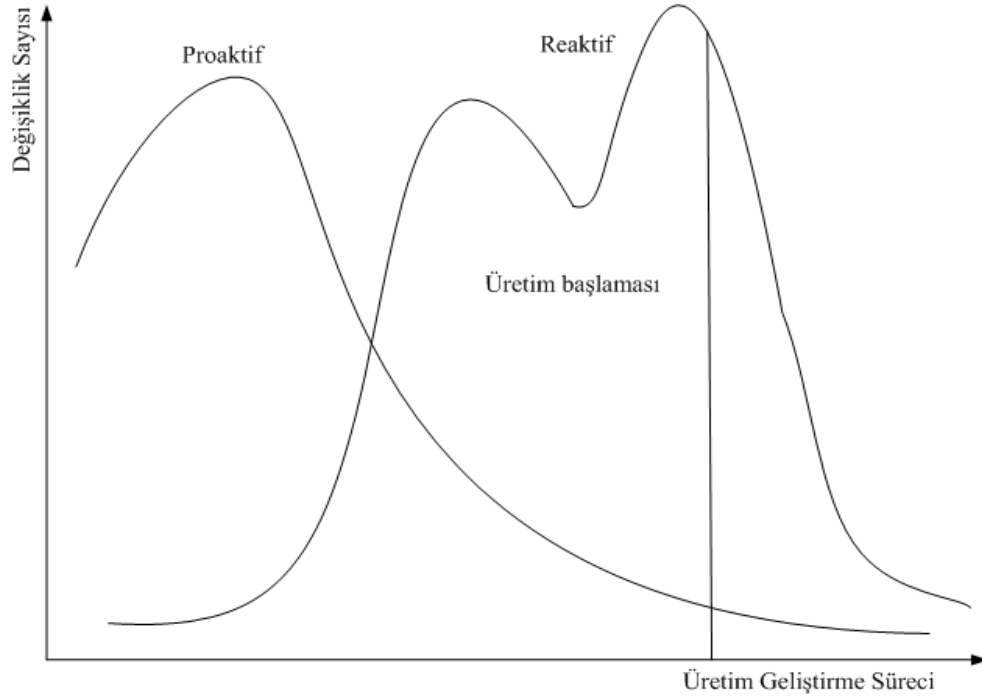
### 2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Ürün Geliştirme Süreci

KFY yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en büyük özelliği, bu yöntemin temel ilgi alanının müşteri beklentileri olmasıdır. KFY’de  $M_i$ ’ler kendi ifadeleri ile kaydedilmekte, ürün tasarımında hiçbir dolaylı ifade olmamakta ve yanlış anlamalar önlenmektedir. Böylece, tüm tasarımın yanlış temel üzerine kurulması engellenebilmektedir [Pardee, 1996]. Ayrıca bu yöntem ile  $M_i$ ’lerin öncelikleri belirlenmekte ve bu önceliklere göre ürünle ilgili özellikler sıralandırılmaktadır. Böylece tasarımcı ürünün tasarımında teknik ya da estetik nedenlerden dolayı  $M_i$ ’ler arasında tercih yapma durumunda kaldığı zaman, bu sıralamayı inceleyerek ürünü tasarlamaktadır. Bunun sonucunda, hem zaman kaybı önlenmekte hem de ürün müşterinin en çok istediği özellikleri içerecek şekilde tasarlanmaktadır [Kağmcıoğlu, 2002].

KFY yönteminde ürün geliştirme aşaması süresince müşteri beklentilerini dikkate almasını sağlayan grafiksel bir görünüm kullanılmaktadır. Kalite evi olarak bilinen bu grafiksel gösterim zengin ve kolay ulaşılabilen bir bilgi bankasıdır. Bu kalite evi, geleneksel geliştirme dokümanlarına kıyasla temel gerçeklerin daha zamanında ve daha doğru oluşmasını sağlamaktadır [Cengiz ve Yayla, 1997].

KFY yöntemi uygulanan bir üretim sürecinde, proje detaylı bir şekilde incelenmekte, ayrıntılı biçimde değerlendirmekte ve gerekli değişiklikler erken aşamada yapılmaktadır. Bu aşamada yapılan değişiklikler malzeme ve parçalardan çok, genellikle plan ve kavramlarla ilgili olarak kâğıt üzerinde yapıldığından daha az zaman ve maliyet gerektirmektedir. Her ayrıntıya planlama aşamasında dikkat edilmesi sonucunda daha sonraki aşamalarda daha az değişiklik yapılmaktadır [Kağncıoğlu, 2002]. KFY yöntemi ile ürün üzerinde ayrıntılı değerlendirmeler yapılarak, gerekli değişikliklerin zamanında yapılması ile ürün geliştirme süreci daha kısa zamanda ve daha az maliyetle gerçekleştirilebilmektedir [Kağncıoğlu, 2002] .

Şekil 2.4'de 'Reaktif' terimiyle gösterilen eğri geleneksel ürün geliştirme süreci izleyen bir firma için, 'Proaktif' terimiyle gösterilen eğri ise KFY yöntemini izleyen bir firma içindir. Reaktif egride, prototip ve pilot aşamalara doğru kaydıkça, gerekli değişikliklerin sayısının arttığı görülmektedir. Çünkü geleneksel üretim sürecinde, ürün geliştirme sürecinin ilk evresinde çok az değişiklik yapılmaktadır. Firmanın fikirler üretmeye ve prototipler inşa edip test etmeye başlamasıyla birlikte, sorunlar ortaya çıkmakta ve bu sorunların giderilmesi için değişikliklere gidilmektedir. Ayrıca, Reaktif egride sağ tarafta yer alan çukur ortaya çıkan çok sayıda değişikliğin bir kısmının yapılmayarak atlanmasını göstermektedir. Dikkate alınmayan bu değişiklikler bir süre sonra tekrar gündeme gelmekte ve daha çok değişiklik yapılmaktadır. Bununla birlikte, KFY yönteminin tam aksine, başlangıç aşamasında sorunların çoğu çözülmediği için üretimin başlamasıyla daha çok sorun ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.4. Ürün geliştirme sürecindeki değişiklik sayısı

Şekil 2.4'de görüldüğü gibi Proaktif eğride ise, üretime başlanması ile birlikte minimum sayıda değişiklik yapıldığı görülmektedir. Çünkü KFY yönteminde her ayrıntıya planlama aşamasında dikkat edilmesi sonucunda daha sonraki aşamalarda daha az değişiklik ortaya çıkmaktadır.

#### 2.4. Kalite Fonksiyon Yayılımının Avantaj ve Dezavantajları

KFY yönteminin en önemli yararı uygulandığı firmanın pazar payını artırmasıdır. Çünkü bu yöntem ile hem ürün maliyeti azaltılmakla hem de ürün gelişirime süresini kısaltmaktadır. Buna bağlı olarak bu yöntemi uygulayan işletmelerde, maliyetlerde %50 azalma, yeni ürün geliştirme süresinde %33 kısalma ve verimlilikte %200 artış sağlandığı görülmüştür [Guinta ve Praizler, 1993]. KFY yöntemin genel olarak sağladığı yararlar şu şekilde sıralanabilir [Hales, 1995; Tung, 1999]:

- Daha etkin ürün geliştirme süreci sağlar
- Ürün kalitesini ve güvenilirliğini artırır
- Ürün geliştirme çevrimini kısaltır
- Müşteri memnuniyetini artırır
- Düşük maliyet ve yüksek verimlilik sağlar
- Firma içi iletişimi geliştirir.
- Üretimin tüm aşamalarına Mİ'leri yansıtır.

Buna göre KFY; kullanıcı isteklerinin açık bir şekilde anlaşılmasında, bulunan çözümlerden sonuç çıkarmada, sonradan ortaya çıkan değişikliklerin sayısını azaltmada, bütün aşamaları dökümanete etmede, karlı bir ürün oluşturmada ve müşteri memnuniyetini sağlamada önemli derece yarar sağlayan bir tekniktir [Herzwurm ve Schockert, 2003].

KFY yönteminin sağladığı yararlar karşısında bu yöntemin uygulanması aşamasında bir takım zorluklar ile karşılaşmıştır. Bu zorluklardan en önemlisi ise müşterilerin doğru anlaşılmasıdır. KFY uygulamalarında zorluk çekilen diğer alanlar ise şunlardır [King, 1989] :

- Kalite evinin boyutlarının büyük olması
- İstenilen kalitenin net olarak anlaşılabilmesi
- Kullanıcı bilgilerinin toplanmasında zorluk çekilmesi
- Mİ'lerin sınıflandırılmasında zorluk çekilmesi
- Firma içi iletişimin zayıf olması
- Tasarım sisteminin değiştirilmesinden önce KFY yönteminde deneyim sağlanması
- Müşterilerin istediği kalitenin uygun olup olmadığına karar verilmesi
- Müşteri taleplerinin tanımlanmasında zorluk çekilmesi

### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

KFY literatürü incelendiğinde, yapılan çalışmalarda genellikle KFY sürecinin ilk matrisi olan ürün planlama matrisi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi, bu matrisin analizi için önerilen yöntemlerin KFY sürecindeki diğer matrisler yani parça planlama, süreç planlama ve operasyon/kontrol planlama matrisleri içinde kullanılabilir olmasıdır. İkinci neden ise, ürün planlama matrisinin tasarım merkezli doğasından ötürü hem tasarımcılar için değerli bir kaynak hem de müşterilerden gelen geri beslemeleri mühendisler için bilgiye çeviren ve özetleyen bir araç olmasıdır [Karsak, 2004b].

Endüstri alanında sıklıkla kullanılan ürün planlama matrisinin amacı müşteri memnuniyetini eniyilemek için ürün TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesidir. Uygulamada hedef değerlerin belirlenmesi çok değişkenli ve karmaşık bir karar verme sürecidir. Bunun için genellikle öznel ve öncelik tabanlı sezgisel yöntemler kullanılır ki; bu yöntemlerin amacı en iyi çözüm yerine en uygun çözümü sağlamaktır. Bu yüzden, KFY literatüründe ürün planlama aşamasında, sınırlı kaynakların olduğu durumda müşteri memnuniyetini eniyilemek için TG'lerin hedef değerlerini belirlemek amacıyla daha etkin ve kabul edilebilir MP modelleri geliştiren çalışmalara odaklanılmıştır [Chen ve ark., 2004]. Daha sonra KFY planlamasında, maliyet ve teknik zorluk faktörlerinin de dikkate alınması ile birlikte KFY sürecinin eniyilenmesi için çok amaçlı programlama modelleri geliştirilmiştir.

KFY çalışmalarında, Mİ'lerin ve TG'lerin önem ağırlıklarının doğru tespit edilmesi, bu önem ağırlıklarının TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesinde etkili olmasından dolayı son derece önemlidir. Genel olarak ağırlıklar 1-3-5, 1-3-9 veya 1-5-9 gibi likert skalaları [Griffin ve Hauser, 1993], bileşik analiz [Gustafsson and Gustafsson, 1994] ya da AHP gibi yöntemler ile belirlenmiştir [Saaty, 1980]. Bu yöntemlerin hepsinde girdi değişkenleri kesin olarak belirlenmiş ve bu değişkenler sayısal veri olarak ele alınmıştır. Bunun yanında KFY prosesi, Mİ'ler ile TG'lerin önem ağırlıklarının ve bunlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde insan düşüncesi, yargı ve değerlendirmeleri gibi oldukça belirsiz olan dilsel veri

şeklindeki çeşitli girdileri içerebilmektedir [Büyüközkan ve ark., 2007]. KFY sürecinde BKT yardımıyla bu veriler yaklaşık bir kesinlik sağlamaktadır. BKT uygulamalarının amacı belirsiz ve kesin olmayan girdileri kesin ve belirli verilere dönüştürmektir. [Shen ve ark., 2001]. Literatüre bakıldığında, bu doğrultuda çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir [Chan ve Wu, 2002; Carnevalli ve Miguel, 2008] .

Bu tez çalışmasında, KFY sürecini eniyilemek için temel olarak MP modelleri kullanılmıştır. Bu nedenle literatür bölümünde yer alan çalışmalar tek amaçlı ve çok amaçlı olmak üzere MP tabanlı KFY yaklaşımları, Bulanık-MP tabanlı yaklaşımlar, HP ve BHP tabanlı yaklaşımlar ve son olarak MP tabanlı KDS yaklaşımları olarak sınıflandırılmış ve bu çalışmalar hakkında ayrıntılı bir literatür verilmiştir. Ayrıca literatürde yapılan çalışmalarda genellikle TG'lerin önceliklendirilmesi ve TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi olmak üzere iki önemli çıktı elde edilmesi nedeniyle taranan makaleler bu iki çıktı açısından da sınıflandırılmıştır. Çizelge 3.1'de, bu bölümde gözden geçirilmiş ve sınıflandırılmış makalelerin yayımlandıkları yıllara göre bir özeti verilmiştir.

Çizelge 3.1. Literatür araştırması özeti

<b>MP tabanlı yaklaşımlar (Tek amaçlı)</b>			
<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Wasserman (1993)	Bütçenin TG'ler arasında maliyet indeks yöntemine göre paylaşılması	TG'lerin önceliklendirilmesi	Doğrusal Programlama (DP)
Bode ve Fung (1998)	Matematiksel modelde finansal konuların dikkate alınması	TG'lerin önceliklendirilmesi	DP
Park ve Kim (1998)	TG'ler içinden seçim yapılması ve seçilmeyen TG'lerin müşteri memnuniyeti üzerinde etkisinin dikkate alınmaması	TG'lerin önceliklendirilmesi	Tamsayılı programlama
Dawson ve Askin (1999)	Ürün geliştirme zamanının ve maliyetin dikkate alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Doğrusal olmayan programlama
Askin ve Dawson (2000)	Mİ'lerin daima doğrusal olmadığı ve bu nedenle eniyileme probleminin doğrusal olamayacağını belirtmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	DP Yarar teorisi
Fung ve ark. (2003)	TG'ler arasında bütçenin yanı sıra diğer kaynakların da paylaşılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	DP
Lai ve ark. (2004)	Kano model ile müşteri tatmin boyutlarının matematiksel modele ilave edilmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Kano model DP
Lai ve ark. (2007)	TG'lerin kesikli değerler alması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Dinamik programlama
Lai ve ark. (2006)	Memnuniyet ile bütçe ve TG'ler ile bütçe arasındaki ilişkilerin belirlenmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Doğrusal fiziksel programlama
Delice ve Güngör (2009)	TG'lerin kesikli değerler alması ve Kano model ile müşteri tatmin boyutlarının dikkate alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	KTDP

Çizelge 3.1. (Devam) Literatür araştırması özeti

<b>Bulanık-MP tabanlı yaklaşımlar (Tek amaçlı)</b>			
<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Zhou (1998)	BKT ile MP'nin birleştirilmesi	TG'lerin önceliklendirilmesi	Bulanık sıralama prosedürü Karma tamsayı programlama
Kim ve ark. (2000)	Kesin ve bulanık biçimde birden fazla model bileşeninin ele alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık çok amaçlı modelleme Bulanık regresyon, Çoklu değer teorisi
Shon ve Choi (2001) Fung ve ark. (2002) Tang ve ark. (2002)	Kalite evi içerisindeki ilişkilerin bulanık kabul edilmesi ve TG'ler arasındaki korelasyonların dikkate alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık çok amaçlı karar verme prosedürü DP
Chen ve Weng (2003)	Kalite evi içerisindeki dilsel verilerin bulanık sayılara dönüştürülerek modelde kullanılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık DP
Erol ve Ferrell (2003)	Nicel ve nitel verilerin birleştirilmesi	TG'lerin önceliklendirilmesi	Çok amaçlı matematiksel programlama
Chen ve ark. (2004)	Kalite evi içerisindeki ilişkilerin simetrik ve simetrik olmayan bulanık sayılarla tanımlanması	TG'lerin hedef değerleri belirlenmesi	Bulanık regresyon tabanlı MP yaklaşımı
Karsak (2004,a,b)	Delphi yöntemi ile Mİ'lerin ağırlıkları belirlenmesi TG'lerin başarıma düzeyi, Kapasite artırımı, Teknik zorluk olmak üzere üç amacın ele alınması.	TG'lerin önceliklendirilmesi	Bulanık çok amaçlı programlama



Çizelge 3.1. (Devam) Literatür araştırması özeti

<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Liu (2005)	KFY süreci bulanık çok kriterli karar problem olarak düşünülmesi	TG'lerin önceliklendirilmesi	Bulanık ağırlıklandırılmış ortalama metodu Doğrusal olmayan programlama
Chen ve ark. (2005)	DP modeli olarak geliştirilen iki adet bulanık beklenen değer modelinin kullanılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık beklenen değer operatörü DP
Kahraman ve ark. (2006)	Kalite evi içerisindeki iç ve dış bağımlılıkların Analitik Ağ Süreci (AAS) ve AHS yöntemi ile belirlenmesi	TG'lerin önceliklendirilmesi	Bulanık-AAS Bulanık- AHS Karma tamsayı programlama
Fung ve ark. (2006)	Finansal faktörlerin, rekabet boyutlarının birleştirilmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık doğrusal regresyon yöntemi, En küçük kareler regresyon yöntemi ve DP
Chen ve Ko (2008)	Kanomodel ile bulanık doğrusal programlamanın birleştirilmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık doğrusal olmayan programlama
Şener ve Karsak (2010)	Kalite evi içerisindeki ilişkilerin bulanık regresyon ile belirlenmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık regresyon tabanlı bir doğrusal olmayan planlama
Chen ve Ko (2009,2010)	KFY sürecinin, ilk çalışmada iki, sonraki çalışmada dört aşamasının ele alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık DP modelleri Risk analizi

Çizelge 3.1. (Devam) Literatür araştırması özeti

<b>HP ve BHP tabanlı yaklaşımlar (Çok amaçlı)</b>			
<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Karsak ve ark. (2002)	Kalite evi içerisindeki iç bağımlılıkların ANP yöntemi ile ortaya çıkarılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	0-1 HP ANP
Iranmanesh (2005)	Tasarım aşamasının stratejik,operasyonel ve planlama olmak üzere üç aşamada gerçekleşmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	HP
Fung ve ark. (2005)	Kalite evi içerisindeki ilişkilerin bulanık regresyon ile belirlenmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	HP tabanlı bir bulanık beklenen değer yaklaşımı
Chen ve Weng (2006)	Müşteri memnuniyeti, maliyet ve teknik zorluk amaçlarının alınması Amaç ve kısıt katsayılarının bulanık olması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	BHP
Raharjo ve ark. (2006)	Gelecekteki Mİ'lerin tahmini	TG'lerin önceliklendirilmesi	0-1 HP ve kalite kayıp fonksiyonu
Tolga ve Alptekin (2007)	Kalite evi içerisindeki iç bağımlılıkların AAS yöntemi ile ortaya çıkarılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	HP tabanlı uzlaşık programlamalı KFY
Karsak ve Özoğul (2009)	ERP yazılım seçimi için yeni bir karar modeli kurulması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Bulanık doğrusal regresyon ve ağırlıklandırılmış 0-1 HP
Cherif ve ark. (2010)	Memnuniyet fonksiyonları, kıyaslama ve fonksiyonel ilişkilerin dikkate alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	HP

Çizelge 3.1. (Devam) Literatür araştırması özeti

<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Chen ve Weng (2010)	Risk analizi ve hata türü etkileri analizi yöntemleri ile KFY sürecinin dört aşamasının dikkate alınması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	DP
Delice ve Güngör (basımda )	Çok amaçlı eniyileme probleminde TG'lerin kesikli değer alması ve birkaç alternatif TG değeri içersinden seçim yapılması	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	KTHP
<b>MP tabanlı KDS yaklaşımları</b>			
<b>Yazar(lar)</b>	<b>Çalışmanın Özellikleri</b>	<b>TG'lerin Analiz Türü</b>	<b>Yöntem(ler)</b>
Moskowitz ve Kim (1997)	Manüel ve sezgisel yöntemlere göre daha kısa zamanda daha fazla müşteri memnuniyeti elde edilmesi.	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	Çok kriterli değer teorisi
Tu ve ark. (2003)	Herbir TG için harcanan zamanın eniyilenmesi	TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi	DP

### 3.1. Matematiksel Programlama Tabanlı Yaklaşımlar

KFY literatüründe, Mİ'lerin önem ağırlığını ve TG'lerin önceliklerini belirlemek için yapılan çalışmalarda birçok sayısal yaklaşım geliştirilmesine rağmen uygun olmayan çözümlerden kaçınmak için bir eniyileme prosedürü gerekmektedir [Karsak, 2004]. Bu nedenle birçok araştırmacı tarafından çeşitli MP veya eniyileme yaklaşımları önerilmiştir.

KFY çalışmalarında ilk kullanılan modellerden biri olan doğrusal programlama (DP) modeli TG'lerin hedef değerlerinin bulunmasından ziyade TG'lerin bütçe kısıtı altında önceliklendirilmesi için kullanılmıştır. İlk olarak Wasserman (1993) tarafından TG'leri önceliklendirmek için bir DP modeli geliştirilmiştir. TG'lere kaynak atamasının yapılması için ise maliyet indeksi yöntemi kullanılmıştır [Wasserman, 1993]. Benzer şekilde, Bode ve Fung (1998) kaynak kısıtları altında müşteri memnuniyetini enbüyüklemenin önemini vurgulamışlar ve finansal konuları dikkate alarak TG'leri önceliklendirmek için bir DP modeli önermişlerdir [Bode ve Fung, 1998].

Park ve Kim (1998) ürün tasarımını eniyilecek TG'leri seçmek için 0-1 programlama modeli geliştirmiştir. Bu modelde ürün tasarımını etkileyecek en önemli TG'lere öncelik verilmiştir [Park ve Kim, 1998]. Bununla birlikte TG'lerin seçilmesinde çok fazla çaba harcanması ve seçilmeyen TG'lerin dikkate alınmaması bu modelin olumsuz yanlarıdır. Çünkü dikkate alınmayan TG'lerin az da olsa müşteri memnuniyeti üzerinde bir etkisi bulunmaktadır.

Dawson ve Aksin (1999), ürün geliştirme zamanını ve maliyetini dikkate alarak TG'lerin en iyi değerlerini belirlemek için doğrusal olmayan programlama modeli önermişlerdir [Dawson ve Aksin, 1999]. Askin ve Dawson (2000) ise müşteri memnuniyetini eniyilemek için TG'lerin değerlerini belirlemede DP ile yarar teorisini birlikte kullanmışlardır [Askin ve Dawson, 2000].

Fung ve ark. (2003) teknolojik ve kaynak kısıtları altında müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için TG'ler arasında çeşitli kaynakların dağıtımını sağlayan bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir [Fung ve ark., 2003]. Bu çalışmada literatürden farklı olarak tek tip kaynak yerine çeşitli kaynak tipleri ele alınmıştır.

Lai ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada ürün tasarımı eniyilemek amacıyla maliyet kısıtı altında bir DP modeli geliştirilmiş ve Kano model ile KFY birlikte kullanılmıştır. İlk olarak Kano model ile Mİ'ler kategorize edilmiştir. Daha sonra KFY kullanarak bu istekler ürünün tasarım elemanlarına yani ürün TG'lerine dönüştürülmüştür. Klasik KFY'de, Mİ'ler yerine getirilirse müşteride tatmin oluşacağı, eğer bu istekler yerine getirilmezse tatminsizlik olacağı gibi basit bir mantık söz konusudur. Kano model ile Mİ'ler derecelendirilmiş ve tatmin boyutları belirlenmiştir. Böylece KFY sürecinde Kano modelin kullanılması ile bu boyutlar dikkate alınarak matematiksel model kurulmuş ve ürün tasarımı eniyilenmiştir [Lai ve ark., 2004].

Lai ve ark. (2005) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, literatürden farklı olarak TG'lerin gerçek hayat problemlerinde genellikle sürekli aralıkta değer alamayacağı belirtilmiş ve TG'lerin kesikli değerleri için KFY süreci en iyilenmiştir. Birkaç alternatiften oluşan TG'lerin en iyi değerini bulmak için dinamik programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada 0-1 tamsayılı programlama ile DP'nin eksik yönlerinden bahsedilmiş ve bu eksik yönlerin dinamik programlama kullanılarak giderileceği belirtilmiştir [Lai ve ark., 2005].

Lai ve ark. (2006) yaptıkları başka bir çalışmada ise KFY sürecinin eniyilenmesi için yeni bir yaklaşım önermişler ve ürün tasarımında toplam müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için doğrusal fiziksel programlama yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntem ile farklı müşteri memnuniyet düzeylerinde her bir Mİ için farklı öncelik değeri verilmiştir. Çalışma sonucunda müşteri memnuniyetinin bütçe ile pozitif bir ilişkisinin olmasına rağmen her bir TG başarıma derecesinin toplam bütçe ile bir ilgisinin olmadığı ortaya çıkarılmıştır [Lai ve ark., 2006]. Son olarak Lai ve ark. (2007), daha önce Lai ve ark. (2004) tarafından geliştirilen DP modelini bilgisayar

tasarımı için kullanmışlardır. Bu çalışmanın önceki çalışmadan farkı TG'lerin yerine getirilme düzeylerinin özel bir fonksiyon olarak tanımlanmış olmasıdır [Lai ve ark., 2007] .

Delice ve Güngör (2009), Lai ve ark. (2004) tarafından önerilen modeli geliştirerek müşteri memnuniyetinden sapmayı enküçükleyecek yeni bir KTDP-1 modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, kesikli değer aldığı varsayılan TG'lerin birkaç alternatif değeri içinden seçim yapılmıştır. Ayrıca, TG'lerin yerine getirilme düzeyleri ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayılmış ve literatürde genellikle göz ardı edilen Mİ'ler arasındaki korelasyon değerleri de KFY sürecinde ele alınarak ürün geliştirme problemine dâhil edilmiştir [Delice ve Güngör, 2009].

### **3.2. Bulanık-Matematiksel Tabanlı Yaklaşımlar**

KFY prosesinde çoğu zaman belirsizlik ortamı ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu belirsizliği ortaya çıkaran nedenler genellikle şunlardır [Fung ve ark., 2006]:.

- KFY prosesi; insan yargıları, rakiplerle kıyaslamalar, Mİ'lerin önem ağırlıklarının ve Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi gibi dilsel veri formunda çeşitli girdileri içermektedir ki bu veriler son derece öznel ve belirsizdir. Bu yüzden bu girdilerin bulanık sayılar ile açıklanan dilsel değişkenler olarak ele alınması gereklidir.
- Gerçek hayat problemlerinde bir ürün için çok sayıda Mİ'ler bulunmakta ve her bir Mİ çok sayıda TG'lere dönüştürülmekte, bunun tersi durumunda herhangi bir TG çok sayıda Mİ'yi etkileyebilmektedir. Genelde, Mİ'ler TG'lere öznel, nitel ve teknik olmayan bir şekilde çevrilirler. Buna karşın, TG'ler son derece nicel ve teknik terimler ile açıklanmalıdır. Bu nedenle Mİ'ler ve TG'ler arasındaki ilişkiler son derece belirsizdir.

- Ürün tasarımında özellikle yeni ürün tasarımında mevcut verilerin sınırlı olması, tam doğru ve kesin olmamasından dolayı tasarım prosesinde belirsizlikler ortaya çıkmaktadır.

KFY'deki belirsizliği çözmek için çeşitli araştırmacılar tarafından BKT, KFY sürecine uygulanmıştır. BKT uygulamalarının amacı belirsiz ve kesin olmayan girdileri kesin ve belirli verilere dönüştürmektir. BKT, KFY literatüründe, birçok yöntem ile birleştirilmiş ve çeşitli Bulanık-KFY yaklaşımlarının yanı sıra, Bulanık-MP tabanlı KFY yaklaşımları geliştirilmiştir.

Zhou (1998) yetersiz ve kesin olmayan bilgi durumunda TG'leri önceliklendirmek için ilk kez BKT ile MP'yi birleştirerek yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yaklaşımda TG'ler bulanık sıralama prosedürü ile önceliklendirilmiş ve daha sonra karma tamsayı programlama ile TG'lerin en iyi değerleri belirlenmiştir [Zhou, 1998].

Kim ve ark. (2000) TG'lerin en iyi hedef değerlerinin belirlemek için kesin ve bulanık biçimde tanımladıkları bileşenlerden oluşan modellerini çözmek amacıyla bir eniyileme yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşımda, bulanık regresyon ile bulanık eniyileme yöntemlerini çoklu değer teorisi ile birleştirmişlerdir [Kim ve ark.,2000].

Sohn ve Choi (2001), Fung ve ark. (2002), Tang ve ark. (2002) ise TG'lerin hedef değerlerinin bir kümesini bulmak için bulanık karar teknikleri ile DP'yi kullanmışlardır. Müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için çeşitli TG'ler arasında kaynak dağılımını sağlamaya çalışmışlardır [Sohn ve Choi, 2001; Fung ve ark. 2002; Tang ve ark., 2002]. Sohn ve Choi (2001) tarafından yapılan çalışmada Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler bulanık olarak ele alınmış ve tedarik zincir yönetimine KFY süreci uygulanmıştır. Fung ve ark. (2002) ve Tang ve ark. (2002) ise toplam müşteri memnuniyetini artırmak için ürün tasarım sürecinde TG'ler arasındaki korelasyonların etkisini incelemişlerdir.

Chen ve Weng (2003) müşteri memnuniyetini eniyilemek amacıyla her bir  $\alpha$  kesmesinde, TG'lerin başarıma düzeylerinin en uygun değerlerini belirlemek için bulanık DP modeli geliştirmişlerdir. [Chen ve Weng, 2003].

Erol ve Ferrell (2003) tarafından yapılan çalışmada, birden fazla amaç olması ve hem nitel hem de nicel bilgilerin incelenmesi durumunda sonlu sayıda alternatiflerin içinden seçim yapılması için karar vericiye yol gösterici bir yöntem sunulmuştur. Bu çalışmada, nitel bilgiyi nicel parametrelere çevirmek için bir bulanık KFY yaklaşımı sunulmuş ve daha sonra bu parametreler diğer nicel verilerle çok amaçlı matematiksel programlama modelini kurmak için birleştirilmiştir. Bu yöntem ile en iyileme yöntemleriyle bulunan sonuçlara yakın sonuçlar bulunmuştur [Erol ve Ferrell, 2003].

Chen ve ark. (2004) KFY için yeni bir bulanık regresyon tabanlı MP yaklaşımı geliştirmişlerdir. Önerilen yaklaşımla bütçe kısıtını sağlayarak hedef pazardaki tüm rakiplerin müşteri beklentilerini karşılayacak veya bu beklentileri aşacak bir ürün tasarlamak için TG'lerin başarıma düzeyleri belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ve TG'lerin kendi aralarındaki ilişkileri simetrik ve simetrik olmayan üçgensel bulanık sayılarla tanımlanarak, bulanık eniyileme teorisi ile bulanık regresyon teorisi birleştirilmiştir [Chen ve ark., 2004].

Karsak (2004a,b), belirsiz ve öznel bilgi içeren KFY planlama prosesinde TG'leri önceliklendirmek için klasik MP'ye alternatif olarak bulanık çok amaçlı programlama yaklaşımı geliştirmiştir. Mİ'ler ve TG'ler arasındaki ilişki, Mİ'lerin önemi, satış avantajı, TG'lerin kapasite arttırım boyutları ve teknik zorluk özellikleri dilsel değişkenler kullanılarak modele eklenmiş ve maliyet için söz konusu belirsizlik üçgensel bulanık sayılar kullanılarak gösterilmiştir. Buna ek olarak, Karsak (2004a) tarafından Delphi metodu Mİ'lerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu çalışmalarda TG'lerin başarıma düzeylerinin enbüyüklenmesi, kapasite arttırımının enbüyüklenmesi ve teknik zorluğun enküçüklenmesi olmak üzere üç amaç eş zamanlı olarak tatmin edilmeye çalışılmıştır [Karsak, 2004a,b].



Liu (2005) yaptığı çalışmada literatürden farklı olarak, KFY planlama sürecini bulanık çok nitelikli karar problemi olarak düşünmüş ve TG'lerin teknik önemini belirlemek için bir bulanık ağırlıklandırılmış ortalama metodu kullanmıştır. TG'lerin önemleri her bir gereksinim için doğrusal olmayan programlama model çiftleri çözülerek bulunmuştur [Liu, 2005].

Chen ve ark. (2005) bulanık bir ortamda KFY sürecinin modellenmesi için bulanık beklenen değer operatörü ile ilgili çalışmışlar ve TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi için yeni bir bulanık programlama yaklaşımı önermişlerdir. Bu çalışmada DP modeli olarak geliştirilen bulanık beklenen değer modeli ile bütçe kısıdı altında müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için TG'lerin hedef değerleri belirlenmiştir [Chen ve ark., 2005].

Kahraman ve ark. (2006) bulanık ortamda ürün tasarımında TG'leri belirlemek için Bulanık-KFY ile bulanık eniyileme modeline dayanarak bir yaklaşım önermişlerdir. Bu çalışmada dilsel veriler bulanık sayılar ile ifade edilmiş ve Mİ'ler ile TG'lerin iç bağımlıkları yani korelayonları Bulanık- Analitik Ağ Süreci (AAS) ile belirlenirken, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler Bulanık-AHP yaklaşımı ile belirlenmiştir. Daha sonra bulanık-ANP ile elde edilen amaç fonksiyonu katsayıları kullanılarak TG'lerin önceliklendirilmesi için karma tamsayı programlama modeli geliştirilmiştir [Kahraman ve ark., 2006].

Fung ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada hedef pazarın rekabet boyutları ve finansal faktörler birleştirilerek bulanık eniyileme modelleri önerilmiştir. Bu çalışmada, bulanık doğrusal regresyon ile en küçük kareler regresyon yöntemlerini birleştirilerek hibrit bir DP modeli önerilmiştir [Fung ve ark., 2006].

Chen ve Ko (2008) ise Chen ve Weng (2003) tarafından yapılan çalışmayı Kano model kullanarak genişletmişler ve müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için TG'lerin hedef değerlerini belirleyen bir bulanık nonlinear model sunmuşlardır. Sonuçlar, önerilen nonlinear model ile başarılı olan toplam müşteri tatmin derecesinin

Chen ve Weng (2003) tarafından sunulan modelden daha fazla olduğunu göstermiştir [Chen ve Ko, 2008].

Şener ve Karsak (2010) kalite evi içerisindeki ilişkileri modellemek için bulanık regresyon tabanlı bir doğrusal olmayan planlama yaklaşımı sunmuşlardır. Bulanık regresyondan elde edilen ilişkileri kullanarak TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi için bir bulanık MP modeli geliştirilmiştir [Şener ve Karsak, 2010].

Chen ve Ko (2009, 2010), daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak KFY sürecinin ilk iki aşamasını daha sonra ise tüm aşamalarını dikkate alarak her bir aşamadaki TG'ler yerine geçen KFY matris elemanlarının başarıma düzeylerini ve her bir aşama için toplam memnuniyeti belirlemek amacıyla bulanık DP modelleri geliştirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmalarda, yeni ürün geliştirme sürecindeki risk problemi de ele alınarak bulanık risk analizi ile KFY süreci birleştirilmiştir. Bunun için risk analizi kısıt olarak MP modeline eklenmiştir [Chen ve Ko, 2009, 2010].

### **3.3. Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama Tabanlı Yaklaşımlar**

Buraya kadar bahsedilen çalışmalarda tek amaç olarak müşteri memnuniyeti enbüyüklenmeye çalışılmıştır ve bu amacı sağlayacak TG'lerin başarıma düzeyleri bulunmuştur. Bu çalışmalarda Mİ'lerin önem dereceleri, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin yanı sıra TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonları dikkate alınarak TG'lerin başarıma düzeyleri ve TG'lerin öncelik sıraları belirlenmiştir. Ancak literatüre bakıldığında bazı yazarlar KFY planlama sürecinde, maliyet ve teknik zorluk faktörlerinin matematiksel modellerin geliştirilmesi aşamasında dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır [King, 1987; Wasserman, 1993; Trappey ve ark., 1996; Park ve Kim, 1998; Zhou, 1998; Wang, 1999; Fung ve ark., 2002]. Bundan dolayı çok sayıda çalışmada ÇAKV teknikleri KFY sürecini eniyilemek için TG'lerin başarıma düzeylerini belirlemede kullanılmıştır. Bu tekniklerden biri olan HP yöntemi KFY literatüründe de yaygın bir şekilde kullanılmıştır. KFY sürecini en iyilemek için kullanılan HP yöntemi genellikle diğer analitik yöntemler veya bulanık yaklaşımlar ile birlikte kullanılmıştır.

Karsak ve ark. (2002) tarafından KFY'nin ürün planlama aşamasında TG'ler kümesinin seçimi için AAS ve 0-1 HP modelinden oluşan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu çalışmada oluşturulan kalite evi içerisindeki iç bağımlılıklar yani Mİ'ler ile TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonlar AAS yöntemi ile belirlenmiştir. Daha sonra kalite evinden elde edilen bilgiler doğrultusunda ele alınan çok amaçlı problemin çözümü için 0-1 HP modeli geliştirilmiştir [Karsak ve ark., 2002].

Iranmanesh ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada ürün geliştirme sürecinde maliyet ve TG'leri eş zamanlı olarak eniyilemek için maliyet tabanlı bir KFY yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çalışmada, TG'lerin geliştirilme derecesi kalite evi içerisindeki bilgilerin kullanımıyla elde edilen bir HP modeli ile belirlenmiştir [Iranmanesh ve ark., 2005]. Başka bir çalışmada Fung ve ark. (2005), TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi için HP tabanlı bir bulanık beklenen değer yaklaşımı önermişlerdir [Fung ve ark., 2005]

Chen ve Weng (2006)'da yaptıkları çalışmada müşteri memnuniyeti, maliyet ve teknik zorluk amaçlarını dikkate alarak TG'lerin başarıma düzeylerini eniyilemek için bulanık HP modeli önermişlerdir. Geliştirilen bu modelde, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler ve TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonları bulanık alınmıştır. Bunun yanı sıra literatürdeki diğer bulanık HP modellerinden farklı olarak bu modelde amaç ve kısıt katsayıları da bulanık olarak düşünülmüş ve bazı organizasyonel stratejiler de göz önüne alınarak amaçlar farklı öncelik sırasında çözülmüştür [Chen ve Weng, 2006].

Raharjo ve ark. (2006) dinamik KFY'de TG'leri önceliklendirmek için kalite kayıp fonksiyonu ile 0-1 HP yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Tolga ve Alptekin (2007) ise ürün veya servis özelliklerinin geliştirilme boyutunu belirlemek için HP tabanlı uzlaşık programlamayı KFY prosesi ile birleştirmişlerdir. Ayrıca kalite evi içerisinde Mİ'ler ve TG'lerin kendi aralarındaki iç bağımlılıkları ve Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkileri belirlemek için AAS yöntemini kullanmışlardır [Tolga ve Alptekin, 2007].

Karsak ve Özoğul (2007) tarafından KFY, bulanık doğrusal regresyon ve ağırlıklandırılmış 0–1 HP yöntemleri birlikte kullanılarak ERP yazılım seçimi için yeni bir karar modeli geliştirilmiştir [Karsak ve Özoğul, 2007]. Cherif ve ark. (2010) ürün tasarım sürecine müşteri tercihlerini dahil etmede KFY yönteminin etkinliğini artırmak için çeşitli faktörleri (memnuniyet fonksiyonları, kıyaslama ve fonksiyonel ilişkiler) dikkate alarak bir HP yaklaşımı önermişlerdir [Cherif ve ark., 2010].

Chen ve Weng (2010) yine kendileri tarafından 2003 yılında yaptıkları bir çalışmayı geliştirmişlerdir [Chen ve Weng, 2010]. Chen ve Weng (2003) risk analizi ve hata türü ve etkileri analizi yöntemlerini bir bulanık KFY yaklaşımı ile birleştirmişler ve KFY sürecinin ilk aşamasını ele almışlardır. 2010 yılında yaptıkları çalışmada ise yeni ürün geliştirme süreci için KFY planlamasında dört aşamayı da dikkate alan bir bulanık DP modeli geliştirmişler ve TG'lerin başarıma düzeylerini belirlemişlerdir [Chen ve Weng, 2010].

Delice ve Güngör (baskıda), literatürden farklı olarak ilk defa çok amaçlı ürün geliştirme problemlerinde TG'lerin kesikli değerler aldığını varsayarak TG'lerin hedef değerlerini eniyilemek için bir KTHP modeli geliştirilmişlerdir. İlk olarak, Delice ve Güngör (2009) tarafından önerilen KTDP-1 modeli TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasında parçalı doğrusal bir ilişki olduğu varsayımı ile yeniden düzenlenmiştir. Daha sonra bu model ÇAKV yaklaşımı ile geliştirilerek ürün geliştirme problemi için müşteri memnuniyetinden sapma, maliyet ve teknik zorluk amaçları birlikte ele alınmış ve bu üç amacın eş zamanlı tatmin edilmesine çalışılmıştır. Bu çalışmada parçalı doğrusal ilişkinin ele alınması ile gerçek hayat problemlerine daha uygun çözümler elde edilmiştir. Ayrıca, KTHP modelinin Öncelikli HP yaklaşımı ile çözülmesiyle karar vericilere birden fazla alternatif çözüm içinden seçim yapma imkanı sunulmuştur [Delice ve Güngör, baskıda].

### **3.4. Matematiksel Programlama Tabanlı Karar Destek Sistemleri**

KFY literatürü incelendiğinde KFY uygulamaları için kalite evi oluşturmak ve analiz etmek için geliştirilen çeşitli ticari ve akademik amaçlı yazılımlara rastlanılmaktadır

[Moskowitz ve Kim, 1997;Güloğlu ve etin, 2008; Almannai ve ark., 2008]. Yazılımların geliştirildiği platformlar farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle geliştirilen bu yazılımların kendilerine özgü özellikleri olmakla birlikte ortak noktaları TG'lerin mutlak veya görelî önemlerini belirlemeleridir [Moskowitz ve Kim, 1997]. Ayrıca kalite evinin oluşturulması sırasında bilgilerin manüel hesaplanması, karmaşık ilişkilerin belirlenmesi veya verilerin ilgili bölümler arasında doğru bir şekilde paylaşılması gibi karşılaşılan güçlükler ve hatalar da bu yazılımlar sayesinde giderilmiştir. Buna karşın, bu yazılımların hiçbirî tasarım ekibini kalite evinin kurulma aşamasından sonra TG'lerin hedef değerlerini belirleyerek tasarımı en iyilemek için desteklememektedirler. Bu nedenle, ürün geliştirme aşamasını kolaylaştırdığı için MP tabanlı KDS'ler ve bilgisayar yazılımları ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

MP yaklaşımlarında tasarım bütçesi gibi bazı kısıtlar dikkate alınarak gerçek hayat problemlerine uygun çeşitli tasarım senaryoları oluşturularak modeller geliştirilir ve yazılım programları ile model çözümü yapılarak tasarım problemi eniyilenir. Model parametreleri farklı senaryolara göre kolay bir şekilde değıştirilir ve böylece birçok araştırmacı tarafından kullanılır. MP tabanlı yaklaşımlar kullanıcı dostu bir arayüz kullanılarak kolayca programlanabilmektedir ve bu programlar KFY tasarım sürecinin uygulanması için tasarımcılara yol göstermektedir [Fung ve ark. 2003].

Moskowitz ve Kim (1997) ürün tasarımını eniyilemek için MP ile çözüm yaklaşımına dayalı bir KDS prototipi önermişlerdir. KDS prototipi ile sadece kalite evini oluşturmamışlar, aynı zamanda kalite evi içerisindeki bilgiyi analiz ederek tasarımı eniyilemek için TG'lerin değerlerini belirlemişlerdir. Eniyileme yaklaşımı olarak çok kriterli değer teorisi kullanılan çalışmada KDS programı, tasarım takımına tasarım alternatiflerinin sistematik olarak karşılaştırılması, kalite evi içerisindeki karmaşık ilişkilerin anlaşılması gibi KFY süreci boyunca karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için yardımcı olmuştur. Ayrıca manüel ve sezgisel yöntemlere göre daha kısa zamanda daha fazla müşteri memnuniyeti elde edilmesini sağlamıştır [Moskowitz ve Kim, 1997].

Tu ve ark. (2003) ise müşteri memnuniyetini enbüyüklemek için bir DP modeli geliştirmişler, daha sonra kalite evinin kurulması ve modelin çalıştırılması için kullanıcı dostu bir arayüz tasarlamışlardır. Önerilen DP’de tasarım ekibinde bulunan kişilerin projeye harcadıkları zaman planlanmaya çalışılmış ve sonuçta her bir TG için harcanan zaman en iyilenmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda, geliştirilen arayüz ile Mİ’lerin daha kısa zamanda belirlenmesi sağlanmış ve ürün geliştirme çevrimi kısaltılmıştır [Tu ve ark., 2003].

### **3.5. Literatürdeki Çalışmaların Genel Olarak Değerlendirilmesi**

KFY literatürü incelendiğinde genel olarak TG’lerin sürekli bir aralıkta değerler aldığı ve TG’lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasındaki ilişkilerin doğrusal kabul edildiği görülmektedir. Bu varsayımlar ile genellikle TG’lerin hedef değerleri müşteri memnuniyetini enbüyüklemek amacıyla bütçe kısıtı altında belirlenmektedir. Buna ek olarak, TG’lerin hedef değerlerinin belirlenmesinde kalite evi içerisindeki ilişkilerin belirsiz bir ortamda dilsel verilerle veya bulanık sayılarla ifade edilmesi söz konusu çalışmaların bir diğer önemli özelliğidir.

Pratikte KFY uygulamalarında TG’lerin her zaman sürekli değerler alması ve TG’lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişkinin olması söz konusu değildir. Örneğin; bir bilgisayar ekranı teknolojik, pazar ve üretim şartlarından dolayı 15” (38 cm), 17” (43 cm) ve 19” (48 cm) gibi kesikli değerler almakta iken, bu ekranların maliyetleri sırasıyla 140\$, 150\$ ve 250\$ civarındadır. Yani ekran boyutları kesikli değerler almakla birlikte bu boyutların ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki söz konusu değildir.

Bu tez çalışması kapsamında TG’lerin kesikli değerleri için KFY sürecini eniyileme problemi ele alınarak literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır. İlk olarak KTDP-1 modeli geliştirilmiştir. Bu modelin literatürdeki modellerden en büyük farkı TG’lerin kesikli değerler almasıdır. Daha sonra bu modelden yola çıkılarak geliştirilen KTDP-2 modelinde TG’lerin kesikli değerler almasının yanı sıra, TG’ler ve maliyetleri arasındaki ilişki parçalı doğrusal olarak kabul edilmiştir. Böylece gerçek hayat

problemlerine daha uygun çözümler elde edilmiştir. Ayrıca bu iki modelde de literatürdeki modellerden farkı olarak Kano model ile Mİ'ler derecelendirilmiş ve tatmin boyutları belirlenerek matematiksel modellere yansıtılmıştır. Böylece müşteri memnuniyet boyutları ürün tasarım sürecine dâhil edilmiştir.

KFY süreci, gerçek hayat uygulamalarında birden fazla çelişen amacı eş zamanlı olarak tatmin etmeyi gerektiren bir süreçtir. Bu sürecin etkin ve doğru bir şekilde planlanması bu amaçların başarılmasına, yani amaçların hedef değerlerine ulaşılmasına bağlıdır. Bu nedenle hedef değerlerin belirlenmesi son derece önemli bir konudur. Buna ek olarak, literatürde müşteri memnuniyet amacının yanı sıra, maliyet ve teknik zorluk amaçlarının da KFY sürecinde dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bundan dolayı tez kapsamında ilk olarak KTDP-2 modeli çok amaçlı programlama modeli olarak genişletilmiş ve yeni bir KTHP modeli önerilmiştir. Önerilen KTHP modeli, Öncelikli HP yaklaşımı ile çözülmüş ve hangi amacın tatmin edilip edilmediği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, bu yaklaşımla karar vericiye birden fazla alternatif çözüm içinden seçim yapma olanağı da sunulmuştur.

KTHP modelinde her bir amacın hedef değeri kesin olarak karar vericiler tarafından belirlenmektedir. Ancak bu hedef değerleri belirsizlik ortamında belirlenemeyebilir. Ortaya çıkan bu durum için BKTHP modeli geliştirilmiş ve öncelikli eniyileme yaklaşımı ile çözülmüştür. Öncelikli HP yaklaşımı gibi kullanılan bu çözüm yaklaşımı ile karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi sunularak belirsiz bir ortamda daha kolay karar alması sağlanmıştır. Ayrıca BKTHP modelinde KTHP modelinden farklı olarak hangi amacın tatmin edilip edilmediğinin yanı sıra amaçların ne derece tatmin edildiği de ortaya çıkarılmıştır. Bugüne kadar geliştirilen çok amaçlı programlama modellerinde TG'lerin kesikli değerler almaması KTHP ve BKTHP modellerinin önemini artırmaktadır.

Model geliştirme aşamasının tamamlanmasından sonra önerilen modeller ve KFY süreci temel alınarak kullanıcı dostu bir KDS programı geliştirilmiştir. Bu KDS programı ile yeni bir ürün tasarlamak veya var olan ürünü geliştirmek için ihtiyaç duyulan tüm bilgiler bir kalite evi oluşturularak tasarımcılara sunulmakta ve TG'lerin

alabileceği en iyi alternatif değerler belirlenmektedir. Böylece tasarımcılara soyut tasarım bilgileri yerine somut ve kesin teknik bilgiler sunularak, ürün ile ilgili kararların daha kısa zamanda ve daha kolay bir şekilde alınması sağlanmıştır. Geliştirilen bu KDS ile geleneksel tasarım ve geliştirme süreçlerine göre daha esnek ve etkin bir süreç elde edilmiştir.



## 4. ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

### 4.1. Çok Amaçlı Karar Verme

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesine imkân sağlayan bir araçtır. ÇKKV, pratik uygulamaları ve teorik gelişimi açısından Karar Analizi alanında çok hızlı gelişmiş ve güçlü mantık yapısı ile karar almada başarısını kanıtlamıştır [Tamiz, 1996].

ÇKKV problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve ÇAKV olarak iki kategoride sınıflandırılır. ÇNKV metotları belirlenen kesin alternatifler içerisinde bir alternatifin seçilmesi için kullanılır. İlk olarak bütün hedeflere ve karar alternatiflerine göre verilen hükümler bir araya getirilir. İkinci olarak ise bir araya getirilen hükümler içerisinde karar alternatiflerinin derecelendirilmesi yapılır [Zimmerman, 1996]. ÇAKV metotları ise, matematiksel kısıtlar tarafından tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için kullanılır. Bu metotlar çok iyi tanımlanmış kısıtlar, belirgin amaçlar ve amaçlar arasında belirgin etkileşimler içerir.

Çok amaçlı programlama birden fazla amaç fonksiyonuna sahip problemlerin eniyilenmesi ile ilgilenir. Çok amaçlı eniyileme enküçükleme ya da enbüyükleme problemlerinden ziyade birbiriyle çelişen iki veya daha çok amaçtan oluşan ve bu amaçların eş zamanlı olarak tatmin edilmesinin gerektiği problemlerden oluşmaktadır. Literatürde çok sayıda ve farklı şekilde sınıflandırılmış çok amaçlı eniyileme metotları bulunmaktadır [Arıkan,1996]. Bu metotlardan biri de HP'dir.

HP'nin gerçek hayat problemlerine uygulanmasında iki önemli zorlukla karşılaşmaktadır. Bu zorluklardan birincisi karar vericinin belirsiz hedeflerini ve/veya kısıtlarını matematiksel olarak ifade etmek, bir diğeri ise birden fazla hedefi eş zamanlı olarak eniyileme gereğidir [Arıkan and Güngör, 2001]. Bu zorlukların üstesinden gelmek için BHP yöntemi kullanılmıştır.

HP ile BHP arasındaki en önemli farklılık BHP yönteminin karar vericiye çözüm sırasında esneklik sağlamasıdır. Hedef değerlerin tam olarak belirlenemediği durumlarda BHP' de karar verici uygun gördüğü tolerans limitleri ile problemi çözebilmektedir.

HP ile yapılan çözümlerde hedeflere belirli değerler verilmekte ve hedeflerin eşitlik ya da eşitsizlik olmasına göre sapma değişkenlerinin aldığı değerler bu hedeflere ne kadar ulaşıp ulaşılmadığını göstermektedir. Amaç fonksiyonunda yer alan sapma değişkenleri sıfır ya da sıfıra yakın değer alırsa hedeflere o kadar ulaşılmaktadır. BHP' de ise hedefler tam belirgin değildir ve bu değerler üyelik fonksiyonuna bağlı olarak tolerans limitleri ile belirlenmeye çalışılmaktadır. Tolerans değerlerinin hedefin değerine göre göreceli büyüklüğü belirsizliğin ne kadar çok ya da az olduğunun göstergesidir. Üyelik fonksiyonunun değeri ile belirsiz olan hedef değerlere verilen tolerans değerlerine ne kadar ulaşıp ulaşılmadığı anlaşılmaktadır. Üyelik fonksiyonunun değeri bire ne kadar yakınsa üyelik fonksiyonunun başarıma derecesi o kadar yüksek olmaktadır. Başka bir deyişle, belirlenen değerler o kadar doğru olmaktadır [Kağnıcıoğlu, 2006].

## **4.2. Hedef Programlama**

HP'nın temelleri ilk olarak, Charnes ve ark. (1955) tarafından yapılan bir çalışma ile ortaya atılmıştır [Charnes ve ark., 1955]. Daha sonra, Charnes ve Cooper (1961) başka bir çalışmada HP terimini ilk kez kullanmışlar ve bu metodun daha açık bir tanımı yapmışlardır [Charnes ve Cooper, 1961]. 1970'lerin ortalarına kadar literatürde kısıtlı sayıda HP uygulamasına rastlanmaktadır. Daha sonra Lee (1975) ve Ignizio (1976) tarafından yapılan çalışmalara dayanılarak yeni çalışmalar yapılmıştır [Lee, 1975; Ignizio, 1976]. Pek çok akademisyen ve uygulamacı çok amaçlı karar problemlerinin çözümünde HP modellerini kullanmış ve oluşturdukları modelleri çözebilmek için değişik yazılımlar geliştirmişlerdir. Bu tür yazılımlar, çok sayıda değişken ve sınırlayıcı içeren modellerin çözümünü olanaklı hale getirdiği için, HP modellerinin karar verme sürecinde en etkili araçlardan biri olmasını sağlamıştır [Geiger ve ark., 1996].

HP, karar vericilerin amaçlarını tatmin edilmesi için eniyileme mantığı ile MP'yi birleştiren bir yöntemdir [Mathirajan ve Ramanathan, 2007]. Bu yöntem çelişen amaçlarla ilgili karar problemlerinin çözümünde kullanılır. Çelişen amaçları en iyilen tek bir çözüm bulmak mümkün olmayabilir. Bunu yerine her amacın önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunmaktadır [Taha, 2000].

HP'de, DP ve tamsayılı programlama varsayımları ve algoritmalarına ek olarak birden çok amacın birlikte gerçekleşmesi ve tatmin edilme koşulları üzerinde durulur. Bu yöntemin DP'den farkı; amaçları direk olarak enbüyüklemek veya enküçüklemek yerine hedefler arasındaki sapmaları enküçüklemesidir. Yöntemin temel düşüncesi, çok amaçlı problemi, her biri tek bir amacı olan bir veya daha fazla probleme dönüştürmek ve amaç kısıtları ile sistem kısıtlarına bağlı olarak hedef değerlerden sapmaları enküçüklemeektir [Taha, 2000; Patia ve ark., 2008].

HP'de, amaçlar hedef değerleri ve iki yardımcı değişkeni içeren doğrusal eşitliklerle ifade edilir. Bu yardımcı değişkenler hedef değerlerden negatif sapmayı ( $d^-$ ) ve pozitif sapmayı ( $d^+$ ) gösterir ve bunlar DP'nin simplex algoritmasında yer alan aylak değişkenlerdir. Genel olarak HP modeli şu şekildedir:

$$EnküçükH = \sum_{q=1}^Q (d_q^+ + d_q^-) \quad (4.1)$$

$$f_q(x) + d_q^+ - d_q^- = g_q \quad \forall q \in Q, \forall s \in S \quad (4.2)$$

$$x_s, d_q^-, d_q^+ \geq 0 \quad (4.3)$$

$f_q(x)$ ,  $x_s$  karar değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak  $q$ . amacın matematiksel gösterimi ve  $g_q$ ,  $q$ . amaç fonksiyonu için arzu edilen seviye olmak üzere HP modelinde, hedefler ve sapma değerleri aşağıdaki gibi üç türde gösterilebilir.

**1-**  $f_q(x) \leq g_q$  tipindeki kısıt fonksiyonu,  $f_q(x) + d_q^- - d_q^+ = g_q$  şekline dönüştürülür ve  $d_q^+$  sapma değişkeni en küçüklenmeye çalışılır. Çünkü arzu edilen seviye amaç fonksiyonu için bir üst sınır oluşturur.

**2-**  $f_q(x) \geq g_q$  tipindeki kısıt fonksiyonu,  $f_q(x) + d_q^- - d_q^+ = g_q$  şekline dönüştürülür ve  $d_q^-$  sapma değişkeni en küçüklenmeye çalışılır. Çünkü arzu edilen seviye amaç fonksiyonu için bir alt sınır oluşturur.

**3-**  $f_q(x) = g_q$  tipindeki kısıt fonksiyonu,  $f_q(x) + d_q^- - d_q^+ = g_q$  şekline dönüştürülür ve  $d_q^-$  ile  $d_q^+$  sapma değişkenleri en küçüklenmeye çalışılır. Çünkü amaç fonksiyonu değeri tam arzu edilen seviyedir.

HP modeli amaç fonksiyonlarının yapısına göre Ağırlıklandırılmış HP, Öncelikli HP ve Minmaks HP olmak üzere üçe ayrılır [Romero, 2004]. Bu HP türleri grafik, değiştirilmiş simpleks ve ardışık sayısal çözüm teknikleri çözülmektedir. Bu çalışmada, geliştirilen KTHP modeli için ele aldığımız amaçların ağırlık değerlerini bulmak karar verici için zor bir durumdur. Bu nedenle Öncelikli HP modeli kullanılmış ve ardışık sayısal çözüm tekniği ile çözüm yapılmıştır.

Öncelikli HP’de, hedefler arasındaki öncelikler sıralanır ve daha yüksek öncelikli hedeflerden sapmalar daha düşük öncelikli hedef sapmalardan daha önemlidir. İlk önce en yüksek öncelikli hedefin çözümü gerçekleştirilir, daha sonra onu izleyen daha düşük öncelikli hedeflerin çözüm sürecine geçilir [Aköz ve ark., 2007].

*Model*

$$\text{LEXMIN } \alpha = \left[ \sum_{q \in pr_1} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_r} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_Q} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+) \right] \quad (4.4)$$

### Kısıtlar

$$f_q(x) + d_q^- - d_q^+ = g_q \quad q \in pr_r, \quad r \in Q \quad (4.5)$$

$$d_q^-, d_q^+ \geq 0 \quad q \in pr_r \quad (4.6)$$

$pr_r$ ,  $r$ . öncelik düzeyindeki amacı ifade ederken  $\alpha_q$  ve  $\beta_q$  sırasıyla  $d_q^-$  ve  $d_q^+$ 'nin ağırlık faktörleridir.

Ardışık sayısal çözüm tekniğinde hedefler öncelik düzeylerine göre parçalara ayrılır. Daha sonra her bir öncelik düzeyi için oluşturulan tek amaçlı DP modelinde yalnızca birinci öncelik düzeyindeki hedefe ilişkin sapmalar en küçüklenir. Bundan sonra sırasıyla bir sonraki öncelik düzeylerine geçilerek, bu düzeylere ilişkin sapmalar en küçüklenir. Her bir düzey için kurulan modellerin kısıtları, bir önceki öncelik düzeyindeki tüm hedefler ve bu düzeyin en iyi sapma değeri ile mevcut düzeydeki tüm hedeflerden oluşur. Bir önceki öncelik düzeyi için bulunan eniyi sapma değerinin kısıt olarak alınmasının nedeni bir sonraki öncelikli hedefin birinci öncelikli hedefin önüne geçmesini engellemektir. Tüm öncelik düzeyleri ele alınca HP'nın çözümü tamamlanmış olur ve çözülen son düzey yani DP'nin çözümü söz konusu problemin eniyi sonuçlarını verir.

### 4.3. Bulanık Hedef Programlama

Bulanıklık, “bir kelimenin anlamında veya bir kavramın tanımlanmasında bulunan belirsizlik” ya da “bir olayın, ifadenin ya da kavramın anlamının içerdiği belirsizlik” olarak da tanımlanmaktadır [Zimmermann, 1987]. BKT ise, kesin olmayan, belirsiz tanımlamaların geçtiği problemleri çözmek için geliştirilmiştir. BKT' nin amacı; belirsizlik ifade eden, tanımlanması güç veya anlamı zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik getirmektir [Türkşen, 1985].

“ $x$ ” ile gösterilen tüm elemanların oluşturduğu  $X$  evrensel kümesinin bir altkümesi olan  $\tilde{A}$  bulanık kümesi, Eş. 4.7’de ifade edilen, sıralı ikililerden oluşan bir küme olarak tanımlanmaktadır:

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in X \} \quad (4.7)$$

$\mu_A(x)$  terimine,  $x$ ’in “üyelik fonksiyonu” veya “üyelik derecesi” denir. Klasik küme teorisinde  $\mu_A(x)$  sadece “0” ve “1” değerlerini almaktadır. Bulanık bir kümede ise, her bir eleman 0 ile 1 aralığında,  $\mu_A(x)$  üyelik dereceleri ile bir kümeye aittir. Dolayısıyla,  $A$  kümesinde her bir eleman,  $(x)$  değeri ve  $\mu_A(x)$  yani kümeye ait olma derecesi ile tanımlanmaktadır [Zimmermann, 1976].

MP yaklaşımlarında bulanıklık, sistem kısıtlarında yer alan teknolojik katsayılar ve/veya sağ taraf sabitlerinden, amaç fonksiyonunu katsayılarından, hedef değerlerden, ağırlıklandırma ve önceliklendirmede karar vericilerin ölçütlerinden dolayı kaynaklanmaktadır [Arıkan, 1996]. Bu belirsizlik durumlarında ortaya çıkan problemlerin çözümü için BHP yöntemi kullanılmaktadır.

Bulanık hedef değerli ilk BHP modeli Narasimhan tarafından ele alınmıştır [Narasimhan,1980]. Narasimhan, bulanık hedefleri bulanık eşitlikler olarak kabul ederek, onları üçgensel üyelik fonksiyonları ile nitelemiştir. Zimmermann’ın bulanık DP modeli için geliştirdiği çözüm yaklaşımından esinlenen Narasimhan, BHP modelinin çözümünü Bellman ve Zadeh’in bulanık karar kümesi kavramına dayanarak belirlemeye çalışmıştır [Bellman ve Zadeh, 1970; Zimmermann, 1978].

BHP modelleri, hedeflerin öncelik yapısına göre iki türde ele alınmaktadır. Birinci türde, bütün hedefler aynı tercih önceliğinde yer alır ve bundan dolayı hedeflerin görece önemi birbirine eşit olduğu için bütün hedefler eşzamanlı olarak tatmin edilmeye çalışılır. İkincisinde ise, hedeflerin farklı tercih öncelikleri dikkate alınır. Bu durumda, karar vericinin hedeflere ilişkin hiyerarşik bir yapı belirler ve söz konusu hedefleri en önemliden daha az önemliye doğru sıralar. Bu sıralama işlemi sözel

olarak yapılabileceği gibi ağırlık kavramının kullanılmasıyla sayısal olarak da yapılabilir [Özkan, 2003]. Tercih öncelikli BHP’de, karar vericinin hedefler arasındaki tercih önceliğini belirlemesi ile birlikte bulanık hedefler farklı düzeylerde tatmin edilir. Bu tez kapsamında tercih öncelikli BHP modelleri üzerinde durulmuştur.

Genel olarak  $Q$  adet bulanık amacı ( $Z_q(x)$ ) içeren bir BHP problemi aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\text{Eniyi } Z_q(x) \tilde{\succ} g_q \text{ (veya } Z_q(x) \tilde{\preceq} g_q) \quad \forall q \in Q \quad (4.8)$$

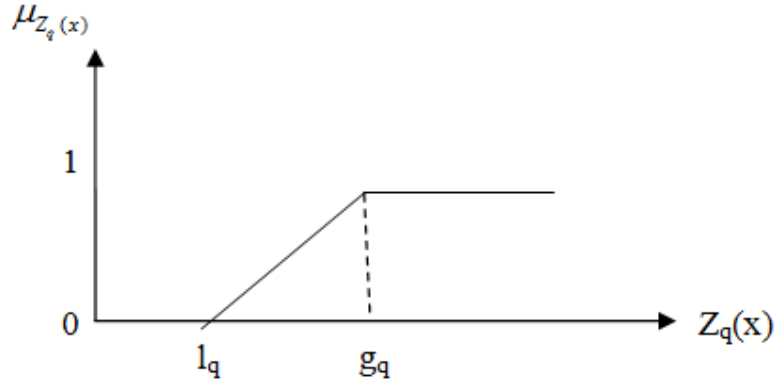
$$Ax \leq b \quad (4.9)$$

$$x \geq 0 \quad (4.10)$$

Eş. 4.8’de  $Z_q(x) \tilde{\succ} g_q$  (veya  $Z_q(x) \tilde{\preceq} g_q$ ) ifadesi  $q$ . amacın  $g_q$ ’dan yani doyum derecesinden yaklaşık olarak büyük veya eşit (küçük veya eşit) olduğunu göstermektedir. Eş. 4.9 bulanık olmayan sistem kısıtlarını gösterirken, Eş. 4.10 ise işaret kısıtlarını göstermektedir.

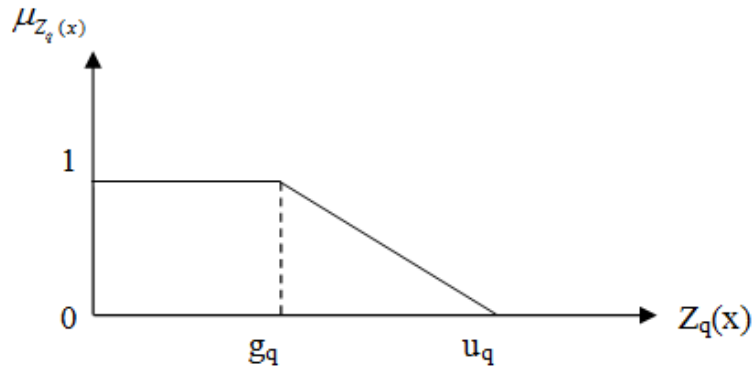
BHP için geliştirilen çözüm yaklaşımlarının birçoğunda, bulanık hedefler işlemsel kolaylık sağlaması nedeniyle Zimmermann (1978) tarafından önerilen üyelik fonksiyonları ile nitelenmiştir. Buna göre  $Z_q(x) \tilde{\succ} g_q$  ve  $Z_q(x) \tilde{\preceq} g_q$  ifadelerine bağlı olarak  $q$ . bulanık hedef için doğrusal üyelik fonksiyonları yani bulanık amacın başarı derecesi ( $\mu_q$ ) sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanmakta ve Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’deki gibi gösterilmektedir;

$$\mu_q = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{eğer } Z_q(x) \geq g_q \\ \frac{Z_q(x) - l_q}{g_q - l_q} & \text{eğer } l_q < Z_q(x) < g_q \\ \frac{g_q - Z_q(x)}{g_q - l_q} & \text{eğer } Z_q(x) < l_q \\ 0 & \text{eğer } Z_q(x) \leq l_q \end{array} \right\} \quad (4.11)$$



Şekil 4.1.  $Z_q(x) \lesssim g_q$  durumu için üyelik fonksiyonu

$$\mu_q = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Z_q(x) \leq g_q \\ \frac{u_q - Z_q(x)}{u_q - g_q} & \text{eğer } g_q < Z_q(x) < u_q \\ 0 & \text{eğer } Z_q(x) \geq u_q \end{cases} \quad (4.12)$$



Şekil 4.2.  $Z_q(x) \lesssim g_q$  durumu için üyelik fonksiyonu

Eş. 4.11 ve Eş. 4.12'de  $l_q/u_q$   $q$ . amacın alt/üst tolerans limitleridir.

#### 4.4. Karar Destek Sistemi

KDS'nin temelleri ilk olarak Little (1970) tarafından yapılan bir çalışma ile atılmıştır [Little, 1970]. Bu konudaki ilk kavramlar ise 1971'de M. Scott Morton'ın "Yönetim



Karar Sistemleri” başlıklı bir yazısında ele alınmıştır. Daha sonra gerek akademik, gerekse endüstriyel alanlarda araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmaları hızla yaygınlaşmıştır [Kuruüzüm, 1998].

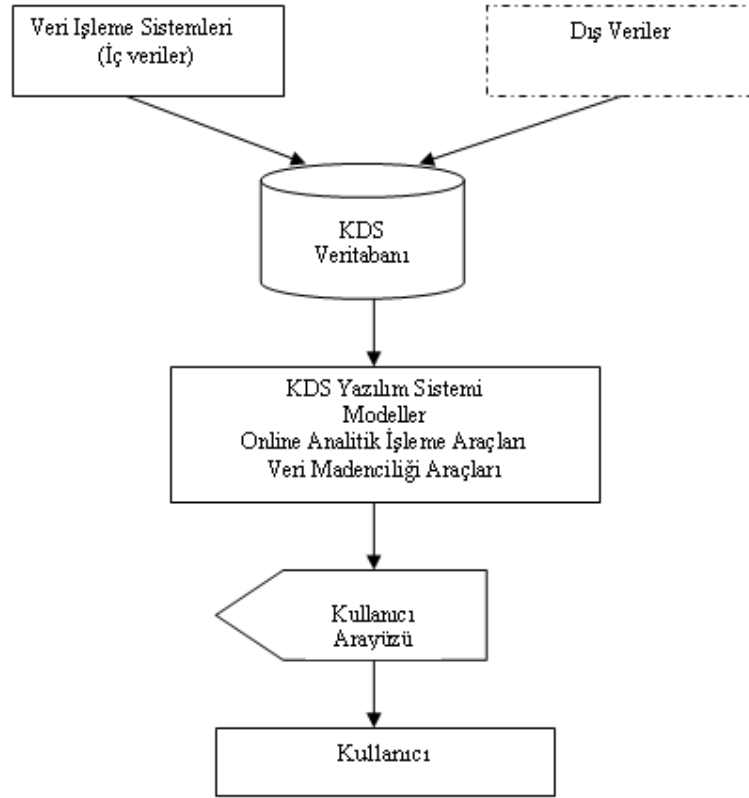
KDS, karar vericilerin karar vermesine yardımcı olan interaktif ve bilgisayar ortamında olan sistemlerdir. Diğer bir deyişle, verilmesi gereken kararlarla ilgili veriyi daha iyi anlayarak, daha etkin karar seçeneklerini oluşturma, alternatifleri belirleme ve değerlendirme işlevlerinde destek sağlayan ve doğru karar verme olasılığını artıran sistemlerdir [Gökçen, 2007].

Karar verici, karar verirken her zaman en iyi olana ulaşamayabilir. Bunu, karar verici adına bazı analitik modeller yapar. Karar verici, bir problemin çözümüne katkıda bulunacak kararı verirken mantığını, sezgisini kullanır. KDS'nin amacı, karar vericinin yerini almak ya da ona belli bir sonuç kabul ettirmek değil, çözüm alternatifleri sunabilecek etkileşimli ortamları sağlamaktır [Gökçen, 2007].

Model-odaklı ve veri-odaklı olmak üzere iki tip KDS bulunmaktadır. Model-odaklı KDS, “Şayet...Olursa (What ... if)” ve diğer farklı analizlerin yapılması için bazı modeller kullanan büyük organizasyonel bilgi sistemlerinden bağımsız, tek başına sistemlerdir. Bu gibi sistemler genellikle merkezi bilgi sistemi kontrolü altında olmayan son kullanıcı bölümler ya da gruplar tarafından geliştirilirler. Bu sistemlerin analiz yetenekleri, modelin kullanımını kolaylaştıracak iyi bir kullanıcı arayüzüyle birleştirilmesine bağlıdır. Veri-odaklı KDS'ler ise, büyük organizasyonel sistemlerde bulunan büyük veri havuzlarını analiz eden sistemlerdir. Bu sistemler, daha önceden büyük miktarlardaki verilerde saklı kalan faydalı bilgilerin çıkarılarak, kullanıcılara karar verme desteği sağlayan sistemlerdir. Veri işleme sistemlerinden elde edilen veriler, bu amaç için genellikle veri deposunda toplanırlar [Laudon, 2002].

#### **4.4.1. Karar destek sistemlerinin temel bileşenleri**

Genel olarak, bir KDS sistemi üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar: KDS veritabanı, KDS yazılım sistemi ve kullanıcı ara yüzüdür (Şekil 4.3) [Laudon, 2002].



Şekil 4.3. KDS' nin temel bileşenleri

KDS veritabanı; bir kişisel bilgisayara yerleştirilecek kadar küçük bir veritabanı ya da çok büyük veri deposu şeklinde olabilir. Bu veritabanı, birçok uygulamalardan ya da gruplardan elde edilen geçmiş ve mevcut verilerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

KDS yazılımı; veri analizi için kullanılan yazılım araçlarını kapsar. Bu sistem, KDS kullanıcısının kolayca erişebileceği çeşitli çevrimiçi analitik işleme araçlarından, veri madenciliği araçlarından ya da matematiksel ve analitik modellerin oluşturduğu model tabanından meydana gelmektedir. Model tabanı, KDS'lerin değişik analizler yapması için kullandığı çeşitli istatistiksel, finansal, matematiksel ve diğer kantitatif modelleri içerir [Çetinyokuş ve Gökçen, 2002].

Kullanıcı ara yüzü; kullanıcıların yani karar vericilerin KDS'lerine erişimini sağlamaktadır. Karar verici ele aldığı problemin gerekleri doğrultusunda KDS'yi kullanarak sonuç raporlarından veya tablo analizlerinden hareketle, alternatif çözümler içerisinde en iyiyi bulmaya çalışır [Laudon, 2002].

#### 4.4.2. Karar destek sistemlerinin özellikleri

KDS'nin yapısında, işletiminde ya da kullanım amacıyla var olan ve bir araya gelerek KDS'yi farklılaştıran özellikler şunlardır [Gökçen, 2007]:

- KDS'ler her şeyden önce yapısal olmayan ya da yarı yapısal karar türleri için düşünülmelidir
- Gruplar tarafından alınan kararları destekler, grup karar destek sistemleri geliştirilebilir.
- Sistem karar vericinin değişen ihtiyaçlarını da hızla cevaplandırır
- Kullanım kolaylığı ve esnekliği sağlar.
- Öznel ve/veya nesnel veri kullanılabilir
- Nicel ve nitel modeller kullanılabilir
- Eğer öyleyse (What-If) çözümlenmeleri, risk çözümlenmeleri yapar.
- Finansal fonksiyonlar, yönetim bilimi araçları, grafik üreteç içerir
- KDS'ler yapısal, teknolojik ve çevresel sınırlardan etkilenir
- Doğuştan karar vericinin sahip olduğu bazı bilgi yönetim kabiliyetleri (yaratıcılık veya hayal etme) günümüz KDS'lerine uyarlanamayabilir.
- Bir KDS sahip olduğu bilgi ile kısıtlıdır. Sahip olmadığı bilgiyi işleyemez. Bu durumda bazen karar vericinin isteklerini yerine getirmek için yetersiz kalabilir. Fakat yeni bilgiler kazanabilir.
- Bir KDS, yazılımının veya donanım ve işletim sisteminin performansı ile kısıtlıdır

#### 4.4.3. Karar destek sistemlerinin yararları

KDS' nin faydaları şöyle sıralanabilir [Gökçen, 2007]:

- KDS, temel olarak karar vericinin bilgi sunma ve işleme kapasitesini artırır.
- Karar verici, çok fazla zamanını alacak veya çözmekten vazgeçeceği karışık ya da büyük bir sorunu KDS ile çözebilir.
- Basit sorunlarda karar vericiye oranla daha hızlı çözüme giderler.
- Karar verici, KDS'yi sorun çözmek yerine sorunla ilgili düşünceleri tanımlama, çözümlene veya veri tabanında araştırma yapmak için de kullanabilir.
- Çözülmüş sorunların çözümlerini doğrulamak için yararlanılabilir.
- KDS ile çalışan bir organizasyon diğer organizasyonlara rekabet üstünlüğü sağlayabilir.
- Etkinliği ve üretkenliği artırır.
- İletişimi kolaylaştırır.
- Kararın kalitesini ve tutarlılığını sağlar.

## 5. KALİTE FONKSİYON YAYILIM SÜRECİNİN ENİYİLENMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MATEMATİKSEL MODELLER VE KARAR DESTEK SİSTEMİ

Bu tez kapsamında, Lai ve ark. (2004) tarafından önerilen bir DP modeli genişletilerek TG'lerin kesikli değerleri için KFY sürecini eniyileyen yeni modeller geliştirilmiştir. Bu nedenle öncelikle Lai ve ark. (2004) tarafından önerilen DP modelinin incelenmesi bu çalışmada geliştirilen modellerin anlaşılması açısından yararlı olacaktır.

Lai ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada ürün tasarımı eniyilemek için Kano model ile KFY birlikte kullanılmıştır. İlk olarak Kano model ile Mİ'ler sınıflandırılmış ve  $CS_i$  ile  $DS_i$  katsayıları bulunarak müşteri tatmin boyutları belirlenmiştir. Daha sonra KFY sürecinde Kano model ile ortaya çıkarılan tatmin boyutları da dikkate alınarak maliyet kısıtı altında DP modeli geliştirilmiş ve ürün tasarımı eniyilenmiştir.

Geleneksel KFY sürecinde, Mİ'ler yerine getirilirse müşterilerin tatmin olacağı, eğer bu istekler yerine getirilmezse müşterilerde tatminsizlik oluşacağı gibi basit bir mantık söz konusudur. Bu çalışmada Kano model ile Mİ'ler derecelendirilmiş ve tatmin boyutları belirlenerek ürün tasarım sürecine dâhil edilmiştir. Lai ve ark. (2004) tarafından önerilen DP modeli aşağıdaki gibidir:

*Parametreler:*

$M$	Mİ'lerin kümesi.
$N$	TG'lerin kümesi.
$R_{ij}^{norm}$	$i$ . Mİ ile $j$ . TG arasında normalize edilmiş ilişki değeri ( $\forall i \in M, \forall j \in N$ )
$\gamma_{kj}$	$k$ . TG ile $j$ . TG arasındaki korelasyon değeri ( $\forall k, j \in N$ )
$t_i$	$i$ . Mİ'nin memnuniyet düzeyinin hedef değeri ( $\forall i \in M$ )

$c_j$	$j$ . TG'in birim başına gelişme maliyeti ( $\forall j \in N$ )
$B$	bütçe değeri
$CS_i$	$i$ .Mİ'nin müşteri memnuniyet katsayısı ( $\forall i \in M$ )
$DS_i$	$i$ .Mİ'nin müşteri memnuniyetsizlik katsayısı ( $\forall i \in M$ )
$w_i$	$i$ .Mİ'nin göreceli önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )

*Karar değişkenleri:*

$S_i$	$i$ .Mİ'nin ağırlıklandırılmış memnuniyet düzeyleri arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )
$y_i$	$i$ .Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $\forall i \in M$ )
$x_j$	$j$ .TG'nin başarıma düzeyi ( $\forall j \in N$ )

*Model:*

$$\text{Enbüyük } Y = \sum_{i=1}^M S_i \quad (5.1)$$

*Kısıtlar*

$$y_i = \sum_{j=1}^N R_{ij}^{norm} x_j \quad \forall i \in M \quad (5.2)$$

$$\sum_{j=1}^N c_j x_j \leq B \quad (5.3)$$

$$0 \leq x_j \leq 1 \quad \forall j \in N \quad (5.4)$$

$$0 \leq y_i \leq 1 \quad \forall i \in M \quad (5.5)$$

Eş. 5.1.'de gösterilen amaç fonksiyonu müşteri memnuniyeti ile hedef değerler arasındaki farkı enbüyüklemektedir. Çünkü modelde Eş. 5.6'da görüldüğü gibi  $y_i \geq t_i$  ise  $S_i$  değeri pozitif;  $t_i \geq y_i$  ise  $S_i$  değeri DS katsayısından dolayı negatif değer almaktadır. Dolayısıyla  $y_i$  değerinin artışı ile amaç fonksiyonu artmaktadır. Eş. 5.2'de TG'lerin başarıma düzeylerine bağlı olarak Mİ'nin memnuniyet düzeyleri

belirlenirken, Eş. 5.3 TG'lerin maliyetleri ve başarıma düzeylerine bağlı olarak bütçe kısıtını sağlamaktadır. Eş. 5.4 ve Eş. 5.5 ise  $x_j$  ve  $y_i$  değişkenlerinin 0-1 aralığında değer almasını sağlayan işaret kısıtlarıdır.

$$S_i = \begin{cases} w_i \times CS_i \times (y_i - t_i) & \text{eğer } y_i \geq t_i \\ w_i \times DS_i \times (t_i - y_i) & \text{eğer } t_i \geq y_i \end{cases} \quad \forall i \in M \quad (5.6)$$

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^N R_{ik} \gamma_{kj}}{\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N R_{ij} \gamma_{jk}} \quad (5.7)$$

Eş. 5.6 her bir Mİ'nin beklenen memnuniyet düzeyi ile elde edilen memnuniyet düzeyi arasındaki ağırlıklandırılmış farkın hesaplanmasını gösterirken, Eş. 5.7 ise Wasserman (1993) tarafından geliştirilen  $R_{ij}^{norm}$  katsayısının hesaplamasını göstermektedir.  $R_{ij}^{norm}$  hesaplamasında Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin yanı sıra TG'ler arasındaki korelasyon değerleri de dikkate alınmaktadır.

Yukarıda bahsedilen modelin amaç fonksiyonunun doğrusal olmamasından dolayı çözümü zordur. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla yeni karar değişkenleri ve eşitlikler tanımlanarak model tekrar düzenlenmiştir (Lai ve ark., 2004):

*Ek karar değişkenleri:*

$d_{1i}$   $i$ .Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $y_i$ ) ile hedef memnuniyet düzeyi ( $t_i$ ) arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )

$d_{2i}$   $i$ .Mİ'nin memnuniyet düzeyi ( $y_i$ ) ile ideal memnuniyet düzeyi (ideal durum) yani 1 arasındaki fark ( $\forall i \in M$ )

Bu karar değişkenlerinin yanı sıra şu eşitlikler tanımlanmıştır:

$$w_{1i} = -DS_i - CS_i \quad \forall i \in M \quad (5.8)$$

$$w_{2i} = CS_i \quad \forall i \in M \quad (5.9)$$

*Buna göre doğrusallaştırılmış model:*

$$\text{Enküçük}Z = \sum_{i=1}^M (d_{1i} \times w_{1i} \times w_i + d_{2i} \times w_{2i} \times w_i) \quad (5.10)$$

*Kısıtlar*

Eş.5.2-Eş.5.5 ve

$$y_i + d_{1i} \geq t_i \quad \forall i \in M \quad (5.11)$$

$$y_i + d_{2i} \geq 1 \quad \forall i \in M \quad (5.12)$$

$$0 \leq d_{1i}, d_{2i} \leq 1 \quad \forall i \in M \quad (5.13)$$

Eş. 5.10'de gösterilen amaç fonksiyonu, tasarlanmış ürün ile ideal durum arasındaki ağırlıklandırılmış farkın en küçüklenmesidir. Yani Mİ'nin memnuniyet değerlerinin ( $y_i$ ) mümkün olduğunca Mİ'nin hedef değerlerine ( $t_i$ ) yaklaşması ile müşteri memnuniyetinden sapmanın enküçüklenmesi amaçlanır. Eş. 5.11 ile Eş. 5.12 ise  $y_i$ 'nin hedef değer ( $t_i$ ) ve ideal durum (1)'den farkının enküçükleme problemine uygun şekilde düzenlenmiş halidir. Eş. 5.13 ise değişkenlerin 0-1 aralığında değer almasını sağlayan işaret kısıtlarıdır.

KFY literatüründeki çalışmalara benzer şekilde Lai ve ark. (2004) tarafından geliştirilen modelde de TG'lerin sürekli değerler aldığı kabul edilmiştir. Bunun yanında, gerçek hayat problemlerinde bu gereksinimlerin her zaman sürekli bir aralıkta değer alması beklenemez. Örneğin; bir bilgisayar ekranı teknolojik, pazar ve üretim şartlarından dolayı 15" (38 cm), 17" (43 cm) ve 19" (48 cm) gibi kesikli değerler almaktadır. Bu nedenle Lai ve ark. (2004) tarafından önerilen matematiksel model temel alınarak yeni bir KTDP-1 modeli geliştirilmiş ve TG'lerin kesikli değerleri için KFY süreci eniyilenmiştir. Daha sonra KTDP-1 modeli TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasında parçalı doğrusal bir ilişkinin olduğu

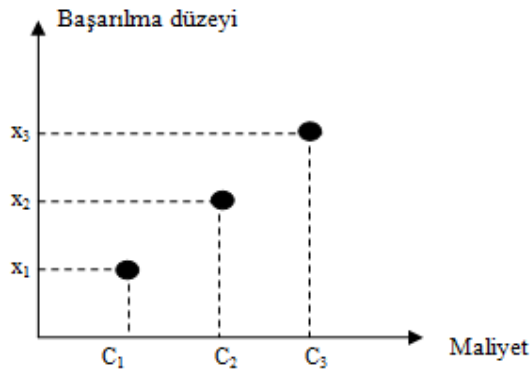


varsayılarak yeniden düzenlenmiş ve daha gerçeğe uygun sonuçlar veren KTDP-2 modeli önerilmiştir. Buna ek olarak, KFY planlama sürecinde birden fazla birbiriyle çelişen amaç olması ve bu amaçların belirsiz bilgi ortamında hedef değerlerinin belirlenmesinde yaşanan zorluklar nedeniyle KTDP-2 modeli de genişletilerek KTHP ve BKTHP modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller sırasıyla ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır.

### 5.1. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama–1 Modeli

KTDP-1 modelinin iki önemli özelliği bulunmaktadır. Birincisi, bu modelde TG'ler kesikli değerler almaktadır. Her bir TG için birkaç alternatif değer bulunmaktadır. Burada amaç müşteri memnuniyeti ile hedef değeri arasındaki farkı en küçükleyecek şekilde TG'lerin alternatif değerleri arasından seçim yapmaktır. Yani bu amaca yönelik olarak TG'lerin mümkün alternatif değerleri içinden en uygun olanları seçilmektedir.

KTDP-1 modelinin ikinci özelliği ise başarıma düzeyleri (yerine getirilme dereceleri) ile maliyetleri arasında ilişkinin doğrusal varsayılmasıdır. Yani TG'lerin alternatif değerleri ile maliyetleri arasındaki ilişki doğrusaldır. Bu ilişki aşağıdaki Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Doğrusal ilişki

*Parametreler:*

$c_{jr}$	$j$ .TG'nin $r$ .alternatif değerinin birim başına gelişme maliyeti ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ )
$Z_i$	$i$ .Mİ'nin başlangıç önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )
$W_i$	$i$ .Mİ'nin nihai önem ağırlığı ( $\forall i \in M$ )
$B_{ip}$	$i$ .Mİ ile $p$ .Mİ arasındaki korelasyon değeri ( $\forall i, p \in M$ )
$r$	$j$ .TG seviyesi ( $\forall j \in N$ )
$I_j$	$j$ .TG alternatif kümesi ( $\forall j \in N$ )

*Karar değişkeni:*

$L_{jr}$	1, eğer $j$ .TG için $r$ .seviye seçilirse; 0 aksi halde ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ ),
----------	--

*Model:**EnKüçük* (5.10)*Kısıtlar*

Eş.5.2, Eş.5.4, Eş.5.5, Eş.5.11-Eş.5.13 ve

$$\sum_{r=1}^{I_j} L_{jr} = 1 \quad \forall j \in N \quad (5.14)$$

$$x_j = \frac{1}{|I_j|} \left( \sum_{r=1}^{I_j} r L_{jr} \right) \quad \forall j \in N \quad (5.15)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{I_j} c_{jr} L_{jr} \leq B \quad (5.16)$$

$$L_{jr} \in \{0,1\} \quad \forall j \in N, \forall r \in I_j \quad (5.17)$$

Matematiksel modelde Eş. 5.14 ve Eş. 5.15 TG'lerin kesikli değer alması için gerekli kısıtlardır. Eş. 5.14 her bir TG için sadece bir alternatifin seçilmesini sağlarken, Eş. 5.15 seçilen bu alternatife göre TG'nin başarıma düzeyinin belirlenmesini sağlamaktadır. Son olarak; Eş. 5.16 ise bütçe kısıtı ve Eş. 5.17 işaret kısıtıdır.

*KTDP-1 modelinin literatürde geçen modellerden diğer farkları şunlardır:*

- Literatürde genellikle TG'ler arasında korelasyonlar dikkate alınmış ve bu korelasyonlar  $R_{ij}^{norm}$  değerinin hesaplanması sırasında kullanılarak matematiksel modele yansıtılmıştır. Ancak Mİ'ler arasında da etkileşimler yani korelasyonlar mevcut olabilir. Şu ana kadar literatürde yapılan çalışmalarda Mİ'ler arasındaki korelasyonlar ile TG'ler arasındaki korelasyonlar çok az çalışmada birlikte kullanılmıştır. Bu nedenle tez çalışmasında sözkonusu iki korelasyon tipi birlikte ele alınmıştır. TG'ler arasındaki korelasyonlar Eş.5.7 ile, Mİ'ler arasında korelasyonlar ise Khoo ve Ho (1996) çalışmasında yer alan Eş. 5.18 ile modele yansıtılmıştır. Eş. 5.18 ile hesaplanan önem ağırlıklarının ( $W_i$ ) normalize edilmesi ile göreceli önem ağırlıkları ( $w_i$ ) bulunmuş ve matematiksel modellerde kullanılmıştır. Bu hesaplamalar Bölüm 6'da ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

$$W_i = Z_i + \frac{1}{M-1} \sum_{p \neq i}^M B_{ip} Z_p \quad (5.18)$$

- 0-1 tamsayılı programlamanın kullanılarak KFY sürecinin eniyilenmesi sırasında bazı TG'ler önemsiz bulunup seçilmemektedir. Ancak göz ardı edilen TG'lerin bile müşteri memnuniyeti üzerinde bir etkisi bulunmaktadır (Lai ve ark., 2005). Bu nedenle geliştirilen KTDP-1 modelinde her bir TG'nin müşteri memnuniyeti üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır.
- DP yaklaşımında ise TG'lerin sürekli bir aralıkta hedef değerini ve başarıma düzeylerini belirlemek, TG'ler ile müşteri memnuniyetleri ve TG'ler ile maliyetler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak oldukça zor bir süreçtir. TG'lerin

birkaç değeri için maliyet ve memnuniyet değerini bulmak, onlar arasındaki ilişkiyi bulmaktan daha kolay olacaktır (Lai ve ark., 2005). KTDP-1 modelinde TG'lerin kesikli değerler alması sağlanarak bu problemin üstesinden gelinmiştir.

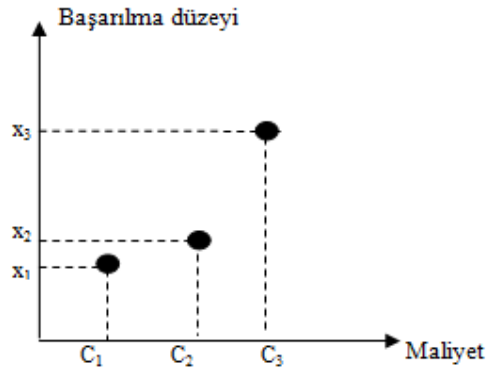
Daha önce Lai ve ark.(2005) tarafından yapılan bir çalışmada kesikli değer olarak birkaç alternatiften oluşan TG'ler için eniyileme probleminin çözümünde dinamik programlama kullanılmıştır. Bu çalışmada TG'lerin değerlerine karar verilirken birbiriyle ilişkili kararların söz konusu olduğu, bu nedenle dinamik programlamanın kullanıldığı belirtilmiştir. Burada asıl amaç sınırlı bütçeyi her bir TG arasında müşteri memnuniyetini enbüyükleyecek şekilde dağıtmaktır. Bunun için her bir TG'nin alabileceği alternatif değerler ve maliyetleri ile bu alternatif değerlerin Mİ'lere bağlı olarak memnuniyet dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra bu bilgiler ışığında TG'lerin alternatif değerleri içinden seçim yapılmıştır.

KTDP-1 modelinde ise; yukarıda bahsedilen çalışma gibi TG'lerin kesikli değerlerinin ele alınmasına rağmen farklı bir yaklaşım izlenmiştir. Burada TG'lerin alternatif değerleri ile bu değerleri karşılayan maliyetlerinin yanı sıra Mİ'lerin hedef memnuniyet değerleri belirlenmiştir. Bütçe sınırı altında Mİ'lerin hedef değerlerine en yakın memnuniyet değerlerini sağlayacak şekilde TG'lerin her biri için alternatif değerlerin seçilmesi amaçlanmıştır. Mİ'lerin memnuniyet dereceleri, TG'lerin alternatif değerlerine bağlı olarak modelin çözümü sonucunda bulunmaktadır. Dinamik programlama yaklaşımında ise; daha önceden TG'lerin alternatif değerlerine bağlı olarak belirlenmiş Mİ'lerin memnuniyet dereceleri içinden toplam memnuniyeti enbüyüklemek için seçim yapılmaktadır.

## **5.2. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-2 Modeli**

Geliştirilen KTDP-1 modelinde TG'lerin alternatif değerleri ile maliyetleri arasındaki ilişki doğrusal kabul edilmiştir. Bununla birlikte teknolojik veya üretim kısıtlarından dolayı gerçek hayat uygulamalarında nadiren doğrusal ilişki ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bilgisayar ekranı boyutları 15" (38 cm), 17" (43 cm) ve 19" (48 cm) iken, bu ekranların maliyetleri sırasıyla 140\$, 150\$ ve 250\$ civarındadır.

Yani ekranın boyutları ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki söz konusu değildir. Bu nedenle KTDP-1 modeli, TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasındaki ilişkinin parçalı doğrusal ilişki olduğu varsayılarak tekrar düzenlenmiştir (Şekil 5.2). KTDP-1 modeli yeniden düzenlenirken aşağıdaki parametreler eklenmiştir.



Şekil 5.2. Parçalı-doğrusal ilişki

*Ek Parametreler:*

$b_{jr}$   $j$ . TG'nin  $r$ . alternatif değeri ( $\forall j \in N, \forall r \in I_j$ )

$b_{jmin}$   $j$ . TG'nin en küçük alternatif değeri ( $\forall j \in N$ )

$b_{jmax}$   $j$ . TG'nin en büyük alternatif değeri ( $\forall j \in N$ )

$b_{jref}$   $j$ . TG referans değeri ( $\forall j \in N$ )

*Model:*

*Enküçük (5.10)*

*Kısıtlar*

Eş. 5.2, Eş. 5.4, Eş. 5.5, Eş. 5.11-Eş. 5.14, Eş. 5.16, Eş. 17 ve

$$x_j = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{b_{j\max}} \left( \sum_{r=1}^{I_j} b_{jr} L_{jr} \right) \\ \frac{1}{b_{j\max}} \left( \sum_{r=1}^{I_j} (b_{jref} - b_{jr}) L_{jr} \right) \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{eğer } b_{jr} \text{ ile } c_{jr} \text{ doğru orantılı ise} \\ \text{eğer } b_{jr} \text{ ile } c_{jr} \text{ ters orantılı ise} \end{array} \right\} \quad \forall j \in N \quad (5.19)$$

Eş. 5.19'de  $b_{jref} = b_{j\min} + b_{j\max} \quad \forall j \in N$  olarak tanımlanmaktadır. Burada TG'lerin alternatif değerlerinin maliyetleri ile doğru orantılı veya ters orantılı artışı dikkate alınarak, TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasındaki ilişkinin parçalı doğrusal olması sağlanmaktadır.

### 5.3. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinde Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı

Buraya kadar açıklanan KTDP-1 ve KTDP-2 modellerinin temel amacı müşteri memnuniyetinden sapmanın bütçe kısıdı altında enküçüklenmesidir. Fakat KFY planlama sürecine uygun bir şekilde geliştirilen modellerde maliyet ve teknik zorluk faktörlerinin de dikkate alınması gerektiği literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır [King, 1987; Wasserman, 1993; Trappey ve ark., 1996; Zhou, 1998; Park ve Kim, 1998; Wang, 1999; Fung ve ark., 2002]. Bu faktörlerin göz önüne alınması ile KFY'nı en iyileme problemi çok amaçlı eniyileme problemine dönüşmüştür. Bu problemin deterministik ve bulanık ortamda çözümü için çok amaçlı programlama modelleri geliştirilmiş ve çözüm yaklaşımları sunulmuştur.

#### 5.3.1. Karma tamsayılı hedef programlama modeli

KFY sürecinde, müşteri memnuniyetinin artırılması ile birlikte TG'lerin maliyetlerinde de bir artış olmaktadır. Memnuniyet düzeyinin artırılması için TG'lerin alternatif değerlerinin de en iyi değerleri alması gerekmektedir. Bu değerlere yaklaşıldıkça üreticinin daha fazla çaba göstermesi gerekecek ve teknik zorluk derecesi artacaktır. Fakat üreticiler tarafından memnuniyet artarken maliyet ve teknik zorluğun artması istenmeyen bir durumdur. Bu durumda müşteri memnuniyetinden sapmanın enküçüklenmesi, maliyet ve teknik zorluk derecesinin

enküçüklemesi olmak üzere birbiriyle çelişen üç amaç aynı anda sağlanmalıdır. Bu nedenle KTDP-2 modeli ÇAKV yaklaşımı ile geliştirilerek yeni bir Karma Tamsayılı Hedef Programlama (KTHP) modeli önerilmiştir. Bu modelin çözümü için Öncelikli HP yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımla hangi amacın tatmin edilip edilmediği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi içinden seçim yapma olanağı da sunulmuştur.

Önerilen KTHP modelinin literatürde yer alan KFY-HP modellerinden en büyük farkı TG'lerin kesikli değerler almasıdır. Ayrıca teknik zorluk amacı için literatürden farklı olarak Yamashina ve ark. (2002) tarafından önerilen Eş. 5.20 kullanılmıştır [Yamashina ve ark., 2002]. Literatürde genellikle bu amaç sayısal ve dilsel ifadelerle tanımlanmıştır. Bu modelde kullanılacak olan ek parametreler şunlardır:

*Ek parametreler:*

$y_{jo}$	$j$ . TG'nin şimdiki değeri, ( $j \in N$ ),
$y_{jc}$	$j$ . TG'nin mümkün değeri, ( $j \in N$ ),
$T_j$	$j$ . TG'nin hedef değeri, ( $j \in N$ ),
$S_L$	müşteri memnuniyetinden sapma amacının alt tolerans limiti
$C_L$	maliyet amacının alt tolerans limiti
$T_L$	teknik zorluk amacının alt tolerans limiti
$d_1^-$	$S_L$ 'nin negatif sapması,
$d_1^+$	$S_L$ 'nin pozitif sapması
$d_2^-$	$C_L$ 'nin negatif sapması
$d_2^+$	$C_L$ 'nin pozitif sapması
$d_3^-$	$T_L$ 'nin negatif sapması
$d_3^+$	$T_L$ 'nin pozitif sapması

Daha önce de bahsedildiği gibi KFY sürecinde, müşteri memnuniyetinden sapmanın enküçüklenmesi, maliyetin enküçüklenmesi ve teknik zorluğun enküçüklenmesi

olmak üzere üç amaç ele alınmış ve KTHP modeli oluşturulmuştur. Bu amaçlar sırasıyla aşağıda gösterilmiştir:

*Enküçük* (5.10)

*Enküçük* (5.16)

$$\text{Enküçük} \sum_{j=1}^N \frac{T_j - y_{jo}}{y_{jc} - y_{jo}} \quad (5.20)$$

Burada daha önce Eş.5.16'da gösterilen maliyet kısıtı amaç olarak düşünülmüştür. Eş. 5.20 ise her bir TG için mevcut alternatif değerlere ( $T_j$ ) ulaşmanın zorluk derecesini belirlemek amacıyla modele ilave edilmiştir.

Geliştirilen bu HP modelinde, karar vericinin hedef değerleri kesin olarak belirleyebildiği varsayılmıştır. Buna göre Eş. 5.10, Eş. 5.16 ve Eş. 5.20 numaralı amaçlar, karar vericilerin belirledikleri hedef değerlerini yani  $S_L$ ,  $C_L$  ve  $T_L$  değerlerini geçmemelidir. Bu durum aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\sum_{i=1}^M (d_{1i} \times w_{1i} \times w_i + d_{2i} \times w_{2i} \times w_i) \leq S_L \quad (5.21)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{I_j} c_{jr} L_{jr} \leq C_L \quad (5.22)$$

$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j - y_{jo}}{y_{jc} - y_{jo}} \leq T_L \quad (5.23)$$

Amaç kısıtları ise şu şekilde yazılabilir:

$$\sum_{i=1}^M (d_{1i} \times w_{1i} \times w_i + d_{2i} \times w_{2i} \times w_i) + d_1^- - d_1^+ = S_L \quad (5.24)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{I_j} c_{jr} L_{jr} + d_2^- - d_2^+ = C_L \quad (5.25)$$



$$\sum_{j=1}^N \frac{T_j - y_{jo}}{y_{jc} - y_{jo}} + d_3^- - d_3^+ = T_L \quad (5.26)$$

Eş.5.24 - Eş.5.26'da  $d_1^+, d_2^+$  ve  $d_3^+$  sapmalarının enküçüklenmesi ile memnuniyetten sapma, maliyet ve teknik zorluk derecesi sırasıyla  $S_L$ ,  $C_L$  ve  $T_L$  değerlerine eşit veya daha az olacaktır. Sonuç olarak önerilen KTHP modeli aşağıdaki gibidir.

*Model:*

$$\text{Enküçük} \{d_1^+, d_2^+, d_3^+\} \quad (5.27)$$

*Kısıtlar*

*Amaç kısıtları*

Eş.5.24-Eş.5.26

*Sistem kısıtları*

Eş. 5.2,Eş. 5.4,Eş. 5.5, Eş. 5.11-Eş. 5.14, Eş. 5.17, Eş. 5.19 ve

$$T_j = \sum_{r=1}^{I_j} b_{jr} L_{jr} \quad (5.28)$$

$$d_1^-, d_1^+ \geq 0 \quad (5.29)$$

$$d_2^-, d_2^+ \geq 0 \quad (5.30)$$

$$d_3^-, d_3^+ \geq 0 \quad (5.31)$$

Matematiksel modelde Eş.5.27'de  $d_1^+, d_2^+$  ve  $d_3^+$  sapma değişkenleri Öncelikli HP metodunun kullanılması nedeniyle sırasıyla enküçüklenmektedir. Eş. 5.28 ise, Eş. 5.14'de seçilen TG'lerin alternatif değerlerinin bu gereksinimlerin hedef değerleri olarak  $T_j$  değerlerine atanmasını sağlamaktadır.

### 5.3.2. Bulanık karma tamsayılı hedef programlama modeli

HP'de hedeflere karar verici tarafından belirli değerler verilmektedir. Fakat günümüzde karar vericileri en fazla zorlayan konulardan birisi de bu değerlerin belirlenmesidir. Hedef değerlerdeki belirsizlik karar vericileri zor duruma düşürmektedir. HP'deki hedef değerlerin kesin olarak modele yerleştirilme zorunluluğu BHP yaklaşımı ile esnetilebilmekte ve bu durum da karar vericiye esneklik sağlamaktadır (Kağnıcıoğlu, 2006). Bu nedenle, çalışmada geliştirilen KTHP modeli BHP yaklaşımı ile genişletilerek BKTHP modeli geliştirilmiştir. Bu modelde, Öncelikli HP yaklaşımına benzer bir yaklaşım ile çözüm yapılmış ve karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi içinden seçim yapma olanağı sunulmuştur. Ayrıca bu yaklaşımda hangi amacın tatmin edilip edilmediğinden ziyade ne derece tatmin edilip edilmediği ortaya çıkarılmıştır. Bu modelde kullanılacak olan ek parametreler şunlardır:

*Ek parametreler:*

$\mu_{z_1}$	bulanık memnuniyetten sapma amacının başarı derecesi
$\mu_{z_2}$	bulanık maliyet amacının başarı derecesi
$\mu_{z_3}$	bulanık teknik zorluk amacının başarı derecesi
$Z_1$	bulanık memnuniyetten sapma amacı
$Z_2$	bulanık maliyet amacı
$Z_3$	bulanık teknik zorluk amacı

BHP gereği memnuniyetten sapma, bütçe ve teknik zorluğun sırasıyla yaklaşık olarak  $S_L$ ,  $C_L$  ve  $T_L$  değerlerinden küçük veya eşit olduğu varsayılır. Bu durumda Eş. 5.32- Eş. 5.34 kısıt olarak yazılabilir:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^M (d_{1i} \times w_{1i} \times w_i + d_{2i} \times w_{2i} \times w_i) \lesseqgtr S_L \quad (5.32)$$

$$Z_2 = \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{I_j} c_{jr} L_{jr} \tilde{\simeq} C_L \quad (5.33)$$

$$Z_3 = \sum_{j=1}^N \frac{T_j - y_{jo}}{y_{jc} - y_{jo}} \tilde{\simeq} T_L \quad (5.34)$$

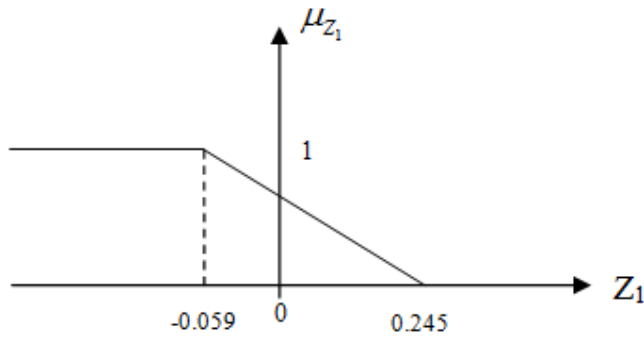
$Z_1$ ,  $Z_2$  ve  $Z_3$  bulanık amaçları için üst tolerans limitleri sırasıyla 0.245, 62 ve 5 iken, alt tolerans limitleri  $S_L$ ,  $C_L$  ve  $T_L$  sırasıyla (-0.059), 40.10 ve (-10.66) olmak üzere amaçlar için doğrusal üyelik fonksiyonları şöyle tanımlanabilir:

$$\mu_{Z_1} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Z_1 \leq (-0.059) \\ (0.245 - Z_1) / 0.304 & \text{eğer } (-0.059) < Z_1 < 0.245 \\ 0 & \text{eğer } Z_1 \geq 0.245 \end{cases} \quad (5.35)$$

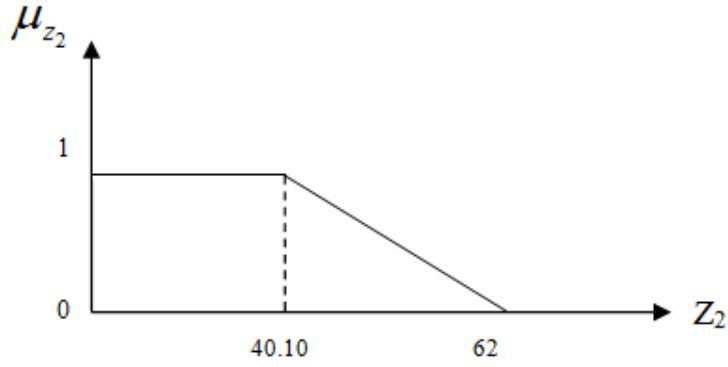
$$\mu_{Z_2} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Z_2 \leq 40.10 \\ (62 - Z_2) / 21.9 & \text{eğer } 40.10 < Z_2 < 62 \\ 0 & \text{eğer } Z_2 \geq 62 \end{cases} \quad (5.36)$$

$$\mu_{Z_3} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Z_3 \leq (-10.66) \\ (5 - Z_3) / 15.66 & \text{eğer } (-10.66) < Z_3 < 5 \\ 0 & \text{eğer } Z_3 \geq 5 \end{cases} \quad (5.37)$$

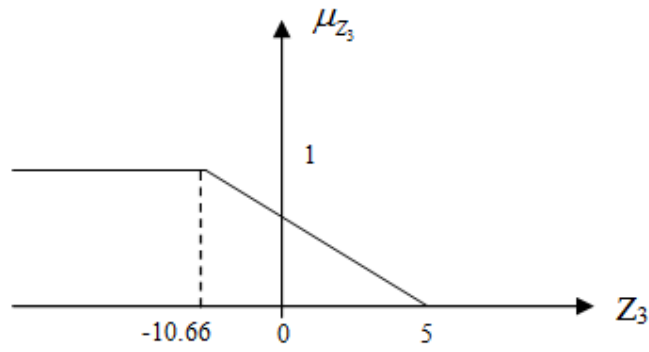
Bu bulanık amaçların üyelik fonksiyonları Şekil 5.3-5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Memnuniyetten sapma amacının bulanık üyelik fonksiyonu



Şekil 5.4. Bütçe amacının bulanık üyelik fonksiyonu



Şekil 5.5. Teknik zorluk amacının bulanık üyelik fonksiyonu

Tanımlanan bu üyelik fonksiyonlarından da yararlanılarak bulanık amaçlar Eş.5.38 - Eş. 5.40 şekline dönüştürülebilir:

$$\mu_{z_1} \leq (0.245 - Z_1) / 0.304 \quad (5.38)$$

$$\mu_{z_2} \leq (62 - Z_2) / 21.9 \quad (5.39)$$

$$\mu_{z_3} \leq (5 - Z_3) / 15.66 \quad (5.40)$$

Sonuç olarak Eş. 5.38 - Eş. 5.40 kısıt olarak yazılır ise elde edilen BKTHP modeli şu şekildedir:

*Model:*

$$\text{Enbüyük } \{\mu_1, \mu_2, \mu_3\} \quad (5.41)$$

*Kısıtlar*

$$0.304\mu_1 + \sum_{i=1}^M (d_{1i} \times w_{1i} \times w_i + d_{2i} \times w_{2i} \times w_i) - 0.245 \leq 0 \quad (5.42)$$

$$21.9\mu_2 + \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{I_j} c_{jr} L_{jr} - 62 \leq 0 \quad (5.43)$$

$$15.66\mu_3 + \sum_{j=1}^N \frac{T_j - y_{jo}}{y_{jc} - y_{jo}} - 5 \leq 0 \quad (5.44)$$

$$0 \leq \mu_{z_1}, \mu_{z_2}, \mu_{z_3} \leq 1 \quad (5.45)$$

*Sistem kısıtları*

Eş. 5.2, Eş. 5.4, Eş. 5.5, Eş. 5.11 - Eş. 5.14, Eş. 5.17, Eş. 5.19 ve Eş. 5.28

Eş. 5.41'de Öncelikli HP yaklaşımına benzer bir mantıkla amaç fonksiyonundaki başarıma dereceleri sırasıyla enbüyüklenmeye çalışılmıştır.

Buraya kadar anlatılan tüm modeller tasarımcıların ürün geliştirme stratejilerini en uygun şekilde belirleyebilmeleri için her bir TG'nin hangi alternatif değerinin seçilmesi gerektiğini açık bir şekilde ortaya çıkarır. Bu bakımdan geliştirilen modeller hem KFY alanına hem de ürün tasarımı ve geliştirme alanına büyük bir katkı sağlamaktadır.

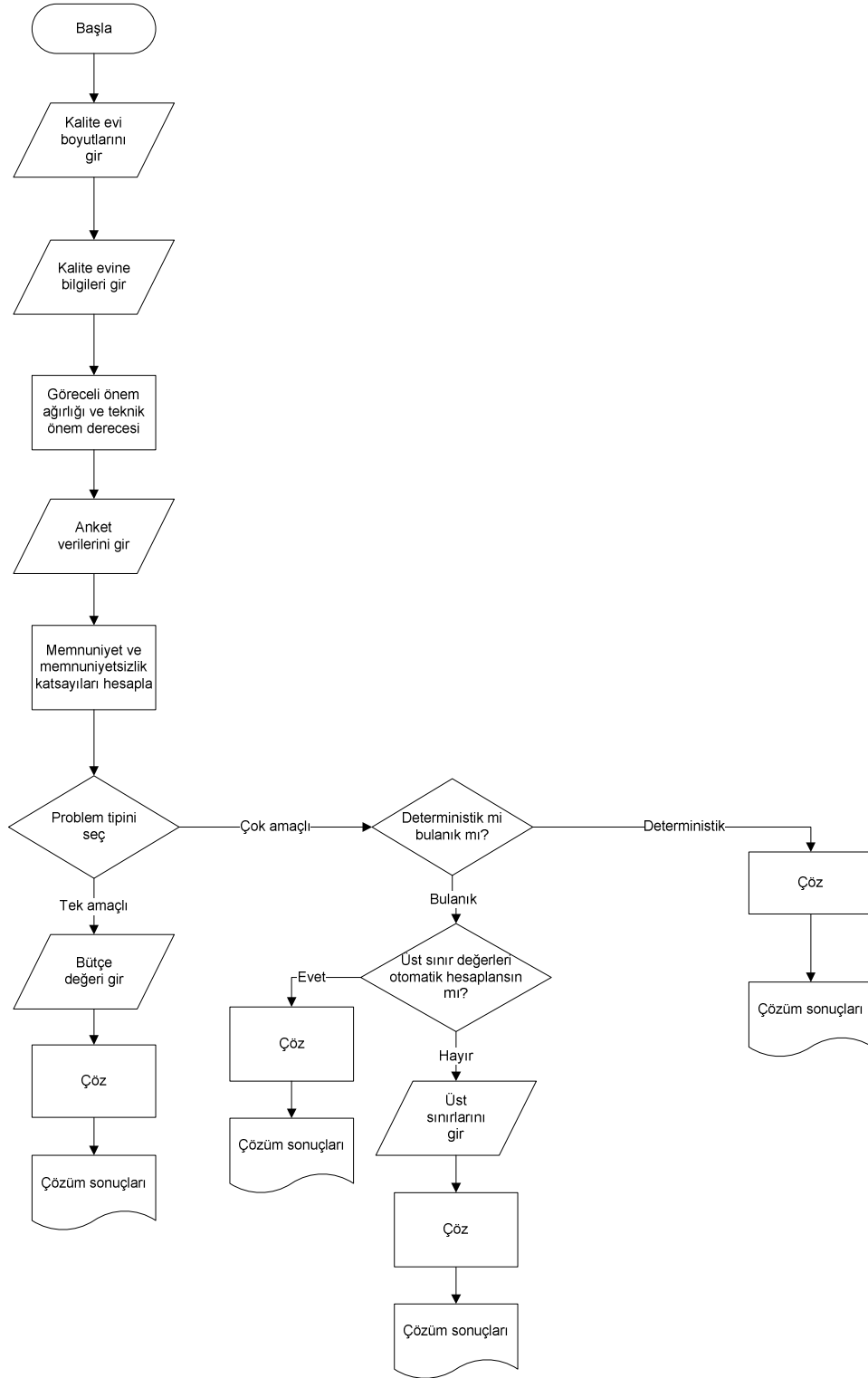
#### **5.4. Kalite Fonksiyon Yayılım Tabanlı Karar Destek Sistemi: KFY Analizci**

Bu bölümde yeni bir ürünün tasarımı veya var olan bir ürünün geliştirilmesi için KFY ve MP tabanlı bir KDS programı da geliştirilmiştir. KFY Analizci adı verilen program Microsoft Visual C# programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. MP

özücüsü olarak ise GAMS/CPLEX 10.2 programı kullanılmıştır. KFY Analizci programının akış diyagramı Şekil 5.6'da verilmiştir.

KFY Analizci programı KFY sürecinin tüm aşamalarında tasarımcıya destek verecek şekilde geliştirilmiştir. İlk olarak; söz konusu ürün ile ilgili tüm bilgiler program tarafından oluşturulan kalite evi içerisinde kullanıcıya kısa zamanda ve anlaşılır bir şekilde sunulmaktadır. Daha sonra bu bilgiler analiz edilerek TG'lerin en iyi alternatif değerleri programın arka planında kullanılan MP modelleri ile belirlenmektedir.

KFY Analizci programında; mevcut kalite evine istenildiği zaman yeni bir müşteri ihtiyacı, teknik gereksinim, alternatif değerin eklenmesi veya silinmesi ve kalite evi üzerindeki diğer bilgilerin değiştirilmesi sağlanmıştır. Bu program yapılan değişikliklere göre anında kullanıcıya analiz sonuçlarını verdiğiinden var olan bir ürünün geliştirilmesi son derece kolay olmaktadır. Bu açıdan KFY Analizci programı dinamik bir yapıya sahiptir.



Şekil 5.6. KFY Analizci programının akış diyagramı

## 6. UYGULAMA

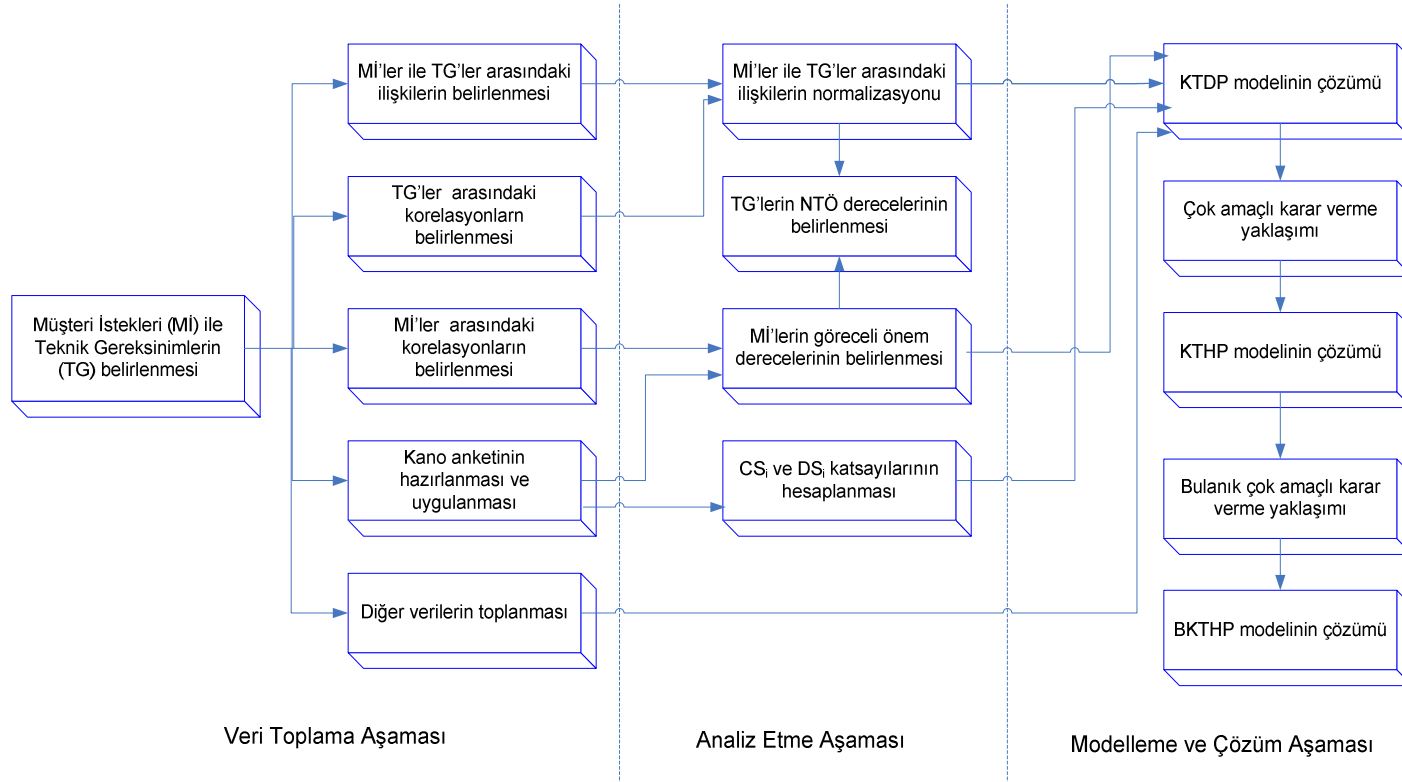
Bu bölümde, önerilen matematiksel modeller ile çözüm yaklaşımlarının ve geliştirilen KDS programının KFY sürecine uygulanabilirliğini göstermek için gerçek bir hayat problemi ele alınmıştır. Beyaz eşya üreticisi bir firmada yapılan çalışmada bulaşık makinesi geliştirme problemi için gerekli veriler toplanmış ve firma uzmanlarının görüşlerine de başvurularak kalite evi oluşturulmuştur. Bu çalışmada bulaşık makinesi için bir uygulama yapılmasına rağmen; geliştirilen modeller ve KDS programı KFY sürecinin hem ürün hem de servis alanında uygulanması nedeniyle birçok alanda uygulanabilecek yapıdadır.

Uygulama çalışması esas olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda bulaşık makinesi için bir kalite evi oluşturulmuş ve geliştirilen modeller kullanılarak KFY süreci eniyelenmiştir. İkinci kısımda ise, oluşturulan kalite evi ile model girdileri kullanılarak KFY Analizci programının bir uygulaması yapılmıştır.

### 6.1. Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin Eniyelenmesi

Uygulamanın bu kısmı veri toplama aşaması, analiz etme aşaması ile modelleme ve çözüm aşaması olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır, Şekil 6.1'de bu aşamalardan oluşan KFY uygulamasının akış diyagramı verilmiştir.





Şekil 6.1. KFY uygulamasının akış diyagramı

### Veri Toplama Aşaması

Bu aşamada kalite evinin temel kısımları için gerekli olan veriler kullanıcılar ve uzmanların yardımıyla elde edilmiştir.

#### *Adım 1.Mİ'ler ile TG'lerin belirlenmesi*

Kalite evinin oluşturulması için ilk olarak Mİ'lerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle hem bulaşık makinesi kullanıcıları ile hem de söz konusu firmanın konu ile ilgili uzmanları ile görüşülmüş ve 10 adet Mİ belirlenmiştir (Şekil 6.2).

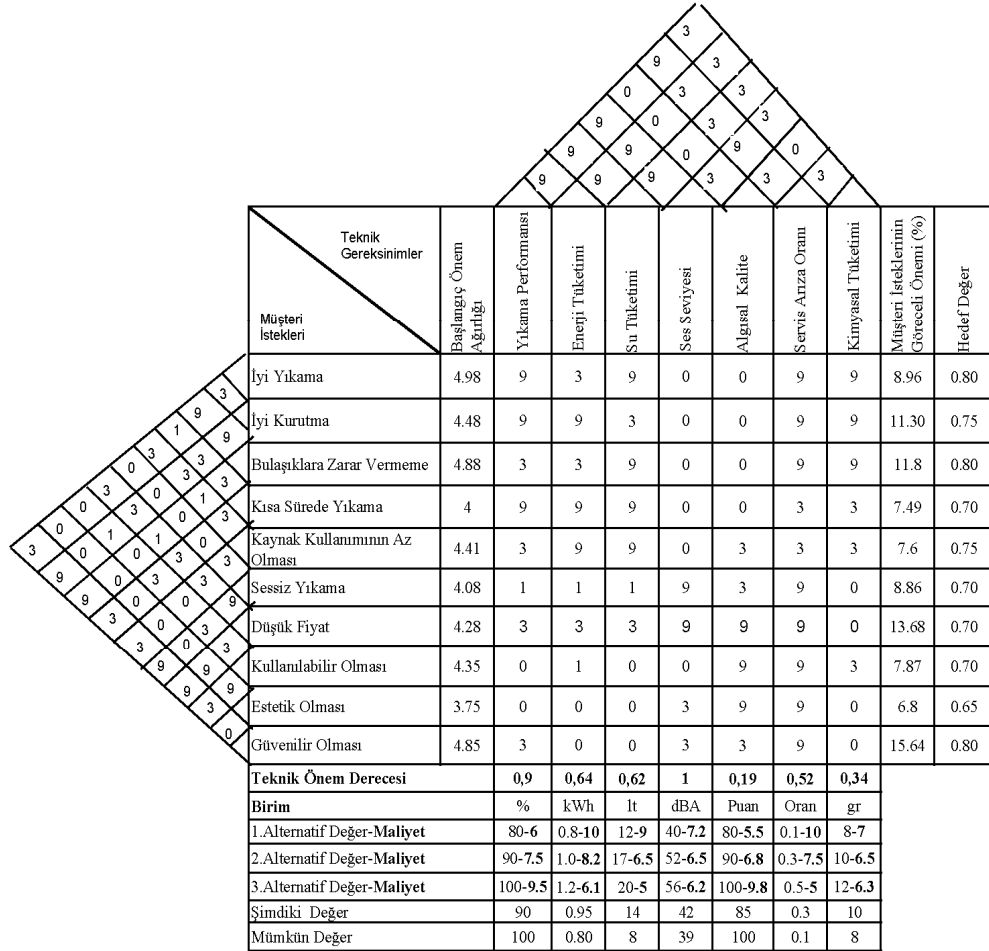
TG'ler ise fabrikadaki uzmanların yardımı ile belirlenmiştir. Ürünün teknik özellikleri olan bu gereksinimler önce bir liste halinde yazılmış daha sonra benzer olanlar gruplandırılmıştır. Bu gruplar içinden Mİ'leri karşılama durumlarına göre 7 tane TG belirlenmiş ve Şekil 6.2'de gösterilen kalite evine yerleştirilmiştir.

#### *Adım 2.Kalite evi içersindeki ilişki ve korelasyon değerlerinin belirlenmesi*

Genel olarak KFY literatüründe Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler ve TG'ler arasındaki korelasyonlar belirlenmektedir. Mİ'ler arasındaki korelasyonlar ise literatürde yapılan KFY çalışmalarında nadiren ele alınan bir konudur. Bu nedenle, Mİ'ler ile TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonları belirlenerek uygulamanın ileriki aşamalarında hem Mİ'lerin göreceli önem ağırlığı hem de TG'lerin normalize edilmiş teknik önem (NTÖ) derecesi hesaplanmıştır. Şu ana kadar bilindiği kadarıyla literatürde bu iki korelasyon tipini birleştirerek NTÖ derecelerinin belirlenmesinde kullanan başka bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca söz konusu ilişki ve korelasyonlar tez kapsamında geliştirilen matematiksel modellerde de kullanılmıştır.

Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan da yararlanılarak belirlenen 0-9 skalasının (ilişki yok- zayıf- orta- güçlü ilişki) ilişki ve korelasyonların ortaya çıkarılması için uygun olacağına karar verilmiştir [Ramanathan ve Yunfeng, 2009]. Daha sonra

fabrikadaki uzmanlar tarafından bu skala kullanarak ilişki ve korelasyon değerleri belirlenmiştir (Şekil 6.2)



Şekil 6.2. Bulaşık makinesi için oluşturulan kalite evi

### Adım 3:Kano anketinin hazırlanması ve uygulanması

Mİ'lerin başlangıç önem ağırlığı ile Mİ'lerin tatmin boyutlarının (CS<sub>i</sub> ve DS<sub>i</sub> katsayıları) bulunması için literatürdeki örneklerden de yararlanılarak bulaşık makinesi için bir Kano anketi hazırlanmıştır (Bkz. Ek 1). Mİ'lerinin başlangıç önem

ağırlığının belirlenmesi için anket içinde 1-5 skalası, 1=hiç önemli değil ve 5=çok önemli olmak üzere, kullanılmıştır.

Griffin ve Hauser (1993) tarafından yapılan bir çalışmada homojen olmak kaydıyla 20-30 kişiden oluşan bir kullanıcı gurubu ile yapılan anket veya görüşmeler ile olası Mİ'lerin %90-95'nin ortaya çıkarılacağı bulunmuştur. Bu nedenle Kano anketi bulaşık makinesinin genellikle bayanlar tarafından kullanıldığı göz önüne alınarak bayan kullanıcılardan oluşan 60 kişiye uygulanmıştır.

#### *Adım 4: Uygulama için gerekli diğer bilgilerin toplanması*

Bu adımda, bulaşık makinesi kullanıcılarının ve firmada çalışan uzmanların yardımıyla aşağıda yer alan veriler elde edilerek veri toplama aşaması tamamlanmıştır. Söz konusu veriler şunlardır:

- Mİ'lerin hedef memnuniyet değerleri
- Her bir TG için alternatif değerler ve bu değerlerin maliyetleri
- Her bir TG'nin alabileceği şimdiki değer
- Her bir TG'nin alabileceği mümkün değer

#### Analiz Etme Aşaması

Veri toplama aşamasında elde edilen bilgilerin kullanılması ile bu aşamada çeşitli hesaplamalar yapılarak Mİ'ler ve TG'ler ile ilgili tasarımcılara yol gösterecek bilgiler ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca bu hesaplamalar sonucunda sonraki aşamada matematiksel modellerde kullanılacak katsayılar da bulunmuştur.

#### *Adım 5. Mİ'lerin göreceli önem ağırlıklarının belirlenmesi*

Genel olarak kalite evi içerisinde, hangi TG'lere daha fazla önem verilmesi gerektiği her bir TG için hesaplanan NTÖ derecesi ile belirlenmektedir [Cole, 1990]. Bununla

birlikte Khoo and Ho (1996), NTÖ dereceleri bulunmasında kullanılan Mİ'lerin önem ağırlıklarının hesaplamasında bu istekler arasındaki korelasyonların da dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Bundan dolayı Bölüm 5'de gösterilen Eş. 5.18 kullanılarak Mİ'lerin nihai önem ağırlıkları bulunmuş daha sonra bu ağırlıklar normalize edilerek göreceli önem ağırlıkları elde edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen bu değerler daha sonra hem NTÖ derecelerinin hesaplamasında hem de matematiksel modellerde kullanılmıştır.

Göreceli önem ağırlıklarına göre en önemli Mİ “güvenilir olması” isteği olurken, en az önemli Mİ ise “estetik olma” isteğidir. Başlangıç önem ağırlığı ile göreceli önem ağırlıkları karşılaştırıldığında “estetik olma” isteğinin her iki sıralamada da en az önemli Mİ seçildiği görülmektedir. Buna karşın, göreceli önem ağırlıklarına bakıldığında en önemli Mİ sırasının değiştiği; “iyi yıkama” isteği yerine “güvenilir olma” isteğinin seçildiği görülmektedir (Şekil 6.2). Sonuç olarak, Mİ'ler arasındaki korelasyonların bu isteklerin önem ağırlıklarının bulunmasında oldukça önemli olduğu görülmektedir.

#### *Adım 6. Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin normalizasyonu*

Normalize edilmiş ilişki dereceleri Wasserman'ın (1993) çalışmasında yer alan Eş. 5.7'den yararlanılarak elde edilmiştir. Bu ilişkiler normalize edilirken önemli olan TG'ler arasındaki korelasyonların da dikkate alınmasıdır. Elde edilen  $R_{ij}^{norm}$  değerleri modelleme aşamasında matematiksel modellerde katsayı olarak kullanılmıştır.

#### *Adım 7: TG'lerin NTÖ derecelerinin belirlenmesi*

Ürün tasarımı veya geliştirilmesi sırasında hangi TG'ye daha fazla öncelik verilmesi gerektiği önemli bir konudur. Genel olarak, NTÖ derecesi büyük olan TG daha önemlidir. NTÖ derecesi aşağıda sırasıyla yer alan Eş. 6.1, Eş. 6.2 ve Eş. 6.3'ten yararlanılarak bulunmaktadır.

*Parametreler:*

$NT\ddot{O}_j$  :  $j$ . teknik gereksinimin normalize edilmiş teknik önem derecesi ( $j \in N$ ).

$T\ddot{O}_j$  :  $j$ . teknik gereksinimin önem derecesi ( $j \in N$ ).

$MT\ddot{O}$  : maksimum teknik gereksinim önem derecesi

$$NT\ddot{O}_j = \frac{T\ddot{O}_j}{MT\ddot{O}} \quad (\forall j \in N) \quad (6.1)$$

$$T\ddot{O}_j = \sum_{i=1}^M (R_{ij}^{norm} \times W_i) \quad (\forall j \in N) \quad (6.2)$$

$$MT\ddot{O} = \underset{j=1,2,3,\dots,N}{Max} (T\ddot{O}_j) \quad (6.3)$$

Literatürde, Eş. 6.2’de  $W_i$  değeri yerine Eş. 5.17’de hesaplanan değer kullanılarak Mİ’leri arasındaki korelasyon değeri dikkate alınmaktadır. TG’ler arasındaki korelasyonlar da Eş.5.7’de hesaplanan  $R_{ij}^{norm}$  değeri ile hesaba katılmıştır. Böylece TG’lerin NTÖ derecelerinin hesaplamasında hem Mİ’lerin hem de TG’lerin kendi aralarındaki korelasyonları dikkate alınmıştır. Şekil 6.2’ye bakıldığında en büyük NTÖ derecesine sahip olan TG’ler “ses seviyesi” ile “yıkama performansı” gereksinimleridir. Bu gereksinimlerin öncelikli olarak karşılanması ile müşteri tatmin düzeyi daha fazla artacaktır.

*Adım 8:  $CS_i$  ve  $DS_i$  katsayılarının hesaplanması*

Her bir Mİ için tatmin boyutlarını gösteren  $CS_i$  ve  $DS_i$  katsayılarının bulunması için öncelikle Adım 3’te bahsedilen anket sonuçları analiz edilerek  $A_i$ ,  $O_i$ ,  $M_i$  ve  $I_i$  frekansları bulunmuştur. Daha sonra bu frekanslar Eş. 2.1 ve Eş. 2.2’de kullanılarak  $CS_i$  ve  $DS_i$  katsayıları hesaplanmış ve matematiksel modeller içinde kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 2.2).

### Modelleme ve Çözüm Aşaması

Kalite evinin kurulması ve matematiksel modeller için gerekli katsayıların hesaplanmasından sonra problemin modellenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada KTDP-2, KTHP ve BKTHP modelleri GAMS/CPLEX 10.2 matematiksel model çözücüsü kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

#### *Adım 9. KTDP-2 modelinin çözümü*

Bu bölümde ilk olarak parçalı doğrusal ilişki dikkate alınarak Bölüm 5.2' bahsedilen KTDP-2 modeli kullanılmıştır. KTDP-2 modeli için uygulama yapılmasının nedeni genellikle bulaşık makinesi geliştirme problemi verilerinin parçalı doğrusal ilişkiye uygun olmasıdır. KTDP-2 modelinde amaç bulaşık makinesi geliştirme probleminde TG'lerin alternatif değerleri içinden bütçe kısıtını sağlayarak toplam müşteri memnuniyetinden sapmaları enküçükleyecek en iyi değerlerin seçilmesidir. Bütçe değeri olarak 50 para birimi varsayılmıştır. Çözüm sonuçları Çizelge 6.1' de verilmiştir.

Çizelge 6.1. KTDP-2 modelinin çözüm sonuçları

Karar değişkenleri	Seçilen Alternatif Değerler	Maliyet	Mİ'lerin Tatmin Düzeyi
L <sub>12</sub>	%90	7,5	0,88
L <sub>23</sub>	1,2 kWh	6,1	0,88
L <sub>32</sub>	17 lt	6,5	0,89
L <sub>41</sub>	40 dBA	7,2	0,87
L <sub>51</sub>	80 puan	5,5	0,87
L <sub>61</sub>	0,1 oran	10	0,88
L <sub>71</sub>	8 gr	7	0,88
			0,9
			0,9
			0,9
<b>Toplam Maliyet: 49,8</b>		<b>Ortalama Memnuniyet Derecesi:0,88</b>	

Çizelge 6.1'e bakıldığında bütçe kısıtı altında ilk üç TG hariç diğer gereksinimlerin birinci alternatif değerlerinin seçildiği görülmektedir. Mİ'lerin tatmin düzeylerine bakıldığında ise, bütün ihtiyaçların hedef değerlerinin sağlandığı görülmektedir. Sonuç olarak elde edilen ortalama memnuniyet derecesi (0,88) ise oldukça yüksek çıkmıştır.

#### *Adım 10.KTHP modelinin çözümü*

KTHP modelinde daha önce bahsedildiği gibi müşteri memnuniyetinde sapma, maliyet ve teknik zorluk amaçları göz önüne alınmıştır. Bu modelin çalıştırılması için amaçların hedef değerlerinin yani sağ taraf değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, her bir amaç KTDP-2 modeli kullanılarak tek amaçlı gibi çözülmüş ve elde edilen en iyi değerler ilgili amacın sağ taraf değeri olarak kabul edilmiştir.

KTHP modelinin çözümü için daha önceden bahsedilen Öncelikli HP yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım kullanılarak amaçların farklı öncelik sıralarına göre çözüm yapılmış ve bu sayede tasarımcılara ya da karar vericilere birden fazla alternatif çözüm önerilmiştir. Karar verici bu çözümlerden kendisi için en uygun olanı seçerek bulaşık makinesini bu doğrultuda geliştirebilecektir.

Öncelik sıraları MBT, MTB, BMT, BTM, TMB ve TBM'den oluşmaktadır. Burada M,B ve T harfleri sırasıyla memnuniyet, bütçe ve teknik zorluk amaçlarını temsil etmektedir. Örneğin MBT sırasında memnuniyet amacından sonra ikinci olarak bütçe amacının çözümüne öncelik verilmektedir. KTHP modelinin çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2'de gösterilmiştir.



Çizelge 6.2. Öncelik sıralarına göre KTHP modelinin çözüm sonuçları

Öncelik Sırası	Mİ'lerin Tatmin Düzeyleri	Seçilen Alternatif Değerler	Maliyet	Amaçların Başarılma Durumları
<b>MBT</b>	0,98	%100	9,5	<b>SUU</b>
	0,98	0,8 kWh	10	
	0,98	12lt	9	
	0,99	40dB	7,2	
	0,99	100puan	9,8	
	0,99	0,1	10	
	0,99	10gr	6,5	
	0,98			
	0,99			
	0,99			
<b>MTB</b>	0,98	%100	9,5	<b>SUU</b>
	0,98	0,8 kWh	10	
	0,98	12lt	9	
	0,99	40dB	7,2	
	0,99	100puan	9,8	
	0,99	0,1	10	
	0,99	10gr	6,5	
	0,98			
	0,99			
	0,99			
<b>BMT</b>	0,63	%80	6	<b>SUS</b>
	0,63	1,2 kWh	6,1	
	0,63	20lt	5	
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0.5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			

Çizelge 6.2 (Devam) Öncelik sıralarına göre KTHP modelinin çözüm sonuçları

<b>BTM</b>	0,63	%80	6	<b>SSU</b>
	0,63	1,2 kWh	6,1	
	0,63	20lt	5	
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0.5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			
<b>TMB</b>	0,63	%80	6	<b>SUS</b>
	0,63	1,2 kWh	6,1	
	0,63	20lt	5	
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0.5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			
<b>TBM</b>	0,63	%80	6	<b>SSU</b>
	0,63	1,2 kWh	6,1	
	0,63	20lt	5	
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0.5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			

**M:** Memnuniyet, **B:** Bütçe, **T:** Teknik zorluk amaçları

**S:**Tatmin edilmiş **U:**Tatmin edilmemiş

Çizelge 6.2'ye bakıldığında TG'ler için seçilen alternatif değerler ile maliyetleri ve müşteri memnuniyet düzeyleri görülmektedir. Bunların yanı sıra öncelik sıralarına göre her bir amacın tatmin edilip edilmediğine bakıldığında memnuniyet amacı

tatmin edilirken bütçe ve teknik zorluk amaçlarının tatmin edilmemesi, memnuniyet amacının diğer iki amaç ile her durumda çeliştiğini göstermektedir.

*Adım 11. BKTHP modelinin çözümü:*

Bu uygulamada üçüncü olarak, BKTHP modeli çalıştırılmıştır. Bu modelde alt tolerans değerleri KTHP modeli için bulunan alt sınır değerleridir. Üst tolerans değerleri ise her üç amaç için KTDP-2 modelinin çözümü ile elde edilen amaç fonksiyonu değerlerinden en büyük olanıdır. Modelin çözümü Çizelge 6.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Öncelik sıralarına göre BKTHP modelinin çözüm sonuçları

Öncelik Sırası	Mİ'lerin Tatmin Düzeyleri	Seçilen Alternatif Değerler	Maliyet	Amaçların Başarılma Dereceleri
<b>MBT</b>	0,98	%100	9,5	$\mu_1 = 1$
	0,98	0,8kWh	10	$\mu_2 = 0$
	0,98	12lt	9	$\mu_3 = 0$
	0,99	40dB	7,2	
	0,99	100puan	9,8	
	0,99	0,1	10	
	0,99	10gr	6,5	
	0,98			
	0,99			
	0,99			
<b>MTB</b>	0,98	%100	9,5	$\mu_1 = 1$
	0,98	0,8kWh	10	$\mu_2 = 0$
	0,98	12lt	9	$\mu_3 = 0$
	0,99	40dB	7,2	
	0,99	100puan	9,8	
	0,99	0,1	10	
	0,99	10gr	6,5	
	0,98			
	0,99			
	0,99			

Çizelge 6.3. (Devam) Öncelik sıralarına göre BKTHP modelinin çözüm sonuçları

<b>BMT</b>	0,63	%80	6	$\mu_1 = 0.2$
	0,63	1,2kWh	6,1	$\mu_2 = 1$
	0,63	20lt	5	$\mu_3 = 1$
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0,5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			
<b>BTM</b>	0,63	%80	6	$\mu_1 = 0.2$
	0,63	1,2kWh	6,1	$\mu_2 = 1$
	0,63	20lt	5	$\mu_3 = 1$
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0,5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			
<b>TMB</b>	0,63	%80	6	$\mu_1 = 0.2$
	0,63	1,2 kWh	6,1	$\mu_2 = 1$
	0,63	20lt	5	$\mu_3 = 1$
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0,5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			

Çizelge 6.3. (Devam) Öncelik sıralarına göre BKTHP modelinin çözüm sonuçları

<b>TBM</b>	0,63	%80	6	$\mu_1 = 0.2$
	0,63	1,2 kWh	6,1	$\mu_2 = 1$
	0,63	20lt	5	$\mu_3 = 1$
	0,64	56dBA	6,2	
	0,64	80puan	5,5	
	0,62	0,5	5	
	0,62	12gr	6,3	
	0,62			
	0,62			
	0,61			

**M:** Memnuniyet amacı, **B:** Bütçe amacı, **T:** Teknik zorluk amacı

Çizelge 6.3'e bakıldığında KTHP modelinden farklı olarak her bir amaç için başarıma dereceleri görülmektedir. Başarıma derecelerine bakıldığında memnuniyet amacının tatmin derecesi artarken bütçe ve teknik zorluk amaçlarının tatmin derecelerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum KTHP modelinin çözüm sonuçları ile uyum sağlamaktadır (Çizelge 6.4).

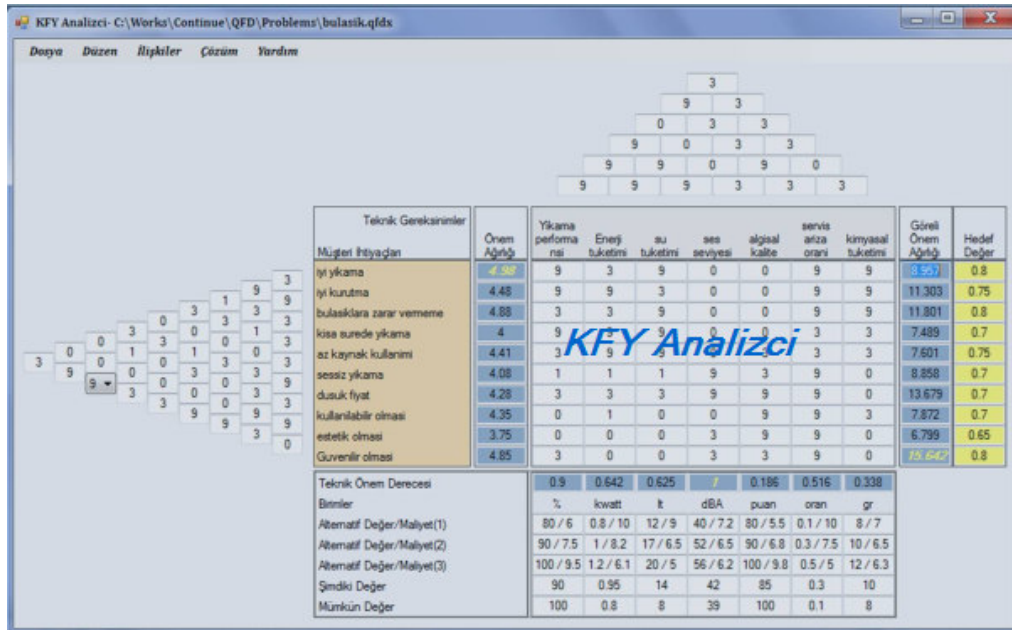
Çizelge 6.4 Modellerin sonuçlarının karşılaştırılması

Öncelik sıraları	KTHP modeli			BKTHP modeli		
	Amaçların Başarıma Durumları			Amaçların Başarıma Dereceleri		
	M	B	T	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$
<b>MBT</b>	S	U	U	1	0	0
<b>MTB</b>	S	U	U	1	0	0
<b>BMT</b>	U	S	S	0,2	1	1
<b>BTM</b>	U	S	S	0,2	1	1
<b>TMB</b>	U	S	S	0,2	1	1
<b>TBM</b>	U	S	S	0,2	1	1

Çizelge 6.4 bakıldığında KTHP modelinin çözümü sonucunda bütün öncelik sıralarında tamamen tatmin edilen amaçların BKTHP modeli çözümü sonucunda tamamen sağlandığı görülmektedir.

## 6.2. KFY Analizci Programının Uygulanması

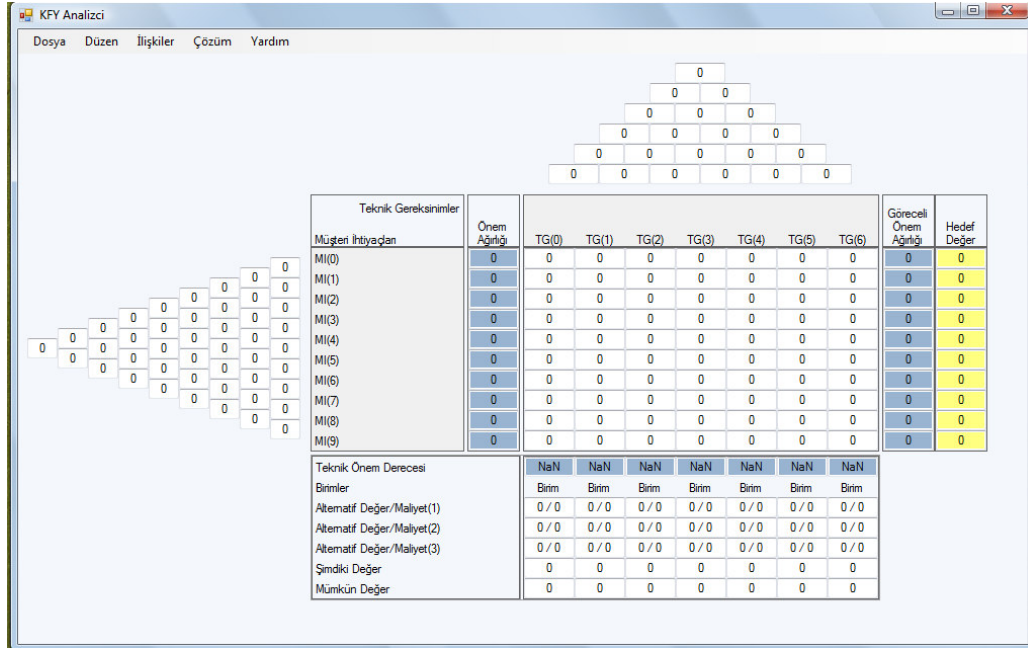
KFY analizci programında kullanıcıyı ilk olarak Şekil 6.3'deki ekran görüntüsü ile karşılamaktadır. Daha sonra kalite evinin kurulma aşamasına geçilmektedir.



Şekil 6.3. KFY Analizci programı açılış ekranı

### 6.2.1. Kalite evinin kurulması

KFY Analizci programında ilk olarak, kullanıcıdan bir iletişim kutusu içinde Mİ'lerin, TG'lerin ve TG'lerin alternatif değerlerinin sayılarının girilmesi istenmektedir. Daha sonra programa girilen bu verilere uygun bir büyüklükte boş bir kalite evi oluşturulur. Bulaşık makinesi örneği için oluşturulan boş kalite evi Şekil 6.4'te gösterilmiştir.

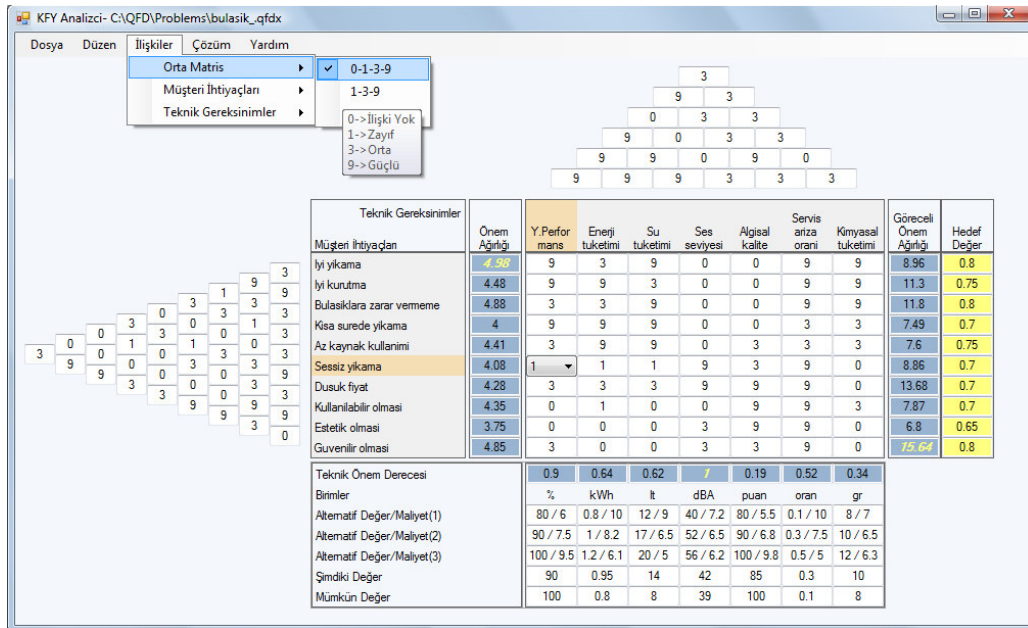


Şekil 6.4. Bulaşık makinesi için oluşturulan boş kalite evi

Daha sonra oluşturulan bu boş kalite evine kullanıcı tarafından aşağıdaki bilgiler sırasıyla girilmelidir.

- Mİ'ler
- Mİ'lerin başlangıç önem ağırlıkları
- Mİ'lerin hedef memnuniyet değerleri
- TG'ler
- TG'lerin alternatif değerleri ve maliyetleri
- TG'lerin şimdiki değerleri
- TG'lerin mümkün değerleri (yani alabilecekleri en iyi değerleri)
- Mİ'ler ve TG'ler arasındaki ilişkiler
- Mİ'ler arasındaki korelasyonlar
- TG'ler arasındaki korelasyonlar

Mİ'lerin başlangıç önem ağırlığı kullanıcı tarafından yapılan anketlerin sonucunda belirlenmektedir. Bu ağırlık anket yapılan kişi sayısı ve kullanılan ağırlık skalasına bağlı olduğundan KFY Analizci programına manüel olarak girilmektedir. Ayrıca, kalite evi içersindeki ilişki ve korelasyonlar için, Şekil 6.5'te gösterildiği gibi kullanıcıya sistem tarafından skala seçenekleri sunulmuştur. Böylece istenilen hücre üzerine gelinerek ilişki veya korelasyon değerleri kolayca girilmektedir. Bulaşık makinesi için yukarıda istenen tüm bilgilerin girilmesi ile tamamlanan kalite evi Şekil 6.5'de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Bulaşık makinesi için tamamlanmış kalite evi

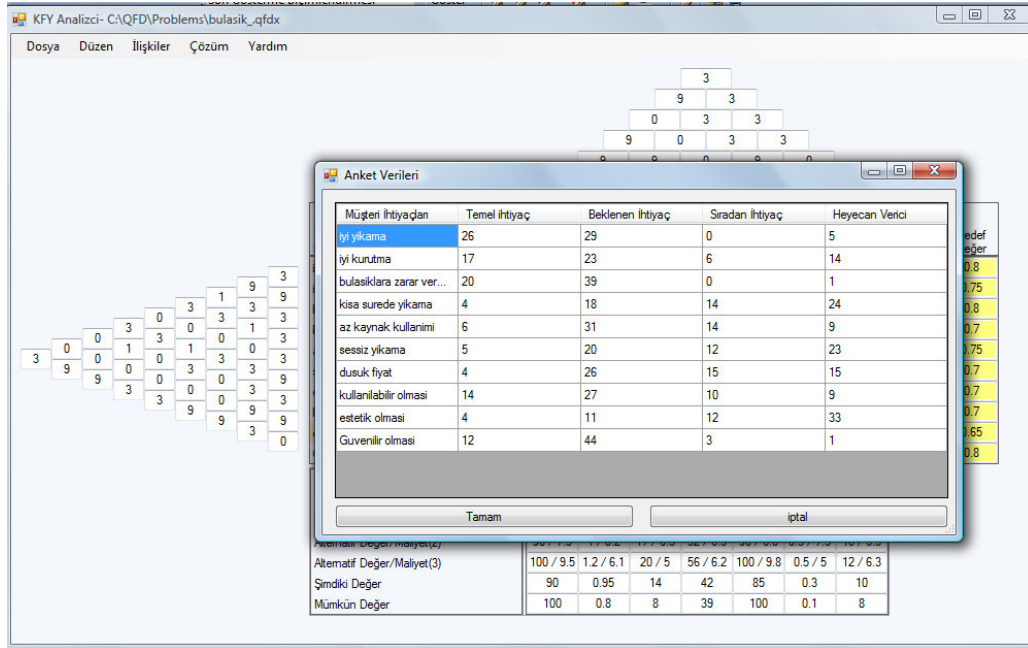
## 6.2.2. Kalite evinin analizi

KFY Analizci programında kalite evinin analizi iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda kalite evine gerekli bilgilerin girilmesi ile eş zamanlı olarak Mİ'lerin göreceli önem ağırlığı ile TG'lerin önem derecesi hesaplanır. Kalite evine girilen verilerin değişmesi durumunda bu hesaplamalar otomatik olarak anında değişmektedir. Göreceli önem ağırlığı ile NTÖ derecesi (kalite evinde teknik önem derecesi olarak gösterilen satır) hangi Mİ ya da hangi TG'nin daha önemli olduğunu



göstermektedir. Böylece tasarımcı ürünü tasarlarken hangi ihtiyaç ve hangi gereksimin üzerinde daha fazla durması gerektiğini net bir şekilde anlamaktadır (Şekil 6.5). Bulaşık makinesi örneği için göreceli önem ağırlığı en büyük olan istek “güvenir olma” özelliğidir. Teknik önem derecesi en yüksek olan gereksinim ise “ses seviyesi” gereksinimidir.

İkinci kısımda ise, KFY sürecinin eniyilecek TG’lerin alternatif değerleri içinden hedef değerleri belirlenmektedir. Bunun için bu tez kapsamında geliştirilen modeller KFY Analizci programının arka planında çalışan GAMS/CPLEX 10.2 matematiksel model çözücüsü tarafından çözülmektedir. Modellerin çözümünden önce, memnuniyet amaç fonksiyonunda yer alan  $CS_i$  ve  $DS_i$  katsayılarının bulunması gerekmektedir. Şekil 6.6’da gösterildiği gibi “Çözüm” menüsü kullanılarak Kano anketinden elde edilen verilerin girilmesi ile bu katsayılar otomatik olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 6.6. Kano anket verilerinin giriş ekranı

KFY analizci programında kullanıcıya tek amaçlı-çok amaçlı ve deterministik-bulanık olmak üzere farklı problem tiplerinde TG’lerin hedef değerlerinin

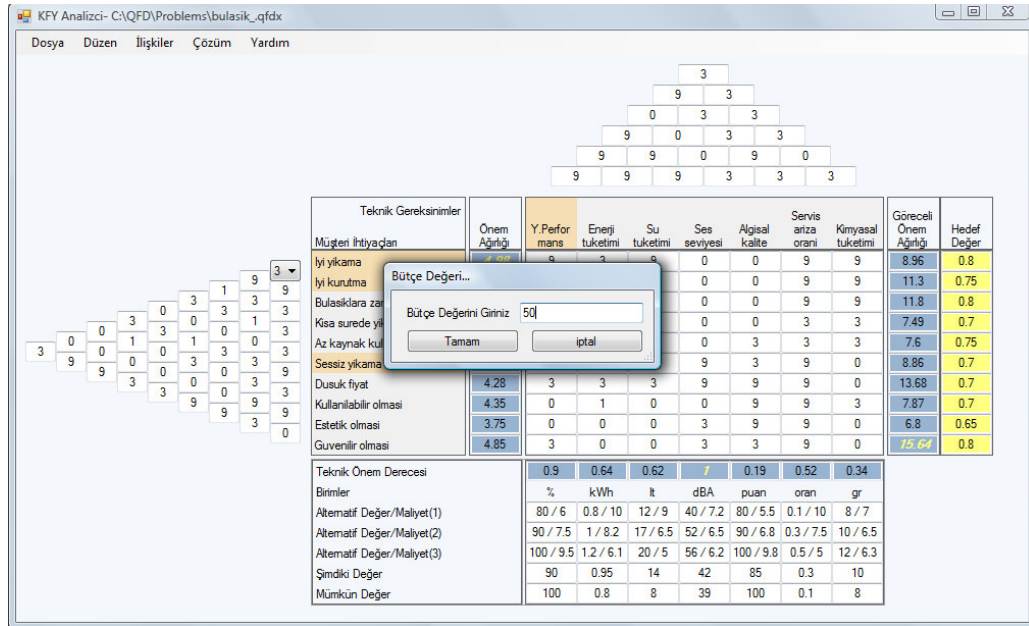
belirlemesi için imkân sağlanmıştır (Şekil 6.7). Buna bağlı olarak, tek amaçlı modelde bütçe kısıtındaki değişmelerin ürünün özellikleri üzerindeki etkileri, çok amaçlı modellerde ise hangi amaçların ne derece sağlandığı bu analiz kısmında ortaya çıkmaktadır. Böylece tasarımcının ortaya çıkan durumlar karşısında daha kolay karar vermesi sağlanmıştır.

The screenshot shows the 'KFY Analizci' software interface. The 'Çözüm' menu is open, showing options like 'Tek Amaçlı', 'Çok Amaçlı', 'Deterministik', and 'Bulanık'. The 'Çok Amaçlı' option is selected. Below the menu, there is a table with columns for 'Teknik Gereksinimler', 'Önem Ağırlığı', 'Y.Perfor mans', 'Enerji tüketimi', 'Su tüketimi', 'Ses seviyesi', 'Algısal kalite', 'Servis anıza oranı', 'Kimyasal tüketimi', 'Göreceli Önem Ağırlığı', and 'Hedef Değer'. The table contains data for various requirements like 'İyi yıkama', 'İyi kurutma', 'Bulaşıklara zarar vermeme', etc.

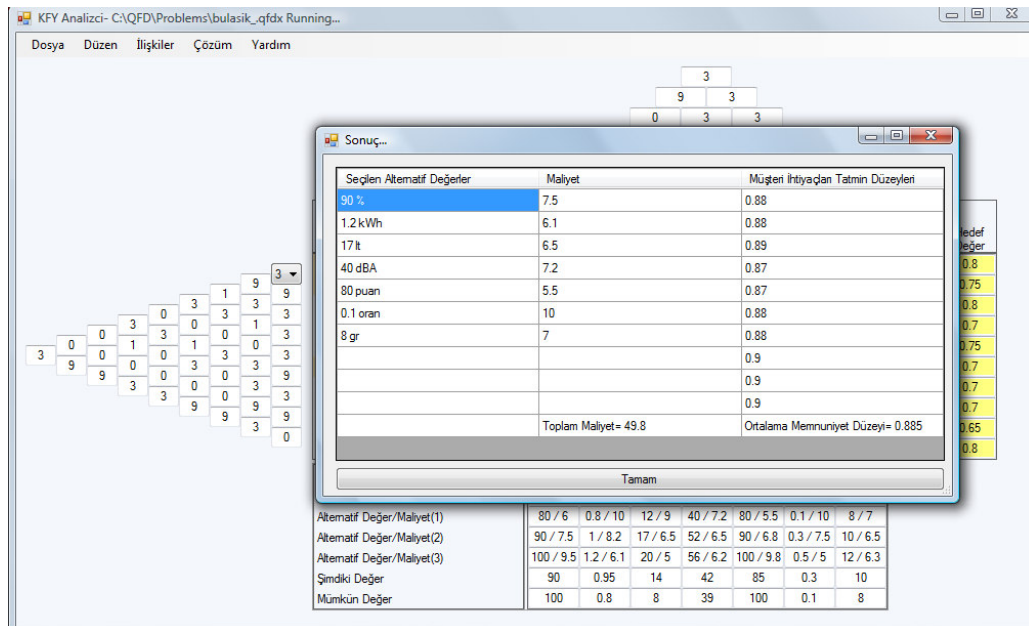
Teknik Gereksinimler	Önem Ağırlığı	Y.Perfor mans	Enerji tüketimi	Su tüketimi	Ses seviyesi	Algısal kalite	Servis anıza oranı	Kimyasal tüketimi	Göreceli Önem Ağırlığı	Hedef Değer
Müşteri ihtiyaçları										
İyi yıkama	4.50	9	3	9	0	0	9	9	8.95	0.8
İyi kurutma	4.48	9	9	3	0	0	9	9	11.3	0.75
Bulaşıklara zarar vermeme	4.88	3	3	9	0	0	9	9	11.8	0.8
Kısa sürede yıkama	4	9	9	9	0	0	3	3	7.49	0.7
Az kaynak kullanımı	4.41	3	9	9	0	3	3	3	7.6	0.75
Sessiz yıkama	4.08	1	1	1	9	3	9	0	8.86	0.7
Düşük fiyat	4.28	3	3	3	9	9	9	0	13.68	0.7
Kullanılabilir olması	4.35	0	1	0	0	9	9	3	7.87	0.7
Estetik olması	3.75	0	0	0	3	9	9	0	6.8	0.65
Güvenilir olması	4.85	3	0	0	3	3	9	0	15.64	0.8
Teknik Önem Derecesi		0.9	0.64	0.62	7	0.19	0.52	0.34		
Birimler		%	kWh	lt	dBA	puan	oran	gr		
Alternatif Değer/Maliyet(1)		80 / 6	0.8 / 10	12 / 9	40 / 7.2	80 / 5.5	0.1 / 10	8 / 7		
Alternatif Değer/Maliyet(2)		90 / 7.5	1 / 8.2	17 / 6.5	52 / 6.5	90 / 6.8	0.3 / 7.5	10 / 6.5		
Alternatif Değer/Maliyet(3)		100 / 9.5	1.2 / 6.1	20 / 5	56 / 6.2	100 / 9.8	0.5 / 5	12 / 6.3		
Şimdiki Değer		90	0.95	14	42	85	0.3	10		
Mümkün Değer		100	0.8	8	39	100	0.1	8		

Şekil 6.7. Çözüm menüsü ekranı

KFY Analizci programında anket verilerinin girilerek katsayıların hesaplanmasından sonra istenilen modelin çözülmesi için çözüm menüsünden gerekli seçenekler sırasıyla seçilmektedir. İlk olarak uygulama dosyasının yani gams.exe dosyasının seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra bulaşık makinesi örneğinde çözülecek ilk model olan KTDP-2 modeli için “Tek amaçlı” seçeneği seçilmiştir. Şekil 6.8’de gösterildiği gibi bütçe değerinin girilmesinden sonra çözüm menüsünden “Çöz” seçeneği seçilerek model çözülmüştür. Model çözümü sonucu elde edilen sonuç raporu ekran görünümü Şekil 6.9’da gösterilmiştir.



Şekil 6.8. KTDP-2 modeli için bütçe değeri giriş ekranı

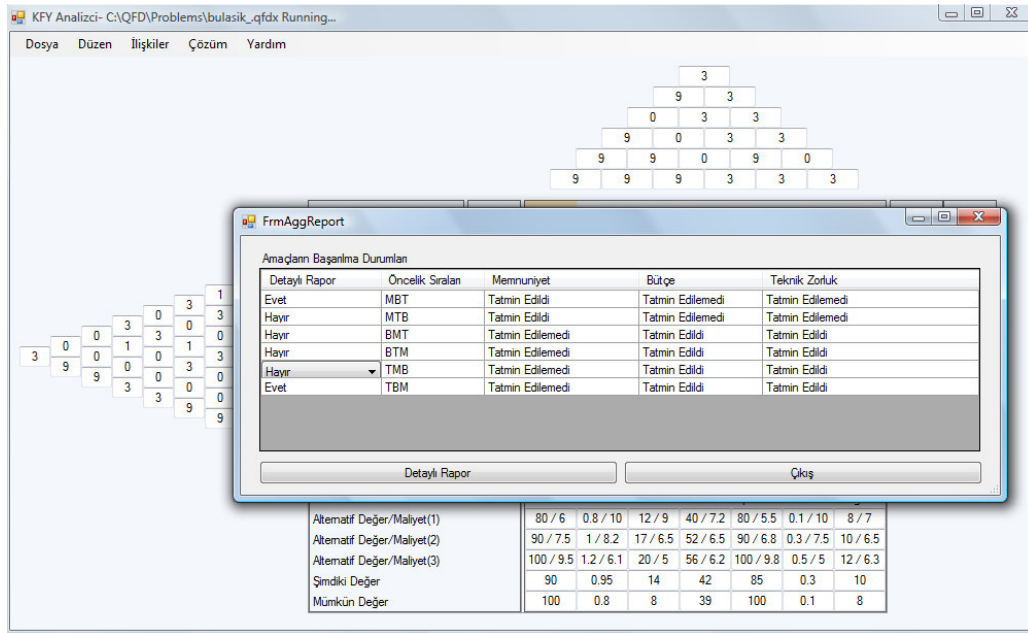


Şekil 6.9. KTDP-2 modelinin çözüm sonuçları

Şekil 6.9'da görüldüğü gibi her bir TG için hedef değerler ve bu değerlerin maliyetleri sonuç raporunda gösterilmiştir. Mİ'lerin memnuniyet düzeyleri ile

ortalama memnuniyet düzeyinin yanı sıra model çözümü sonucu elde edilen maliyet değeri de rapora yansıtılmıştır. Sonuç raporunun kalite evi ekranı kaybolmadan gösterilmesi ile kullanıcıya sonuçları daha iyi değerlendirme olanağı sunulmuştur.

İkinci model olarak, KTHP modelinin çözülmesi için KFY Analizci programda yine çözüm menüsünden ilk olarak “Çok amaçlı-Deterministik” seçeneği daha sonra “Çöz” seçeneği seçilmiştir. KTHP modelinde altı adet alternatif çözümün bulunması nedeniyle Şekil 6.10’da gösterildiği gibi, ilk olarak ekrana alternatif çözümleri içeren bir menü gelmektedir. Daha sonra karar verici tarafından seçilen alternatif çözümlerin ayrıntıları ekrana yansıtılmaktadır.



Şekil 6.10. KTHP modelinin çözüm sonuçları

Şekil 6.10’daki alternatif çözümlerden karar vericinin istediği çözümlerin ayrıntılarını görebilmesi için çözüm ekranında “Detaylı Rapor” sütununda evet seçeneklerini seçmeleri gerekmektedir. Örneğin, MBT ve TBM kombinasyonlarının çözümlerinin ayrıntılı görülmesi için bu kombinasyonlarda “Evet” değerlerinde ise “Hayır” seçenekleri seçilmiştir (Şekil 6.10). Seçim işleminin yapılmasından sonra

“Detaylı Rapor” butonuna basarak ortaya çıkan sonuç raporu ve ekran görünümü Şekil 6.11’de gösterilmiştir.

Müşteri İhtiyaçları Tatmin Düzeyleri	Seçilen Alternatif Değerler	Maliyet	Amaçların Başarımla Durumu
0.98	100 %	9.5	Memnuniyet= 0 (Tatmin Edildi)
0.98	0.8 kWh	10	Bütçe= 21.9 (Tatmin Edilemedi)
0.98	12 lt	9	Teknik Zorluk= 15.67 (Tatmin Edilemedi)
0.99	40 dBA	7.2	
0.99	100 puan	9.8	
0.99	0.1 oran	10	

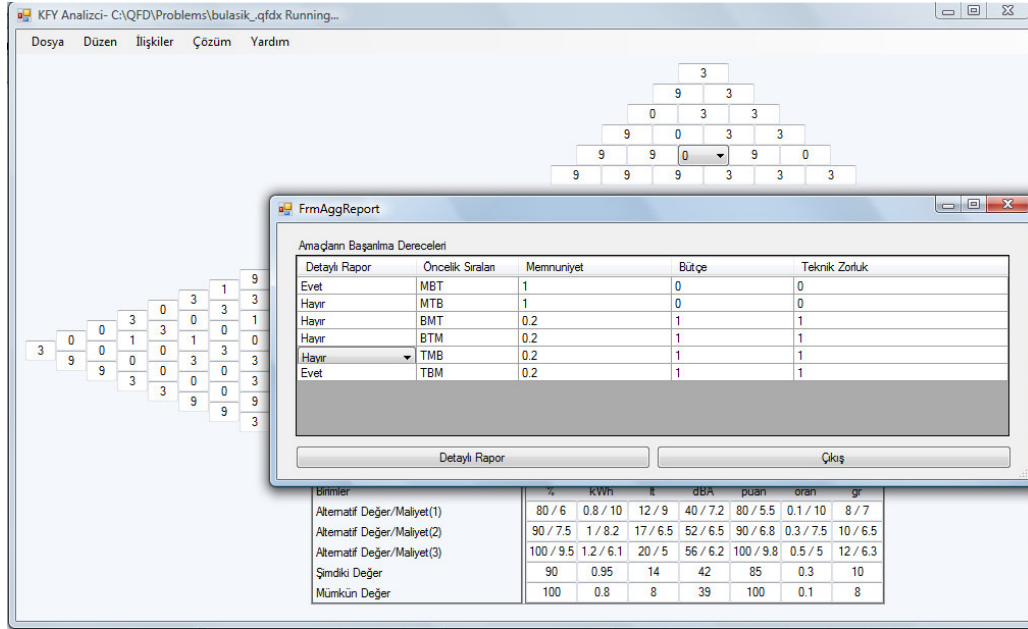
Müşteri İhtiyaçları Tatmin Düzeyleri	Seçilen Alternatif Değerler	Maliyet	Amaçların Başarımla Durumu
0.63	80 %	6	Memnuniyet= 0.24 (Tatmin Edilemedi)
0.63	1.2 kWh	6.1	Bütçe= 0 (Tatmin Edildi)
0.63	20 lt	5	Teknik Zorluk= 0 (Tatmin Edildi)
0.64	56 dBA	6.2	
0.64	80 puan	5.5	
0.62	0.5 oran	5	

Şimdiki Değer	30	0.55	14	42	80	0.3	10
Mümkün Değer	100	0.8	8	39	100	0.1	8

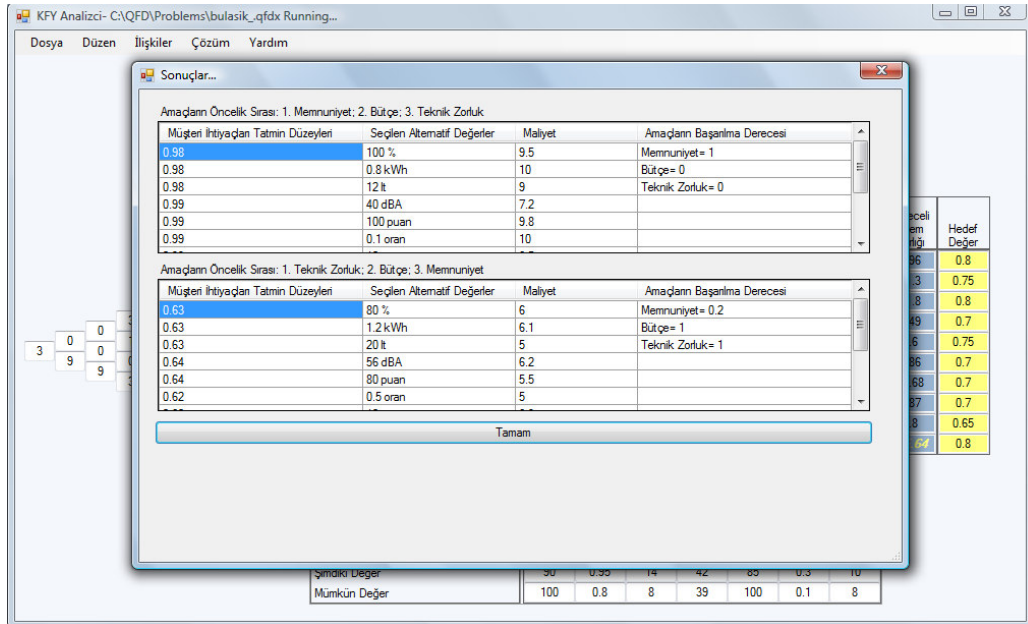
Şekil 6.11. KTHP modelinde MBT ve TBM için ayrıntılı çözüm sonuçları

Son olarak BKTHP modelinin çözümüne geçilmiştir. Bunun için programda “Çok amaçlı-Bulanık-Üst sınırları otomatik hesapla” seçeneği seçilmiştir. Daha sonra “Çöz” seçeneğinin seçilmesi ile Şekil 6.10 gösterildiği gibi KTHP modelinin çözümüne benzer şekilde BKTHP modelinin çözümü içinde altı adet alternatif çözüm ekrana yansıtılmış ve bu çözümlerden MBT ve TBM kombinasyonları ayrıntılı olarak incelenmek için seçilmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. BKTHP çözüm sonuçları

MBT ve TBM çözüm kombinasyonlarının seçilmesinden sonra “Detaylı Rapor” butonuna basıldığında ortaya çıkan sonuç raporu Şekil 6.13’de gösterilmiştir.



Şekil 6.13. BKTHP modelinde MBT ve TBM için ayrıntılı çözüm sonuçları

Sonuç olarak, bulaşık makinesi geliştirme problemi için yapılan bu uygulama ile tasarımcı veya üretici konumundaki karar vericilerin daha hızlı ve etkin bir şekilde ürün geliştirmeleri için KFY Analizci programını son derece kullanılabilir olduğu gösterilmiştir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz işletmeleri, teknolojik yenilikler ve hızla değişen müşteri taleplerine bağlı olarak daha hızlı bir şekilde ürün üretmeleri gerektiğinin farkına varmışlardır. Bu yüzden müşteri sesinin analizi ve onların ihtiyaçlarına cevap verme, ürün geliştirme sürecinde önemli bir konu haline gelmiş ve müşteri odaklı ürün geliştirme yaygınlaşmıştır. KFY, üretimin her aşamasında Mİ'leri karşılamayı sağlayan müşteri odaklı bir yaklaşımdır.

Endüstri alanında sıkça kullanılan ve literatürdeki çalışmalarda genellikle ele alınan KFY sürecinin ilk matrisi olan ürün planlama matrisi, tasarım merkezli doğasından dolayı hem tasarımcılar için değerli bir kaynak hem de mühendisler için müşteriden gelen geri beslemeleri özetlemek ve bilgiye çevirmek için bir yoldur [Karsak, 2004b]. Kalite evinin kurulma aşamasında, Mİ'lerin önem ağırlıklarını belirlemesi ve değerlendirilmesi, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin yanı sıra TG'ler arasındaki korelasyonların belirlenmesi ve TG'lerin önceliklendirilmesi önemli konulardır. Müşteri memnuniyetini artıracak TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesi, hem ürün kalitesini artırmak için bir anahtar hem de ürün geliştirmede KFY planlamasının bir görevidir [Tu, 2003]. Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkiler ve TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonları; organizasyonel stratejilerin yanı sıra maliyet ve teknik zorluk kısıtlarının da dikkate alınması ile analiz edilerek TG'lerin hedef değerleri (başarımla düzeyleri) belirlenmeye çalışılmaktadır [Chen ve Weng, 2006].

KFY uygulamalarında, TG'lerin hedef değerlerin belirlenmesi çok değişkenli, çok amaçlı ve karmaşık bir karar verme sürecidir. Bunun için genellikle öznel ve öncelik tabanlı sezgisel yöntemler kullanılır ki; bu yöntemlerin amacı en iyi çözüm yerine en uygun çözümü sağlamaktır. Bu yüzden, KFY literatüründe ürün planlama aşamasında, sınırlı kaynakların olduğu durumda ele alınan amaçları tatmin etmek için TG'lerin hedef değerlerini belirlemek amacıyla daha etkin ve kabul edilebilir MP modelleri geliştirilmiştir [Chen ve ark., 2004]. Ayrıca, Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkilerin ve TG'lerin kendi aralarındaki korelasyonlarının karmaşıklığına göre TG'lerin hedef değerlerinin belirlenmesini ve en iyi tasarım planının



bulunmasını kolaylaştıran yazılımların geliştirilmesi akademisyen ve araştırmacıların gün geçtikçe daha fazla ilgisini çekmiştir [Tu 2003].

KFY prosesi; dilsel veri formunda insan yargıları, tercihler, MI'lerin önem ağırlıkları veya kalite evi içersindeki ilişkilerden oluşan çeşitli girdileri içermektedir. Geleneksel KFY'de bu girdilerin belirlenmesi fazlası ile öznel yargılar ve kişisel tercihler içeren bir süreçtir. Buna ek olarak, ürün tasarımı ve özellikle yeni ürün geliştirmede gerekli veriler çoğu zaman sınırlı sayıda, kesin olmayan veya belirsiz verilerdir. Bu nedenle, KFY literatüründe belirsiz ve kesin olmayan girdileri kesin ve belirli verilere dönüştürmek için BKT kullanılmıştır. KFY analizinde BKT uygulamaları, öznel karar verme sürecini değerlendirmede nicel bir yöntem sağlamıştır [Shen ve ark., 2001; Chen ve Weng, 2006].

Şu ana kadar KFY literatüründe yapılan çalışmalarda TG'ler belli bir aralıkta değer alan sürekli değişkenler olarak tanımlanmıştır. Buna karşın, gerçek hayat problemlerinde teknolojik veya üretim kısıtlarından dolayı TG'ler genellikle kesikli değerler almaktadır. Bu nedenle, yapılan tez çalışmasında literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, TG'lerin kesikli değerleri için KFY sürecinin eniyilenmesi amacıyla matematiksel modeller önerilmiştir. İlk olarak, TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılarak KTDP-1 modeli geliştirilmiştir. Daha sonra önerilen KTDP-1 modeli, TG'lerin başarıma düzeyleri ile maliyetleri arasında parçalı doğrusal ilişki olduğu varsayımı ile genişletilerek KTDP-2 modeli önerilmiştir. Böylece gerçek hayat problemlerinin çözümüne daha uygun bir model yaklaşımı geliştirilmiştir.

KFY sürecinin eniyilenmesi için yapılan çalışmalarda çeşitli DP ve 0-1 tamsayılı programlama modelleri geliştirilmiştir. Ancak bu modellerin bazı eksik yönleri bulunmaktadır. Örneğin, DP'nin KFY uygulamalarında, TG'ler belli bir aralıkta sürekli değerler almaktadır. Buna karşın TG'ler gerçek hayatta kesikli değerler de alabilmektedir. Ayrıca, DP yaklaşımında TG'lerin sürekli bir aralıkta hedef değerlerini, başarıma derecesini, TG'ler ile müşteri memnuniyeti ve TG'ler ile maliyet arasındaki ilişkilerini belirlemek oldukça zor bir süreçtir. KTDP-1 ve KTDP-

2 modelleri ile TG'lerin kesikli değerler alması sağlanarak bu problemin üstesinden gelinmiştir. Çünkü TG'lerin birkaç değeri için maliyet ve memnuniyet değerini bulmak, onlar arasındaki ilişkiyi bulmaktan daha kolay olacaktır.

0-1 tamsayılı programlamada ise bazı TG'ler ürün geliştirme sürecinde önemsiz bulunup seçilmemektedir. Seçilmeyen TG'lerin bile müşteri memnuniyeti üzerinde bir etkisi bulunmaktadır. Yine bu çalışmada önerilen modeller ile her bir TG değerlendirilmiş ve müşteri memnuniyeti üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır.

KTDP-1 ve KTDP-2 modellerinin yukarıda bahsedilenler haricinde başka iki önemli özelliği daha bulunmaktadır. Bu özelliklerden ilki, KFY literatüründe genellikle müşteri tatmin boyutlarının sınıflandırılması için kullanılan Kano modelin literatürden farklı bir şekilde bu modellerde kullanılmasıdır. Kano anketinden elde edilen müşteri memnuniyet ve memnuniyetsizlik katsayıları söz konusu matematiksel modellerde kullanılarak müşteri tatmin boyutları ürün geliştirme sürecine yansıtılmıştır. İkinci önemli özellik ise, Mİ'ler arasındaki korelasyon ile TG'ler arasındaki korelasyonların birlikte ele alınmasıdır. KFY literatüründe genellikle TG'ler arasında korelasyonlar dikkate alınmış ve çeşitli çalışmalarda geliştirilen matematiksel modellere yansıtılmıştır. Ancak Mİ'ler arasında da etkileşimler yani korelasyonlar söz konusu olmaktadır. Bu nedenle literatürdeki çalışmalardan farklı bir biçimde, bu iki korelasyon tipi ele alınarak matematiksel modellerde kullanılmıştır.

Yukarıda bahsedilen bu iki modelin asıl amacı müşteri memnuniyetinden sapmanın bütçe kısıtı altında enküçüklenmesidir. Fakat KFY sürecine uygun olarak geliştirilen modellerde maliyet ve teknik zorluk faktörlerinin de dikkate alınması gerektiği yapılan çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır. Bu nedenle, bu faktörlerin göz önüne alınması ile ortaya çıkan problemlerin çözümü için bu tez kapsamında yeni modeller geliştirilmiş ve çözüm yaklaşımları sunulmuştur.

KFY sürecinde bu faktörlerin dikkate alınması ile ortaya çıkan ilk problem şudur: Müşteri memnuniyeti artırılmak istenirken bütçenin de artırılması gerekecektir. Buna

ek olarak memnuniyet düzeyi artırılması için teknik gereksinimlerin alternatif değerlerinin de en iyi değerleri alması gerekmektedir. Buna karşın, söz konusu değerlere yaklaşıldıkça bu değerleri elde etmek için üreticinin daha fazla çaba göstermesi gerekecek ve teknik zorluk derecesi artacaktır. Artan teknik zorluk derecesi bütçenin de artmasına neden olacaktır. Sonuç olarak sırasıyla müşteri memnuniyetinden sapmanın enküçüklenmesi, bütçe ve teknik zorluk derecesinin enküçüklemesi olmak üzere birbiriyle çelişen üç amaç aynı anda sağlanmalıdır. Bu nedenle KTHP modeli geliştirilmiş ve öncelikli HP yaklaşımı ile çözülmüştür. Bu yaklaşımla hangi amacın tatmin edilip edilmediği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi içinden seçim yapma olanağı da sunulmuştur.

İkinci problem ise, söz konusu amaçların hedef değerlerinin kesin olarak belirlenememesidir. Birinci durumda her bir amaç için hedef değerleri kesin olarak karar vericiler tarafından belirlenebilmektedir. Ancak bu hedef değerleri belirsiz bilgi ortamında kesin olarak belirlenemeyebilir. Ortaya çıkan bu durum için BKTHP modeli önerilmiş ve öncelikli eniyileme yaklaşımı ile çözülmüştür. Öncelikli HP yaklaşımı gibi kullanılan bu çözüm yaklaşımı ile karar vericiye birden fazla çözüm alternatifi içinden seçim yapma olanağı sunulmuştur. Ancak bu yaklaşımda hangi amacın tatmin edilip edilmediğinden ziyade ne derece tatmin edildiği ortaya çıkarılmıştır.

Model geliştirme aşamasının tamamlanmasından sonra bu modeller ve KFY süreci temel alınarak ürün tasarımı veya var olan ürünün geliştirilmesi için kullanıcı dostu bir KDS önerilmiştir. KFY Analizci adı verilen bu KDS ile geleneksel tasarım ve geliştirme süreçlerine göre daha esnek ve etkin bir süreç sağlanmıştır. Çünkü teknolojik ve bütçe gibi tasarım kısıtlarında oluşan değişikliklere duyarlı olan KDS programı sayesinde daha kısa zamanda yüksek kalitede ürün tasarlanması için gerekli veriler elde edilmektedir. Ayrıca hem tecrübeli hem de tecrübesiz kullanıcıların sistemi kolay bir şekilde kullanabilmeleri oluşturulan KDS'nin önemli özelliklerinden biridir. Çünkü geliştirilen bu sistem Mİ'ler ile TG'ler arasındaki ilişkileri ya da kendi aralarındaki etkileşimleri karmaşık da olsa her tip kullanıcının anlayabileceği yapıda tasarlanmıştır. KDS programının tamamlanmasından sonra söz

konusu modellerin ve KFY analizci programının uygulanabilirliği beyaz eşya üreticisi bir firmada yapılan çalışma ile gerçek bir hayat problemi üzerinde gösterilmiştir

Önerilen modeller ve geliştirilen KDS programı TG'lerin kesikli değerler alma durumunda KFY sürecinin uygulandığı tüm ürün ve servis geliştirme alanlarında kullanılabilecek yapıdadır. Ayrıca, bu modeller TG'ler ile Mİ'ler arasındaki ilişkiler ve bunların kendi aralarındaki korelasyonları gibi kalite evi içerisindeki diğer verilerin tam olarak belirlenemediği durumlarda da BKT kullanılarak genişletilebilecek özelliktedirler. Bunun yanında, geliştirilen KDS programı ortaya çıkan bu belirsizlik durumlarına da uyarlanabilecek yapıda tasarlanmıştır.

## KAYNAKLAR

Akao, Y., "Quality function deployment-integrating customer requirement in to product design", *Productivity Press*, Cambridge, MA, 3-26 (1990).

Akbaba, A., "Kalite fonksiyon göçerimi metodu ve hizmet işletmelerine uygulanması", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(3): 1-15 (2000).

Akbaba, A., "Yeni ürün geliştirme sürecinde kalite fonksiyon göçerimi (KFG): turizm işletmeleri için KFG temelli bir ürün geliştirme süreci önerisi", *Selçuk Üniversitesi Karaman İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(2): 38-59 (2005).

Aköz, O., Petroviç, D., "A fuzzy goal programming method with imprecise goal hierarchy", *European Journal of Operation Research*, 181(3): 1427-1433 (2007).

Almannai, B., Greenough, R., Kay, J., "A decision support tool based on QFD and fmea for the selection of manufacturing automation technologies", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24: 501-507 (2008).

Arıkan, F., "Bulanık hedef programlama'nın çok amaçlı proje şebekesi problemine uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 24-28 (1996).

Arıkan, F., Güngör, Z., "An application of fuzzy goal programming to a multiobjective project network problem", *Fuzzy Sets and Systems*, 119(2): 49-58 (2001).

Askin R, Dawson D., "Maximizing customer satisfaction by optimal specification of engineering characteristics", *IEEE Transactions*, 32(1):9-20 (2000).

Bellman, R.E., Zadeh, L.A., "Decision making in a fuzzy environment", *Management Science*, 17: 141-164 (1970).

Berger, C., "Kano's methods for understanding customer-defined quality", *Center For Quality Management Journal*, 2(4): 3-35 (1993).

Bode, J., Fung, R.Y.K., "Cost engineering with quality function deployment", *Computers & Industrial Engineering*, 35:587-590 (1998).

Bossert, J. L., "Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach", *ASQC Quality Press*, Milwaukee, 32-35 (1991).

Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., Ruan, D., “Fuzzy group decision-making to multiple preference formats in quality function deployment”, *Computers in Industry*, 58:392–402 (2007).

Carnevalli, J. A., Miguel, P. C., “Review, analysis and classification of the literature on QFD—types of research, difficulties and benefits”, *International Journal of Production Economics*, 114, 737–754 (2008).

Cengiz, Y.B., Yayla, Y., “Rekabet üstünlüğü için modern yaklaşımlar”, *Tüsiad-Kalder 6. Ulusal Kalite Kongresi*, Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, 151-158 (1997).

Chan, L., Wu M., "Quality function deployment: a literature review", *European Journal of Operation Research*, 143: 463-497 (2002).

Charnes, A., Cooper, W. W., Ferguson R., “Optimal estimation of executive compensation by linear programming”, *Management Science*, 1:138-151, (1955).

Charnes A., Cooper W. W., “Management models and industrial applications of linear programming”, *Wiley*, New York, (1961).

Chen, L. H., Weng, M. C., “A fuzzy model for exploiting quality function deployment”, *Mathematical and Computer Modeling*, 38(5-6):559-570 (2003).

Chen, Y. J., Tang, R.Y.K. Fung, Z. Ren, “Fuzzy regression-based mathematical programming model for quality function deployment”, *International Journal of Production Research*, 42:1009-1027 (2004).

Chen, Y., Fung, R. Y. K., Tang, J., “Fuzzy expected value modelling approach for determining target values of engineering characteristics in QFD”, *International Journal of Production Research*, 43(17): 3583–3604 (2005).

Chen, L. H., Weng, M. C., "An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models", *European Journal of Operational Research*, 172: 230-248 (2006).

Cheng, B.-W., Chiu, W.-H., “Two-dimensional quality function deployment: An application for deciding quality strategy using fuzzy logic”, *Total Quality Management and Business Excellence*, 18(4): 451–470 (2007).

Chen, L. H., Ko, W. C., “A fuzzy nonlinear model for quality function deployment considering Kano’s concept”, *Mathematical and Computer Modelling*, 48: 581–593 (2008).

Chen, L.-H., Ko, W. C., “Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA” *Applied Mathematical Modelling*, 33(2): 633–647 (2009).

Chen, L.H., Ko, W. C., “Fuzzy linear programming models for NPD using a four-phase QFD activity process based on the means-end chain concept”. *European Journal of Operational Research*, 201 (2): 619–632 (2010).

Cherif , M.S., Chabchoub, H., Aouni, B., “Integrating customer's preferences in the QFD planning process using a combined benchmarking and imprecise goal programming model”, *International Transactions in Operational Research*,17(1): 85-102 (2010).

Cohen, L., "Quality function deployment: how to make QFD work for you", *Addison-Wesley*, Ma. 11:32-33, 210 (1995).

Cole, G.F., “Market-driven customer manuals using QFD”, *Proceeding of the AUTOFACT'90 Conference*, USA, 31-35 (1990).

Çetinyokuş, T., Gökçen, H., “Borsada göstergelerle teknik analiz için bir karar destek sistemi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi*, 17(1): 43-58 (2002).

Dawson, D, Askin, R. G., “Optimal new product design using quality function deployment with empirical value functions”, *Quality and Reliability Engineering International*,15(1):17-32 (1999)

Day, R.G.,“Kalite fonksiyon yayılımı: bir şirketin müşterileri ile birleştirilmesi”, Çev: Enternasyonal Tercüme Hizmetleri, *Marshall Kültür Yayınları*, İstanbul, 64, 88 (1998).

Delice, E.K., Güngör, Z., “A new mixed integer linear programming model for product development using quality function deployment”, *Computer and Industrial Engineering*, 57(3):906-912 (2009).

Delice, E.K., Güngör, Z., “A mixed integer goal programming model for discrete values of design requirements in QFD”, *International Journal of Production Research*, baskıda (2010)

Erol, I., Ferrell, W.G., "A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria", *International Journal of Production Economics* ,86 (3): 187-199 (2003).

Geiger, J. J., Pendegraft, N., Geiger, L. M., "A PC based project management tool," *Journal of Systems Management*, 47(3):53 (1996).

Govers, C.P.M, “What and how about quality function deployment (QFD)”, *International Journal of Production Economics*, 46:575-585 (1996).

Gökçen, H., “Yönetim bilgi sistemleri”, Ankara, *Palme Yayınları*, 41-71, (2007).

- Griffin, A., Hauser, J. R., "The voice of customer", *Marketing Science*, 12(1): 1-27 (1993).
- Guinta, L. R., Praizler N. C., "The QFD book: the team approach to solving problems and satisfying customers through quality function deployment", *Amacom*, New York, (1993).
- Gustafsson, N. Gustafsson, "Exceeding customer expectations", *Proceedings of the Sixth Symposium on Quality Function Deployment*, Novi, MI, 52-57 (1994).
- Güllü, E., Ulcay, Y., "Kalite fonksiyon yayılımı ve bir uygulama", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1: 71 (2002).
- Göloğlu, C., Çetin, C., "Kalite evi sihirbazı geliştirme ve bir endüstriyel uygulama, Karabük Üniversitesi", *Teknoloji*, 11(4): 253-265 (2008).
- Fung R. Y. K., Tang J, Tu Y, Wang D., "Product design resources optimization using a non-linear fuzzy quality functional deployment model", *International Journal of Production Research*, 40:585-599 (2002).
- Fung, R.Y.K., Tang, J., Tu, P. Y., Chen, Y., "Modelling of quality function deployment planning with resource allocation". *Research in Engineering Design*, 14 (4), 247-255 (2003).
- Fung, R.Y. K., Chen, Y., Chen.L. And Tang, J., "A fuzzy expected value-based goal programming model for product planning using quality function deployment", *Engineering Optimization*, 37(6): 633-647 (2005).
- Fung, R.Y.K., Chen, Y., And Tang, J., "Estimating the functional relationships for quality function deployment under uncertainties", *Fuzzy Sets And Systems*, 157:98-120, (2006).
- Hales, R., "Adapting quality function deployment to the U.S. culture." *IEE Solutions* , 15-18 (1995).
- Hauser, J.R. And Clausing, D., "The house of quality", *Harvard Business Review*, 3: 63-73 (1998).
- Herzwurm, G., Schockert, S., "The leading edge in qfd for software and electronic business", *International Journal of Quality and Reliability Management*, 20(1): 36-55 (2003).
- Ignizio J. P., "Goal programming and extensions", Lexington Mass: Heath, *Lexington Books*, Lexington, MA, (1976).



Iranmanesh, S. H., Thomsom, V., Salimi, M. H., "Design parameter estimation using a modified QFD method to improve customer perception", *Concurrent Engineering Research and Applications*, 13(1): 57–67 (2005).

Kağnıcıoğlu, "Ürün tasarımında kalite fonksiyon yayılımı", *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Uludağ Üniversitesi, 1:177–188 (2002).

Kağnıcıoğlu, C. H., "Hedef programlama ve bulanık hedef programlama arasındaki ilişki", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7/2, 17-38, (2006).

Kahraman, C., Ertay, T., Büyüközkan, G., "A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach", *European Journal of Operational Research*, 171 (2):390–411 (2006).

Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., Tsuji, S., "Attractive quality and must-be quality", *The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 39 -48 (1984)

Khoo, L. P., & Ho, N. C., "Framework of A fuzzy quality function deployment system", *International Journal of Production Research*, 34(2): 299-311 (1996).

Karsak, E. E., Sozer, S., & Alptekin, S. E., "Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach", *Computers and Industrial Engineering*, 44: 171-190 (2002).

Karsak, E. E., "Fuzzy multiple objective decision making approach to prioritize design requirements in quality function deployment", *International Journal of Production Research*, 42(18): 3957–3974 (2004a).

Karsak, E.E., Fuzzy multiple objective programming framework to prioritize design requirements in quality function deployment", *Computers and Industrial Engineering*. 47: 149-163 (2004b).

Karsak, E.E., Özogul, C.O., "An integrated decision making approach for ERP system selection", *Expert Systems with Applications*, 36 (1):660-667 (2009).

Kim, K. J., Moskowitz, H., Dhingra, A., & Evans, G., "Fuzzy multicriteria models for quality function deployment", *European Journal of Operational Research*, 121:504-518 (2000).

King, R., "Listening to the voice of customer using the quality function deployment system", *National Productivity Review*, 277-281 (1987).

King, R., "Better designs in half the time: implementing quality function deployment in america", *Goal/QPC, Methuen, Usa*, 46-52 (1989).

Kuruüzüm, A., “Karar destek sistemlerinde çok amaçlı yöntemler, *Akdeniz Üniversitesi Basımevi*, Antalya, 12 (1998).

Lai X, Xie M, Tan Kc., “Optimizing product design using the kano model and QFD”, *Proceedings of the 2004 IEEE International Engineering Management Conference*, IEEE Ems Singapore Chapter: Singapore, 1085-1089 (2004).

Lai X, Xie M, Tan Kc., “Dynamic programming for QFD optimization”, *Quality and Reliability Engineering International*, 21(8):769-780 (2005).

Lai X, Xie M, Tan Kc., “QFD optimization using linear physical programming”, *Engineering Optimization*, 38 (5): 593-607 (2006).

Lai X, Xie M, Tan Kc., “Optimizing product design using quantitative quality function deployment: a case study”, *Quality and Reliability Engineering International*, 23:45-57 (2007).

Laudon, C. K. , Laudon, J. P., “Management information systems”, 7th Edition, *Prentice Hall*, New Jersey, (2002).

Liu, S.H., “Rating design requirements in fuzzy quality function deployment via a mathematical programming approach” *International Journal of Production Research*, 43 (3): 497–513 (2005).

Maddux, G.A., Amos R.W. Ve Wyskid A.R., "Organisations can apply quality function deployment as strategic planning tool", *Industrial Engineering*, September, 33-37 (1991).

Mathirajan, M., Ramanathan, R., “A (0–1) goal programming model for scheduling the tour of a marketing executive”, *European Journal of Operational Research*, 179: 554–566 (2007)

Matzler, K., Hinterhuber, H. H., “How to make product development projects more successful by integrating Kano’s model of customer satisfaction into quality function deployment”, *Technovation*, 18(1):25–38 (1998).

Moskowitz, H., & Kim, K. J., “QFD Optimizer: A novice friendly quality function deployment decision support system for optimizing product designs”, *Computers and Industrial Engineering*, 32(3):641-655 (1997).

Narasimhan, R., “Goal programming in a fuzzy environment”, *Decision Sciences*, 11: 325-336 (1980).

Özkan, Y., Demirel, F., Zengin, H., “Müşteri sadakatinin sağlanmasında QFD metodolojisinin kullanımı”, *1. Ulusal Kalite Fonksiyon Göçerimi Sempozyumu*, İzmir, (2002).

- Özkan, M. M., “Bulanık hedef programlama modeli ve bir uygulama denemesi”, *Review of Social, Economic & Business Studies*, 2: 265-301 (2003).
- Pardee, W.J., To satisfy and delight your customer, *Dorset House Publishing Co.*, USA, (1996).
- Park, T., Kim, K., “Determination of an optimal set of design requirements using house of quality”, *Journal of Operations Management*, 16:569-581 (1998).
- Patia, K. R., Vratb, P., Kumarc, P., “A goal programming approach for paper recycling system”, *Omega*, 36: 405-417 (2008).
- Prasad, B., “Review of QFD and related deployment techniques”, *Journal of Manufacturing Systems*, 17 (3), 221–234 (1998).
- Raharjo, H., Xie, M., Brombacher, A. C., “Prioritizing quality characteristics in dynamic quality function deployment”. *International Journal of Production Research*, 44(23),5005–5018 (2006).
- Ramanathana, R., Yunfeng, J.,. “Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using data envelopment analysis”, *Omega* 37, 711–723 (2009).
- Romero, C., “A general structure of achievement function for a goal programming model”, *European Journal of Operational Research*,153 (3), 675–86 (2004).
- Saaty, T.L., “The Analytic Hierarchy Process”, *McGraw-Hill*, New York, NY, (1980).
- Savaş, H., Ay, M.,“Üniversite kütüphanesi tasarımında kalite fonksiyon göçerimi uygulaması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(3):80-98 (2005).
- Sener, Z., Karsak, E.E., “A decision model for setting target levels in quality function deployment using nonlinear programming-based fuzzy regression and optimization”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48: 1173–1184 (2010).
- Seyhan, H., “Kalite fonksiyon yayılımının incelenmesi ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bursa, 54-58 (2005).
- Shen, X. X., Tan, K.C., Xie, M., "The implementation of quality function deployment Based On Linguistic Data", *Journal of Intelligent Manufacturing*,12(1): 65-75 (2001).
- Shillito, M. L., "Advanced QFD—linking technology to market and company needs", *Wiley Inter-Science*, New York, 1-2 (1994).

- Sireli, Y., Kauffmann, P., Ozan, E., "Integration of Kano's model into QFD for multiple product design", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(2): 380-390 (2007).
- Sohn, S. Y., Choi, I. S., "Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration", *Reliability Engineering and System Safety*, 72: 327-334 (2001).
- Taha, H. A., "Yöneylem Araştırması", Çeviren Ş.A. Baray ve Ş. Esnaf, 6. Basımdan Çeviri, *Literatür Yayıncılık*, İstanbul, 343-352 (2000).
- Tamiz, M., "Multi-objective programming and goal programming", *Springer*, Berlin, (1996).
- Tan, K.C., Shen, X.X., "Integrating Kano's model in the planning matrix of quality function deployment", *Total Quality Management*, 11(8):1141-1151, (2000).
- Tang J, Fung R. Y. K., Xu B, Wang D., "A new approach to quality function deployment planning with financial consideration", *Computers and Operations Research*, 29:1447-1463 (2002).
- Telek, A. B. ve Akın, B. "Bir QFD uygulaması", *Beşinci Ulusal Kalite Kongresi*, İstanbul, 3: 588-597 (1996).
- Tolga, E., Alptekin, S. E. "Product development process using a fuzzy compromise-based goal programming approach". *ICCSA 4705/2007*, (1): 832-845 (2007).
- Trappey, C.V., Trappey, A.J.C., Hwang, S.-J., "A Computerized Quality Function Deployment Approach For Retail Services", *Computers And Industrial Engineering*, 30 (4): 611-622 (1996).
- Tu YL, Fung RYK, Tang JF, Kam JJ "Computer aided customer interface for rapid product development". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 21, 10-11: 743-753 (2003).
- Tung, C.Y., "A green product design framework based on quality function deployment process", Doktora Tezi, *Windsor Üniversitesi*, 42-43 (1999).
- Türksen, Burhan "Bulanık kümeler kuramı ve uygulamaları", *Yöneylem Araştırma Dergisi*, 4(1):3 (1985).

Wang, J., “Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment”, *International Journal of Production Research*, 37(4):899-916 (1999).

Wasserman, G. S., “On how to prioritize design requirements during the QFD planning process”, *IEEE Transactions*, 25(3):59-65 (1993).

Yamashina H, Ito T, Kawada H., “Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ”. *International Journal of Production Research*, 40:1031–1050, (2002).

Zhou, M., “Fuzzy logic and optimization models for implementing QFD”, *Computers & Industrial Engineering*, 35(1-2):237-240 (1998).

Zimmermann, H.-J., “Description and optimization of fuzzy systems”, *International Journal of General Systems*, 2: 209-215 (1976).

Zimmermann, H.-J., “Fuzzy programming and linear programming with several objective functions”, *Fuzzy Sets and Systems*, 1: 45-56 (1978).

Zimmermann, H.-J., “Fuzzy sets, decision making and expert systems”, *Kluwer Academic Publishers*, Boston, Dordrecht, Lancaster, 1-10 (1987).

Zimmermann, H.J., “Fuzzy sets theory ve its applications”, *Kluwer Academic Publishers*, Boston, (1996).

**EKLER**

## EK-1. Kano Anketi

Bu anket çalışması bulaşık makinesi ile ilgili olarak müşteri beklentilerini elde etmek amacıyla yapılmaktadır. Anket sonucunda elde edilen veriler bilimsel bir çalışmada kullanılacağından vereceğiniz cevapların doğruluğu son derece önemlidir.

*1) Bulaşık makinesinin iyi yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin iyi yıkamaması size ne hissettirir*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

Sizce “iyi yıkama” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?

**Hiç önemli değil    1    2    3    4    5    Çok önemli**

*2) Bulaşık makinesinin iyi kurutması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin iyi kurutmaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

## EK-1. (Devam) Kano Anketi

Sizce “*iyi kurutma*” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

3) -*Bulaşık makinesinin bulaşıklara zarar vermeden yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin bulaşıklara zarar vererek yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

Sizce “*bulaşıklara zarar vermeden yıkama*” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

4) - *Bulaşık makinesinin kısa zamanda yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin kısa zamanda yıkamaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

Sizce “*kısa yıkama*” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**



## EK-1. (Devam) Kano Anketi

5) *Bulaşık makinesinin az deterjan, bulaşık tuzu, su ve elektrik harcaması size hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin az deterjan, bulaşık tuzu, su ve elektrik harcamaması size hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “az deterjan veya bulaşık tuzu harcaması” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

6) *Bulaşık makinesinin sessiz yıkaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin sessiz yıkamaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “sessiz yıkama” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

## EK-1. (Devam) Kano Anketi

7) *Bulaşık makinesinin fiyatının düşük olması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin fiyatının düşük olmaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “düşük fiyat” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil    1    2    3    4    5    Çok önemli**

8) *Bulaşık makinesinin kullanılabilir olması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin kullanılabilir olmaması size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “kullanılabilir olma” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil    1    2    3    4    5    Çok önemli**

EK-1. (Devam) Kano Anketi

9) - *Bulaşık makinesinin **estetik olması** size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin **estetik olmaması** size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “**estetik olma**” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

10) - *Bulaşık makinesinin **arıza yapmaması** size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Bulaşık makinesinin **arıza yapması** size ne hissettirir?*

1. Çok hoşuma gider
2. Öyle olmasını beklerim
3. Fark etmez
4. Hoşlanmam ama katlanabilirim
5. Hiç hoşuma gitmez

*Sizce “**arıza yapmama**” bulaşık makinesinde ne kadar önemlidir?*

**Hiç önemli değil 1 2 3 4 5 Çok önemli**

***Değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.***

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KILIÇ DELİCE, Elif  
Uyruğu : T.C.  
Doğum Tarihi ve Yeri : 28.07.1979 Erzurum  
Medeni Hali : Evli  
Telefon : 0 (312) 5823823  
e-posta : elifkilic@gazi.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Endüstri Müh.	2005
Lisans	Selçuk Üniversitesi/ Endüstri Müh	2001
Lise	Erzurum Lisesi	1996

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002 – 2003	Atatürk Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2003 – 2010	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### İlgi Alanları

Müzik, Spor

