

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜTÜNLEŞİK BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI YAKLAŞIMIYLA YONGA
LEVHA ÜRETİMİNDE ÜRÜN VE SÜREÇ KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisi Yıldız KÖSE

**HAZİRAN 2017
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜTÜNLEŞİK BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI YAKLAŞIMIYLA YONGA LEVHA
ÜRETİMİNDE ÜRÜN VE SÜREÇ KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

Endüstri Mühendisi Yıldız KÖSE

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 05 / 2017

Tezin Savunma Tarihi : 01 / 06 / 2017

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ

Trabzon 2017

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yıldız KÖSE Tarafından Hazırlanan**

**BÜTÜNLEŞİK BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI YAKLAŞIMIYLA YONGA LEVHA
ÜRETİMİNDE ÜRÜN VE SÜREÇ KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 16 / 05 / 2017 gün ve 1702 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ

Üye : Doç. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN

Üye : Doç. Dr. Fatih YAPICI

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın amacı hem firma çıkarlarını hem de müşteri beklentilerini dikkate alan çok yönlü yapıya sahip bir Kalite Fonksiyon Yayılımı yaklaşımı geliştirmek ve yonga levha üretimi yapan bir firmada uygulamaktır. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın daha gerçekçi sonuçlar üretmesine yardımcı olması için Veri Zarflama Analizi, Hedef Programlama ve Bulanık Mantık kullanılmıştır. Uygulama ile firma politikasına ve çıkarlarına uygun olarak daha iyi kalitede ve müşteri beklentilerini daha iyi düzeyde karşılayacak ürün geliştirme ve ürünün üretim sürecinin iyileştirilmesi için öncelikli olarak yapılması gerekenler ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın hazırlanmasında beni yönlendiren, çalışma boyunca yardım ve desteğini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ'ye; her türlü yardımını esirgemeyen amcam Orman Endüstri Mühendisi Orhan KÖSE'ye, her anımda yanımda olan arkadaşım Ayşegül KURTOĞLU'na, bölümdeki tüm hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve son olarak da bu günlere gelmemde büyük emeği olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yıldız KÖSE
Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bütünleşik Bir Kalite Fonksiyon Yayılımı Yaklaşımıyla Yonga Levha Üretiminde Ürün Ve Süreç Kalitesinin İyileştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 01/06/2017

Yıldız KÖSE

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kalite Kavramı	2
1.3. Toplam Kalite Yönetimi.....	3
1.3.1. Toplam Kalite Yönetimi'nin Tarihsel Gelişimi	3
1.3.2. Toplam Kalite Yönetimi'nin Amaçları	3
1.4. Toplam Kalite Yönetiminde Ürün Geliştirme.....	4
1.5. Proaktif ve Reaktif Yaklaşımların Karşılaştırılması	5
1.6. Kalite İyileştirme Araç ve Teknikleri.....	6
1.6.1. Deming (PUKÖ) Döngüsü	6
1.6.2. Ağaç Diyagramı	7
1.6.3. Akış Şeması.....	8
1.6.4. Pareto Analizi	9
1.6.5. Hata Türü ve Etkileri Analizi	9
1.6.6. Kalite Fonksiyon Yayılımı	10
1.7. Yayın Taraması	10
1.7.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Ürün Geliştirmede Kullanıldığı Çalışmalar	11
1.7.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Seçim Süreçlerinde Kullanıldığı Çalışmalar.....	14
1.7.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda Müşteri Kısmıyla İlgili Yapılan Çalışmalar	16
1.7.4. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda Matematiksel Modelin Kullanıldığı Çalışmalar	17
1.7.5. Çalışmanın Amacı	18
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	19

2.1.	Giriş.....	19
2.2.	Kalite Fonksiyon Yayılımı Tanımı ve Tarihçesi.....	19
2.3.	Kalite Fonksiyon Yayılımı Uygulama Süreci.....	21
2.3.1.	Kalite Evinin Oluşturulması.....	21
2.3.1.1.	Müşteri Sesinin Toplanması.....	22
2.3.1.2.	Firma Sesinin Toplanması.....	23
2.3.1.3.	Verilerin Birleştirilmesi (9 Adım Kalite Evinin Oluşturulması).....	23
2.3.1.4.	Sonuçların Analizi ve Yorumlanması.....	26
2.3.2.	Ürün Tasarımı.....	26
2.3.3.	Süreç Planlama.....	26
2.3.4.	Üretim Planlama.....	27
2.4.	Kalite Fonksiyon Yayılımı Modelleri.....	27
2.4.1.	Dört Aşamalı Model.....	27
2.4.2.	Matrislerin Matrisi Modeli.....	28
2.5.	Bulanıklık ve Bulanık Küme Teorisi.....	29
2.5.1.	Üyelik Fonksiyonu.....	30
2.5.2.	Bulanık Sayılar ile Yapılan Aritmetik İşlemler.....	31
2.5.3.	Bulanık Sıralama Yöntemleri.....	32
2.5.4.	Bulanık Dilsel Değişkenler.....	34
2.6.	Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı.....	35
2.7.	Kalite Fonksiyon Yayılımında Hedef Programlama.....	36
2.8.	Veri Zarflama Analizi.....	38
2.8.1.	Temel VZA Modelleri.....	38
2.8.2.	Güven Bölgesi Metodu.....	40
2.8.3.	Bulanık Veri Zarflama Analizi.....	40
2.8.4.	Wang-Chin Modeli.....	42
2.8.5.	Kalite Fonksiyon Yayılımında Veri Zarflama Analizi Kullanımı.....	45
2.9.	Yonga Levha Kalitesinin İyileştirilmesi İçin Uygulanacak Yapı.....	45
3.	UYGULAMA.....	58
3.1.	Yonga Levha Tanımı ve Kullanım Yeri.....	58
3.2.	Bütünleşik Kalite Fonksiyon Yayılımının Yonga Levha İçin Uygulaması.....	60

3.2.1.	Müşteri Beklentilerinin Belirlenmesi	60
3.2.2.	Müşteri Beklentilerinin Önem Derecelerinin Belirlenmesi.....	61
3.2.3.	Teknik Karakteristiklerin Oluşturulması.....	63
3.2.4.	Teknik Karakteristiklerin Kendi Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi	64
3.2.5.	Müşteri Beklentileri ile Teknik Karakteristikler Arası İlişkinin Belirlenmesi.....	65
3.2.6.	Teknik Karakteristiklerin İlk Önem Derecelerinin Hesaplanması	67
3.2.7.	Teknik Karakteristikleri İlgilendiren Kısıtların Belirlenmesi ve Teknik Karakteristikler ile Kısıtlar Arası İlişkinin Kurulması	68
3.2.8.	Teknik Karakteristiklerin Son Önem Derecelerinin Belirlenmesi	68
4.	BULGULAR VE İRDELEME.....	70
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	75
6.	KAYNAKLAR.....	77
7.	EKLER.....	86
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

BÜTÜNLEŞİK BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI YAKLAŞIMIYLA YONGA
LEVHA ÜRETİMİNDE ÜRÜN VE SÜREÇ KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Yıldız KÖSE

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ
2017, 85 Sayfa, 10 Ek Sayfa

Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) tekniği müşteri isteklerini ürüne ve üretim sürecine yansıtan bir kalite geliştirme aracıdır. Geleneksel KFY’de teknik karakteristiklerin (TK) önem dereceleri, teknik tarafı ilgilendiren maliyet, çevreye etkileri, uygulama kolaylığı, çalışana etkisi gibi faktörleri dikkate almadan sadece müşteri beklentisine (MB) göre belirlenmektedir. Bu çalışmada ise literatürden farklı olarak teknik karakteristiklerin önem dereceleri hem müşteri tatmin düzeyini karşılaması hem de firma çıkarlarına uyması esasına göre belirlenmiş ve önerilen çok yönlü model ağaç bazlı panel endüstri sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Kalite Evi’nde müşteri yapısına göre farklı tipte anketler oluşturularak Hedef Programlamayla müşteri beklentilerinin önem dereceleri hesaplanmıştır. Teknik karakteristiklerin firma açısından etkin olup olmadıklarının ve etkinlik derecelerinin belirlenmesinde KFY, Veri Zarflama Analizi (VZA) ile bütünleşik kullanılmaktadır. Kalite Evi’nde ilişkilerin oluşturulmasında uzmanların dilsel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürülerek modele esneklik sağlanmış ve belirsizlik giderilmiştir. Önerilen modelde Hedef Programlama’nın, VZA’nın ve bulanık mantığın bir arada kullanılması KFY’nin disiplinler arası bir yöntem olduğunu ve sonuçlarının sayısal bir temelden gelmesi nedeniyle de güvenilir ve gerçekçi olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kalite Fonksiyon Yayılımı, Veri Zarflama Analizi, Bulanık Mantık,
Yonga Levha Üretim Süreci, Hedef Programlama

Master Thesis

SUMMARY

IMPROVING QUALITY OF PRODUCTION AND PROCESS IN THE
MANUFACTURING OF PARTICLE BOARD WITH AN INTEGRATED QUALITY
FUNCTION DEPLOYMENT APPROACH

Yıldız KÖSE

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Emrullah DEMİRÇİ
2017, 85 Pages, 10 Pages Appendix

Quality Function Deployment (QFD) technique is a quality improvement tool that reflects customer needs and requirements to product and production process. The importance rating of technical characteristics in traditional QFD is determined only by customer requirements (CR), without taking into account such factors as technical cost, environmental impact, ease of implementation, worker effect. In this study, unlike the literature, the importance rating of technical characteristics (TC) were determined based on the principle not only to meet customer satisfaction levels but also to comply with company interests and the proposed multidimensional model has been implemented in a firm operating in the forest industry. Different types of questionnaires were created according to the customer structure in the House of Quality and the importance ratings of customer requirements were calculated by Goal Programming (GP). Data Envelopment Analysis (DEA) is integrated with QFD in terms of whether the TCs are effective for the firm. The linguistic expressions of experts in the construction of relations in the House of Quality were transformed into fuzzy numbers. The use of GP, DEA and fuzzy logic in the proposed model shows that QFD is an interdisciplinary method. Method is also reliable and realistic because its results come from a numerical basis.

Key Words: Quality Function Deployment, Data Envelopment Analysis, Fuzzy Logic, Particle Board Production Process, Goal Programming

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Proaktif ve reaktif yaklaşım eğrileri	5
Şekil 1.2. PUKÖ döngüsü	7
Şekil 1.3. Neden-neden ağaç diyagramı	8
Şekil 1.4. Örnek süreç akış şeması	8
Şekil 1.5. Kapı hataları için Pareto Diyagramı	9
Şekil 2.1. Kalite Evi 9 adım modeli.....	25
Şekil 2.2. Dört aşamalı model	28
Şekil 2.3. Yeşil, siyah ve mavi bulanık renk kümeleri	29
Şekil 2.4. Üçgen üyelik fonksiyonu	30
Şekil 2.5. \tilde{X} Üçgen bulanık sayısının grafikte gösterimi	32
Şekil 2.6. Çalışmada kullanılan dilsel değişkenler ve sayıların grafik gösterimi.....	34
Şekil 2.7. Önerilen metotta adımların başlıkları	46
Şekil 2.8. Önerilen metot için oluşturulan taslak kalite evi.....	47
Şekil 3.1. Yonga levha üretiminde yapılan bazı işlemler	59
Şekil 3.2. Teknik karakteristikler arası ilişki (Çatı matrisi)	65
Şekil 4. Teknik karakteristiklerin mutlak ve ilk önem dereceleri karşılaştırması ..	72

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Kalite geliştirme araç ve tekniklerinden bazıları	6
Tablo 2.1. Kalite Evi'nde kullanılan dilsel ölçeklendirme	24
Tablo 2.2. Bulanık dilsel değişkenler ve karşılığındaki bulanık sayıları	35
Tablo 2.3. Müşteri beklentilerini basit ağırlıklandırmada kullanılan ölçek	49
Tablo 2.4. Müşteri beklentilerini ikili kıyaslamada kullanılan ölçek	50
Tablo 2.5. Farklı formatlar için oluşturulmuş kısıtlar ve amaç fonksiyonları	52
Tablo 2.6. Teknik karakteristikler arası ilişkide kullanılan ölçek	53
Tablo 2.7. Ana matrisin oluşturulmasında kullanılan ölçek	54
Tablo 3.1. Müşteri beklentileri ve kodları	60
Tablo 3.2. Birinci formattaki müşteri beklentileri ortalama önem dereceleri	62
Tablo 3.3. İkinci formatta hazırlanan ikili kıyaslama matrisi	62
Tablo 3.4. Hedef programlama sonucu müşteri beklentileri önem dereceleri	63
Tablo 3.5. Üretim aşamalarındaki teknik karakteristikler	64
Tablo 3.6. Teknik karakteristiklerin mutlak önem dereceleri	66
Tablo 3.7. Teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri	67
Tablo 3.8. Bulanık VZA modeli sonucu oluşan etkinlik değerleri	69
Tablo 4.1. Teknik karakteristiklerin normalize bulanık ve kesin ilk önem dereceleri	71
Tablo 4.2. Teknik karakteristiklerin ilk ve son önem dereceleri	73
Ek Tablo 1. Birinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi	88
Ek Tablo 2. İkinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi	89
Ek Tablo 3. Üçüncü uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi	90
Ek Tablo 4. Bulanık sayılara dönüştürülmüş ana matris	91
Ek Tablo 5. Birinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi	92
Ek Tablo 6. İkinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi	92
Ek Tablo 7. Üçüncü uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi	93

Ek Tablo 8. Bulanık sayılara dönüştürülmüş faktörler-teknik karakteristikler ilişki matrisi.....	93
--	----



SEMBOLLER DİZİNİ

AAS	: Analitik Ağ Süreci
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AR	: Güven Bölgesi (Assurance Region)
BCC	: Banker, Charnes, Cooper
BVZA	: Bulanık Veri Zarflama Analizi
CCR	: Charnes, Cooper, Rhodes
ÇD	: Çok Düşük
ÇY	: Çok Yüksek
D	: Düşük
GP	: Goal Programming
HTEA	: Hata Türü Ve Etkileri Analizleri
KFY	: Kalite Fonksiyon Yayılımı
KVB	: Karar Verme Birimi
MB	: Müşteri Beklentisi
PROMETHEE	: Preference ranking organization method for enrichment evaluation
PUKÖ	: Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al
O	: Orta
TK	: Teknik Karakteristik
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
VZA	: Veri Zarflama Analizi
Y	: Yüksek
\oplus	: Bulanık Toplama
$\mu_A(x)$: Üyelik Derecesi
\ominus	: Bulanık Çıkarma
\otimes	: Bulanık Çarpma
\oslash	: Bulanık Bölme
Sub	: Supremum
Inf	: Infimum
\mathbb{R}	: Reel Sayılar
--	: Güçlü Negatif
-	: Negatif
0	: İlişki Yok
+	: Pozitif
++	: Güçlü Pozitif
\tilde{A}	: A bulanık sayısı
a^U	: A bulanık sayısının üst değeri
a^M	: A bulanık sayısının orta değeri
a^L	: A bulanık sayısının alt değeri
$\theta_0^{Geometrik}$: Geometrik etkinlik indeksi
$K(A_k)$: A_k bulanık sayısının net değeri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Küreselleşmeyle birlikte müşteri yapısında ve isteklerinde sürekli bir değişim yaşanmaktadır. Üreticiler değişen müşteri isteklerine rakiplerine göre hızlı bir şekilde uyum sağlamalı, bunu yaparken kaliteyi artırıp, kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak firma çıkarlarını da düşünmelidir. Müşteri istek, ihtiyaçları, memnuniyet seviyeleri hakkındaki bilgileri kesintisiz şekilde izleyebilmeli ve süreçlerini bunlara göre güncellemelidir. Bu süreçte işletmelerin karşılaşacağı sorunların ve tehditlerin ortadan kaldırılması için bilimsel yöntemlerin kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Bu yöntemler içerisinde kalite iyileştirme araçlarından Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) karar almada etkili bir şekilde kullanılmaktadır. İşletmeler, KFY ile müşterilerin mevcut ve gelecekteki istek ve beklentilerini iyi bir şekilde anlayarak bunları ürün veya hizmet üretim süreçlerine taşımaktadır. Böylelikle işletmeler yeni ve mevcut ürün geliştirmede müşteri odaklı sistemler oluşturmaktadır. Ayrıca Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda organizasyon içindeki tüm fonksiyonel alanlardan gelen kalite takımı üyelerinin bilgi ve tecrübeleri birleştirilerek disiplinler arası bir sistem oluşmaktadır.

Literatürde KFY çalışmaları incelendiğinde teknik karakteristiklerin önem derecelerini iki farklı yaklaşımla ele alıp orman endüstri alanında uygulayan bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu çalışmanın amacı müşteri isteklerini üretim süreçlerine ve nihai ürüne aktarmaktır. Bunu yaparken de firma çıkarlarını da göz önünde tutan bir modeli ağaç bazlı panel endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmaya melamin kaplı yonga levha ürünü için uygulamaktır. Uygulanacak modelde kullanılan temel teknik müşteri ve firma şeklinde iki ana kısımdan oluşan Kalite Fonksiyon Yayılımıdır. Müşteri kısmında müşteri sesinin daha doğru bir şekilde toplanması için farklı tiplerde anketler hazırlanmıştır. Müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenmesi için de Hedef Programlama modeli oluşturulmuştur, firma kısmında ise müşteri beklentilerini karşılayacak teknik karakteristikler ve bunların kısıtları belirlenmiştir. Firma ve müşteri kısmından toplanan veriler Kalite Evi oluşturarak müşteri tatmin düzeyini en yüksek yapan teknik karakteristikler belirlenir. Aynı zamanda Veri Zarflama Analizi ile teknik karakteristiklerin firma çıkarları ve politikası açısından da etkinlik dereceleri belirlenmiştir.

Önerilen modelde Kalite Evi'ndeki ilişki matrislerinde dilsel ifadeler kullanılarak uzman görüşlerine başvurulmuştur. Klasik KFY, belirsiz ve öznel ifadelerin sayısallaştırılmasında yetersiz kaldığından Bulanık KFY ile bu ifadeler bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Teknik karakteristiklerin etkinlik derecelerinin hesaplanmasında kurulan VZA modeli ise Kalite Evi'ndeki bulanık verileri kullandığı için Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modeli olarak geliştirilmiştir. Böylelikle önerilen modele esneklik kazandırılarak gerçeğe daha yakın sonuçlar alınmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonucu, firma için hem müşteri tatmin düzeyini sağlama hem de firma çıkarlarını koruma konusunda karar alma aşamasında yardımcı olacak türde veriler içermektedir. Çalışma yonga levha ürünü için yapılmış olsa dahi orman endüstri alanında başka bir ürün için de kolayca revize edilebilir.

1.2. Kalite Kavramı

Kalite kavramının yaygın olarak kullanımı yakın bir geçmişe dayanmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarında üretimde kullanılan ara ürünlerin niteliği ve artan ürün çeşitliliği ile birlikte nihai ürünler arasındaki nitelik farkını vurgulamak için kullanılmıştır. Sosyal, psikolojik ve teknik bir olgu olarak kalitenin çok boyutlu olması kalitenin ortak bir tanımının olmamasına neden olmaktadır (Halis, 2010).

Shewhart kalitenin tanımını şu şekilde yapmıştır: “Kalite ürünün mükemmelliğidir. Alıcının ödemeyi kabul edeceği bir fiyatla kullanımı memnunluk duygusu yaratan bir ürünün tasarlanması, üretilmesi ve bunun için müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin ölçülebilir veriler haline getirilmesidir.” (Halis, 2010). Feigenbaum, müşteri beklentilerini en ekonomik şekilde karşılamayı amaçlayan mühendislik ve üretim özelliklerinin kaliteyi oluşturduğunu öne sürmektedir. Taguchi'ye göre ise kalite, topluma sunulduktan sonra ürünün toplumda yarattığı en az zarardır.

Genel anlamıyla bir ürünün kaliteli olması, ürünün müşteri beklentilerini karşılayacak üstün özelliklere sahip olmasını ve pazar performansının yüksek olması anlamına gelmektedir.

1.3. Toplam Kalite Yönetimi

İşletmeler sürekli içinde bulunduğu karmaşık ve dinamik ortamda rekabet üstünlüğü yakalama çabası içindedirler. Başarılı olmak ve küresel piyasada hareket edebilmenin temelinde müşteri memnuniyetini sağlamak yer alır. Toplam Kalite Yönetimi (TKY) bu açıdan firmalara sürekli gelişmeyi sağlayarak rekabette üstünlük kazandırır.

Feigenbaum, müşteri tatminini en ekonomik seviyede sağlamak için ürün veya hizmet kalitesini geliştirme, koruma ve iyileştirme çabalarının bütünleştirildiği sistemi Toplam Kalite Yönetimi olarak tanımlar.

1.3.1. Toplam Kalite Yönetimi'nin Tarihsel Gelişimi

Üretimde fireleri azaltıp, verimliliği artırmak ve sıfır hata ile üretim yapmak amacıyla Walter Shewart, istatistiksel kalite kontrol kavramını geliştirmiştir. Sanayi devrimi ve yaşanan savaşlardan sonra üretim kitleler halinde yapılmaya başlanmış ve kalite, tecrübeli işçi gruplarının sorumluluğu altına girmiştir. Daha sonra Ishikawa kalite projelerinin sadece gönüllüler bazında sıradan işçilere kadar indirgenmesi fikrini öne sürerek kalite yönetimine takım çalışmaları boyutunu ilave etmiştir. 1970'li yıllarda Japonya'da Toplam Kalite Kontrol Teorisi ve Kalite Güvence Sistemi geliştirilmiştir. 1980'li yıllarda Toplam Kalite Yönetimi, firmadan firmaya değişen ve işletmenin tüm organizasyonunu içine alan bir sistem olarak gelişmiştir.

Toplam Kalite Yönetimi sosyal ve iktisadi gelişmelere paralel olarak bilimsel bilginin de yer aldığı bir sistemdir. Amerikan kaynaklı bilimsel yönetim, Japon yönetim sisteminin gelişmesinde en önemli faktör olmuştur. Kalitenin tüm yönetim süreçleri içerisine yerleştirilmesi Japon uygulamalarının en önemli noktasıdır.

1.3.2. Toplam Kalite Yönetimi'nin Amaçları

Toplam Kalite Yönetiminin amacına ulaşabilmesi için organizasyon içindeki herkesin sisteme katılımının sağlanması en temel şarttır. Organizasyonun bütün seviyelerindeki tüm fonksiyonlar, birleşmiş hedeflere ulaşmak için kalite üzerinde yoğunlaşmalıdır. Ekip çalışması üç şekilde yapılabilir: Üst yönetim ve alt seviyedeki

çalışanlar arasında dikey çalışma, aynı seviyedeki fonksiyonlar arası yatay çalışma ve üretici ve müşteri arasındaki ortak çalışma (Helvacıoğlu, 1999).

De Bono (1996)'ya göre Toplam Kalite Yönetimi'nin amaçlarından bazıları şunlardır: verimlilik ve etkinliği sağlama, yeniden yapılanmayı ve örgütsel gelişimi sağlama, üretici olmayan faaliyetleri ve bozuk ürün oranını azaltmak için bütün süreçleri sürekli olarak incelemek, gerekli gelişmeleri saptamak, performans kriterleri oluşturmak, problem çözümünde ekip çalışmasının etkinliğinden yararlanmak ve sona ermeyen ürün geliştirme stratejisi kapsamında üretim süreçlerini devamlı olarak gözden geçirmek.

Toplam Kalite Yönetimi'nin amaçları genel olarak müşteri şikâyetlerini, maliyetleri, iş kazalarını, hatalı üretimi ve israfları azaltmak, pazar payını, müşteri tatminini, etkinliği, karı, verimliliği ve satışları artırmaktır.

1.4. Toplam Kalite Yönetiminde Ürün Geliştirme

Toplam Kalite Yönetimi ürün hayat çevriminin her noktasında yer alabilen bir yaklaşımdır. Ürünün tasarlanma aşamasında müşteri istek ve beklentilerinin toplanıp bunların ürün ve prosesin teknik gereksinimlerine dönüştürülmesinde, bütün ana malzeme ve alt parçaların karakterize edilmesinde, üretim sürecinde yeterlilik ve çeşitliliğin yakalanabilmesi için önemli süreçlerin belirlenmesinde, ürün iyileştirme çalışmalarında kullanılmak üzere geri besleme sisteminin oluşturulup, çalıştırılmasında Toplam Kalite Yönetimi odak strateji olarak görülmektedir.

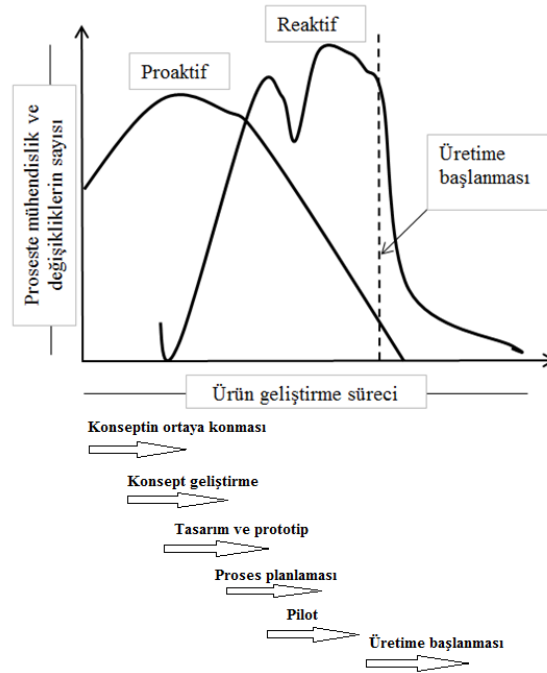
Ürün geliştirme sürecinde Toplam Kalite Yönetimi'nin kullanılmasıyla müşteri ön planda tutulmaktadır. Ürün geliştirme süreci esnasında müşteri ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli teknolojinin olmadığına farkına varılması, geri dönüşü çok maliyetli olan bir sürece neden olmaktadır. Teknoloji, müşteri tatminini sağlamayı amaçlayarak üretim sürecinden önce ürün tasarımı aşamasında geliştirilmelidir.

Toplam Kalite Yönetimi içerisindeki üretim süreçlerinde ürünün nasıl üretilmesi gerektiği sorusunun cevabı daha üretim başlamadan verilmiştir. Böylelikle üretim süreci içerisinde üretilmesi mümkün olmayan özellikler elenmiş ve zaman kaybı yaşanmamış olur.

Ürün veya hizmet üretim sürecinde Toplam Kalite Yönetimi anlayışı benimsenmişse daha iyi olmaya doğru yapılan değişimlere kolaylıkla cevap verilir. Bu durumda değişen müşteri isteklerine hızlı ve doğru bir şekilde karşılık verilerek esneklik sağlanmış olur.

1.5. Proaktif ve Reaktif Yaklaşımların Karşılaştırılması

Üretimin başlangıç planlaması konusunda çok fazla zaman harcayan organizasyonlar detaylı bir şekilde projeyi incelemekte, ayrıntılı biçimde değerlendirmeler yapmakta ve gerekli değişikliklere ilişkin girişimleri erken aşamada başlatmaktadır. Değişiklikler malzeme veya üründen ziyade plan ve kavramlarla ilgili olmaktadır. Kâğıt üzerinde yapılan bu değişiklikler üretim aşamasında yapılan değişikliklere göre daha az zaman ve maliyet gerektirmektedir. Şekil 1.1'deki grafik proaktif terimiyle gösterilen eğri bu tür durumları göstermektedir. Reaktif eğri ise ürün geliştirme sürecinin ilk evresindeki çok az değişikliğe işaret etmektedir. Organizasyonun konseptler üretmeye ve prototipler inşa etmeye başlamasıyla birlikte sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların giderilmesi için değişikliklere gidilmesi gerekmektedir. Eğriden de anlaşılacağı gibi, ürün eğrisi prototip ve pilot aşamalara kaydıkça gerekli değişikliklerin de sayısı artmaktadır (Day, 1998).



Şekil 1.1. Proaktif ve reaktif yaklaşım eğrileri

Proaktif yaklaşım, müşterilerle temas halinde olmayı, ürün ve hizmetleri müşterilerin beklentileri doğrultusunda planlamayı gerekli kılmaktadır. Bu aşamada Toplam Kalite Yönetimi düşüncesi oldukça önem kazanmaktadır. TKY, kalite iyileştirme araçlarının kullanımını birleştiren bir yapıdır.

1.6. Kalite İyileştirme Araç ve Teknikleri

Organizasyonlarda karşılaşılan sorunlar farklılık göstermektedir. Bu sorunlar ürün veya hizmetin tasarım aşamasından pazara sunulma aşamasına kadar ortaya çıkan sorunların nedenlerinin belirlenip çözülmesinde bilgi ve verileri yönlendirmek ve değerlendirmek için Kalite iyileştirme araçları kullanılmaktadır. Kalite iyileştirme araçları, organizasyonlara problem çözme, stok kontrolü, kalite güvencesi, ürün çeşitlendirme simülasyonları ve tasarım uygulamaları gibi alanlarda yardımcı olmaktadır. Bu araçlardan bazıları Tablo 1.1’de gösterilmiştir (Çetin vd., 2001).

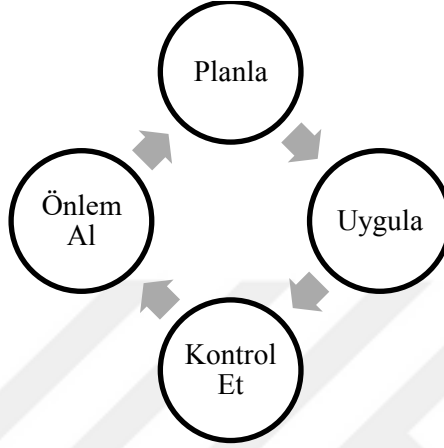
Tablo 1.1. Kalite geliştirme araç ve tekniklerinden bazıları

Araç ve Teknikler	İşlevi
Deming (PUKÖ) Döngüsü	Her aşamada sürekli bir iyileştirme sağlamak
Poke-Yoke (Hatadan sakınma) Analizi	Hataların tekrarını engellemek
Akış Şeması	Mevcut süreçten yeni bir süreç tasarlamak
Ağaç Diyagramı	Bir problem ve onun elemanları arasındaki ilişkiyi göstermek
Beyin Fırtınası	Yoğun bir düşünce ortamıyla yaratıcı düşüncelerden yararlanmak
Pareto Analizi	Hata sıklıklarına göre hata çeşitlerinin sınıflandırılmasına dayanır
Sebeup Sonuç Diyagramı	Problem nedenlerinin birbirini nasıl etkilediği ortaya çıkarır
HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi)	Riskleri tahmin ederek hataları önlemek
Toplam Verimli Bakım	Kalite kontrolün süreç denetimini yapmak
Kalite Fonksiyon Yayılımı	Ürün ve hizmetlerin baştan sona planlanmasına dayanan bir süreç

1.6.1. Deming (PUKÖ) Döngüsü

Deming Döngüsü planlama, uygulama, kontrol ve önlem alma adımlarından oluşur. Tüm adımlar çember içerisinde gösterilerek çemberin her dönüşünde işlerin daha kaliteli olması sağlanır. Döngü içerisindeki planlama adımı, hedefin saptandığı ve kimlerin

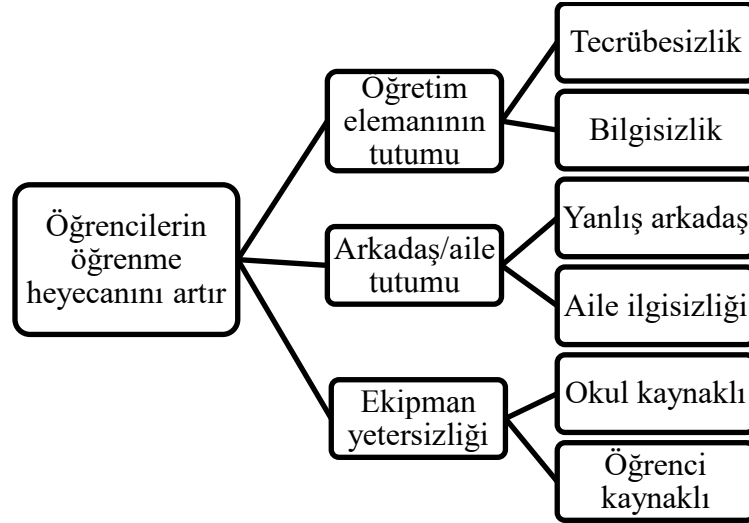
sorumluluğunda olduğunun belirlendiği adımdır. Uygulama adımı plan uygulanır. Kontrol adımı hedeflenen sonuca ulaşıp ulaşılmadığı belirlenir. Son adımda da belirlenen hata ve eksiklerin giderilmesi için yapılması gerekenler belirlenir. Deming Döngüsü Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. PUKÖ döngüsü

1.6.2. Ağaç Diyagramı

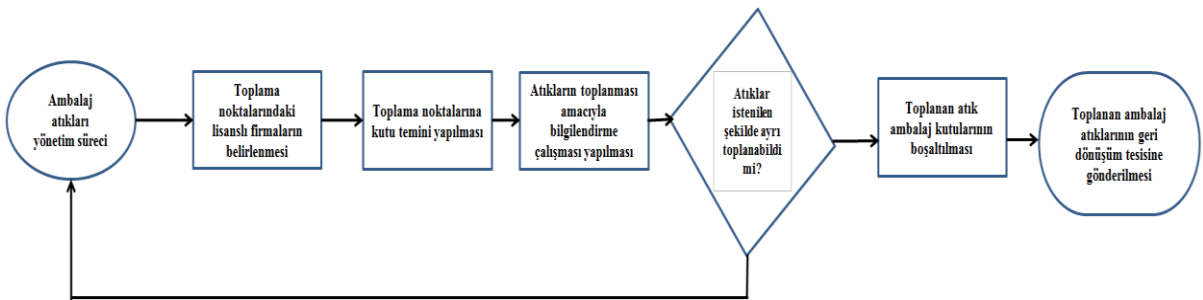
Bir sonuca ulaştıracak tüm yolları şematik olarak gösteren bir tekniktir. Ağaç diyagramı, genel amaçların özele indirgenmesi gerektiğinde, sonuca ulaşmak için bütün alternatiflerin veya sonuca ulaşmaya engel olan durumların belirlenmesi gerektiğinde kullanılır. Ağaç diyagramı oluşturulmadan önce ana amacın, ana amaç ile ilişkili alternatiflerin ve çalışmayı yapacak takımın belirlenmesi gerekir. Daha sonra ağaç diyagramının oluşturulması için en az iki düzeyin olması gerekir. İlk düzeyde temel amaç, diğer düzeylerde ise bir önceki düzeydeki durum için neden, nasıl ve ne gibi soruların cevapları bulunur. Şekil 1.3’te neden-neden ağaç diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 1.3. Neden-neden ağaç diyagramı

1.6.3. Akış Şeması

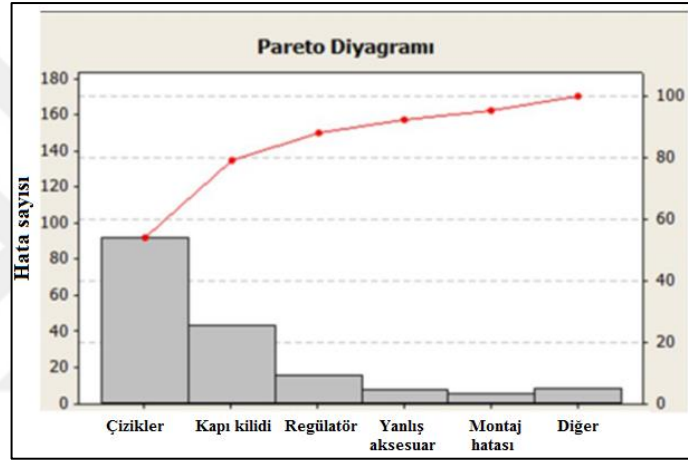
Süreç şemasında bir süreçteki tüm adımlar gösterilir. Bir ürün veya hizmetin gerçekleştirilmesinde takip edilen adımların uç uca eklenmesiyle her bir evrenin sıralı olarak analiz edilmesine yarayan bir kalite aracıdır. Akış şemalarının algoritmalarından farkı, adımların simgeler şeklinde kutular içine yazılmış olması ve adımlar arasındaki ilişkilerin ve yönünün oklar ile gösterilmesidir (Halis, 2010). Şekil 1.4'te ambalaj atıklarının toplanma süreci için akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Örnek süreç akış şeması

1.6.4. Pareto Analizi

Vilfredo Pareto'nun adıyla bilinen Pareto Teorisi, Juan tarafından problemin esaslarına dair bir yaklaşım olarak güncellenmiştir. Pareto bir ülkenin refahın %80'i o ülkedeki insanların %20'si tarafından sahiplenilir kuralını savunmuş ve birçok durumda ortaya çıkan sonuçların %80'inin sebeplerin %20'sine dayandığını ileri sürmüştür. Yani sonuçların büyük bir çoğunluğunun sebeplerin küçük bir yüzdesi yüzünden ortaya çıktığını savunan bir kavramdır. Şekil 1.5'te montaj hattındaki kapı hataları için pareto diyagramı çizilmiştir.



Şekil 1.5. Kapı hataları için Pareto Diyagramı

1.6.5. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Yöntem, işletmelerde üretilen hatalı ürünlerin piyasaya sürülme olasılığını önlemektedir. Bunun için hata kaynaklarını, etkilerini ve nedenlerini bulup değerlendirme, hataların oluşma riskini azaltacak ya da hataları tamamen yok edecek önlemleri belirleme adımlarını içerir. HTEA, hataların ortaya çıkmasını beklemediğinden hatalı ürün müşteriye ulaşmadan önce hatanın belirlenip giderilmesini sağlar. Hata türü, hataların etkisi, hataların kritikliği ve tespit edilebilirlik HTEA'nın girdilerini oluşturmaktadır. HTEA'nın aşamaları ise şu şekildedir: Hazırlık çalışmaları, hata türlerinin belirlenmesi, hata türlerinin etkilerinin belirlenmesi, tespit edilebilirlik (saptama) değerinin belirlenmesi, olasılık değerinin belirlenmesi, ağırlık (şiddet) değerlerinin belirlenmesi, risk öncelik puanının hesaplanması ve düzeltici faaliyetlerin belirlenmesi.

HTEA’da risk öncelik puanının hesaplanmasında saptama, olasılık ve şiddet değerlerinin görece önem düzeyleri ihmal edilmektedir. Bu üç faktörün eşit önemde olduğu kabul edilmiştir ama bu durum uygulamada geçerli olmayabilir. Bu üç faktör ürün veya sürecin yapısına göre farklılık gösterebilir.

1.6.6. Kalite Fonksiyon Yayılımı

Kalite Fonksiyon Yayılımı müşteri ihtiyaçlarını belirleyip bunların teknik özelliklere dönüştürülmesini aynı zamanda girdi ve çıktı arasındaki ilişkileri açıklamayı sağlar.

KFY, girdisi müşteri istek ve ihtiyaçları, çıktısı müşteri girdisi üzerine odaklanmış, müşteri tatminini artırıcı özellikteki önemli hareket konuları olan bir planlama prosesidir.

KFY’nin uygulandığı konular arasında ürün geliştirme, karar verme, yönetim, takım çalışması, çizelgeleme ve maliyet analizi vardır. KFY’nin uygulandığı endüstri kolları ise oldukça geniştir. Otomobil, elektronik ve yazılım gibi üretim sektörlerinde hızlı sonuç veren bir teknik olmakla birlikte hizmet sektöründe bankacılık, sağlık ve eğitim gibi birçok alanda da uygulamaya alınmıştır (Chan ve Wu, 2002).

1.7. Yayın Taraması

Kalite Fonksiyon Yayılımı 1966 yılında Akao tarafından ortaya atılan bir yöntemdir. Yöntem 1972 yılında, Japonya’da Mitsubishi Heavy Industries Ltd. şirketi tarafından uygulamaya alınmıştır. Japon otomotiv şirketi Toyota KFY ile büyük oranda kazanç sağlamış, ürün geliştirme ve ürünü pazara sunma sürecini kısaltmıştır.

Literatürde KFY Tekniği, genel anlamda ürün geliştirme amaçlı kullanılmıştır. Fakat bunun yanında az da olsa KFY’yi Çok Kriterli Karar Verme Tekniği gibi kullanan çalışmalar da bulunmaktadır.

Literatürde KFY ile ilgili genelde, hizmet sektöründen üretim sektörüne birçok farklı alanda yapılmış çalışmalar vardır. Özele inildiğinde bu alanlardan bazıları gıda, tekstil, taşımacılık, otomobil, elektronik, mobilya, bankacılık, eğitim ve sağlık sektörleridir. Bu çalışmalarda KFY ile birlikte kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır; AHS, AAS, Kano Modeli, VZA, Hedef Programlama Modeli, HTEA. Yonga levha ürünü için KFY ile yapılmış bir ürün geliştirme çalışmasına rastlanmamıştır.

1.7.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Ürün Geliştirmede Kullanıldığı Çalışmalar

KFY'yi ürün geliştirme amaçlı kullanan çalışmalara ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Khoo ve Co (1996) çalışmalarında Esnek Üretim Sistemi'nin tasarım gereklerinin iyileştirilmesi için Bulanık KFY kullanmışlardır. İnsan algılarındaki belirsizlikle ve kesin olmayan değerlerle başa çıkabilmek için bulanık mantıktan yararlanmışlardır. Kullandıkları KFY, 4 tane modülden oluşmaktadır.

Bech ve arkadaşları (1997) gıda sektöründe KFY uygulaması yapmışlardır. Bezelye çeşitlerinin duyu kalitesinin geliştirilmesi amacıyla ANOVA ve Deneysel Tasarım tekniklerinden de yararlanmışlardır.

Temponi ve arkadaşları (1999) bulanık mantık tabanlı genişletilmiş bir kalite evi tasarlamışlardır. Bu kalite evini tekstil sektöründe uygulamaya almışlardır.

Zaim ve Şevkli (2002) yaptıkları çalışmada yeni bir şampuan geliştirmek adına bulanık KFY kullanmışlardır. Çalışmada faktör analizi yapılarak müşteri beklentisi sayısı azaltılmıştır.

Chan ve Wu (2002) KFY hakkında 650 tane yayının tarandığı geniş çaplı bir literatür araştırması yapmışlardır. Çalışmanın sonunda 10 tane bilgilendirici nitelikte ve referans alınabilecek yayınların listesi yer almaktadır.

Benner ve arkadaşları (2003) çalışmalarında KFY tekniğini gıda sektörü açısından ele almışlardır. Hazır yiyeceklerin daha sağlıklı olması için bu ürünlerin iyileştirilmesinde KFY tekniğini kullanmışlardır.

Ramasamy ve Selladurai (2004) çalışmalarında, Khoo ve Ho'nun (1996) ele aldıkları esnek üretim sistemi tasarım problemine, bulanık kural tabanlı KFY tekniği uygulamışlardır. Önerdikleri metotta müşteri sesinin yanında müşteri beklentileri ve teknik karakteristikler arası ilişkilerin belirlenmesinde de bulanık kural tabanı kullanmışlardır.

Büyüközkan ve arkadaşları (2004) yazma aracı tasarım gerekleri için bulanık KFY kullanmışlardır. Çalışmalarında kriter olarak müşteri beklentileri, alternatif olarak da teknik gerekleri dikkate almışlar ve Analitik Ağ Süreci Yöntemi (AAS) ile de teknik gereklerin bulanık önem derecelerini belirlemişlerdir.

Dikmen ve arkadaşları (2005) konut projelerinin imalat aşamalarından sonra en iyi pazarlama stratejisini belirlemek, farklı rakipler arasında rekabet analizi yapmak ve mevcut

projelerden kazanılan deneyimlerin gelecek projelere aktarılması amacıyla KFY kullanmışlardır.

Chan ve Wu (2005) kalite evi tasarlanmasında 9 aşama modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada, satış noktası yöntemi yerine entropi yöntemi uygulanarak rekabet analizi yapılmış ve rekabet öncelik değerleri bulunmuştur. Dilsel değerlendirmelerdeki belirsizlikten kaçınmak için üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Tasarlanan kalite evi kızarmış Çin sebzeleri ürünü için, 10 tane müşteri ihtiyacı, 9 tane teknik karakteristik ve 5 tane firmayı içererek adım adım uygulanmıştır. Korelasyon matrisleri ve olasılık faktörleri çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Bottani ve Rizzi (2006) lojistik süreçlerinde müşteri memnuniyetini artırmak ve süreçleri iyileştirmek adına Kalite Fonksiyon Yayılımı Tekniği'ni kullanmışlardır. Kullanılan teknikte müşteri ihtiyaçları olarak lojistik performanslar, teknik karakteristikler olarak da yönetimsel ve stratejik olaylar kullanılmıştır. Stratejik olayların önem dereceleri belirlenirken uygulama maliyeti faktörü de hesaba katılmış ve bu kısımda bulanık mantık kullanılmıştır.

Chen ve arkadaşları (2008) havayolu kargo taşımacılığı hizmet tasarımı için bulanık KFY, Performans Karnesi ve Kısıtlar Teorisi tekniklerini birlikte kullanmışlardır. Performans karnesi ile müşteri ihtiyaçları ve bunlar için gerekli tasarım gereksinimleri belirlenmiştir. Kısıtlar teorisi ile de teknik ihtiyaçlar belirlenmiştir. Daha sonra ise kalite fonksiyon yayılımında müşteri beklentileri ile tasarım gereksinimleri arasındaki ilişkilerin gösterildiği bulanık bir matris oluşturulmuştur.

Kannan (2008) bulanık KFY Tekniği'ni otomobil sektöründe ürün tasarımı iyileştirmek amaçlı kullanmıştır.

Carnevali ve Cauchick (2008) KFY literatüründe 2002-2006 yılları arasında sınıflandırma ve analiz yapmışlardır. Yayınları kavramsal ve deneysel araştırmalar olmak üzere iki ana gruba ayırmışlardır. Çalışmaların daha çok kalite matrisleri problemlerinin çözümüne ve karşılaşılan temel güçlüklerine değinmişlerdir.

Çelik ve arkadaşları (2009) çalışmalarında Kalite Fonksiyon Yayılımı, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Bulanık Aksiyomatik Tasarım Teknikleri ile bütünleşik kullanmışlardır. Çalışmada kalite gemisi tasarlanarak önerilen metot, nakliye yatırım kararları üzerinde kurulmuştur.

Kuo ve arkadaşları (2009) çalışmalarında çevreyle dost ürünlerin üretilmesinin sadece çevresel etkilerinin değil aynı zamanda ürün için müşteri beklentilerinin de ön

planda tutulması amacıyla Eko-KFY tekniği tasarlanmıştır. Çalışmada teknik karakteristiklerin önem dereceleri hem çevresel etkiler göz önünde bulundurularak hem de bulundurulmadan hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Liu (2009) paslanmaz termos ürünü için 4 aşama Bulanık KFY oluşturmuştur. Parça yayılımı aşamasında k-ortalamlar kümeleme analizi ile parça karakteristikleri önem seviyelerine göre gruplandırılmıştır. Hata türü ve etkileri analizi ile parça karakteristiklerinin risk seviyeleri belirlenmiştir.

Sorensen ve arkadaşları (2010) robot bitki prototipi seçimi için KFY kullanmışlarıdır. Tasarım parametrelerinin önem derecelerinin belirlenmesinde MS Excel ile bütünleşik alışan (Sigmazone) bir paket program kullanılmıştır.

Zhai ve arkadaşları (2010) rn geliştirmenin ilk aşamalarında karar vermeyi kolaylaştırmak ve ürün tasarımı için uzman sistem tabanlı KFY'nin kurulmasını sağlamak için Kaba Küme Teorisi (Rough Set Theory) kullanarak geniş bir Bulanık KFY metodu önermiş ve kahve makinesi ürünü için uygulamışlardır.

Liu ve Wang (2010) alışmalarında geliştirdikleri metod ile ürün planlamadan parça yayılımına kadar olan aşamalarda ürün geliştiricilere parça karakteristiklerinin önem ve dar boğaz seviyeleri gibi değerli bilgiler sağlar. Çalışmada Bulanık AAS, en iyi ürün tasarımının seçilmesi amacıyla kullanılmıştır. Her bir parça karakteristiklerinin ve teknik karakteristiklerin önem seviyeleri hesaplandıktan sonra bulanık sıralama yapılır ve daha sonra da bulanık kümeleme ile önem dereceleri düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç kümeye ayrılır.

Zaim ve arkadaşları (2014) kalite evini hem bulanık hem de kesin değerlerle 6 aşamada oluşturmuşlardır. Çalışmada ağrılıklandırılmış bulanık AAS, müşteri ihtiyaçları ve teknik karakteristikler ve müşteri ihtiyaçları arasındaki göreli önem derecelerini çok yönlü yakalamak için kullanılmıştır.

Cho ve arkadaşları (2016) araştırmalarında, elektronik sektöründe bulunan iki büyük şirketin müşteri hizmetleri merkezleri için ilk kez KFY'na dayanan bir yaklaşım önermişlerdir. Çalışmada SERVQUAL Anketi müşteri sesini toplama kısmında kullanılmıştır. Ayrıca müşteri sesindeki belirsizlikle başa çıkabilmek için de çalışmaya bulanık mantık dahil edilmiştir.

Sivasamy ve arkadaşları (2016) KFY ile ilgili geçmiş bir yayın taraması yaparken aynı zamanda son zamanlarda KFY Tekniğini iyileştiren altı tane tekniği ele almışlardır. Toplam KFY adı verilen gelişmiş bir teknik ile hesaplama karmaşıklığının önüne

geçileceği öngörülmüştür. Bulanık KFY ile ilgili 13 çalışmaya, Kano Modelini KFY içinde kullanan 3 çalışmaya, AHP'nin kullanıldığı 2 çalışmaya, AAS'nin kullanıldığı 3 çalışmaya ve son olarak Toplam KFY'nin kullanıldığı 2 çalışmaya detaylıca yer verilmiştir.

Kurtulmuşoğlu ve arkadaşları (2016) yolcu taşımacılığı hizmet sektöründe hizmet kalitesini artırmak amacıyla bulanık KFY Tekniğini kullanmışlardır. SERVQUAL Anketi ile müşteri sesi toplanmış, uzmanlar tarafından teknik gereksinimler belirlenmiş aralarındaki ilişkiler bulanık üçgen sayılarla ifade edilmiştir.

1.7.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın Seçim Süreçlerinde Kullanıldığı Çalışmalar

Ürün geliştirmenin yanında seçim süreçlerinde sıralama ve en iyi seçimi yapmak amacıyla da KFY'yi kullanan çalışmalar mevcuttur. KFY'yi çok kriterli karar verme tekniği olarak seçim sürecinde kullanan çalışmalara ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Sohn ve Choi (2001) çalışmalarında tedarik zincirinde güvenilirlik için tasarım karakteristikleri ve müşteri ihtiyaçları arasındaki bulanık ilişkiyi geliştirmek için Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı kullanmışlardır. Güvenilirlikle ilgili testlerin performansları dikkate alınarak en iyi testin seçilmesini amaçlamışlardır. İki tane kalite evi modeli oluşturmuşlardır. İlki müşteri ihtiyaçları ile tasarım gereksinimleri arasındaki ilişkiyi, diğeri ise tasarım gereksinimleriyle güvenilirlikle ilgili testler arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

Yang ve arkadaşları (2003) inşaat sektöründe bina tasarımlarının müşteri ihtiyaçlarını karşılaması amacıyla Kalite Evi oluşturmuşlardır. Çalışmada müşteriler ve ihtiyaçları üç grupta toplanmıştır. İnşa edilebilir tasarım için klasik kalite evi de üç boyutlu değerlendirmeyi içerecek şekle dönüştürülmüştür. Bu değerlendirmeler, müşteri tatmini sağlama, inşa edilebilirlik ve tasarım karakteristiklerinin değerlendirilmesidir.

Bevilacqua ve arkadaşları (2006) tedarikçi seçimi için bulanık mantığa dayanan bir Kalite Evi oluşturmuşlardır. Hem bulanık hem de kesin değerlerle yapılan sıralamalar aynı olmasına rağmen kesin değerler, ilgili bulanık değerlerde üst limite yakın, alt limitten oldukça uzaktır. Bu durum, tedarikçilerin önem derecelerinin bulanık sayılar tarafından daha iyi temsil edildiği ve bulanık sayıların firmalara esneklik sağladığını göstermektedir.

Juan ve arkadaşları (2009) çalışmalarında konut yenileme firmaları arasında seçim yapmak için Bulanık Küme Teorisi ve Kalite Fonksiyon Yayılımı'nı bütünleşik kullanmışlardır. Bu yöntemle ev sahipleri kendi ihtiyaçlarına göre en iyi firmayı seçebileceklerdir. Önerilen modeli test etmek için çok kriterli karar verme tekniklerinden PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) kullanılmıştır. Önerilen model test sonuçlarına göre başarılı çıkmıştır ve çok kriterli karar verme yaklaşımı olarak potansiyel bir güce sahiptir.

Bhattacharya (2010) tedarikçi seçimi için KFY'yi kullanmışlardır. Veriler Liu Ve Hai (2005)'nin çalışmasındaki veri setinin aynısıdır. Fakat onların yaptıklarından farklı olarak müşteri ihtiyaçları ve maliyet faktörü de göz önünde bulundurulmaktadır. Çalışmada AAS, tedarikçi seçim problemine hiyerarşik bir yapı kazandırmak için kullanılmıştır.

Liu ve Wang (2010) çalışmalarında ürün planlamadan parça yayılımına kadar olan aşamalarda (KFY'nin ilk 2 aşaması) ürün geliştiricilere parça karakteristiklerinin önem ve dar boğaz seviyeleri gibi değerli bilgiler sağlar. Çalışmada Bulanık AAS, en iyi ürün tasarımının seçilmesi amacıyla kullanılmıştır. Her bir parça karakteristiklerinin ve teknik karakteristiklerin önem seviyeleri hesaplandıktan sonra bulanık sıralama yapılır ve daha sonra da bulanık kümeleme ile önem dereceleri düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç kümeye ayrılır.

Liu (2011) prototip ürünün tasarlanmasına ve seçimine dayanan bir Kalite Fonksiyon Yayılımı yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bunun için çalışmalarında rekabet analizinde, bulanık sayılarla işlemler yerine α -kesim işlemlerini kullanmışlardır. Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ile en uygun ürün prototipinin seçimi yapılmıştır.

Karsak ve Dursun (2014) tedarikçi değerlendirme kriterlerine göre tedarikçi sıralaması ve bulanık ağırlıklı ortalama ile hesaplanan tedarikçi değerlendirme kriterleri önem derecelerini, Bulanık VZA ile bir araya getirmiş ve tedarikçi seçimi için kullanmışlardır.

Schillo ve arkadaşları (2017) yenilenebilir enerji sektöründe sektörün paydaşlarının isteklerinin analiz edilmesi ve paydaş ihtiyaçlarına dayalı tasarım özelliklerinin önceliklendirilmesi için KFY Tekniğini kullanmışlardır.

1.7.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda Müşteri Kısmıyla İlgili Yapılan Çalışmalar

KFY Tekniğini kullanan çalışmalarda, müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenip sıralanması en temel konulardan biridir. Bazı çalışmalarda KFY'nin sadece müşteri kısmı ele alınmış ve müşteri beklentileri önem dereceleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda KFY ile kullanılan teknikler ise şunlardır; Analitik Hiyerarşi Süreci, Analitik Ağ Süreci, Bulanık Grup Karar Verme Teknikleri, Entropi, Hedef Programlama. Müşteri beklentilerini dinamik bir yapı olarak ele alıp, gelecek değerlerini de hesaplamaya yardımcı olan teknikler ise Konjoint Analizi, Markov Zincirleri, Gri Sistem Teorisi ve Çift Üstel Düzeltme Tekniğidir.

KFY'yi kullanıp müşteri beklentilerinin önem derecelerini belirleyen ve müşteri beklentilerini sıralayan çalışmalara ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Chan ve arkadaşları (1999) Bulanık Mantık ve Entropi teknikleri ile müşteri ihtiyaçları son önem derecelerini hesaplamışlardır. Müşteri ihtiyaçlarının önem dereceleri bulanık üçgensel sayılara çevrilmiştir ve bulanık sıralama ile sıralanmıştır. Entropi metodu da firmanın performansının müşteri tarafından değerlendirilmesini sağlamıştır ve müşteri ihtiyaçlarının rekabet öncelik değerleri sıralanmıştır. Bu iki yöntemle bulunan önem dereceleri çarpılıp müşteri ihtiyaçları son önem dereceleri hesaplanmıştır. Yöntem bir otomobil üreticisi firmada belirli bir otomobil kapısının iyileştirilmesi üzerine uygulanmıştır.

Wu ve arkadaşları (2005) çalışmalarında Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda Gri Teorisi kullanılarak geçmiş, şu anki ve gelecekteki verilere dayanılarak müşteri beklentileri analiz edilmiştir. Farklı zaman periyotlarında 8 tane müşteri beklentisi önem dereceleri belirlenerek gelecek dönemlerin tahminleri için modeller oluşturulmuştur.

Büyüközkan ve Feyzioğlu (2005) Bulanık Grup karar verme yaklaşımıyla, farklı yollarla toplanmış ürün hakkındaki müşteri beklentileri önem derecelerini bir araya getirerek değerlendirmişlerdir. Metot yazılım geliştirme üzerine bir uygulama ile gösterilmiştir. Müşteriler üç gruba ayrılmışlar ve her grubun da önem dereceleri belirlenmiştir.

Wu ve Shieh (2006) çalışmalarında müşteri beklentilerinin analiz edilmesi amacıyla Markov Zinciri kullanmışlardır. Müşterilerle yapılan anketlerle müşterilerin geçmişteki ve gelecekteki seçimleri öğrenilerek ilk ve şartlı olasılıkları ve müşteri beklentilerinin beklenen ağırlıkları hesaplanmıştır.

Büyüközkan ve arkadaşları (2007) çalışmalarında müşterilerden ürün hakkında farklı yollarla toplanan bilgiler Kalite Fonksiyon Yayılımında bir araya getirerek değerlendirmişlerdir. Bunun için Bulanık Grup Karar Verme Yaklaşımı kullanılmıştır.

Prasad ve arkadaşları (2010) müşteri ihtiyaçlarını önceliklendirmek için Konjoint Analizi kullanmışlardır. Müşteri gruplarını ayırt etmek için k-ortalamlar kümeleme analizi kullanılmıştır. Faktör analizi kullanılarak da müşteri ihtiyaçları sayısı 11'den 6'ya düşürülmüştür.

Wang ve Chin (2011b) müşterinin ürün hakkındaki istek ve beklentilerinin farklı şekillerde dile getirilebileceğini göz önüne almışlardır. Bu şekillerin değiştirilmeyip bir bütün halinde ele alınması amacıyla Doğrusal Hedef Programlama Modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada müşteri beklentileri 6 farklı format yoluyla toplanmış ve modele aktarılmıştır. Modelin amacı bu formatlardaki sapma değerlerini en küçük yapmaktır. Ayrıca model eksik kalmış değerleri de hesaba katmaktadır.

Li ve arkadaşları (2012) KFY, AHS, Performans Karnesi ve Minimum Sapma Metodunu kullanarak, dijital video ürünleri için müşteri beklentilerini önceliklendirmişlerdir.

Kamvysi ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada ders öğrenme çıktılarına dikkate alarak, öğrencilerin beklentilerinin sıralanması ve önem derecelerinin belirlenmesi için bulanık AHS ve Veri Zarflama Analizi'ne dayanan doğrusal programlama modelini bütünleşik kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda duyarlılık analizi yaparak önceliklendirme yönteminin işlevselliği ve gerçeği yansıtma durumunu gösterilmişlerdir.

1.7.4. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda Matematiksel Modelin Kullanıldığı Çalışmalar

Literatürde teknik zorluk, çevreye verilen etki, finansal durum gibi bazı kaynak kısıtlarının göz önünde bulundurulması ayrıca KFY çalışmalarının kantitatif bir zemine oturması, hedef değeri yakalaması ve daha gerçekçi sonuçlar vermesi amacıyla çoğu çalışmada Matematiksel Model kullanılmıştır.

Park ve Kim (1998) iç mekan hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, Zhou (1998) Bulanık Mantığı dahil ederek, Chen ve Weng (2003) yazma aracı kalite seviyesini belirlemek amacıyla, Alptekin ve Tolga (2006) yükseköğrenim programlarının kalitesini iyileştirmek, Kahraman ve arkadaşları (2006) Bulanık AAS ile birlikte, Chen ve Ko (2008)

Kano Modeli ile birlikte mikroelektronik ambalajlama tasarımını iyileştirmek amacıyla, Luo ve arkadaşları (2010) endüstriyel kerpeten ürün tasarımını iyileştirmek amacıyla, Wang ve Chin (2011b) kalem tasarımının müşteri beklentilerini sıralamak amacıyla ve Lin ve arkadaşları (2015) çevreyle dost panel ürünü üretimi amacıyla Matematiksel Modeli KFY içine dahil etmişlerdir.

- Ağaç sanayii mobilya sektöründe, KFY'nin kullanıldığı az da olsa bazı çalışmalara rastlanmıştır, bu çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Homkhiew ve arkadaşları (2012) yeni bir tip kontrplak gardırop prototipi tasarlama ve üretim aşamasında Kalite Fonksiyon Yayılımı kullanmışlardır. KFY yardımıyla üretilen yeni prototipte müşteri memnuniyeti derecesi eski tip gardıroba göre 2.71'den 4.08'e yükselmiştir.

Horvath'ın (2013) yaptığı çalışmanın amacı, gelişmiş tasarım teknikleri ile oturma mobilyalarının tasarımını yapmaktır. Deney tasarımı metodunun temelinde ergonomik kalitenin tasarımı ve değerlendirilmesi için KFY'yi tamamlayan bir model tasarlamış ve oturma mobilyaları için bu modeli uygulamışlardır.

Schauerte ve arkadaşları (2013) İsveç'te ahşap tek ailelik evler için kontrolsüz fiyat artışlarını engellemek, ürünleri pazara daha yakın bir hale getirmek için KFY ile ilişkili Neden-Sonuç Zinciri yaklaşımını kullanmışlardır.

1.7.5. Çalışmanın Amacı

Literatürde yonga levha (sunta) ürünü üzerine oluşturulan bir Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışmasına ve teknik karakteristiklerin çok yönlü ele alındığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında uzmanlardan alınan dilsel verilerin işlenmesinde etkili olan bulanık mantık tabanlı bir model geliştirilmiştir. Müşteri sesinin toplanması kısmında farklı müşteri gruplarından, farklı anketlerle bilgiler elde edilerek bunlar Hedef Programlama ile bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Teknik karakteristiklerin firma açısından önem dereceleri Veri Zarflama Analizi ile bulunmuş ve sonuçlar müşteri açısından çıkan değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada önerilen model, yonga levha ürününün kalitesinin üretim sürecinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Çalışmada kalite iyileştirme amaçlı kullanılan temel yöntem Kalite Fonksiyon Yayılımı'dır. Kalite Fonksiyon Yayılımı Tekniği'nde, müşteri sesi kısmında Hedef Programlama, Kalite Evi'nin oluşturulması kısmında Bulanık Mantık, verilerin analizi kısmında ise Veri Zarflama Analizi Tekniği kullanılmıştır. Önerilen metot bu yöntemlerden sonra açıklanacaktır.

2.2. Kalite Fonksiyon Yayılımı Tanımı ve Tarihçesi

Gün geçtikçe zorlaşan rekabet şartlarında üreticilerin varlıklarını sürdürmeleri ve rekabet avantajı sağlamaları için müşteri odaklı ürün üretmeleri vazgeçilmez bir durum olmuştur. Müşteri sesini dinleyip müşteri beklentilerine göre ürün üretmek ya da var olan ürünü geliştirmek için kullanılan tekniklerin başında Kalite Fonksiyon Yayılımı diğer bir adıyla Kalite Fonksiyon Göçerimi gelir.

KFY, müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılayacak ürün veya hizmet üretmek için tüm süreçlerin etkin bir şekilde gerçekleşmesine yardımcı olan sistematik bir yaklaşımdır.

KFY, toplam kalite yönetimi içinde müşteri memnuniyetini güvence altına almaya yarayan bir kalite sistemi olarak tanımlanmaktadır (Zultner, 1993). Bir başka tanımda KFY'nin nihai ürünün müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamasını sağlamak için bu istek ve ihtiyaçların sistemin bütün elemanlarına yayılmasını gerçekleştiren bir prosedür olduğu söylenmiştir (Compton, 1999). Akao (1990)'nun yaptığı tanıma göre tasarım kalitesini geliştirmeyi amaçlayan, müşteriyi tatmin eden ve isteklerini tasarım hedeflerine dönüştüren bir yöntemdir. Bir başka tanımda ise ürün geliştirme ve üretim sürecinin her aşamasında müşteri ihtiyaçlarını uygun teknik karakteristiklere dönüştüren bir yöntem olarak bahsedilmektedir (Güngör, N., 2015). Bossert (1990)'e göre firmaların müşteri ihtiyaçlarını öğrenmesine ve bunları teknik karakteristiklerine dönüştürmesine izin veren bir yapıdır. KFY eş zamanlı mühendislik ve Toplam Kalite Yönetimi uygulamaları için anahtar bir araç olarak tanımlanabilir. Müşteri ihtiyaçlarından, organizasyon içindeki tüm

fonksiyonların sorumlu olmasını sağlayan bir yöntemdir (Bevilacqua vd., 2012). Müşteri tatminine odaklanarak pazara yeni ürün sunmayı veya mevcut ürünü geliştirmeyi amaçlayan bir planlama aracıdır (Guinta ve Praizler, 1993).

KFY, Kalite Evi olarak adlandırılan bir modelde müşteri beklentilerini sırasıyla teknik karakteristiklere, parça karakteristiklerine, süreç planlamaya ve üretim planlamaya dönüştürür (LuoTang vd., 2010). KFY'nin en önemli girdisi müşteri sesidir. Müşteri sesi, müşterilerin bir üründen beklentilerinin ne olduğu, o ürün hakkındaki düşünceleri, istek ve ihtiyaçlarını kapsar. KFY yaklaşımı ürün gelişiminin başlangıç noktası olarak müşteri sesine vurgu yapar (Viaene ve Januszewska, 1999).

KFY ile ilgili ilk çalışmalar 1966'da Japonya'da Kiyotaka Oshiumi tarafından yapılmıştır (Chan ve Wu, 2002). Akao, 1969 yılında KFY'yi ürün tasarımı için değerli bir teknik olduğunu ortaya koymuştur. Endüstrilerde birkaç uygulamadan sonra Akao 1972 yılında adı Japonca Hinshitsu Tenkai, İngilizce'ye Quality Deployment olarak çevrilen bir çalışma yapmıştır. Uygulaması ise ilk kez 1971 yılında Mitsubishi Heavy Industries Ltd. Şirketi'ne ait tersanelerde yapılmıştır. 1975 yılında Akao, KFY ile ilgili bir araştırma komitesi kurmuştur. Toyota, 1977 yılından itibaren KFY tekniğini kullanarak otomotiv sektöründe kâr marjını yükseltmiştir. 1978 yılında, Akao ve Mizuno tarafından KFY ile ilgili bir kitap yazılmıştır (Güngör, N., 2015). 1983 yılında Akao'nun Quality Progress adlı dergide bir makalesi yayımlanmıştır. Bunların sonucu olarak 1977-1984 yılları arasında Avrupa ve Amerika KFY'yi uygulamaya başlamıştır (Başkır, 2011). KFY, Amerika'da ilk kez 1984 yılında Xerox şirketi tarafından uygulanmıştır. Daha sonra ASI ve GOAL/QPC tarafından KFY'nin tanıtılması için birçok sempozyum düzenlenmiştir. Türkiye'de Klasik KFY uygulaması ilk kez 1994 yılında Arçelik Bulaşık Makinesi fabrikasında uygulanmıştır. Köksal ve Eğiitman'ın (1998) yılında KFY ile ilgili çalışmaları mevcuttur (Chan ve Wu, 2002).

KFY'nin uygulandığı konular arasında ürün geliştirme, karar verme, yönetim, takım çalışması, çizelgeleme ve maliyet analizi vardır. KFY'nin uygulandığı endüstri kolları ise oldukça geniştir. Otomobil, elektronik ve yazılım gibi üretim sektörlerinde hızlı sonuç veren bir teknik olmakla birlikte hizmet sektöründe bankacılık, sağlık ve eğitim gibi birçok alanda da uygulamaya alınmıştır (Chan ve Wu, 2002).

2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı Uygulama Süreci

Kalite Fonksiyon Yayılımı müşteriler ihtiyaçlarını belirleyip bunların teknik özelliklere dönüştürülmesini aynı zamanda girdi ve çıktı arasındaki ilişkileri açıklamayı sağlar. Bir önceki başlıkta KFY için yapılan detaylı tanımlamalardan ve tarihten sonra bu başlık altında KFY adımları ve uygulama süreci anlatılacaktır.

KFY çalışmasının yapılması için öncelikle müşterilerden ve alanında uzman kişilerden oluşan bir ekibin olması gerekmektedir. King (1989), Cohen (1995), Guinta ve Praizler (1993), Shillito (1994), çalışmalarında KFY sisteminin dört ana aşamadan oluştuğunu öne sürmüşlerdir (Yıldız ve Baran, 2011):

- Kalite Evi'nin oluşturulması
- Ürün Tasarımı
- Süreç Planlama
- Üretim Planlama

2.3.1. Kalite Evinin Oluşturulması

Kalite Evi, KFY içerisinde en çok bilinen aşama olduğundan KFY için bir sembol niteliğindedir. Kalite Evi temelde matrislerden oluşan bir yapıdır. Kabaca Kalite Evi'nde bir müşteri kısmı bir firma kısmı ve bir de bunlar arasındaki ilişkiler yer almaktadır.

Kalite Evi oluşturulurken, uygulama yapılacak ürünün seçimi oldukça önemlidir. Genelde firmanın kâr yapmak istediği, müşterilerin en çok şikayet ettiği veya pazarında çok fazla alıcısının olduğu düşünülen ürünler seçilmektedir. Ürün seçimine karar verildikten sonra KFY çalışmaları başlar. Ürünün üretilmesi aşamasında yapılan değişiklikler, firmaya yüksek maliyetlere ve hatta geri dönüşü zor durumlara sebep olabilir. Bu yüzden daha ürün üretilmeden, tasarım aşamasında ürüne ve ürün hakkındaki tüm spesifikasyonlara karar verilmelidir.

Bertolini ve Carmignani (2010) yaptıkları çalışmada Kalite Evi'nin dört adımdan meydana geldiğini göstermişlerdir (Sofyalıoğlu ve Tunail, 2012).

- Müşteri Sesinin Toplanması
- Firma Sesinin Toplanması
- Verilerin Birleştirilmesi (Kalite Evinin Oluşturulması)
- Sonuçların Analizi ve Yorumlanması

Müşterilerden ve firmadan toplanan bilgiler Kalite Evi'nde bir araya getirilir. Daha sonra Kalite Evi'nde toplanan veriler arası ilişkiler hesaplanır, sonuçlar analiz edilir. Aşağıda Kalite Evi'ni oluşturan dört adım açıklanmıştır.

2.3.1.1. Müşteri Sesinin Toplanması

KFY'nin amacının ürün geliştirmek ve kaliteyi iyileştirmek olduğu düşünülürse, ele alınması gereken en temel konu müşteriler ve müşteri beklentilerinin ne olduğudur. Müşteri beklentileri "Ne" lerin yapılması gerektiği sorusunun cevabını oluşturur. Müşteri sesinin toplanması, çeşitli kalitatif ve kantitatif teknikler kullanılarak müşterilerin, müşteri beklentilerinin ve müşteri beklentileri önem düzeylerinin belirlenmesinden oluşur. Genellikle müşteriler ve müşteri beklentileri kalitatif, müşteri beklentilerinin önem dereceleri ise kantitatif tekniklerle belirlenir.

Yenginol (2000)'un çalışmasına göre müşteri sesini dinlemenin birçok yolu vardır. Davet üzerine toplanan müşterilerin açık uçlu soruları cevaplandığı Odak Gruplar, belirli küçük müşteri gruplarının düzenli toplantılarında açık uçlu soruları cevaplandığı Müşteri Panelleri, farklı müşterilerle farklı zamanlarda yapılan yüz yüze görüşmeler, müşteri tarafından ürünün nasıl kullanıldığının orijinal yerinde tespit eden Müşteri Ziyaretleri ve telefon görüşmeleri müşteri sesini toplamanın yollarıdır.

Müşteri sesinin toplanmasında müşteri beklentilerinin neler olduğunun yanı sıra bu beklentilerin önem derecelerinin bilinmesi KFY takımına birçok yarar sağlayacaktır. Nispeten yüksek önem derecesine sahip bir müşteri beklentisine yatırım yapılması şirkete daha yüksek kâr sağlayacaktır. Müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan birçok yöntem vardır. Müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan basit yöntemlerden Likert Ölçeği insan algılarını yakalamada yeterli etkinliğe sahip değildir (Kwong ve Bai, 2003). Akao (1990), Analitik Hiyerarşi Sürecinin kullanımını içeren bir çalışma sunmuştur. Öznel değerlendirmelerdeki belirsizlikten kurtulmak için Kwong ve Bai (2002, 2003) bulanık AHS kullanımını önermişlerdir (Wang ve Chin, 2011b). Karsak ve arkadaşları (2003), Analitik Ağ Sürecini, müşteri beklentileri önem derecelerinin belirlenmesinde kullanmışlardır. Bu yöntemlerden başka Entropi, Konjoint Analizi, Gri Teori, Grup Karar Verme Yaklaşımları müşteri beklentilerinin önceliklendirilmesinde kullanılan yöntemlerden bazılarıdır (Wang ve Chin, 2011b).

Müşterilerin farklı firmalar veya üreticiler için müşteri beklentilerini değerlendirmesi, müşteri beklentileri için rekabet analizini oluşturmaktadır. Rekabet analizi, firmanın rakipleri arasındaki konumunu görmesi ve buna göre önlem alması açısından işe yaramaktadır. Sonraki kuşak ürünün gerçekten rekabet edebilir olmasını ve müşterilerin taleplerini karşılmasını sağlamada yol gösterici olmaktadır.

2.3.1.2. Firma Sesinin Toplanması

Firma sesinin toplanmasının ilk adımı müşteri beklentilerini teknik karakteristiklere dönüştürmekle başlar. Teknik karakteristikler, “Ne”lerin yapılması için gereken “Nasıl”lar olarak nitelendirilmektedir. Yani bir kalite karakteristiği, herhangi bir müşteri beklentisinin nasıl karşılanacağını gösteren bir ifadedir (Yenginol, 2000). Her bir teknik karakteristik müşteri beklentisini tatmin etmek için üzerinde çalışılabilecek ve ölçülebilir özellikte olmalıdır. Teknik karakteristikler çözümleri temsil etmektedir. Firma sesinin toplanması kısmında amaç her bir müşteri beklentisini bir veya daha fazla teknik karakteristiğe dönüştürmektir. Firmaların veya üreticilerin teknik karakteristikler bazında değerlendirmeleri, teknik karakteristikler için rekabet analizini oluşturmaktadır. Böylelikle KFY çalışması sonucunda firma rakipleri karşısında kendi yerini tayin edebilmekte ve stratejilerini bu doğrultuda geliştirebilmektedir.

Teknik karakteristikler KFY ekibindeki uzmanlarla belirlenir. Burada tasarım çözümleri ortaya koymak ekibin işi değildir. Esas amaç müşterilerin düşüncelerine cevap veren ve genel bir tasarım belirleyerek müşteri düşüncelerini ölçülebilir kılmayı sağlayan teknik gereksinimler dizisi sağlamaktır.

KFY bir ekip prosesidir ve pazar araştırma planlamasının ilk aşamasında oluşturulmalıdır. Bu proses, ürünün ve üretimin kalitesinin yönetsel uzmanlıktan ziyade tüm işletmenin genel sorumluluğu olduğu için alt ve üst kademelerden çalışanların katılımına ihtiyaç duymaktadır.

2.3.1.3. Verilerin Birleştirilmesi (9 Adım Kalite Evinin Oluşturulması)

Literatürdeki çalışmalarda farklı modellerde tasarlanmış Kalite Evleri mevcuttur. Tüm modeller temelde müşteri beklentileri ve bunların önem dereceleri, teknik özellikleri,

kendi aralarındaki iç ilişkileri ve teknik özelliklerin önem derecelerinden oluşmaktadır. Bazı modellere müşteri rekabet değerlendirme ve müşteri beklentilerinin (MB) hedef değerleri eklenmiştir. Sayıca daha az olmasına rağmen Kalite Evi'ne teknik rekabet analizini ekleyen çalışmalar da mevcuttur.

Kalite Evi matrislerden oluşmaktadır. Bu matrisler müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler (TK) arasındaki ilişkiler, teknik karakteristiklerin kendi aralarındaki ilişkileri, firmaların müşteri beklentileri ile ilişkilerinden oluşmaktadır. Tablo 2.1'de Chan ve Wu (2005)'nin çalışmalarında kullandıkları dilsel ölçeklendirme gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Kalite Evi'nde kullanılan dilsel ölçeklendirme

TK'lar Arası İlişki		MB Görelî Önem Değerlendirmesi		Müşteriler için Rekabet Değerlendirmesi		MB ile TK Arasındaki İlişki	
Sembol	Dilsel İfade	Sembol	Dilsel İfade	Sembol	Dilsel İfade	Sembol	Dilsel İfade
--	Güçlü negatif	ÇD	Çok düşük	ÇZ	Çok zayıf	ÇD	Çok düşük
-	Orta negatif	D	Düşük	Z	Zayıf	D	Düşük
0	İlişki yok	O	Orta	O	Orta	O	Orta
+	Orta pozitif	Y	Yüksek	İ	İyi	Y	Yüksek
++	Güçlü pozitif	ÇY	Çok yüksek	Çİ	Çok iyi	ÇY	Çok yüksek

Şekil 2.1'de Kalite Evi'nin 9 ayrı bölümden oluştuğu görülmektedir (Chan ve Wu, 2005). Her bir adım aşağıda detaylandırılmıştır.

1. Adım: Müşteri sesini toplama aşamasında belirlenen müşteri beklentileri satırlara gelecek şekilde yerleştirilir.

2. Adım: Müşteri sesini toplama aşamasında belirlenen müşteri beklentileri önem dereceleri, ilgili satırlara yerleştirilir.

3. Adım: Müşteri beklentileri için rekabet analizinde mevcut firmanın ve rakiplerinin müşteri beklentilerinden aldıkları puanlar gösterilmektedir.

4. Adım: Müşteri beklentileri için oluşturulan rekabet analizi ile müşteri beklentilerinin önem dereceleri tekrar hesaplanarak nihai değerleri bulunur.

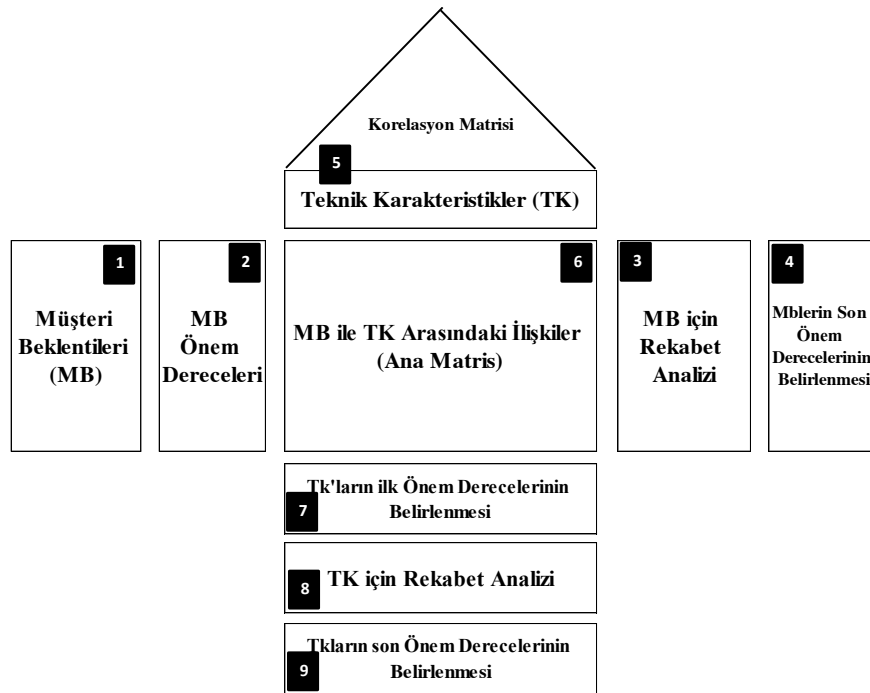
5. Adım: Firma sesinin toplanması aşamasında belirlenen teknik karakteristikler sütunlara gelecek şekilde yerleştirilir. Daha sonra her bir teknik karakteristik arasındaki ilişki derecelerinin belirlendiği korelasyon matrisi oluşturulur. Bu korelasyon matrisi Kalite Evi'nin çatısını oluşturur. Korelasyon matrisinde teknik karakteristikler arasında varsa olumlu ya da olumsuz ilişkiler belirlenmiş olur.

6. Adım: Müşteri sesi aşamasından elde edilen müşteri beklentileri ile firma sesinin toplanması aşamasından elde edilen teknik karakteristikler arasındaki ilişkilerin yer aldığı ana matris oluşturulur. Bu ilişkiler ekipteki uzmanlar tarafından belirlenir. İlişkiler belirlenirken öncelikle teknik karakteristiklerin müşteri beklentisini iyileştirmeye katkısının olup olmadığına bakılır eğer katkısı varsa bu katkının derecesinin ne olduğu tanımlanır.

7. Adım: Müşteri beklentileri önem dereceleri ve ana matristeki değerler çarpılarak teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri belirlenir. Teknik karakteristiklerin, müşteri beklentilerini karşılamada ne derecede önemli olduğunun tespiti yapılır.

8. Adım: Teknik karakteristikler için rekabet analizinde mevcut firmanın ve rakiplerinin teknik karakteristiklerden aldıkları puanlar gösterilmektedir.

9. Adım: Teknik karakteristikler için firmaların almış oldukları puanlar dikkate alınarak teknik karakteristiklerin son önem dereceleri belirlenir.



Şekil 2.1. Kalite Evi 9 adım modeli

2.3.1.4. Sonuçların Analizi ve Yorumlanması

Kalite Evi tasarlandıktan sonra bu verilerden anlamlı sonuçların çıkarılması gerekir. Bu aşamada müşteri beklentilerini ve müşteri beklentilerinin ne derecede önemli olduğu belirlenir.

Ana matriste hangi müşteri beklentilerinin iyileştirilmesinde hangi teknik karakteristiklerin ne derecede katkı yaptığının belirlenmesi sağlanır. Teknik karakteristiklerin önem derecelerinin belirlenmesiyle zayıf kalan, iyileştirilmesi gereken veya performansı yeterli olmayan teknik karakteristikler tespit edilmiş olur.

Kalite Evi'nden elde edilen bilgiler müşteri memnuniyetini sağlamak için firmalardaki yöneticilerin stratejik, taktik veya operasyonel kararlar almasında yol gösterici olur. Çünkü yöneticiler veya uzmanlar müşteri memnuniyetlerini sağlayabildikleri ölçüde firmalarını nihai amaçlarına taşıyacaklardır.

2.3.2. Ürün Tasarımı

Kalite Evi'nden elde edilen veriler ürünün özelliklerini belirlemek amacıyla ürün tasarımında kullanılır. Ürün tasarımına geçmeden önce Kalite Evi'nin oluşturulması üreticiye kolaylık sağlamakta, hata oranlarını azaltmakta ve müşterilerin isteklerine uygun ürün tasarlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca mevcut bir uygunsuzluk varsa müşteriye ulaşmadan önce bu aşamada giderilir (Costin, 1999).

2.3.3. Süreç Planlama

Tasarlanan ürünün üretimine geçilmesi için, süreç parametrelerinin parçalar üzerindeki etkisinin belirlendiği aşamadır. Bu aşamada aksaklıkların oluşmasını önlemek için disiplinler arası bir çalışmanın yapılması gerekir (Yıldız ve Baran, 2011). Süreç planlamada gereksinimlerin birçoğu, geçer/geçmez, evet/hayır şeklindeki kontroller denetleme ya da prosedüre ilişkin kontroller biçimindedir. Süreç ne kadar çok hizmete yönelik ise prosedüre ilişkin gereksinimlerin sayısı da o kadar büyük olacaktır. Süreç spesifikasyonlarının birçoğu ölçülebilir özellikte olmayıp sürecin bu spesifikasyonlara uyumunu sağlamak için izlenmesi gereken talimatları içerir.

2.3.4. Üretim Planlama

Süreç planlama matrisindeki parametrelere göre nihai ürünün üretileceği aşamadır. Üretim planlamada müşteri sesine odaklı üretim yapılacağından dolayı müşteri beklentilerini büyük ölçüde karşılayacak ürünler üretilmiş olur. Süreçler için üretim planlaması seçmeli olarak yapılamaz. Her süreç gereksinimi, parçaların proje gereksinimlerini ve müşterilerin beklentilerini karşılamasını sağlamak üzere üretim sürecinde mutlaka kontrol edilmesi gerekli olan maddeyi temsil eder.

2.4. Kalite Fonksiyon Yayılımı Modelleri

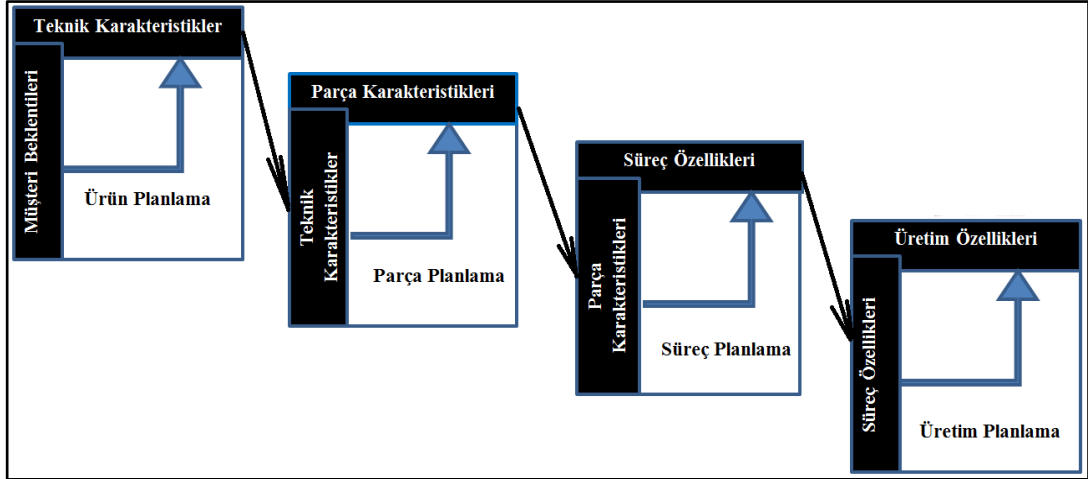
KFY kurulmasıyla ilgili farklı yaklaşımlar mevcuttur:

- Dört Aşamalı Model
- Matrislerin Matrisi

Dört aşamalı model, müşteri beklentilerini karşılamak için geliştirilen teknik karakteristikleri gerçekleştirmek için gerekli parça tasarımını, süreç planlamasını ve üretim planlamasını içerir. Matrislerin matrisi, dört aşamalı modeli de kapsar. Matrislerin matrisi modeli, güvenilirliğin planlanması, imalat aşamasında kalite kontrol, değer mühendisliği gibi bazı durumları da içerir (Uğur, 2007).

2.4.1. Dört Aşamalı Model

Bazı sistemlerde tek bir Kalite Evi yeterli olmayabilir. Belirlenen teknik karakteristiklerin parça, süreç ve üretim planlamasına aktarılması gerekebilir. Böyle durumlarda ASI (American Supplier Institute) modeli ya da Clausing'in Modeli (1994) olarak bilinen Dört Aşamalı Model kullanılır. Dört aşamalı modelde sırasıyla ürün planlama, parça planlama, süreç planlama ve üretim planlama olmak üzere dört tane Kalite Evi oluşturulur. Bu Kalite Evleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Kalite Evlerinde girdiler satırlara, çıktılar ise sütunlara gelecek şekilde yerleştirilir (Liu, 2009).



Şekil 2.2. Dört aşamalı model

Ürün Planlama: Dört Aşamalı Model'in ilk kalite evidir. Daha önceki bölümde (2.3.1. Kalite Evinin Oluşturulması) açıklanan Kalite Evidir. Müşteri istekleri girdi kısmını, teknik karakteristikler ise çıktı kısmını oluşturur. En önemli teknik karakteristikler bir sonraki kalite evinin girdi kısmını oluşturur.

Parça Planlama: Bir önceki kalite evinden gelen teknik karakteristiklerin gerçekleştirilmesi için parça karakteristikleri belirlenir. Burada ürün alt sistemlere ve her sistem de kendisini oluşturan parçalara ayrılır (Uğur, 2007). Parça karakteristikleri ile teknik karakteristikler arasındaki ilişki belirlenerek kritik öneme sahip parça karakteristikleri bir sonraki kalite evinin girdisini oluşturur.

Süreç Planlama: Bir önceki aşamadan gelen parça karakteristiklerinin süreç özellikleri ile ilişkisi incelenir. Parçaların nihai ürün olması için gerekli süreçlerin ne şekilde olması gerektiği belirlenir. Bu aşamada önemli olduğu belirlenen süreç özellikleri bir sonraki kalite evinin girdisini oluşturur.

Üretim Planlama: Süreç özelliklerinin üretime aktararak iş emirlerine dönüştürülmesi son kalite evinde yapılır. Süreç özellikleri ile üretim özellikleri arasındaki ilişkiler ve kritik öneme sahip üretim özellikleri belirlenir.

2.4.2. Matrislerin Matrisi Modeli

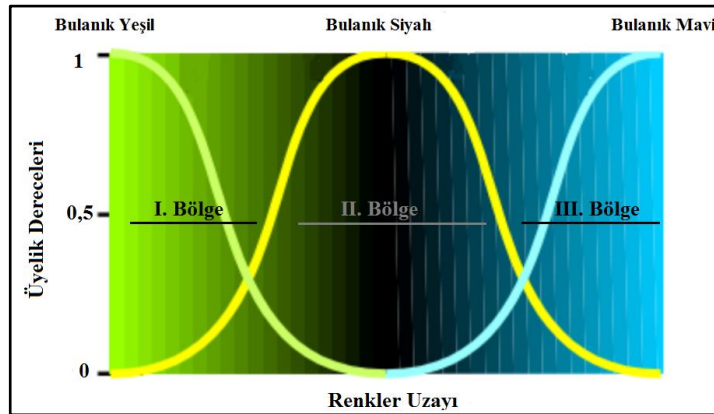
Matrislerin matrisi modeli Toplam Kalite Yönetimi içinde uygulanır. Güvenilirliğin planlanması, imalat aşamasında kalite kontrol, değer mühendisliği ve maliyet analizi gibi

bazı faaliyetleri içerir. Matrisler içerisindeki tüm girdiler ve çıktılar birbirleriyle ikiye ikiye ilişkilendirilir (Uğur, 2007). Bu modelde genelde ilk matriste değil de üçüncü matriste çatı matrisi oluşturulur.

2.5. Bulanıklık ve Bulanık Küme Teorisi

Klasik mantık, bir önermenin “doğru” ya da “yanlış” olacağını söyler. Yani Aristo Mantığı olarak da bilinen Klasik Mantık iki-değerli karar verme yapısına sahiptir. Oysaki insan karar verme doğasında belirsizlikler vardır. Bu belirsizlikler karar vermenin çok-değerli bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bulanık Mantık çok değerli yapıya sahip olmasından dolayı bu belirsizliklerle başa çıkmada kullanılmaktadır. Bulanık küme teorisi ilk defa Zadeh (1965) tarafından çok-değerli küme teorisini Maks-Min bağlaçlarına dayalı olarak geliştirilerek ortaya atılmıştır.

Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir. Bulanık mantıkta uzun-kısa, sıcak-soğuk, hızlı-yavaş yerine insan mantığında olduğu gibi çok uzun-uzun-orta-kısa-çok kısa, sıcak-ılık-az soğuk-soğuk-çok soğuk vs. gibi ara değerler kullanılır (Elmas, 2003). Bulanıklık kavramının grafik üzerinde anlaşılması için Şekil 2.3’te verilmiştir (Altaş, 1999).



Şekil 2.3. Yeşil, siyah ve mavi bulanık renk kümeleri

Yeşil, siyah ve mavi bulanık renk kümelerinin olduğu grafikte ilk bölgede yeşilden siyaha bir geçiş vardır. Birinci bölgede sağa doğru gidildikçe elemanın siyah bulanık kümesine ait olma derecesi artarken, yeşil bulanık kümesine ait olma derecesi azalır. Aynı durum ikinci ve üçüncü bölgeler için de geçerlidir.

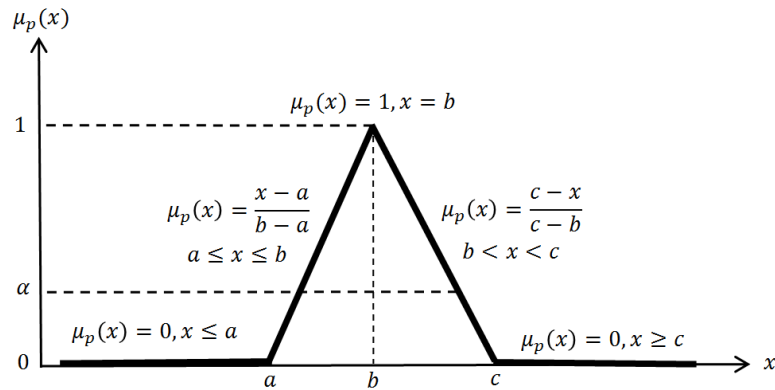
2.5.1. Üyelik Fonksiyonu

Klasik Küme Teorisi'nde bir nesne bir kümeye ya aittir ya da ait değildir. Boolean ikili mantığa göre eğer bir eleman bir kümeye aitse 1, değilse 0 değeri ile karakterize edilir (Başkır, 2011). X , elemanları x ile gösterilen bir evrensel küme olsun. Elemanlarının A kümesine aitliği, üyelik fonksiyonu ile belirlenir. Üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilsin. A kümesi üyelik fonksiyonu sadece 0 ve 1 değerini alabilir. Eğer x elemanı A kümesinin bir elemanı ise üyelik fonksiyonu 1, değilse 0 değerini alır.

Bulanık Küme Teorisi'nde ise bir nesnenin bir kümeye ait olma derecesi belirlenir. Eğer A kümesi bulanık bir alt küme ise \tilde{A} ile gösterilir (Alakoç, 2012). Bu durumda üyelik fonksiyonu, $\mu_A(x)$, $[0,1]$ aralığında değerler alır. Üyelik derecesi 1 ise eleman, tamamen bulanık kümenin üyesidir. Eğer üyelik derecesi 0 ise eleman kümeye ait değildir. Üyelik derecesi 1'e ne kadar yakınsa x elemanı \tilde{A} bulanık kümesine o kadar yakındır. Elemanlarından en az birinin üyelik derecesi 1'e eşit olan kümeye normal bulanık küme denir.

Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi bulunmaktadır. Literatürde en çok kullanılan fonksiyonlar üçgen, yamuksal ve çan eğrisi üyelik fonksiyonlarıdır. Bu üyelik fonksiyonlarının tanımlı olduğu bulanık kümelerin hepsi dışbükey özelliğini sağlar (Alakoç, 2012).

Şekil 2.4 üçgen bir bulanık sayının $\mu_p(x)$ doğrusal üyelik fonksiyonuna ait grafiğidir (Kahraman vd., 2006). Üyelik fonksiyonu grafiğinde X eksenini bulanık kümenin elemanlarını gösterirken Y eksenini ise bu elemanların üyelik derecelerini gösterir. Grafiğin üzerinde değişen aralıklara göre değişen üyelik dereceleri formülleri gösterilmiştir.



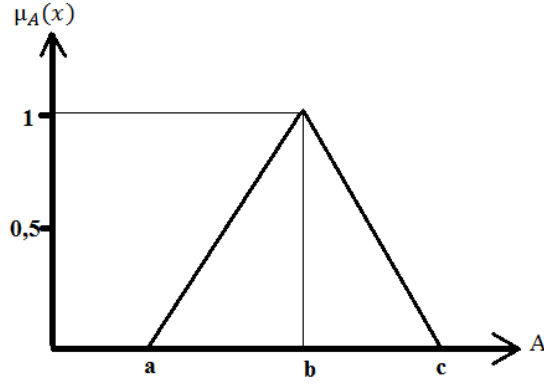
Şekil 2.4. Üçgen üyelik fonksiyonu

Bir insan öznelliğinden elde edilen nümerik veri bulanık veri olarak adlandırılır. Dilsel değişkenler rakamlardan değil kelimelerden veya cümlelerden oluşur. Sayılardan çok sözel değerlerin kullanılması sistemde daha fazla karmaşıklığa sebep olabilir fakat dilsel değişkenlerin kullanımı, “çok önemli” veya “önemli” gibi bazı ifadelerin hassas olarak modellenmesine izin verir. Dilsel değişkenlerin başarılı bir şekilde sonuç vermesi, ait olduğu üyelik fonksiyonunun doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Eğer üyelik fonksiyonları normalliği veya dışbükeyliği sağlıyorsa bulanık sayıları elde etmek için aritmetik işlemler yapılabilir. Bulanık sayılar, normal, dışbükey ve sürekli üyelik fonksiyonlarının gerçek çizgilerinde olan bir bulanık kümedir (Kahraman vd., 2006).

2.5.2. Bulanık Sayılar ile Yapılan Aritmetik İşlemler

Kişiler değerlendirmelerde bulunurken dilsel terimleri kullanırlar. Bu dilsel terimlerin doğasında belirsizlik vardır. Dilsel değerlendirmeleri temsil etmek için objektif ve kesin rakamları kullanmak yaygın olarak kabul edilmesine rağmen çok makul değildir. Daha akılcı bir yaklaşım, belirsiz bir dil terimine bir aralık atayarak belirsizliği yakalamaktır. Örnek olarak, “önemli” ve “çok önemli” terimlerine atanan 7 ve 9 değerleri yerine sırasıyla [6,8] ve [8,10] aralıkları atanarak belirsizlik açıklanmış olur. Matematikte, bu fikir bulanık küme teorisinin çerçevesine inşa edilebilir ve bulanık sayı çeşitlerinden üçgen bulanık sayılar (Triangular fuzzy numbers-TFNs), kişilerin öznel değerlendirmesini temsil etmek için kullanılabilir (Chan vd., 1999).

Normallik ve dışbükeylik özelliklerini taşıyan bir bulanık küme, bulanık sayıdır. Üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. Literatürde en çok kullanılan bulanık sayı tipleri üçgen ve yamuk bulanık sayılarıdır. \tilde{X} üçgen bir bulanık sayı olmak üzere $\tilde{X} = (a, b, c)$ şeklinde gösterilir. Bu sayı Şekil 2.5'te grafik üzerinde gösterilmiştir. Bu gösterimde mümkün olan en küçük değer, olması istenen değer ve mümkün olan en büyük değer ($a \leq b \leq c$) sırasıyla a, b ve c ile tanımlanır.



Şekil 2.5. \tilde{X} Üçgen bulanık sayısının grafikte gösterimi

$\tilde{A} = (a^L, a^M, a^U)$ ve $\tilde{B} = (b^L, b^M, b^U)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu sayılarla yapılan temel aritmetik işlemler aşağıda gösterilmiştir (Chen, C. T., 2000).

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a^L + b^L, a^M + b^M, a^U + b^U) \quad (2.1)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a^L - b^L, a^M - b^M, a^U - b^U) \quad (2.2)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a^L \times b^L, a^M \times b^M, a^U \times b^U) \quad (2.3)$$

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a^L / b^L, a^M / b^M, a^U / b^U) \quad (2.4)$$

$$\beta \otimes \tilde{A} = (\beta \otimes a^L, \beta \otimes a^M, \beta \otimes a^U), \beta > 0, \beta \in \mathbb{R} \quad (2.5)$$

$$\tilde{A}^{-1} = (1/a^U, 1/a^M, 1/a^L) \quad (2.6)$$

2.5.3. Bulanık Sıralama Yöntemleri

Çalışmalar sonucunda elde edilen bulanık sayılar tek başlarına anlam ifade edemeyebilir. Bu yüzden bulanık sayıların kesin sayı değerlerine çevrilmesi ya da sıralanması gerekir. Literatürde sıklıkla kullanılan durulaştırma yöntemlerinden bazıları şöyledir; en büyük üyelik ilkesi, ağırlık merkezi yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi, ortalama en büyük üyelik, toplamların merkezi.

Karar verebilmek için bulanık sayıların durulaştırılmasının yanında sıralama yapılmasını sağlayan yöntemler de vardır. Bulanık ortalama değer ve sapma, sezgisel sıralama, α -kesme metodu bu yöntemlerden bazılarıdır. Üçgen bulanık sayıları sıralamada kullanılan yöntemlerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Liou ve Wang (1992)'in geliştirdikleri yöntemle göre $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik indeksi olmak üzere, $\hat{A}=(a,b,c)$ üçgen bulanık sayısı için toplam entegral değeri ($I_T^\alpha(\hat{A})$)

hesaplanarak sıralanır. α büyüdükçe iyimser bir karar verici, küçüldükçe ise karamsar bir karar verici söz konusu olmaktadır. Entegral ($I_T^\alpha(\hat{A})$) değerinin hesaplandığı formül şu şekildedir;

$$\begin{aligned} I_T^\alpha(\hat{A}) &= \frac{1}{2}\alpha(b+c) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(a+b) \\ &= \frac{1}{2}[\alpha c + b + (1-\alpha)a] \end{aligned} \quad (2.7)$$

Abdel ve Dugdale (2001) üçgen bir bulanık sayıyı tam üyelikler, sağ ve sol taraftaki kısmi üyelikler olarak üç kısma ayırır. Bu yöntem bir bulanık sayının sayılan üç kısmını da dahil ederek yeni bir sıralama yöntemi önerir (Şengül vd., 2013).

$\hat{A}_1 = (a_1, b_1, c_1), \dots, \hat{A}_k = (a_k, b_k, c_k)$ bulanık sayıları için $S = (a_1, b_1, c_1, \dots, a_k, b_k, c_k)$ ve $V(\hat{A}_k)$ ise \hat{A}_k 'nin durulaştırılmış değeri olsun. Bu değer Formül 2.8 ile bulunur.

$$V(\hat{A}_k) = m_k \left[\alpha \left(\frac{c_k - x_{min}}{x_{max} - x_{min} + c_k - b_k} \right) \right] + (1 - \alpha) \left[1 - \frac{x_{max} - a_k}{x_{max} - x_{min} b_k - a_k} \right] \quad (2.8)$$

$$x_{min} = \inf S, \quad x_{max} = \sup S \quad (2.9)$$

Kwong ve Bai (2003) üçgen bulanık sayıları sıralamak için Formül 2.10'u kullanmışlardır.

$$M_k = \frac{a+4b+c}{6} \quad (2.10)$$

Göksu ve Güngör (2008) bulanık sayının sınırlarından biri sıfır ya da negatif olma durumunda sıralamaya imkan veren kareli ortalama yöntemi geliştirmişlerdir. Aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanan $K(A_k)$ değerlerine göre sıralama yapılmaktadır.

$$K(A_k) = \sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2}{3}} \quad (2.11)$$

Chang (1996)'in sıralama yönteminin işleyişi ise şu şekildedir;

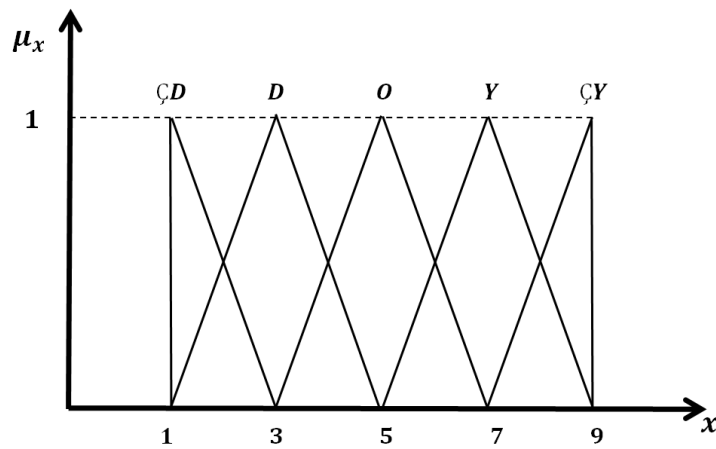
$\widehat{A}_2 = (a_2, b_2, c_2) \geq \widehat{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ifadesinin olasılık derecesi, $V(\widehat{A}_2 \geq \widehat{A}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\widehat{A}_1}(x), \mu_{\widehat{A}_2}(y))]$ ve $V(\widehat{A}_2 \geq \widehat{A}_1) = hgt(\widehat{A}_1 \cap \widehat{A}_2) = \mu_{\widehat{A}_2}(d)$ olmak üzere; eğer $b_2 \geq b_1$ ise 1, eğer $a_1 \geq c_2$ ise 0, diğer durumlarda $a_1 - c_2 / [(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)]$ değerini alır.

Bağıntıdaki ‘d’ değeri $\widehat{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\widehat{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ üçgen bulanık sayılarının keşişim noktasının ordinatıdır. Yani \widehat{A}_1 ve \widehat{A}_2 'yi karşılaştırabilmek için hem $V(\widehat{A}_1 \geq \widehat{A}_2)$ hem de $V(\widehat{A}_2 \geq \widehat{A}_1)$ değerlerinin bulunması gerekir.

2.5.4. Bulanık Dilsel Değişkenler

Gerçek hayatta kesin değerlere sistemlerin modellenmesi yeterli olmamaktadır. Uzman görüşüne dayanan ve insan yargısı içeren durumların belirsiz ve subjektif olması kesin sayılarla çözümün gerçeği yansıtmayacağını göstermektedir. Kesin değerler yerine dilsel ifadeler kullanılarak daha gerçekçi sonuçlar üretilmektedir. Bulanık mantıkla birlikte insan yargı ve fikirlerinin teorik bir zemine oturtularak formüle edilmesini sağlar.

Uzmanlar bir konu hakkında değerlendirmede bulunurken “civarında”, “aşağı yukarı” veya “yaklaşık olarak” gibi dilsel ifadeler kullanırlar. Bulanık küme teorisiyle birlikte bu dilsel ifadeler dönüşüm skalaları ile bulanık sayılara dönüştürülür. Bu çalışmada kullanılan dilsel değişkenlerin grafiği Şekil 2.6’da, dilsel ifadelerin bulanık üçgen sayıya dönüştürülmüş hali Tablo 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Çalışmada kullanılan dilsel değişkenler ve sayıların grafik gösterimi

Tablo 2.2. Bulanık dilsel değişkenler ve karşılığındaki bulanık sayıları

Dilsel İfade	Sembol	Bulanık Sayı
Çok yüksek	ÇY	(7;9;9)
Yüksek	Y	(5;7;9)
Orta	O	(3;5;7)
Düşük	D	(1;3;5)
Çok Düşük	ÇD	(1;1;3)

2.6. Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı

Uzmanların belirsiz ve öznel olan değerlendirmelerinin dahil olduğu planlama süreçlerinde klasik KFY'nin yetersiz kaldığı görülmektedir. Geleneksel KFY'de, girdi değişkenlerinin çoğu sayısal değerlerden oluştuğu için kesin olarak kabul edilir. Fakat KFY, müşteri sesini ürün özelliklerine dönüştüren bir yöntem olduğu için doğasında belirsiz olan dilsel verileri barındırır (Kahraman vd., 2006). Dahası, ürün tasarımı ile ilgili bilgiler genellikle kısıtlı ve kesin olmayan bilgilerdir ve mühendisler, teknik karakteristiklerin müşteri beklentileri üzerindeki etkileri hakkında tam bilgiye sahip değillerdir (Chen, L. H. ve Weng, 2003). Bundan dolayı müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler arası ilişkide, müşteri beklentilerinin kendi aralarındaki ilişkisinde, teknik karakteristiklerin kendi aralarındaki ilişkisinde ve rekabet analizinin oluşturulmasında Bulanık Mantık kullanılır.

Klasik KFY'de ilişki derecelerinin belirlenmesinde uzmanlar zayıf, ortalama, güçlü gibi dilsel ifadeler kullanmaktadırlar. Bu dilsel ifadeler 1, 3, 5 gibi kesin sayısal değerlerle ya da şekil ve sembollerle ifade edilirler. Fakat bu durum dilsel ifadelerdeki belirsizlik ve öznellik sonuçların gerçeği yansıtmamasına sebep olur. Bulanık küme teorisi KFY takımı tarafından kullanılan yaklaşık, civarında gibi dilsel terimler sayısallaştırılmasında çok kullanılan bir yöntemdir. Bulanık küme teorisi, belirgin olmayan durumlarda karar vericilere uygun alternatifin seçilmesini sağlayan güçlü bir tekniktir (Zadeh, 1978).

Bulanık küme teorisinin yardımı ile dilbilimsel veriler yaklaşık kesinliğe göre işlenebilir. Bulanık Mantık, karar vericilerin öznel ve belirsiz ifadelerini ölçülebilir verilere dönüştürmeye izin verir. KFY'de dilsel veriler kullanıldığı zaman bulanık sayıların tipi, durulaştırma yöntemleri, bulanık sayıların bulanıklık derecesi gibi bazı faktörler sonuçları etkileyebilir.

Müşterilerin beklentileri, müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler arası ilişki genellikle bulanık, belirsiz ve kalitatifdir. Bu kalitatif değerlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekir. İlişki derecesini belirlerken kullanılan “zayıf”, “orta” veya “güçlü” gibi dilsel ifadelerin 1-3-5 veya 1-3-9 gibi sayısal ölçeklere dönüştürülmesi gerekir. Geleneksel KFY’de bu ölçeğin seçilmesi önemli bir konudur. Çünkü seçilen ölçek doğrudan sonuçları etkileyecektir. Bu nedenle, dilsel veriyi kesin olmaktan çok bulanık olarak değerlendirmek daha uygun olabilir (Kahraman vd., 2006).

Bulanık Kümeler Teorisinin KFY ile birlikte kullanılması literatürde sıklıkla rastlanan bir konudur. Geleneksel KFY yaklaşımının bulanık mantıkla ilgili içerdiği konular arasında bulanık değişkenler, bulanık sıralama, bulanık eğilim analizi, bulanık çok kriterli karar verme, bulanık AAS, bulanık beklenen değer, bulanık amaç programlama ve bulanık uzman sistemler vardır (Liu, 2011).

Bu çalışmada Kalite Evi’nin oluşturulması kısmında müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler arası ilişkilerde ayrıca teknik karakteristikleri ilgilendiren faktörler ile teknik karakteristikler arasındaki ilişkilerin derecesinin belirlenmesinde dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bu dilsel değişkenler dönüşüm skalaları kullanılarak üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Böylelikle belirsizlik içeren yargı ve fikirlerin ifade edilmesi teorik bir temele dayandırılmıştır.

2.7. Kalite Fonksiyon Yayılımında Hedef Programlama

Bazı sistemlerde tek bir hedefe ulaşmaktan ziyade birden fazla hedef belirlenmiş olabilir. Her hedefin önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunmak istenebilir. Hedef Programlama, Doğrusal Programlama’nın bir türüdür. Doğrusal Programlamanın çözümünde kullanılan simpleks yöntemi, Hedef Programlama için de kullanılmaktadır.

Hedef programlama karar değişkenleri, sistem kısıtları, hedef kısıtları, amaç fonksiyonları ve birleşik amaç fonksiyonundan oluşmaktadır. Doğrusal Programlama modeli oluşturulduktan sonra amaçlar belirli bir öncelik sırasına göre modele yerleştirilir. Her bir amaç kısıt olarak ele alınır ve amaçlar için belirlenen hedef değerler amaç kısıtının sağ tarafına yazılır. Bu hedef değerlerden pozitif ve negatif yönde sapmalar en küçüklenmeye çalışılır. Hedef programlama modelinin genel yapısı aşağıda gösterilmiştir. Modelde kullanılan karar değişkenleri ve notasyonlar aşağıda verildiği gibidir.

$\lambda_i = i.$ hedefe atanan ağırlık

e_{i+} =i. hedeften pozitif yönlü sapma

e_{i-} =i. hedeften negatif yönlü sapma

b_i =i. hedef için ulaşılmak istenen hedef

n =Hedef sayısı, ($i=1,2,\dots,n$)

Hedef Programlama Matematiksel Modeli;

$$\text{Enk } J_i = [\sum_{i=1}^n \lambda_i (e_{i+} + e_{i-})]$$

Kısıtlar:

$$f_i(x) - e_{i+} + e_{i-} = b_i \quad (2.12)$$

$$e_{i-}, e_{i+} \geq 0$$

Kalite Fonksiyon Yayılımı sürecinde müşteri kısmında ve teknik kısımda Hedef Programlama kullanılabilir. Müşteri kısmında müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenmesinde, teknik kısımda ise teknik karakteristiklerin tamamlanma seviyelerinin veya önem seviyelerinin belirlenmesinde kullanılır. Chen ve Weng (2003), mühendislik tasarım gereksinimleri için bulanık teknik önem derecelerini, kaynak kısıtları, teknik zorluk ve pazar rekabeti faktörleri altında düşünüldüğünde Doğrusal Programlama kullanılarak belirlenebileceğini göstermişlerdir. Doğrusal Programlamayı müşteri kısmında kullanan çalışmalar içerisinde Wang ve Chin (2011b) farklı formatlarda toplanan müşteri beklentileri değerlendirmelerini, Hedef Programlama modeli ile bir araya getirmiştir. Chen ve Weng (2006) ise Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın teknik kısımda Hedef Programlamayı kullanmışlardır.

Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın müşteri kısmında oluşturulan Hedef Programlama 'da her bir amaç müşteri beklentilerini, amaçların sağ tarafı değerleri müşteri beklentileri önem derecelerini oluşturmaktadır. Amaç fonksiyonu ise müşteri beklentileri önem derecelerinden negatif ve pozitif sapmaları en aza indirmektir. Teknik kısımda oluşturulan model de ise müşteri memnuniyeti, maliyet, teknik zorluk gibi hedefler yer alır ve amaç fonksiyonu ise bu hedeflerde sapmaları en aza indirebilmek için teknik karakteristiklerin uygun kalite seviyelerinin belirlenmesidir.

2.8. Veri Zarflama Analizi

VZA benzer karar verme birimlerinin (KVB) göreceli etkinliklerini ölçerken çok sayıda girdi ve çıktıyı ortak bir birime indirgemeye ihtiyaç duymaması sebebi ile çeşitli uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından temel VZA modeli geliştirilmiştir (Charnes vd., 1978). Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan bu model Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından ölçeğe göre değişken getiri durumunu dikkate alan başka bir model olarak geliştirilmiştir (Banker vd., 1984).

2.8.1. Temel VZA Modelleri

CCR modelde çıktı/girdi oranını maksimize etmek suretiyle toplam etkinlik hesaplanır. CCR'da etkin sınır, ölçeğe göre sabit getiri özelliği göstermektedir. Başka bir deyişle, girdilerde belirli bir oranda yapılan artış çıktılarda aynı oranda artış sağlamaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modelde Z_t , t. karar verme biriminin (KVB) etkinliği ise amaç Z_t 'nin en büyük olmasını sağlamaktır. Bu durumda amaç fonksiyonu girdi odaklılık varsayımı altında kurulan model şu şekildedir;

$$Enb Z_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i r_{it}}{\sum_{j=1}^m y_j c_{jt}}$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i r_{ik}}{\sum_{j=1}^m y_j c_{jk}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, s \quad (2.13)$$

$$x_i, y_j \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Model 2.13 içinde kullanılan notasyonlar aşağıda verildiği gibidir.

$i = 1, 2, \dots, n$, çıktıların kümesi

$j = 1, 2, \dots, m$, girdilerin kümesi

$k = 1, 2, \dots, s$, karar verme birimlerinin (KVB) kümesi ($t \in \text{KVB}$)

x_i : i. çıktının ağırlığı

y_j : j. girdinin ağırlığı

r_{ik} : k. karar verme biriminin i. çıktısı

c_{jk} : k. karar verme biriminin j. girdisi

r_{it} : Etkinliği hesaplanan t. karar verme birimine ait i. çıktı değeri

c_{jt} : Etkinliği hesaplanan t. karar verme birimine ait j. girdi değeri

Amaç fonksiyonu t. karar verme biriminin etkinliğini en büyük yapacak x ve y ağırlıkları setini bulmayı amaçlamaktadır. Kısıt ise her bir karar verme biriminin ağırlıklı çıktı/girdi oranının 1'i geçmemesini sağlamaktadır. Bu durumda etkinlik [0,1] arasında değer alacaktır. Modelde tüm girdi ve çıktı ağırlıklarının negatif olmayan değerlere sahip olduğu varsayılır. Kesirli değerlerinin çözümünün zor olmasından Model 2.13 doğrusal programlamaya dönüştürülerek Model 2.14 oluşturulur.

$$Enb Z_t = \sum_{i=1}^n x_i r_{it}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^m y_j c_{jt} = 1, k = 1, 2, \dots, s \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i r_{ik} - \sum_{j=1}^m y_j c_{jk} \leq 0$$

$$x_i, y_j \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$$

BCC model ise, CCR modelin varsayımlarında değişiklik yapılarak elde edilmiştir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan girdi odaklı Model 2.15 aşağıdaki gibidir.

$$Enk Q = \theta_t$$

Kısıtlar:

$$\theta_t c_{it} - \sum_{k=1}^s \lambda_{kt} c_{it} \geq 0 \quad (2.15)$$

$$\sum_{k=1}^s \lambda_{kt} r_{ik} \geq r_{it}$$

$$\sum_{k=1}^s \lambda_{kt} = 1$$

$$\lambda_{kt} \geq 0$$

BCC modelinde CCR modelinden farklı olarak λ değerlerinin toplamının 1'e eşit olmasını sağlayan bir kısıt bulunmamaktadır. λ ise etkin olmayan bir KVB için etkin olmayı sağlayan girdi ve çıktı bileşimini gösterir ve doğrusal programlama modelinin sonucunda elde edilir (Yiğiter ve Özyiğit, 2016). Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modelinin sınırı CCR modelin sınırının altında kalmaktadır. Bu yüzden CCR modelinin etkinlik puanı, BCC modelinden düşük veya ona eşit çıkmaktadır.

2.8.2. Güven Bölgesi Metodu

Bazı durumlarda karar birimlerinin girdi ve çıktılarının önem dereceleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bazı karar verme birimleri için önemli girdi ve çıktıların ağırlıklarının düşük olduğu, bu yüzden de diğer karar birimlerinin çok önemli olmayan girdi ve çıktılardaki üstünlükleri nedeniyle daha etkin olarak görüldükleri durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu problemi önlemek için ağırlık kısıtlamaları uygulanmaktadır (Kocakoç, 2003). Literatürde ağırlık kısıtlarının VZA ile birlikte kullanılmasını içeren birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmaları içerisinde VZA’da ağırlık kısıtlamaları için güven bölgesi (AR-Assurance Region) metodu sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. AR modelleri Thompson vd. (1986) tarafından ortaya konmuş ve fizik laboratuvarı için yer seçiminde uygulanmıştır. Literatürde, girdilerin ağırlıklarını kendi içinde çıktıların ağırlıklarını da kendi içinde ilişkilendiren modellere ARI modelleri denilmektedir. Girdilere ilişkin ağırlıkların oranının (y_j/y_k) alt ve üst limiti sırasıyla α_j ve β_j ; çıktıların ilişkin ağırlık oranının (x_i/x_r) alt ve üst limiti λ_i ve δ_i olmak üzere ARI kısıtları aşağıdaki gibi yazılır. k ve j girdi kümesinin elemanı, i ve r çıktı kümesinin birer elemanıdır (Özdemir, 2013).

$$\alpha_j \leq \frac{y_j}{y_k} \leq \beta_j \quad (2.16)$$

$$\lambda_i \leq \frac{x_i}{x_r} \leq \delta_i \quad (2.17)$$

Güven bölgesi metodunda modele girdilerin ağırlıklarının eklenmesi için her girdi için $y_{j0} = d_j y_{10}$ kısıtı eklenir ($j=1,2,\dots,m$ ve $d_1=1$). Çıktıların ağırlıkları için de $x_{i0} = d_i x_{10}$ kısıtı her çıktı değeri için modele eklenir ($i=1,2,\dots,n$ ve $d_1=1$). Örneğin, sırasıyla girdi 2 ve girdi 3, girdi 1’in 1/2’si ve 3 katı kadar önemliyse, $d_2 = 0,5$ ve $d_3 = 3$ ’tür (Ramanathan ve Jiang, 2009).

2.8.3. Bulanık Veri Zarflama Analizi

Geleneksel VZA’da kesin değerli girdi ve çıktılar gerçek uygulamalarda tam sonucu verememektedir. Veri Zarflama Analizi, etkinlik ölçmede doğrusal bir model kurduğu için verilere karşı hassas olması nedeniyle etkinlik sınırları verilerdeki hata ve belirsizliklerden

etkilenmektedir. Bazı sistemlerde girdi ve çıktıların hepsi veya bir kısmı belirsiz ve değişken olabilmektedir. Bu belirsizlik verilerin ölçülememesi, bulunamaması veya eksik olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda bazı veriler dilsel değişkenlerle ifade edilebilmektedir. VZA modellerinde bulanık mantık kullanılarak dilsel ifadelerdeki belirsizliğin önüne geçilmiştir. Sengupta (1992) çalışmasında VZA modelini bulanık mantıktan yararlanarak kurmuştur.

Geleneksel VZA modelleri, sadece kullanılan girdi ve çıktıların kesin olarak bilindiği durumlarda kullanılırken, Bulanık Veri Zarflama Analizi verilerin kesin olarak bilinmediği durumlarda etkinlik ölçümünün yapılabilmesi için kullanılmaktadır. Bulanık VZA modellerinde bulanık doğrusal programlama tekniklerinin uygulaması doğru olacaktır (Artut, 2013). BVZA'nın çözümünde literatürde birçok yaklaşım bulunmaktadır (Güngör, İ., Demirgil, H., 2005):

- Tolerans yaklaşımı
- Bulanıklıktan kurtarma yaklaşımı
- α -seviyesine dayalı yaklaşım
- Bulanık sıralama yaklaşımı

Tolerans yaklaşımı geleneksel VZA'da eşitlik veya eşitsizlik işaretleri bulanıklaştırılmasına rağmen girdi ve çıktıların kesin değerler alması ve yöntemin belirli bir algoritmasının olmaması nedeniyle uygulama alanı bulamamıştır. Bulanıktan kurtarma yaklaşımında girdi ve çıktılardaki belirsizlik yok sayılmaktadır. Kao-Liu modelinin ve genel α -seviyesine dayalı yaklaşımlarda model sonucunda elde edilen etkinlik skorları bulanık sayılardır ve karar birimlerinin sıralanması için bu bulanık sayıların sıralanması gerekmektedir. Kao ve Liu (2000) çalışmalarında bulanık sayıların sıralanması için Chen ve Klein (1997) tarafından geliştirilen bulanık sıralama yöntemini kullanmışlardır. Bulanık sıralama yaklaşımlarında sadece belirli bir α seviyesinde kıyaslama yapılabilir (Güngör, İ., Demirgil, H., 2005). Sengupta (1992) Modeli, Despotis-Smirlis Modeli (2002), Cook-Kress-Seiford Modeli (1996), Cooper-Park-Yu Modeli (1999), Kao-Liu (2000) ve Wang-Chin Modeli (2011a) Bulanık VZA modellerinden bazılarıdır.

Tez çalışması kapsamında teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıklarını belirlemek için kullanılan Wang-Chin Modeli aşağıda açıklanmıştır.

2.8.4. Wang-Chin Modeli

Wang ve Chin (2011a) beklenen değer üzerinden kurulan, girdi ve çıktı değerlerini hem kesin hem de belirsiz olarak bir arada kullanabilen bir Bulanık VZA modeli geliştirmişlerdir.

Modelde m adet girdi, s adet çıktı ve n adet KVB'nin olduğu varsayılmaktadır. KVB'nin girdi ve çıktı verileri sırasıyla x_{ij} ($i=1,2,\dots,m$) ve y_{rj} ($r=1,2,\dots,s$) olsun. Modelde girdi ve çıktılar kesin olmayan bulanık yamuk sayılar olarak $x_{ij}^L \geq 0$ ve $y_{rj}^L \geq 0$ olmak üzere $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^N, x_{ij}^U)$, $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^N, y_{rj}^U)$ şeklinde gösterilir. Kesin sayılar ve üçgen bulanık sayılar, yamuk bulanık sayıların özel bir hali olmakla birlikte sırasıyla $x_{ij}^L = x_{ij}^M = x_{ij}^N = x_{ij}^U$, $y_{rj}^L = y_{rj}^M = y_{rj}^N = y_{rj}^U$ ve $x_{ij}^M = x_{ij}^N$, $y_{rj}^M = y_{rj}^N$ şeklinde ifade edilir. j . KVB'nin toplam ağırlıklandırılmış bulanık çıktı (FWO-Fuzzy weighted output) ve toplam ağırlıklandırılmış bulanık girdi (FWI-Fuzzy weighted input) değerleri $\tilde{u}_r = (u_r^L, u_r^M, u_r^N, u_r^U)$ ve $\tilde{v}_i = (v_i^L, v_i^M, v_i^N, v_i^U)$ sırasıyla bulanık girdi \tilde{x}_{ij} ve bulanık çıktı \tilde{y}_{rj} için bulanık ağırlıkları temsil etmek üzere aşağıdaki Formül 2.18 ve 2.19 hesaplanmıştır.

$$FWO_j = \sum_{r=1}^s \tilde{u}_r \tilde{y}_{rj} = \sum_{r=1}^s (u_r^L, u_r^M, u_r^N, u_r^U) \times (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^N, y_{rj}^U) \quad (2.18)$$

$$FWI_j = \sum_{i=1}^m \tilde{v}_i \tilde{x}_{ij} = \sum_{i=1}^m (v_i^L, v_i^M, v_i^N, v_i^U) \times (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^N, x_{ij}^U) \quad (2.19)$$

İki pozitif bulanık sayının toplam ve çarpım işlemleri doğrultusunda Formül 2.18 ve 2.19 yaklaşık olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$FWO_j \approx (\sum_{r=1}^s u_r^L y_{rj}^L, \sum_{r=1}^s u_r^M y_{rj}^M, \sum_{r=1}^s u_r^N y_{rj}^N, \sum_{r=1}^s u_r^U y_{rj}^U) \quad (2.20)$$

$$FWI_j \approx (\sum_{i=1}^m v_i^L x_{ij}^L, \sum_{i=1}^m v_i^M x_{ij}^M, \sum_{i=1}^m v_i^N x_{ij}^N, \sum_{i=1}^m v_i^U x_{ij}^U) \quad (2.21)$$

Formül 2.20 ve 2.21'in beklenen değeri (E-Expected value) aşağıdaki formüllerle gösterilir.

$$\begin{aligned} E(FWO_j) &= \frac{1}{4} \left(\sum_{r=1}^s u_r^L y_{rj}^L + \sum_{r=1}^s u_r^M y_{rj}^M + \sum_{r=1}^s u_r^N y_{rj}^N + \sum_{r=1}^s u_r^U y_{rj}^U \right) \\ &= \frac{1}{4} \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U) \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned}
E(FWI_j) &= \frac{1}{4} \left(\sum_{i=1}^m v_i^L x_{ij}^L + \sum_{i=1}^m v_i^M x_{ij}^M + \sum_{i=1}^m v_i^N x_{ij}^N + \sum_{i=1}^m v_i^U x_{ij}^U \right) \\
&= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U)
\end{aligned} \tag{2.23}$$

Formül 2.22 ve 2.23'e göre j. KVB'nin etkinlik değeri bulanık ortamda aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\theta_j = \frac{E(FWO_j)}{E(FWI_j)} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U)} \tag{2.24}$$

θ_j iki farklı yolla ölçülebilmektedir. Etkinliğini ölçmek istediğimiz KVB₀ hem iyimser modelde hem de kötümser modelde etkinlik değerleri hesaplanır. Daha sonra bu iki etkinlik değerinin geometrik ortalaması alınarak tek bir etkinlik değeri hesaplanır. Kesirli modelin doğrusal programlama modeline dönüştürülmüş hali Model 2.25 ve 2.26'da verilmiştir.

$$Enb \theta_0^{best} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \tag{2.25}$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U) \leq 0$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Enk \theta_0^{worst} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \tag{2.26}$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U) \geq 0$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

Eğer $\theta_0^{best} = 1$ ise o zaman 0. KVB iyimser etkindir diğer durumda iyimser etkin değildir denir. $\theta_0^{worst} = 1$ ise 0. KVB kötümser etkin değildir, diğer durumda ise kötümser etkindir. Bu iki modelin çözümleri farklı şekillerde yorumlanmaktadır. Kötümser etkinlik değeri iyimser etkinlik değerinden az olamaz. Karar verme birimlerinin hem iyimser hem de kötümser etkinlik değerlerinin birbirleriyle karşılaştırılması için Wang vd. (2007) çalışmalarında önerdikleri Formül 2.27'deki geometrik ortalama ile etkinlik indeksleri hesaplanır.

$$\theta_0^{Geometrik} = \sqrt{\theta^{best} \times \theta^{worst}}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.27)$$

Bu formülle birlikte iyimser etkinlik değerleri aynı olan karar verme birimleri karşılaştırılabilir duruma gelebilir ve daha kapsamlı sonuçlar oluşur.

Kesin sayılar ve üçgen bulanık sayılar, yamuk bulanık sayıların özel bir hali olmakla birlikte sırasıyla $x_{ij}^L = x_{ij}^M = x_{ij}^N = x_{ij}^U$, $y_{rj}^L = y_{rj}^M = y_{rj}^N = y_{rj}^U$ ve $x_{ij}^M = x_{ij}^N$, $y_{rj}^M = y_{rj}^N$ şeklinde ifade edilir. Model 2.25 ve 2.26, üçgen bulanık sayılar için uyarlandığında aşağıdaki Model 2.28 ve 2.29 oluşur.

$$Enb \theta_0^{best} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + 2u_r^M y_{r0}^M + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + 2v_i^M x_{i0}^M + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \quad (2.28)$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + 2u_r^M y_{rj}^M + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + 2v_i^M x_{ij}^M + v_i^U x_{ij}^U) \leq 0,$$

$$u_r^U \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Enk \theta_0^{worst} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + 2u_r^M y_{r0}^M + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + 2v_i^M x_{i0}^M + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \quad (2.29)$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + 2u_r^M y_{rj}^M + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + 2v_i^M x_{ij}^M + v_i^U x_{ij}^U) \geq 0,$$

$$u_r^U \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

2.8.5. Kalite Fonksiyon Yayılımında Veri Zarflama Analizi Kullanımı

Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda teknik karakteristiklerin önem derecelerinin hesaplanmasında müşteri beklentilerinin yanında uygulama kolaylığı, maliyet, çevresel etkiler gibi faktörlerin de düşünülmesi gerekmektedir. Bu durumda Veri Zarflama Analizi kullanılarak teknik karakteristiklerin etkinlik değerleri belirlenir. Müşteri beklentilerini karşılamaları açısından yüksek öneme sahip teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıkları veya göreceli olarak ne kadar etkin oldukları VZA ile belirlenmiş olur.

Hesaplanan teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri içerisinde yüksek öneme sahip teknik karakteristiklerde bir iyileştirme yapıldığında bunun firmaya geri dönüşü yüksek olur mu? Ya da tersi durumda düşük önem derecesine sahip teknik karakteristiklerin göz ardı edilmesi firma için bir kayıp oluşturur mu? Bu tarz sorulara cevap verebilmek için, hem müşteri açısından hem firma çıkarları açısından teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıklarının belirlenmesi gerekir. Teknik karakteristiklerin etkinlik derecesinin bilinmesi için Veri Zarflama Analizi modeli kurulmuştur.

VZA'da girdi ve çıktıların modele uygun şekilde belirlenmesi sonuçların doğru ve tutarlı olması açısından oldukça önemlidir. Golany ve Roll (1998)'a göre bir faktör tarafından yüksek değerli karar verme biriminin önemli olduğu düşünülüyorsa o faktör karar verme biriminin etkinliğini artırdığı için çıktı olarak hesaba katılır. Bunun tersi durumunda ise faktör girdi olarak değerlendirilir.

Literatürde Veri Zarflama Analizi ve Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniklerini bütünleşik kullanan Weifeng ve Mingbiao (2008) müşteri beklentilerini girdi, teknik karakteristikleri karar verme birimi, girdi olarak da teknik karakteristiklerin çevreye etkisi ve maliyeti ele almıştır. Karsak ve Dursun (2014) ise yaptıkları çalışmada girdi olarak kukla değişken kullanmışlardır. Ramanathan ve Jiang (2009) teknik karakteristiklerin maliyetini ve çevreye etkilerini girdi olarak değerlendirmiştir. Kamvysi vd. (2010) vana seçim kriterlerini karar verme birimi ve çıktı olarak değerlendirmişlerdir.

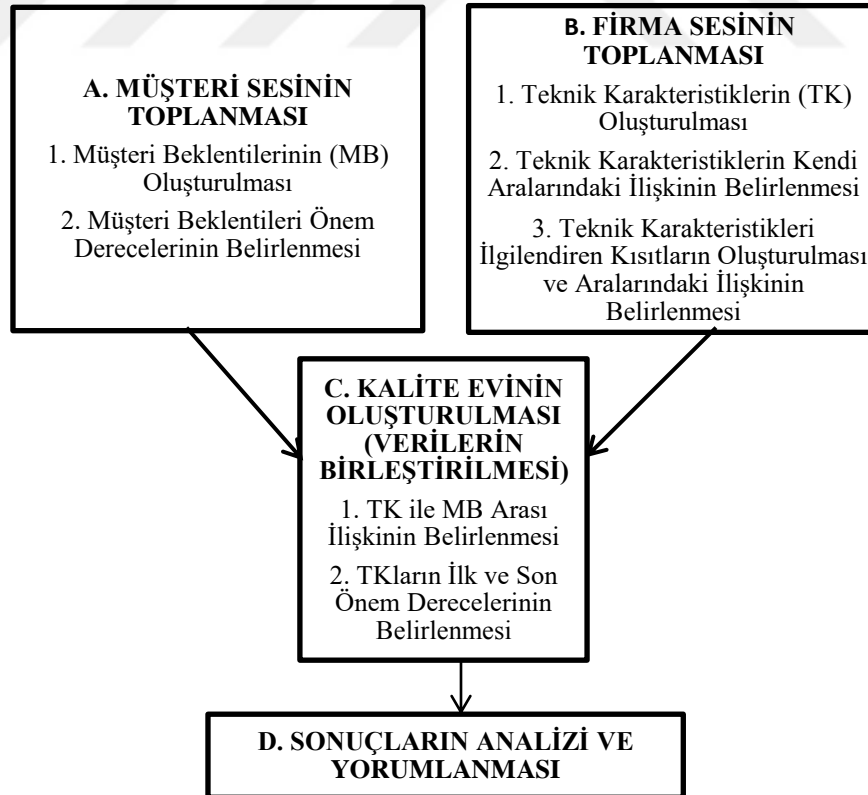
2.9. Yonga Levha Kalitesinin İyileştirilmesi İçin Uygulanacak Yapı

Üretim süreçlerinin başından sonuna kadar yapılan kalite kontrolünün ve kalite iyileştirme çalışmalarının devamlılığının sağlanmasının yanında müşteri odaklı olmaları gerekmektedir. Kalite Fonksiyon Yayılımı Tekniği müşteri odaklılığı sağlayarak müşteri

sesini teknik karakteristiklere dönüştürür. KFY çalışmasında ele alınacak ürünün belirlenmesi önemli bir noktadır. Çünkü üretime başladıktan sonra ürünle ve ürünün üretim süreciyle ilgili yapılacak değişimler firmaya büyük kayıplar yaratabilir. Çalışmada firmada üretilen melamin kaplı yonga levha ürünü için KFY Tekniği uygulanmıştır. KFY tekniğini uygulamaya başlamadan önce KFY takımının kurulması gerekir. Bu takımda çalışmanın yapıldığı firmadaki uzmanlar ve firmanın müşterileri ayrıca akademisyenler de vardır. KFY’de müşteri ve teknik kısımdan oluşan bir Kalite Evi oluşturulur. Kalite Evi’nin oluşturulması KFY çalışmasının temel adımıdır. Kalite Evi 4 adımda oluşturulur (Bertolini ve Carmignani, 2010).

- Müşteri sesinin toplanması
- Firma sesinin toplanması
- Verilerin bir araya getirilmesi (Kalite evinin oluşturulması)
- Sonuçların analizi ve yorumlanması

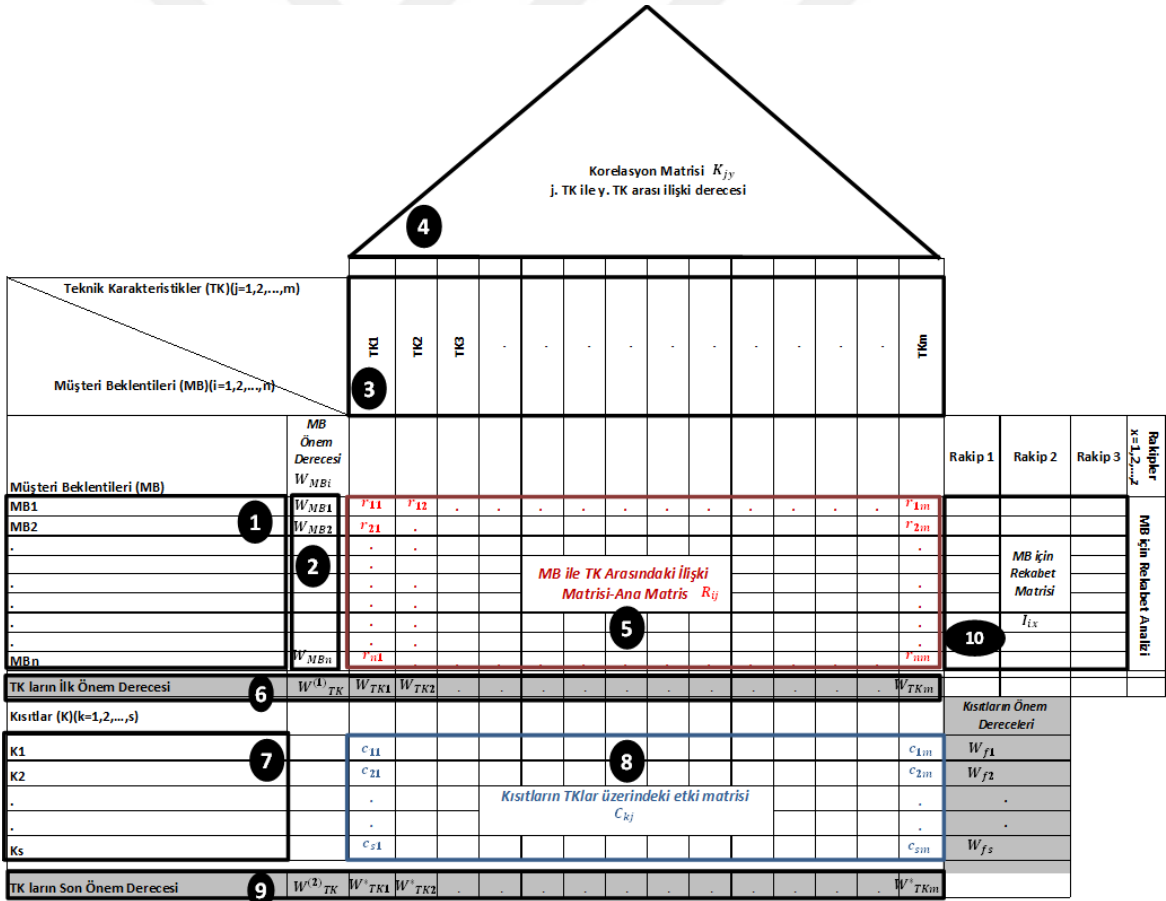
Tez çalışması kapsamında yukarıda sıralanan 4 ana madde detaylandırılmıştır. Önerilen metotta adımların başlıkları Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Önerilen metotta adımların başlıkları

Tez çalışması kapsamında oluşturulan Kalite Evi'nin taslak hali Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Kalite Evi toplamda 9 adımdan oluşmaktadır. Kalite evinin satırları müşteri beklentilerini, sütunlarında teknik karakteristikler, çatısında teknik karakteristiklerin birbiri ile ilişkileri, ana gövdesinde ise müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler arasındaki ilişkiler yer alır.

Önerilen model 9 adım çerçevesinde geliştirilmiş ve aşağıda her bir adımda yapılan işlemler açıklanmıştır. Kalite Evi'nde 5. ve 8. adımda ilişki dereceleri belirlenirken üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Çalışmada rekabet matrisindeki veriler müşterilerden sağlıklı bir şekilde toplanamadığı için ve odak müşteri grubu yonga levha ürünü için genelde tek bir firmayı tercih ettiklerinden rekabet analizi yani 10. adım çalışma kapsamına dâhil edilmemiştir.



Şekil 2.8. Önerilen metot için oluşturulan taslak kalite evi

Çalışmada ilişkiler kısmında bulanık üçgen sayılardan yararlanılmıştır. \sim işareti değerin bulanık sayı olduğunu göstermek için kullanılmıştır. Taslak Kalite Evi'nde belirtilen adımlar sırasıyla aşağıda açıklanmış ve kullanılan formüller gösterilmiştir.

> Adım 1. Müşteri Beklentilerinin Oluşturulması: Yeni bir ürünün üretilmesine geçilmeden önce veya var olan bir ürünün geliştirilmesi için ürün hakkında müşterilerin beklentilerinin ve ihtiyaçlarının ne doğrultuda olduğunu belirlemek, firmalar için çok önemli bir noktadır.

> Adım 2. Müşteri Beklentileri Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Çalışmanın kantitatif bir zemine oturması müşteri beklentilerinin önem derecelerinin belirlenmesi ile başlar.

Hemen hemen her firmanın birden fazla müşterisi vardır. Bu müşteriler de farklı teknolojik olanaklara, sosyal, politik ve ekonomik alt yapıya sahiptir. Her müşterinin ürün özellikleri üzerine algısının farklı olması gibi bunları önceliklendirme şekli ve dışa yansıtma şekli de farklı olacaktır. Firmaların kimi müşterileriyle uzun süreli ilişkileri vardır ve bu durum firmayla müşterisi arasındaki iletişimin kolay yollarla gerçekleşmesini sağlar. Firmanın ilişkisinin olmadığı ya da çok az olduğu müşterilerle iletişimin sağlanması ise daha kapsamlı araştırmalar ve anketler yoluyla gerçekleştirilir. Tüm bunlar göz önüne alındığında müşteri beklentilerini önceliklendirmek için müşteriye sunulan anketlerin de içeriği farklı olacaktır. Bu anketler 1-9 skalasına sahip basit ağırlıklandırma, ikili kıyaslamaya dayanan matrislere ve sıralamalara göre hazırlanmıştır.

Müşteri beklentilerinin önceliklendirilmesinde farklı yapıların kullanılması karmaşık bir yapı oluşturmasına rağmen daha doğru, esnek ve pratik sonuçlar verecektir. Bu farklı yapılar aynı formata dönüştürülmeksizin Hedef Programlama yaklaşımı ile bir araya getirilip çözülebilir (Wang ve Chin, 2011b). Böylelikle toplanan müşteri sesinde yanlış veya eksik bilgi oluşturulmamaya çalışılır.

Önerilen modelde Hedef Programlamada amaçlar her bir format için, müşteri beklentilerine karşılık gelmektedir. Amaçların sağ taraf değerleri ise müşteri beklentilerinin önem derecelerini göstermektedir. Amaç fonksiyonunda ise bu müşteri beklentilerinden sapmaların (hem negatif yönde hem pozitif yönde) minimum olması istenir. Aşağıda müşteri sesinin toplanmasında kullanılan notasyonlar verilmiştir.

$n = \text{Müşteri beklentisi sayısı (MB)}, (i = 1, 2, \dots, n)$

$W_{MBi} = i. \text{müşteri beklentisinin önem derecesi}, (\sum_{i=1}^n W_{MBi} = 1)$

$\lambda^{(1)} = 1$. formattaki müşterilere atanan ağırlık,

$\lambda^{(2)} = 2$. formattaki müşterilere atanan ağırlık, ($\lambda^{(1)} + \lambda^{(2)} = 1$)

➤ Basit ağırlıklandırma ile müşteri beklentilerini önceliklendirme

Bu formatla hazırlanan anketlerde müşteriler kendi düşüncelerine göre müşteri beklentilerine Tablo 2.3'teki dilsel ifadeleri kullanarak değer atarlar. Müşteri beklentilerinin ağırlıklandırılmasında kullanılan en sık ve basit yöntemlerden biridir.

Tablo 2.3. Müşteri beklentilerini basit ağırlıklandırmada kullanılan ölçek

Sayısal Değer	Dilsel İfade
9	Çok yüksek öneme sahip
7	Yüksek öneme sahip
5	Orta derecede öneme sahip
3	Düşük öneme sahip
1	Çok düşük öneme sahip

Müşterilerin atadığı değerlerden sonra normalize işlemi yapılarak müşteri beklentilerinin önem dereceleri toplamı 1 olacak şekilde $[0,1]$ aralığında değerlere dönüştürülür.

Müşterilerin tercihleri, müşteri beklentilerinin görelî önem ağırlıklarının tahminidir. Dolayısıyla, müşteri beklentilerinin gerçek ağırlıkları (W_{MBi}) ile tahminleri ($W_{MBi}^{(1)}$) arasında fark oluşur. Bu fark sapma değişkeni ($e_i^{(1)}$: 1. formattaki i. müşteri beklentisinin sapma değişkeni) olarak tanımlanır ve aşağıdaki Formül 2.30 ile hesaplanır (Wang ve Chin, 2011b).

$$e_i^{(1)} = W_{MBi} - W_{MBi}^{(1)}, \quad i = 1, \dots, n \quad (2.30)$$

Mutlak sapma değişkeninin küçük olması istenir. Bunun için de birinci formatta amaç fonksiyonu (minimum) Formül 2.31'deki gibi yazılır.

$$J_1 = \left(\sum_{i=1}^n |e_i^{(1)}| \right) = \sum_{i=1}^n |W_{MBi} - W_{MBi}^{(1)}| \quad (2.31)$$

Sapma değişkeni, negatif ($e_{i-}^{(1)}$) ve pozitif ($e_{i+}^{(1)}$) sapma değişkenleri ($e_i^{(1)} = e_{i+}^{(1)} - e_{i-}^{(1)}$) kullanılarak Formül 2.30 düzenlenerek Formül 2.32’de verilmiştir.

$$e_{i+}^{(1)} - e_{i-}^{(1)} = W_{MBi} - W_{MBi}^{(1)} \quad (2.32)$$

Formül 2.32 tekrar düzenlenerek 1. formatta tahmin edilen müşteri beklentisi için oluşacak kısıt Formül 2.33’teki gibi yazılır.

$$W_{MBi} - e_{i+}^{(1)} + e_{i-}^{(1)} = W_{MBi}^{(1)} \quad (2.33)$$

Formül 2.31’de yazılan amaç fonksiyonun son hali ise Formül 2.34’te verilmiştir.

$$J_1 = \sum_{i=1}^n |e_{i+}^{(1)} + e_{i-}^{(1)}| \quad (2.34)$$

► İkili kıyaslama matrisi ile müşteri beklentilerini önceliklendirme

İkili kıyaslama matrisleri ile müşteri beklentilerinin birbirlerine göre önem dereceleri hesaplanır. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty (1980) tarafından sunulan Tablo 2.4’te gösterilen 1-9 önem skalası kullanılır. Bu matrislerin müşteriler tarafından doldurulması biraz zaman alıcı bir işlemdir ve müşterilerle birebir görüşmeler sonucu yapılması matrislerin tutarlı olmasını sağlar.

Tablo 2.4. Müşteri beklentilerini ikili kıyaslamada kullanılan ölçek

Sayısal Değer	Dilsel İfade	Açıklama
1	Eşit önemde	İki kriter eşit derecede öneme sahip
3	Çok az önemli	Bir kriter diğerine göre biraz üstündür
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre oldukça üstündür
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre oldukça fazla üstündür
9	Aşırı derecede (mutlak) önemli	Bir kriterin diğerinden üstünlüğü mutlak derecededir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlere karşılık gelmektedir

$$A^{(2)} = \begin{bmatrix} a_{11}^{(2)} & a_{12}^{(2)} & \cdots & a_{1n}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)} & \cdots & a_{2n}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^{(2)} & a_{n2}^{(2)} & \cdots & a_{nn}^{(2)} \end{bmatrix},$$

$$[a_{ii}^{(2)} = 1, (1, \dots, n) \text{ ve } a_{ij}^{(2)} = 1/a_{ji}^{(2)}], (i, j, k \in \{1, 2, \dots, n\}) \quad (2.35)$$

Yukarıda verilen $A^{(2)}$ ikili kıyaslama matrisindeki elemanlardan $a_{12}^{(2)}$ birinci müşteri beklentisinin ikinci müşteri beklentisine göre önem durumunu gösterir. $a_{ij}^{(2)}$, W_{MBi}/W_{MBj} değerinin tahminidir. İdealde değer tahmininin tutarlı olabilmesi için $a_{ij}^{(2)} \times a_{jk}^{(2)} = a_{ik}^{(2)}$ şartının sağlanması gerekir. Eğer $A^{(2)}$ ikili karşılaştırma matrisi tutarlı ise $A^{(2)}W = nW$ eşitliği sağlanır.

Matrisin tutarlı olmadığı durumda I birim matris olmak üzere ikili karşılaştırma matrisinin tutarsızlığını ölçmek üzere sapma vektörü ($E^{(l)} = (e_1^{(l)}, \dots, e_n^{(l)})$) Formül 2.36'da verilmektedir.

$$E^{(2)} = A^{(2)}W - nW = (A^{(2)} - nI)W \quad (2.36)$$

İkinci formatta tutarsızlığı en küçükleme için kurulan amaç fonksiyonu ise Formül 2.37'de verilmektedir.

$$J_2 = \left(\sum_{i=1}^n |e_i^{(2)}| \right) \quad (2.37)$$

Pozitif ve negatif sapma değişkenleri sırasıyla Formül 2.38 ve 2.39'da verilmektedir.

$$E_+^{(2)} = (e_{1+}^{(2)}, \dots, e_{n+}^{(2)})^T \quad (2.38)$$

$$E_-^{(2)} = (e_{1-}^{(2)}, \dots, e_{n-}^{(2)})^T \quad (2.39)$$

Pozitif ve negatif sapma değişkenleri kullanılarak ikinci formatta müşteri beklentisi önem derecesi için oluşan kısıt Formül 2.36 ve sapma değişkenini en küçükleyen amaç

fonksiyonu Formül 2.37 tekrardan düzenlenerek sırasıyla Formül 2.40 ve 2.41'de verilmiştir.

$$(A^{(2)} - nI)W - E_+^{(2)} + E_-^{(2)} = 0 \quad (2.40)$$

$$J_2 = \sum_{i=1}^n (e_{i+}^{(2)} + e_{i-}^{(2)}) \quad (2.41)$$

Farklı formatlarda hazırlanmış müşteri beklentileri önem dereceleri Doğrusal Hedef Programlama modeli altında birleştirilir. Her bir format için oluşturulan kısıtlar ve amaç fonksiyonu aşağıdaki Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. Farklı formatlar için oluşturulmuş kısıtlar ve amaç fonksiyonları

Format	Kısıtlar	Amaç Fonksiyonu
Basit Ağırlıklandırma	$W_{MBi} - e_{i+}^{(1)} + e_{i-}^{(1)} = W_{MBi}^{(1)}$ (1.Kısıt)	$J_1 = \sum_{i=1}^n (e_{i+}^{(1)} + e_{i-}^{(1)})$
İkili Kıyaslama Matrisi	$(A^{(2)} - nI)W - E_+^{(2)} + E_-^{(2)} = 0$ (2. Kısıt)	$J_2 = \sum_{i=1}^n (e_{i+}^{(2)} + e_{i-}^{(2)})$

Modeldeki amaç iki formatta da sapma değişkenleri toplamını en küçükmektir. Müşteri beklentilerinin ($i=1,2,\dots,n$) önem dereceleri toplamının bir olması ve sıfırdan büyük olması istenir ve son olarak tüm sapma değişkenleri negatif olmayan sayılardan oluşur. Bu şekilde hazırlanan model aşağıdaki gibidir;

$$\text{Enk } J = J_1 + J_2$$

Kısıtlar:

$$W_{MBi} - e_{i+}^{(1)} + e_{i-}^{(1)} = W_{MBi}^{(1)} \quad (2.42)$$

$$(A^{(2)} - nI)W - E_+^{(2)} + E_-^{(2)} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n W_{MBi} = 1$$

$$W_{MBi} \geq 0$$

> Adım 3. Teknik Karakteristiklerin Oluşturulması: Teknik karakteristikleri bir diğer ifadeyle kalite karakteristiklerini belirlerken öncelikle dikkat edilmesi gereken yer, müşteri

beklentileri ile ilişkili olan kalite karakteristiklerinin tespit edilmesidir. Amaç, belirlenen müşteri beklentilerini teknik dile dönüştürmektir. Her müşteri beklentisini karşılayacak bir ya da birden fazla teknik karakteristik belirlenmelidir. KFY ekibindeki uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda müşteri beklentilerini (Ne?) karşılayacak teknik karakteristiklere (Nasıl?) karar verilir. Aşağıda firma sesinin toplanması kısmında kullanılan notasyonlar verilmiştir:

$m = \text{Teknik Karakteristik sayısı (TK)}, (j = 1, 2, \dots, m)$

$\widehat{W}_{TKj} = j.TK'nun \text{ bulanık mutlak önem derecesi}$

$\widehat{W}_{TKj}^* = j.TK'nun \text{ bulanık göreceli önem derecesi}$

$\widehat{W}_{TKj}^{(1)} = j.TK'nun \text{ ilk önem derecesi (Kısıtlar dikkate alınmadığında)}$

$\widehat{W}_{TKj}^{(2)} = j.TK'nun \text{ son önem derecesi (Kısıtlar dikkate alındığında)}$

$\widehat{W}_{TKj}^{(2)} = (W_{TKj}^A, W_{TKj}^O, W_{TKj}^Ü), \text{ sırasıyla } \widehat{W}_{TKj}^{(2)'} \text{ nin alt, orta ve üst değeri}$

$l = \text{Kısıtların sayısı (K)}, (i = n + 1, n + 2, \dots, l)$

> Adım 4. Teknik Karakteristikler Arası İlişkinin Belirlenmesi: Teknik karakteristikler kalite evinin sütunlarını oluşturur. Bu karakteristikler arasında olumlu ya da olumsuz ilişkiler de olabilir. Bir teknik karakteristik diğer bir teknik karakteristiği olumlu yönde etkilerken bir diğerine olumsuz bir etki yapabilir. Teknik karakteristikler arası ilişki belirlenirken kullanılan ölçek Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6. Teknik karakteristikler arası ilişkide kullanılan ölçek

Dilsel İfade	Sayısal Değer
Yüksek olumlu	9
Olumlu	3
Etkisiz	1
Olumsuz	-3
Yüksek olumsuz	-9

> Adım 5. Teknik Karakteristikler ile Müşteri Beklentileri Arası İlişkinin Kurulması: TK ile MB arasındaki ilişkinin kurulması KFY'de sonucu etkileyen en önemli aşamadır. Bu aşamada ilişkiden kastedilen, her bir müşteri beklentisinin iyileştirilmesine her bir teknik karakteristiğin yapmış olduğu katkı derecesidir. Bu ilişki Kalite Evi'nin ana matrisini oluşturur. Ana matris oluşturulurken dilsel ifadelerdeki belirsizlikten kurtulmak

için Bulanık Üçgen Sayılardan yararlanılmıştır. Kullanılan dilsel ölçek Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7. Ana matrisin oluşturulmasında kullanılan dilsel ölçek

Dilsel İfade	Sembol	Bulanık Sayı
Çok yüksek	ÇY	(7;9;9)
Yüksek	Y	(5;7;9)
Orta	O	(3;5;7)
Düşük	D	(1;3;5)
Çok Düşük	ÇD	(1;1;3)

Bu adımda Hedef Programlama ile belirlenen müşteri beklentileri önem dereceleri ile ana matraste belirlenen ilişki dereceleri çarpılarak her bir teknik karakteristiğin bulanık mutlak önem derecesi hesaplanmış olur. j. teknik karakteristiğin bulanık mutlak önem derecesinin belirlenmesinde kullanılan formül şu şekildedir:

$$\tilde{W}_{TKj} = \sum_{i=1}^n (W_{MBi}^* \times \hat{r}_{ij}) \quad (2.43)$$

Formül 2.43’te kullanılan değişkenlerin tanımları aşağıdaki gibidir:

\hat{r}_{ij} = i. MB ile j. TK arasındaki bulanık ilişki derecesi

$\hat{r}_{ij} = (r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)$, sırasıyla \hat{r}_{ij} ’nin alt, orta ve üst değeri

W_{MBi}^* = i. müşteri beklentisinin son önem derecesi

> Adım 6. Teknik Karakteristiklerin İlk Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri belirlenirken korelasyon matrisi yani teknik karakteristiklerin birbirleri arasındaki ilişki matrisi de dikkate alınır. j. teknik karakteristiğin bulanık ilk önem derecesinin belirlenmesinde Formül 2.44 kullanılır (Khoo ve Ho, 1996). Formül 2.44’te k_{jk} j. teknik karakteristik ile k. teknik karakteristik arasındaki ilişki derecesini göstermektedir.

$$\tilde{W}_{TKj}^{(1)} = \tilde{W}_{TKj} + \frac{1}{m-1} \sum_{k=1, k \neq j}^m (\tilde{W}_{TKj} \times k_{jk}) \quad (2.44)$$

Formül 2.44 ile hesaplanan teknik karakteristiklerin önem dereceleri bulanık sayılardır. Teknik karakteristikler arasında sıralama yapılabilmesi için bulanık sayıların durulaştırılması ve kesin sayılara dönüştürülmesi gerekir. Literatürde birçok durulaştırma yöntemi vardır. Bu çalışmada kullanımı kolay ve literatürde sıkça rastlanan bir teknik olan Liou ve Wang (1992)'ın geliştirdikleri yöntem kullanılacaktır. $W_{TKj}^{(1)} = (a, b, c)$ teknik karakteristiklerin bulanık ilk önem derecesi olmak üzere, bulanık sayıyı kesin sayıya çevirmek için kullanılan formül şu şekildedir:

$$\begin{aligned} I_T^\alpha(\hat{A}) &= \frac{1}{2}\alpha(b+c) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(a+b) \\ &= \frac{1}{2}[\alpha c + b + (1-\alpha)a] \end{aligned} \quad (2.45)$$

Durulaştırma işleminden sonra teknik karakteristiklerin önem derecelerinin normalize edilmesi gerekir. Normalize etmede kullanılan formül şu şekildedir ($NW_{TKj}^{(2)}$, j. teknik karakteristiğin normalize edilmiş hali):

$$NW_{TKj}^{(2)} = \frac{W_{TKj}^{(2)}}{W_{TKtoplam}^{(2)}}, \quad NW_{TKj}^{(1)} = \frac{W_{TKj}^{(1)}}{W_{TKtoplam}^{(1)}} \quad (2.46)$$

> Adım 7 ve 8. Teknik Karakteristikleri İlgilendiren Kısıtların Belirlenmesi ve Teknik Karakteristikler ile Kısıtlar Arası İlişkinin Kurulması: Firmaların rekabette üstünlük sağlamaları, pazarda fark yaratabilmeleri için teknik karakteristikleri sadece müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde düşünmemeleri gerekmektedir. Teknik karakteristiklerin etkileşim halinde olduğu müşteri ihtiyaçlarından farklı birçok faktör veya kısıt söz konusudur. Bunlar sosyal, ekonomik, teknolojik veya politik alt yapı faktörleri olabilir. Çalışma kapsamında teknik karakteristiklerin çevreye ve firmaya verdiği etkileri de göz önünde bulundurularak dilsel ölçeklendirme kullanılarak bu kısıtların teknik karakteristiklerle ilişkileri uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan ölçek Adım 5'te kullanılan ölçeğin aynısıdır. \tilde{C}_{ij} i. kısıt ile j. teknik karakteristik arasındaki bulanık ilişki derecesini; $C_{ij}^A, C_{ij}^O, C_{ij}^Ü$ sırasıyla \hat{C}_{ij} bulanık sayısının alt, orta ve üst değerini göstermektedir.

> Adım 9. TK'ların Son Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri ($\widehat{W}_{TKj}^{(1)}$), müşteri beklentileri ve teknik karakteristikler arasındaki ilişki derecesi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda yüksek önem derecesine sahip teknik karakteristik müşteri tatmin düzeyini artırabilir fakat firma yöneticileri bu durumu firma çıkarları açısından uygun bulmayabilir. Yüksek ilk önem derecesine sahip teknik karakteristik iyileştirilerek müşteri tatmin düzeyi yükseltilir fakat yönetici veya üretici bu durumu şirket çıkarları açısından uygun bulmayabilir ya da tersi durum söz konusu olabilir. Düşük çıkan önem dereceli teknik karakteristiklerin müşteri tatmin düzeyini artırmayacağı gerekçesiyle iyileştirilmemesi firmaya kayıplar yaşatabilir. Bu yüzden hem müşteri açısından hem firma çıkarları açısından teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıklarının belirlenmesi gerekir. Teknik karakteristiklerin etkinlik derecesinin diğer bir deyişle son önem derecelerinin ($\widehat{W}_{TKj}^{(2)}$) bilinmesi için Veri Zarflama Analizi modeli kurulmuştur. Modelde karar verme birimi teknik karakteristikler, girdi firmayı ilgilendiren kısıtlar, çıktılar ise müşteri beklentileridir.

Çalışmada teknik karakteristiklerle müşteri beklentileri ve kısıtlarla teknik karakteristikler arasındaki ilişkiler bulanık üçgen sayılarla temsil edildiği için Bulanık Veri Zarflama Analizi kullanılmıştır. Bulanık ve kesin sayıların bir arada kullanılmasına izin veren Wang ve Chin (2011a) modeli kurulmuştur. Modelde müşteri beklentileri çıktı ($i=1,2,\dots,n$), teknik karakteristikleri ilgilendiren kısıtlar ise girdi ($i=n+1,n+2,\dots,l$) olarak kullanılmıştır. Etkinlikleri belirlenen teknik karakteristikler ise karar verme birimi ($j=1,2,\dots,m$) olarak ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında Model 2.28 ve 2.29 uyarlanarak 0. Teknik karakteristiğin etkinlik derecesi için Model 2.47 ve 2.48 oluşturulmuştur. Modellerde kullanılan notasyonlar şu şekildedir:

$$\tilde{r}_{ij} = (r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U), j. karar verme biriminin i. çıktı miktarı$$

$$\tilde{c}_{ij} = (c_{ij}^L, c_{ij}^M, c_{ij}^U), j. karar verme biriminin i. girdi miktarı$$

$$\tilde{x}_i = (x_i^L, x_i^M, x_i^U), i. çıktı ağırlığı, i = 1, 2, \dots, n$$

$$\tilde{y}_i = (y_i^L, y_i^M, y_i^U), i. girdi ağırlığı, i = n + 1, n + 2, \dots, l$$

$$Enb \theta_0^{best} = \sum_{i=1}^n (x_i^L r_{i0}^L + 2x_i^M r_{i0}^M + x_i^U r_{i0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=n+1}^l (y_i^L c_{i0}^L + 2y_i^M c_{i0}^M + y_i^U c_{i0}^U) = 1 \quad (2.47)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i^L r_{ij}^L + 2x_i^M r_{ij}^M + x_i^U r_{ij}^U) - \sum_{i=n+1}^l (y_i^L c_{ij}^L + 2y_i^M c_{ij}^M + y_i^U c_{ij}^U) \leq 0,$$

$$x_i^U \geq x_i^M \geq x_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$$

$$y_i^U \geq y_i^M \geq y_i^L \geq 0, i = n + 1, n + 2, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$

$$Enk \theta_0^{worst} = \sum_{i=1}^n (x_i^L r_{i0}^L + 2x_i^M r_{i0}^M + x_i^U r_{i0}^U)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=n+1}^l (y_i^L c_{i0}^L + 2y_i^M c_{i0}^M + y_i^U c_{i0}^U) = 1 \quad (2.48)$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i^L r_{ij}^L + 2x_i^M r_{ij}^M + x_i^U r_{ij}^U) - \sum_{i=n+1}^l (y_i^L c_{ij}^L + 2y_i^M c_{ij}^M + y_i^U c_{ij}^U) \geq 0,$$

$$x_i^U \geq x_i^M \geq x_i^L \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$$

$$y_i^U \geq y_i^M \geq y_i^L \geq 0, i = n + 1, n + 2, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m$$

Model 2.47 ve 2.48'in çözümünde iyimser etkinlik oranı (θ_0^{best}) 1 çıkan teknik karakteristikler arasında sıralama yapmak için kötümser etkinlik (θ_0^{worst}) oranlarına bakılır. Bu iki modelin çözümünde elde edilen iyimser ve kötümser etkinlik oranları farklı şekillerde yorumlanmaktadır. Wang vd. (2007) çalışmalarında önerdikleri geometrik ortalama ile teknik karakteristiklerin nihai etkinlik indeksleri Formül 2.49 ile hesaplanır.

$$\theta_0^{Geometrik} = \sqrt{\theta^{best} \times \theta^{worst}}, j = 1, 2, \dots, m \quad (2.49)$$

Modele çıktıların yani müşteri beklentilerinin hedef programlama sonucu belirlenen ağırlıklarının dahil edilmesi için Güven Bölgesi metoduyla çıktıların ağırlıkları için $x_{i0} = d_i x_{10}$ kısıtı her çıktı değeri için modele eklenir ($i=1,2,\dots,n$ ve $d_1=1$). Örneğin, sırasıyla girdi 2 ve girdi 3, girdi 1'in 1/2'si ve 3 katı kadar önemliyse, $d_2 = 0,5$ ve $d_3 = 3$ 'tür.

3. UYGULAMA

Genelde Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışmalarında önemli olan müşteri sesini dinleyip bunları teknik gereklere aktarmaktır. Çoğu zaman teknik gereklerin kısıtları veya teknik gerekleri ilgilendiren faktörler ihmal edilir. Firma sürdürülebilirliğini sağlamak için müşterilerini tatmin etmenin yanında teknik gereklerin mevcut durumlarını göz ardı etmemelidir. Müşteri tatmin düzeyini artıran teknik gerekler firma politikası ve çıkarları açısından uygun olmayabilir. Bu durumun tersi olan müşteri tatmin düzeyini artırmayan ama firmanın üzerinde durması gereken teknik gerekler söz konusu olabilir. Bu yüzden belirlenen teknik gereklerin müşteri tatmini sağlamanın yanında etkin olup olmadıklarının araştırılması gerekir. Çalışmada bu amaç doğrultusunda geliştirilen çok yönlü Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği, orman endüstri sanayiinde faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Uygulama ile söz konusu firmada ele alınan ürün için firma politikasına ve çıkarlarına uygun olarak daha iyi kalitede ve müşteri beklentilerini daha iyi karşılayacak düzeyde üretim yapılmasının yolları aranmıştır.

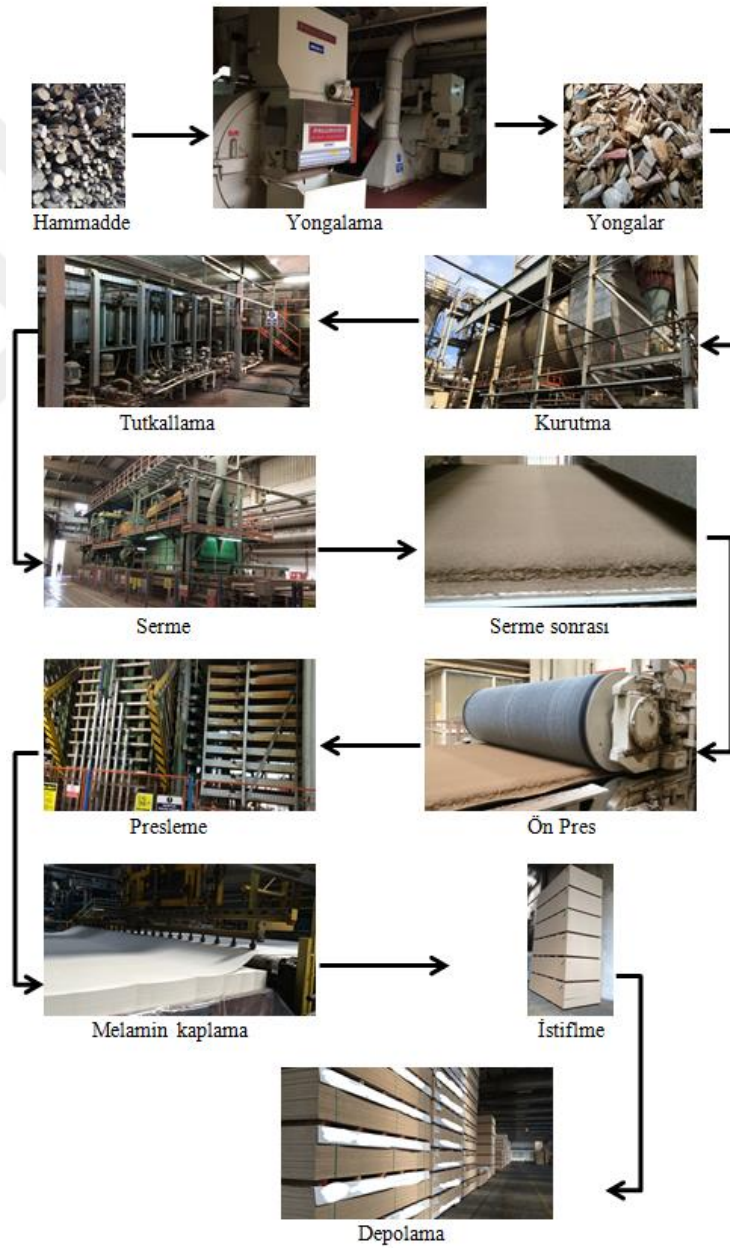
Firmada 114 000 m² açık ve 32 000 m² kapalı alanda günde yaklaşık 650 m³ ham ve melamin kaplı yonga levha üretilmektedir. Firmanın ürün yelpazesinin çok geniş olmaması herhangi bir üründe yapılacak bir iyileştirmenin hızlı ve olumlu sonuç yaratacağını göstermektedir. Firmada üretilen ve özellikle Karadeniz Bölgesi'ndeki talebi karşılaması hedeflenen melamin kaplı yonga levha ürününe Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği uygulanmıştır. Uygulamanın ilk kısmında melamin kaplı yonga levha ürünü ve ürünün üretim süreci hakkında bilgi verilmiş daha sonra uygulama adımları açıklanmıştır.

3.1. Yonga Levha Tanımı ve Kullanım Yeri

Türk standartları tanımına göre ise odun veya odunlaşmış lignoselülozik bitkisel hammaddelerden elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda oluşan levhalardır (Kelleci, 2013). Yonga levhalar; Üretim şekillerine, yonga büyüklüklerine, özgül ağırlıklarına, yüzey kaplama malzemesi çeşidine göre sınıflandırılabilirler. Melamin, yonga levhanın yüzey kaplamasında kullanılan katı malzemelerden biridir.

Yonga levhalar başta mobilya sektörü olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunun yanında dış hava koşullarına dayanıklı bina elemanları, yüzey kaplamaları, yük taşıyıcı elemanlar, çatı malzemeleri olarak, balkon korkulukları gibi bazı alanlarda da kullanılmaktadır.

Firmada, melamin kaplı yonga levhanın üretiminde sırasıyla yapılan işlemler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Tez çalışması kapsamında müşteri beklentilerini karşılayacak teknik karakteristikler tüm üretim aşamaları göz önüne alınarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Yonga levha üretiminde yapılan bazı işlemler

3.2. Bütünleşik Kalite Fonksiyon Yayılımının Yonga Levha İçin Uygulaması

Uygulama, firmadaki ekibin ve anketlerin yapılacağı müşterilerin belirlenmesi ile başlamıştır. Firmada kıdemli yonga levha işletme şefi liderliğinde kurulan ekip 4 tane yonga levha vardiya mühendisi ve kalite yöneticisinden oluşmaktadır. Öncelikle ekiptekilere yöntem, detayları ile birlikte anlatılmış ve karşılıklı beyin fırtınası yapılarak izlenmesi gereken yol haritası çizilmiştir. Uygulamada izlenen adımlar sırasıyla açıklanmıştır.

3.2.1. Müşteri Beklentilerinin Belirlenmesi

Rize, Trabzon, Giresun, Ordu ve Samsun illerinde firmanın müşterisi olan mobilya işletmeleri ve ağaç malzemeleri satan işletmeler bulunmaktadır. Bu müşterilerle ve ekiple yapılan görüşmeler sonucunda 12 tane müşteri beklentisi belirlenmiştir. Bu müşteri beklentileri belirlenirken yonga levhanın fiziksel, mekanik özellikleri, satış ve satış sonrası durumları göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 3.1’de müşteri beklentileri verilmiştir.

Tablo 3.1. Müşteri beklentileri ve kodları

No	Müşteri Beklentisi	Kod
MB1	Yüzey düzgünlüğü	<i>YüzDüz</i>
MB2	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	<i>AltÜst</i>
MB3	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	<i>KesKa</i>
MB4	Homojen kalınlık	<i>HomKa</i>
MB5	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	<i>ÇizAş</i>
MB6	Uygun direnç	<i>UyDir</i>
MB7	Homojen yoğunluk	<i>HomYo</i>
MB8	Formaldehit emisyonu	<i>ForEm</i>
MB9	Zamanında teslimat	<i>ZamTes</i>
MB10	Müşterilerle sıkı iletişim	<i>Müşİl</i>
MB11	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	<i>KamTan</i>
MB12	Ekonomiklik	<i>Eko</i>

Yukarıda belirtilen müşteri beklentileri açıklanacak olursa; yonga levhanın düzgün bir yüzeye sahip olması, yüzeyde herhangi bir darbenin olmaması, levhanın çift taraflı da kullanılabilmesi için alt ve üst yüzeylerinin aynı görünüme sahip olması, levhanın kenarlarının düzgün olması aynı zamanda işlenebilir olması için kesim kalitesinin yüksek

olması ve levhanın her yerinin aynı kalınlığa sahip olması fiziksel özelliklerde aranan müşteri beklentilerinin başında yer almaktadır.

Levhanın özgül ağırlığının her yerinde eşit olması aranan bir diğer özelliktir. Çünkü özgül ağırlıktaki değişiklikler; levhanın mekanik özelliklerinin değişmesine neden olmakla birlikte, bundan daha çok çarpılma ve eğilmeler meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Kaliteli yonga levhalarda aranan önemli bir özellik de direnç özelliklerinin standartlara uygun olmasıdır. Mekanik özellikler arasında eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci gibi özellikler bulunmaktadır. Müşteriler bunları özele indirgemektense hepsini uygun direnç başlığı altında değerlendirmiştir.

Tez çalışması kapsamında yonga levha ürünü, ürün-hizmet sistemi içerisinde değerlendirilmiştir. Bu aşamada müşterilere sunulan hizmetler de göz önünde bulundurularak ürünün müşterilere zamanında ulaştırılması, müşterilerle tasarımdan üretime kadar her yerde iletişim halinde olunması, ürünün tanıtımının ve müşterilerin yararlanabileceği kampanyaların yapılması ve ürün-fiyat performansının sağlanması satış ve satış sonrası durumlar başlığında önde gelen müşteri beklentileridir.

3.2.2. Müşteri Beklentilerinin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Eğitim seviyesi, bilgi birikimi ve firma ile ilişkileri dikkate alınarak farklı müşterilere farklı ölçeklendirmeleri içeren anket formları hazırlanarak müşteri beklentileri önem dereceleri hesaplanmıştır. Hazırlanan anket formları Ek 1’de verilmiştir. Birinci formatta hazırlanan anketlerde müşteriler her bir beklentiye, önem durumları dikkate alınarak 5 seçenekli bir skalaya göre değer atamıştır. İkinci format daha zaman alıcı olduğu için müşteriyle bire bir yapılmış ve ikili kıyaslama matrisi oluşturulmuştur. Tamamlanmış anketlerin ortalaması alınarak hem basit ağırlıklandırma (Tablo 3.2) hem de ikili kıyaslama (Tablo 3.3) sonucu oluşan tablolar aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Birinci formattaki müşteri beklentileri ortalama önem dereceleri

No	Kod	Müşteri Beklentileri	Ağırlığı
1	YüzDüz	Yüzey düzgünlüğü	0,107
2	AltÜst	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	0,092
3	KesKa	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	0,115
4	HomKa	Homojen kalınlık	0,084
5	ÇizAş	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	0,099
6	UyDir	Uygun direnç	0,076
7	HomYo	Homojen yoğunluk	0,053
8	ForEm	Formaldehit emisyonu	0,099
9	ZamTes	Zamanında teslimat	0,069
10	Müşİl	Müşterilerle sıkı iletişim	0,053
11	KamTan	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	0,061
12	Eko	Ekonomiklik	0,092

Tablo 3.3. İkinci formatta hazırlanan ikili kıyaslama matrisi

No	Kod	Müşteri Beklentisi	YüzDüz	AltÜst	KesKa	HomKa	HomYo	YükDir	ForEm	ÇizAş	ZamTes	Müşİl	KamTan	Eko
1	YüzDüz	Yüzey düzgünlüğü	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	0,14	0,20	0,11
2	AltÜst	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	0,14	0,20	0,11
3	KesKa	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	1,00
4	HomKa	Homojen kalınlık	7,00	8,00	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	0,33
5	ÇizAş	Çizilmeye ve aşınmaya karşı durum	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00
6	UyDi	Uygun direnç özelliği	7,00	8,00	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	3,00	0,33
7	HomYo	Homojen yoğunluk	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00
8	ForEm	Formaldehit emisyonu	9,00	9,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00
9	ZamTes	Zamanında teslimat	8,00	8,00	0,33	3,00	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	3,00	5,00	0,33
10	Müşİl	Müşterilerle sıkı iletişim	8,00	8,00	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20	0,33	0,33	1,00	3,00	0,20
11	KamTan	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	5,00	5,00	0,20	1,00	0,14	0,33	0,14	0,20	0,20	0,33	1,00	0,14
12	Eko	Ekonomiklik	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00

Müşterilere sunulan basit ağırlıklandırma ve ikili kıyaslama anketleri hedef programlama ile birleştirilerek artık değişkenleri minimize etmeyi amaçlayan daha önceki bölümde anlatılan Model 2.42 kurulmuştur. Bu modelin Lingo 16.0 Programı ile çözülmesi sonucunda oluşan müşteri beklentilerinin önem dereceleri Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Hedef programlama sonucu müşteri beklentileri önem dereceleri

Müşteri Beklentileri		Önem Dereceleri (w_{mbi})	Sıra
MB1	Yüzey düzgünlüğü	0,011	11
MB2	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	0,005	12
MB3	Kesim kalitesi	0,145	3
MB4	Homojen kalınlık	0,045	9
MB5	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	0,129	5
MB6	Uygun direnç	0,056	7
MB7	Homojen yoğunluk	0,153	2
MB8	Formaldehit emisyonu	0,135	4
MB9	Zamanında teslimat	0,092	6
MB10	Müşterilerle sıkı iletişim	0,047	8
MB11	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	0,027	10
MB12	Ekonomiklik	0,155	1
	Toplam	1	

Tablo 3.4'e göre en önemli müşteri beklentisi ekonomiklik, en düşük öneme sahip müşteri beklentisi ise alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm olmuştur.

3.2.3. Teknik Karakteristiklerin Oluşturulması

Müşteri beklentilerini karşılayacak teknik karakteristikleri belirlerken yonga levhanın üretim aşamaları baştan sona incelenmiştir. Her bir üretim aşamasından, bu beklentileri karşılamada (iyileştirmede) en büyük katkı sağlayan teknik karakteristikler ele alınmıştır. Firmada üretilen melamin kaplı yonga levhanın üretim aşamaları Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Müşteri beklentileri ile yüksek ilişkiye sahip (beklentileri yüksek derecede karşılayan) üretim aşamalarındaki (uzman görüşleri alınarak) teknik karakteristikler ve olması istenen değerler birimleri ile birlikte Tablo 3.5'te verilmiştir.

Müşteri beklentilerini karşılamada en etkili teknik karakteristiklerin seçilmesi dikkat edilen bir noktadır. Bazı aşamalardaki teknik karakteristikler bu sebepten dolayı çalışma kapsamına alınmamıştır. Ayrıca Kalite Fonksiyon Yayılımı ekibinin görüşü doğrultusunda üretim aşaması olmayan ama tüm süreci etkilediği düşünülen bazı karakteristikler de çalışma kapsamında tutulmuştur.

Tablo 3.5. Üretim aşamalarındaki teknik karakteristikler

Üretim Aşaması	Teknik Karakteristikler	Hedef Değer
Yongalama	Yongaların kalınlıkları	Dış tabaka:0,15-0,25 mm Orta tabaka: 0,3-0,5 mm
	Hammadde (odun) giriş rutubeti	%30-60
	Yongalama makinesi tipi	min 4 saat
	Hammadde karışımı	-
Yongaların Kurutulması	Kuru yonga dökme yoğunluğu	min 95-150 kg/m ³
	Kuruma sonrası rutubet	%1-3
Tutkallama	Tutkal miktarı	%4-12 (Kuru yonga ağırlığının)
	Tutkallamanın homojen yapılması	-
Serme	Düzgün taslak oluşturulması	-
	Serme rutubeti	%5,5-10,5 (Yonga ağırlığının)
Presleme	Ön pres basıncı	15-20 kg/cm ²
	Sıcak pres basıncı	20-35 kg/cm ²
	Sıcak pres süresi	3-7 dakika
	Pres sıcaklığı	180-220°C
İstifleme	Uygun melamin presleme	-
Diğer	Hammaddeye yakınlık	-
	Pazara yakınlık	-
	Nitelikli personel	-

3.2.4. Teknik Karakteristiklerin Kendi Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Teknik karakteristikler arası ilişkinin belirlenmesi oldukça titiz bir çalışmayı gerektirmiştir. Her ne kadar bir ekip için teknik gereksinimler arasındaki bir ilişkinin mevcut olup olmadığını belirlemek mümkün ise de genelde ekibin ilişkinin cinsini (olumlu ya da olumsuz) belirlemesi, işinde uzman kişiler ve uzun zaman gerektirir. Ekip ile yapılan ve uzun süren görüşmeler sonucunda birbirlerini etkileyen teknik karakteristikler, bu etkilerin olumlu veya olumsuz olma durumu ve ilişki derecesi belirlenmiştir. Şekil 3.2’de, Tablo 2.6’daki ölçeklendirme kullanılarak teknik karakteristikler sonucu oluşan korelasyon matrisi gösterilmektedir.

olarak alınmıştır. Karar verici iyimserliği artırmak adına α değerini artırabilir. Tablo 3.6'da teknik karakteristiklerin bulanık ve net önem dereceleri verilmiştir.

Tablo 3.6. Teknik karakteristiklerin mutlak önem dereceleri

Teknik Karakteristikler	\bar{W}_{TKj}			Net Değer	Sıra
1. Hammadde karışımı	3,51	5,18	7,03	5,223	4
2. Yongaların kalınlıkları	1,84	3,51	5,49	3,586	14
3. Hammadde (odun) giriş rutubeti	1,86	3,07	5,07	3,268	17
4. Yongalama makinesi tipi	2,35	3,89	5,57	3,925	10
5. Kuru yonga dökme yoğunluğu	1,83	3,18	5,18	3,341	16
6. Kuruma sonrası rutubet	2,21	3,57	5,57	3,729	12
7. Tutkal miktarı	3,20	4,87	6,57	4,875	8
8. Tutkallamanın homojen yapılması	2,15	3,82	5,81	3,898	11
9. Düzgün taslak oluşturulması	4,07	5,47	7,09	5,525	2
10. Serme rutubeti	3,45	4,80	6,79	4,961	5
11. Ön pres basıncı	3,33	4,86	6,64	4,923	7
12. Sıcak pres basıncı	3,31	4,98	6,48	4,934	6
13. Sıcak pres süresi	3,78	5,63	7,11	5,535	1
14. Pres sıcaklığı	3,49	5,34	7,12	5,325	3
15. Uygun melamin presleme	3,22	4,49	5,95	4,538	9
16. Hammaddeye yakınlık	2,27	2,85	4,67	3,160	18
17. Pazara yakınlık	2,62	3,26	4,92	3,513	15
18. Nitelikli personel	2,74	3,38	4,92	3,608	13

Teknik karakteristiklerin mutlak önem derecelerine göre yapılan sıralamada sıcak pres süresi, düzgün taslak oluşturulması, pres sıcaklığı, hammadde karışımı, serme rutubeti en yüksek önem derecesine sahiptir. Hammaddeye yakınlık, hammadde giriş rutubeti, kuru yonga dökme yoğunluğu, pazara yakınlık, yongaların kalınlıkları ise sırasıyla en az önem derecesine sahip teknik karakteristiklerdir.

Teknik karakteristiklerin mutlak önem dereceleri hesaplanırken teknik karakteristikler arasındaki ilişki dikkate alınmamıştır. Fakat uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda teknik karakteristiklerin aralarında ilişki olduğu ve bu ilişkilerin olumlu ya da olumsuz olduğu görülmektedir.

3.2.6. Teknik Karakteristiklerin İlk Önem Derecelerinin Hesaplanması

Teknik karakteristiklerin birbirleri ile ilişkilerinin de hesaba katılması için Formül 2.44 kullanılarak teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri hesaplanmış olur. Teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri bulanık sayılardır. Teknik karakteristikler arasında kıyaslama yapabilmek için Formül 2.45 ile bulanık sayılar kesin sayılara çevrilmiş ve Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri

Teknik Karakteristikler	$\widetilde{W}_{TKj}^{(1)}$			Net Değer	Sıra
1. Hammadde karışımı	13	19	26	19,08	3
2. Yongaların kalınlıkları	6,3	12	19	12,25	8
3. Hammadde (odun) giriş rutubeti	5,7	9,4	16	10,00	11
4. Yongalama makinesi tipi	7,2	12	17	12,00	9
5. Kuru yonga dökme yoğunluğu	8,4	15	24	15,33	4
6. Kuruma sonrası rutubet	8,6	14	22	14,50	5
7. Tutkal miktarı	4,1	6,3	8,5	6,30	17-18
8. Tutkallamanın homojen yapılması	5,6	9,9	15	10,10	10
9. Düzgün taslak oluşturulması	15	20	26	20,18	2
10. Serme rutubeti	15	22	30	22,20	1
11. Ön pres basıncı	6,7	9,7	13	9,85	12
12. Sıcak pres basıncı	5,8	8,8	11	8,70	14
13. Sıcak pres süresi	9,8	15	18	14,35	7
14. Pres sıcaklığı	9,5	15	19	14,45	6
15. Uygun melamin presleme	6,8	9,5	13	9,60	13
16. Hammaddeye yakınlık	4,5	5,7	9,3	6,30	17-18
17. Pazara yakınlık	5,5	6,9	10	7,43	16
18. Nitelikli personel	5,8	7,2	10	7,65	15

Önem derecesi yüksek olan teknik karakteristiklerin iyileştirilmesi ile müşteri tatmin seviyesi daha fazla artacaktır. Diğer bir deyişle önem derecesi yüksek olan teknik karakteristikte herhangi bir iyileştirme yapmak müşterilerin tatmin seviyesinin yükselmesine daha fazla katkı sağlayacaktır. Serme rutubeti, düzgün taslak oluşturulması, hammadde karışımı, kuru yonga dökme yoğunluğu müşteri tatmin seviyesine en çok katkı yapan teknik karakteristiklerin başında gelmektedir. Sırasıyla hammaddeye yakınlık, tutkal miktarı, pazara yakınlık, nitelikli personel, sıcak pres basıncı müşteri tatmin seviyesine en

az katkı yapan teknik karakteristiklerdir. Bir sonraki aşamada teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıkları araştırılacaktır.

3.2.7. Teknik Karakteristikleri İlgilendiren Kısıtların Belirlenmesi ve Teknik Karakteristikler ile Kısıtlar Arası İlişkinin Kurulması

Literatürde Kalite Fonksiyon Yayılımı uygulamalarında teknik karakteristiklerin önem dereceleri müşteri beklentilerini ne derecede karşıladığıyla ilişkilidir. Fakat bu çalışmada müşteri beklentilerinin yanında firma beklentilerini de karşılamayı hedefleyen bir model oluşturulmuştur. Firma beklentileri ya da firma kısıtları olarak adlandırılan faktörler, ekipteki uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Örnek olarak bir uzman tarafından oluşturulan kısıtlarla teknik karakteristikler arası ilişki matrisi Ek Tablo 5’te verilmiştir. Maliyet, operatöre düşen iş yükü, kullanılan kimyasal oranı ve enerji tüketim durumu teknik karakteristikleri sınırlandıran faktörlerdir. Aynı zamanda her bir teknik karakteristiğin bu faktörler açısından değerlendirmesini içeren uzmanların değerlendirmelerinin ortalamasının alınmasıyla oluşan bulanık değerli matris Ek Tablo 8’de verilmiştir. Bu matriste kullanılan dilsel ölçek, Kalite Evi’nde ana matrisin oluşturulmasında kullanılan ölçekle (Tablo 2.7) aynıdır. Burada dikkat edilen nokta teknik karakteristiklerin çevresel, ergonomik ve maddi olarak firma politikası ve çıkarları açısından durumunun incelenmesidir.

3.2.8. Teknik Karakteristiklerin Son Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Yüksek önem derecesine sahip teknik karakteristikler müşteri beklentilerini karşılamanın yanında firma politikasına ve çıkarlarına da uygun olduğu sürece etkindir. Bu aşamada teknik karakteristiklerin maliyeti, operatöre düşen iş yükü, kullanılan kimyasal oranı ve enerji tüketim durumu gibi faktörleri de dikkate alan bir Veri Zarflama Analizi modeli Model 2.47 ve 2.48 kurulmuştur. Kalite Evi’nde ana matris ve teknik karakteristiklerle faktörler arasındaki ilişki bulanık üçgen sayı cinsiyle ifade edildiği için kurulacak VZA modelinin bulanık olması gerekir. Modelde bu dört faktör girdi, müşteri beklentileri çıktı ve teknik karakteristikler de karar verme birimidir.

Modele çıktıların yani müşteri beklentilerinin hedef programlama sonucu belirlenen ağırlıklarının dahil edilmesi için AR metoduyla çıktıların ağırlıkları için $x_{i0} = d_i x_{10}$ kısıtı

her çıktı değeri için modele eklenir ($i=1,2,\dots,n$ ve $d_1=1$). İkinci müşteri beklentisinin için $d_2=0,005/0,011=0,45$ ve kısıt $0,45x_1-x_2=0$ şeklinde oluşur. Bu kısıt müşteri beklentilerinin alt, orta ve üst değerleri için de yazılır. Modelin Lingo 16.0 programı ile çözülmesi sonucunda teknik karakteristiklerin iyimser, kötümser ve ortalama etkinlik değerleri Tablo 3.8’de gösterilmiştir. Ortalama etkinlik değerleri yani teknik karakteristiklerin son önem dereceleri ($\tilde{W}_{TKj}^{(2)}$) için Formül 2.49 kullanılmıştır.

Tablo 3.8. Bulanık VZA modeli sonucu oluşan etkinlik değerleri

Teknik Karakteristikler	İyimser Etkinlik	Kötümser Etkinlik	Ort. Etkinlik ($\tilde{W}_{TKj}^{(2)}$)	Sıra
1. Hammadde karışımı	1	1,33	1,153	1
2. Yongaların kalınlıkları	0,76	1	0,872	17
3. Hammadde (odun) giriş rutubeti	1	1	1,000	9-13
4. Yongalama makinesi tipi	0,71	1	0,843	18
5. Kuru yonga dökme yoğunluğu	1	1	1,000	9-13
6. Kuruma sonrası rutubet	0,99	1,02	1,005	8
7. Tutkal miktarı	1	1	1,000	9-13
8. Tutkallamanın homojen yapılması	0,9	1	0,949	15
9. Düzgün taslak oluşturulması	1	1,1	1,049	6
10. Serme rutubeti	1	1,32	1,149	2
11. Ön pres basıncı	1	1,21	1,100	3
12. Sıcak pres basıncı	1	1,08	1,039	7
13. Sıcak pres süresi	0,99	1,15	1,067	4
14. Pres sıcaklığı	1	1,11	1,054	5
15. Uygun melamin presleme	0,81	1	0,900	16
16. Hammaddeye yakınlık	0,95	1	0,975	14
17. Pazara yakınlık	1	1	1,000	9-13
18. Nitelikli personel	1	1	1,000	9-13

Bulanık VZA modelinin çözülmesiyle iyimser etkin çıkan 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 17 ve 18 numaralı teknik karakteristiklerdir. Bu teknik karakteristiklerin etkinlikleri arasında bir sıralama yapmak gerekir. Bunun için de kötümser etkinlik değerlerinin hesaplandığı model kurulmuştur. Bu iki modelin çözümünde elde edilen iyimser ve kötümser etkinlik oranları farklı şekillerde yorumlanmaktadır. İki etkinlik değerinin geometrik ortalaması alınarak nihai etkinlik indeksleri hesaplanmıştır ve bu değere göre teknik karakteristiklerin sıralamaları bulunmuştur.

4. BULGULAR VE İRDELEME

Müşteri sesini dinleyerek maksimum müşteri memnuniyetini belirlemek Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışmalarının en önemli hedeflerinden biridir. Çalışmada Kalite Evi'nin oluşturulması aşamasında müşteri beklentilerinin önem dereceleri Hedef Programlama ile belirlenmiştir. Farklı formatlarda toplanan müşteri beklentilerinin aynı formata dönüştürülmeye gerek kalmadan ayrıca bilgi eksikliği veya yanlışlığı olmadan nihai önem dereceleri belirlenmiştir. Kurulan model sonucunda satış ve satış sonrası durum, mekanik özellikler ve fiziksel özelliklerden birer müşteri beklentisi ilk üç sırayı oluşturmaktadır. Bunlar sırasıyla ekonomiklik (MB12), homojen yoğunluk (MB7), kesim kalitesidir (MB3). Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm (MB2), yüzey düzgünlüğü (MB1), kampanya ve tanıtım faaliyetleri (MB11) ise önem derecesi en az çıkan müşteri beklentileridir.

Çalışmada müşteri beklentileri ile teknik karakteristikler arasındaki ve teknik karakteristiklerin faktörlerle arasındaki ilişkilerin kesin sayılarla ifade edilmesi değerlendirmede belirsizlikler ve tereddütlerin yaşanmasına sebep olacağından dilsel ifadeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. İlişki derecesinin insan yargı ve düşünceleriyle belirlenmesinde bulanık mantık, evet-hayır, doğru-yanlış, az-çok esasına dayanan ikili klasik mantığa göre daha etkin karar verme olanağı sunmaktadır. Çünkü bulanık mantık, iki uç durum arasındaki durumları da değerlendirme imkanı tanımaktadır. Bulanık sayılarla yapılan KFY çalışmalarında karar vericiler gerçeğe daha yakın ve daha sağlıklı sonuçlar alırken kesin sayılarla oluşturulan KFY çalışmaları yetersiz kalmaktadır.

Kesin sayılar ve bulanık sayılarla bulunan önem derecelerini kıyaslamak için Tablo 4.1'de teknik karakteristiklerin ilk önem derecelerinin normalize edilmiş hali verilmiştir. Kesin değerler kendi içindeki en büyük değer olan 21,5'e, bulanık değerler ise kendi içinde en büyük değer olan 30,4'e bölünerek bulunmuştur (Bevilacqua vd., 2006). Kesin değerlerin bulanık değerlerde üst sınıra yakın ve alt sınırdan oldukça uzakta olduğu görülmektedir. Bu durum bulanık değerlerin önem derecelerindeki değişimleri daha iyi temsil ettiğini göstermekte ve teknik karakteristiklerin müşteri ihtiyaçlarını yakalamasında daha esnek olmasını sağlamaktadır.

Tablo 4.1. Teknik karakteristiklerin normalize bulanık ve kesin ilk önem dereceleri

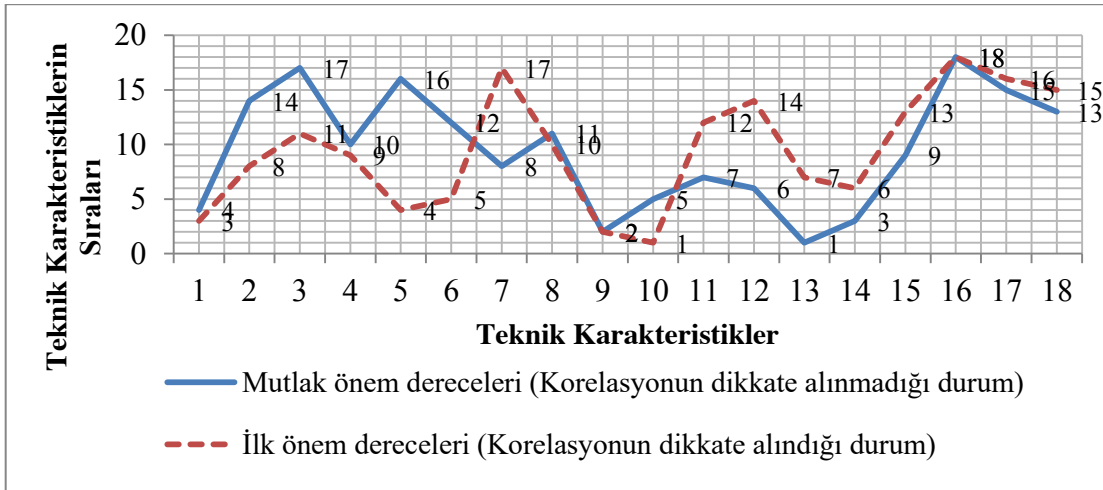
TK'ların ilk önem dereceleri					TK'ların normalize edilmiş ilk önem dereceleri				
	Kesin Değer	Bulanık Değerler				Kesin Değer	Bulanık Değerler		
		L	M	U			L	M	U
TK1	18,9	12,8	18,9	25,7	TK1	0,879	0,421	0,622	0,845
TK2	12,0	6,3	12,0	18,7	TK2	0,558	0,207	0,395	0,615
TK3	9,4	5,7	9,4	15,5	TK3	0,437	0,188	0,309	0,510
TK4	11,9	7,2	11,9	17,0	TK4	0,553	0,237	0,391	0,559
TK5	14,6	8,4	14,6	23,7	TK5	0,679	0,276	0,480	0,780
TK6	13,9	8,6	13,9	21,6	TK6	0,647	0,283	0,457	0,711
TK7	6,3	4,1	6,3	8,5	TK7	0,293	0,135	0,207	0,280
TK8	9,9	5,6	9,9	15,0	TK8	0,460	0,184	0,326	0,493
TK9	20,0	14,8	20,0	25,9	TK9	0,930	0,487	0,658	0,852
TK10	21,5	15,4	21,5	30,4	TK10	1,000	0,507	0,707	1,000
TK11	9,7	6,7	9,7	13,3	TK11	0,451	0,220	0,319	0,438
TK12	8,8	5,8	8,8	11,4	TK12	0,409	0,191	0,289	0,375
TK13	14,6	9,8	14,6	18,4	TK13	0,679	0,322	0,480	0,605
TK14	14,5	9,5	14,5	19,3	TK14	0,674	0,313	0,477	0,635
TK15	9,5	6,8	9,5	12,6	TK15	0,442	0,224	0,313	0,414
TK16	5,7	4,5	5,7	9,3	TK16	0,265	0,148	0,188	0,306
TK17	6,9	5,5	6,9	10,4	TK17	0,321	0,181	0,227	0,342
TK18	7,2	5,8	7,2	10,4	TK18	0,335	0,191	0,237	0,342

Ana matris ve teknik karakteristiklerle faktörler arasındaki ilişki matrisleri kurulduktan sonra teknik karakteristiklerin önem derecelerinin hesaplanması gerekir. Müşteri beklentilerini karşılayan teknik karakteristiklerin önem dereceleri iki farklı yaklaşımla belirlenmiştir. İlk yaklaşımda teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri sadece müşteri tatmin düzeyi baz alınarak belirlenmiştir. İkinci yaklaşımda ise firma çıkarları da göz önünde bulundurularak teknik karakteristiklerin etkin olup olmadıkları ve etkinlik dereceleri belirlenmiştir.

İlk aşamada teknik karakteristiklerin önem dereceleri öncelikle korelasyon matrisi dikkate alınmadan hesaplanmış (mutlak önem), sonuçlar Tablo 3.6'da gösterildikten sonra korelasyon matrisi de hesaba katılarak değerler tekrar hesaplanarak (ilk önem) Tablo 3.7'de verilmiştir. Teknik karakteristiklerin ilk önem derecelerinin hesaplanmasında, kendi aralarındaki korelasyon değerleri dikkate alınmıştır. Çünkü teknik karakteristikler arasındaki olumlu ya da olumsuz ilişkiler teknik karakteristiklerin tasarlanmasında önemli

bir etkidir. En yüksek değere sahip normalize edilmiş teknik karakteristiklerin ilk önem dereceleri sırasıyla serme rutubeti, düzgün taslak oluşturulması ve hammadde karışımı teknik karakteristikleridir. Bunun anlamı, tasarım/üretim yapılırken bu teknik karakteristiklerin diğerlerine göre öncelikli olarak ele alınmasıdır. Bu karakteristiklerin ideal şartlarda hazırlanması, kontrollerinin düzenli olarak yapılması müşteri tatmin düzeyini daha fazla artıracaktır. Tutkal miktarı ve hammaddeye yakınlık son sırayı paylaşan iki teknik karakteristiktir. Buradan, bu iki teknik karakteristiğin müşteri beklentilerini karşılamaya en düşük katkıyı yaptığı sonucuna varılır.

Korelasyon matrisi dikkate alınarak ve alınmadan yapılan hesaplama sonucunda teknik karakteristiklerin sıralamalarında farklılıklar olduğu görülmektedir. Şekil 4'te teknik karakteristiklerin mutlak ve ilk önem derecelerinin karşılaştırılmasını gösteren bir grafik yer almaktadır. Korelasyon matrisi dikkate alınarak hesaplanan değerlerde 7, 11, 12, 13, 14, 15 ve 18 numaralı teknik karakteristiklerin sıralamalarının gerilediği görülmektedir. Bu karakteristiklerin diğerleriyle yüksek olumsuz ilişkiye sahip olması sıralamalarının gerilemesine sebep olmaktadır. Özellikle tutkal miktarı teknik karakteristiğinin genelde diğerleriyle olumsuz ilişkiye sahip olması nedeniyle sıralaması en çok düşen teknik karakteristik olmuştur.



Şekil 4. Teknik karakteristiklerin mutlak ve ilk önem dereceleri karşılaştırması

Teknik karakteristiklerin önem dereceleri ikinci aşamada Veri Zarflama Analizi ile belirlenmiştir. Böylece müşteri tatmin düzeyini yükseltmenin yanında teknik karakteristiklerin bazı kısıtlarının da göz önünde bulundurulması etkin olup olmadıkları ve

etkinlik dereceleri belirlenmiştir. Teknik karakteristiklerin etkinlik derecelerinin belirlenmesinde, oluşturulan Kalite Evi'ndeki matrisler VZA modelinde kullanılmıştır. Bu matrislerdeki değerler bulanık üçgen sayı cinsinden ifade edildiği için Bulanık VZA modeli oluşturulmuştur. Bu aşamada Wang ve Chin (2011a)'in Bulanık VZA modeli hem kesin hem de bulanık verilere uygun olduğundan ayrıca karar verme birimlerinin performanslarını değerlendirmek için basit, etkili ve pratik bir yol sağladığı için kullanılmıştır. Bu modelde iyimser ve kötümser olmak üzere iki tür etkinlik değeri bulunmuştur. Daha sonra bu iki değerın geometrik ortalaması alınarak teknik karakteristiklerin nihai etkinlik değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.8). İyimser etkinlik değeri 1 olan teknik karakteristikler etkindir denir. Etkin olan teknik karakteristikler arasında bir sıralama yapmak için de kötümser etkinlik değerlerine bakılır. Bu duruma göre hammadde karışımı, düzgün taslak oluşturulması, serme rutubeti, ön pres basıncı, sıcak pres basıncı, pres sıcaklığı teknik karakteristiklerinin iyimser etkinlik skorları 1 olmasına rağmen, kötümser etkinlik değerleri hesaba katıldığında hammadde karışımı 1. sıraya çıkarken sıcak pres basıncı 7. sırada yer almıştır.

Tablo 4.2. Teknik karakteristiklerin ilk ve son önem dereceleri

Teknik Karakteristikler	İlk önem derecesi	Sıra	Ort. Etkinlik	Sıra
1. Hammadde karışımı	19,08	3	1,153	1
2. Yongaların kalınlıkları	12,25	8	0,872	17
3. Hammadde (odun) giriş rutubeti	10,00	11	1,000	9-12
4. Yongalama makinesi tipi	12,00	9	0,843	18
5. Kuru yonga dökme yoğunluğu	15,33	4	1,000	9-12
6. Kuruma sonrası rutubet	14,50	5	1,005	8
7. Tutkal miktarı	6,30	17-18	1,000	9-12
8. Tutkallamanın homojen yapılması	10,10	10	0,949	15
9. Düzgün taslak oluşturulması	20,18	2	1,049	6
10. Serme rutubeti	22,20	1	1,149	2
11. Ön pres basıncı	9,85	12	1,100	3
12. Sıcak pres basıncı	8,70	14	1,039	7
13. Sıcak pres süresi	14,35	7	1,067	4
14. Pres sıcaklığı	14,45	6	1,054	5
15. Uygun melamin presleme	9,60	13	0,900	16
16. Hammaddeye yakınlık	6,30	17-18	0,975	14
17. Pazara yakınlık	7,43	16	1,000	9-12
18. Nitelikli personel	7,65	15	1,000	13

Teknik karakteristiklerin ilk ve son önem dereceleri ve sıralamaları Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Tabloya göre kuru yonga dökme yoğunluğu, yongaların kalınlıkları, yongalama makinası tipi müşteri tatmin düzeyini yükselten, yüksek ilk önem derecesine sahip teknik karakteristikler olmasına rağmen kısıtlar da göz önünde bulundurularak firma çıkarları açısından VZA modeli sonucuna etkinlik değerlerine göre sıralamada geride kaldıkları görülmüştür. Bu durumun tersi yani ilk önem derecesine göre sıralamada düşük, son önem derecesine göre yüksek sırada çıkan teknik karakteristikler de vardır. Bunlardan bazıları hammadde karışımı, tutkal miktarı, ön pres basıncı, sıcak pres basıncı, sıcak pres süresidir.

Melamin kaplı yonga levha için tüm bulgular Ek 3’te verilen Kalite Evi’nden elde edilmiştir. Kalite Evi’nden elde edilen bulgular başta kalite güvence bölümü olmak üzere, üretim planlamadan pazarlamaya kadar birçok bölümün faydalanacağı türden veriler içerir. Müşteri tatmini için öncelikli maddeler, bu öncelikli maddelere yanıt vermek üzere hangi teknik gereksinimler üzerinde çalışma yapılması gerektiği, müşteri ve firma gereksinimlerini birleştirebilecek süreçlerin ve sistemlerin oluşturulmasını sağlayarak ürün geliştirmeye yönelik teknik spesifikasyonların gelişimi konularında firma değerli bilgilere sahip olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında öncelikle kalite kavramı üzerinde durularak Toplam Kalite Yönetimi ve kalite iyileştirme teknikleri anlatılmıştır. Bu teknikler içerisinde Kalite Fonksiyon Yayılımı seçilmiş ve tekniğin diğer tekniklerle birlikte kullanıldığı çalışmalar, kullanım amaçları ve uygulandığı sektörler hakkında kapsamlı bir literatür çalışması sunulmuştur. Daha sonra Kalite Fonksiyon Yayılımı içerisinde kullanılan Hedef Programlama, Bulanık Mantık ve Veri Zarflama Analizi teknikleri açıklanmıştır. Orman endüstri alanında faaliyet gösteren bir işletmenin, melamin kaplı yonga levha ürünü için bir model önerisi sunulmuştur. Önerilen modelde melamin kaplı yonga levha için müşterilerin beklentileri ve müşteri beklentilerini karşılayacak tüm üretim süreçlerini kapsayan teknik karakteristikler belirlenmiş ve tüm veriler Kalite Evi'nin oluşturulması için kullanılmıştır.

Kalite Evi oluşturulduktan sonra teknik karakteristiklerin önem derecelerinin iki farklı yaklaşımla belirlenmiş olması çalışmanın özgün kısmını oluşturmaktadır. Teknik karakteristiklerin önem dereceleri hem müşteri gözüyle hem de firma gözüyle bakılarak çok yönlü değerlendirilmiştir. Müşteri gözüyle bakıldığında hesaplanan teknik karakteristiklerin önem dereceleri, müşteri tatmin düzeyini en çok artıran teknik karakteristikleri ve tasarım sırasında hangi teknik özellikler üzerinde daha çok durulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Müşteri tatmin düzeyini artırmaya en çok katkı yapmasına rağmen bazı teknik karakteristiklerde yapılacak iyileştirme firmanın isteyeceği bir durum olmayabilir. Bu yüzden firma gözüyle de bakılarak teknik karakteristiklerin firma çıkarlarına ve politikasına uygun olup olmadığı diğer bir deyişle teknik karakteristiklerin etkinlik derecesi ortaya konmuştur. KFY tekniğinin uygulanmasıyla teknik karakteristiklerde yapılacak bir iyileştirme birden fazla müşteri beklentisine katkı yapmakta ve daha az maliyet ile daha yüksek müşteri tatmini sağlamaktadır.

Çalışmada müşteri kısmında Hedef Programlama'nın, teknik kısmında ise Bulanık VZA'nın kullanılması Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışmalarının disiplinler arası bir yöntem olduğunu ve sonuçlarının sayısal bir temelden gelmesi nedeniyle de güvenilir ve gerçekçi olduğunu göstermektedir.

Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın uygulanmasıyla müşteri istek ve ihtiyaçları melamin kaplı yonga levha için ürün spesifikasyonlarına dönüştürülmüştür. Aynı zamanda müşteri özelliğine göre farklı anketlerin hazırlanması ve firmanın tüm departmanlarının KFY

uygulama sürecine katılması müşteri odaklı bir karar mekanizması oluşturmaktadır. Böylelikle müşteri sesinin firmaya taşınması kolaylaşmıştır. Günümüzde müşteri odaklı olmayan işletmelerin rakipleri karşısında ayakta kalabilmeleri zor olduğu için KFY çalışmalarının önemi bu noktada ortaya çıkmaktadır.

Çalışmada Kalite Evi'nde ilişkiler kısmında dilsel ifadeler kullanılmış ve bu dilsel ifadeler bulanık üçgen sayılara dönüştürülmüştür. İnsan yargılarına dayanan dilsel ifadelerin kesin sayılar yerine bulanık değerlere dönüştürülmesi gerçeği daha iyi yansıtmakta ve daha tutarlı sonuçlar vermektedir.

KFY çalışmasıyla yeni ürün geliştirme veya var olan ürünü ve üretim sürecini geliştirmek adına mevcut kaynaklar karşısında ürün ve süreç planlama imkânı firmaya sunulmuştur. Özellikle yongalama ve yongaların kurutulması sürecindeki spesifikasyonların müşteri tatmin düzeyini artırmasına rağmen firma için kayıp yaratan değerler olduğu uzmanlarla paylaşılmıştır. Bu süreçlerdeki ekipmanların oldukça eski olması ve bakım masrafının yüksek olması firmanın buradaki teknik karakteristiklerden yeterince yararlanamamasının sebebi olarak görülmüştür. Çalışmaya firma tarafından süreklilik kazandırılmasıyla yönetim ve üretim biriminde çalışanların iş birliği içinde olması sağlanmış ve kaliteyi sürekli artırma hedefi benimsenmiş olur.

Çalışmanın Kalite Evi oluşturulması kısmında ilişkiler matrislerinde uzman görüşleri insani faktörler içerdiğinden aynı ağırlıklara sahip olduğu düşünülmüştür. Şef, işçi, yönetici gibi sınıflardan oluşan uzman ekibine farklı ağırlıklar atanarak sonuçların karşılaştırılması daha gerçekçi olabilir.

Bu çalışmada önerilen model, melamin kaplı yonga levha ürünü için uygulanmış ve çalışma, Toplam Kalite Yönetimi yaklaşımının da bir tamamlayıcısı olma özelliğindedir. Model, yapılacak bir takım değişikliklerle diğer ağaç bazlı panel ürünleri ve üretim süreçleri için de uygulanabilecektir. Gelecek çalışmalarda süreç planlama ve üretim planlama aşamalarını da içeren tedarikçide başlayıp müşteride son bulan bir KFY modeli geliştirilebilir ve üretimden hizmete birçok farklı sektörde uygulaması yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abdel, K., Dugdale, M. ve Dugdale, D., 2001. Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy set Theory Approach, British Accounting Review, 33, 455-489.
- Akao, Y., 1990. An Introduction to Quality Function Deployment Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.
- Alakoç, N. P., 2012. Bulanık Kalite Kontrol Grafiklerinde Yeni Bir Yaklaşım (Oran Yaklaşımı), Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alptekin, S. E. ve Tolga, E., 2006. Ürün geliştirme sürecinde çok amaçlı karar verme yaklaşımı, İTÜ Mühendislik Dergisi, 5, 6, 15-26.
- Altaş, İ. H., 1999. Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik Dergisi, 62, 80-85.
- Artut, A., 2013. İktisadi ve İdari Birimler Fakülte'lerinin Bulanık Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- Banker, R. D., Charnes, A. ve Cooper, W. W., 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, Management Science, 30, 9, 1078-1092.
- Başkır, M. B., 2011. Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı Yaklaşımının İyileştirilmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bech, A. C., Hansen, M. ve Wienberg, L., 1997. Application of house of quality in translation of consumer needs into sensory attributes measurable by descriptive sensory analysis, Food Quality and Preference, 8, 5-6, 329-348.
- Benner, M., Linnemann, A. R., Jongen, W. M. F. ve Folstar, P., 2003. Quality Function Deployment (QFD)—can it be used to develop food products?, Food Quality and Preference, 14, 4, 327-339.
- Bertolini, M. ve Carmignani, G., 2010. A QFD-Based Technique to Select And Manage Reverse E-Auctions, Strategic Outsourcing: An International Journal, 3, 2, 128-143.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E. ve Giacchetta, G., 2006. A fuzzy-QFD approach to supplier selection, Journal of Purchasing & Supply Management, 12, 14-27.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E. ve Marchetti, B., 2012. Development and test of a new fuzzy-QFD approach for characterizing customers rating of extra virgin olive oil, Food Quality and Preference, 24, 1, 75-84.

- Bhattacharya, A., Geraghty, J. ve Young, P., 2010. Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment, Applied Soft Computing, 10, 4, 1013-1027.
- Bossert, J. L., 1990. Quality Function Deployment: The Practitioner's Approach (Quality and Reliability) E. G. Schiling, Birinci Baskı, CRC Press, New York.
- Bottani, E. ve Rizzi, A., 2006. Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach, International Journal of Production Economics, 103, 2, 585-599.
- Buyukozkan, G., Ertay, T., Kahraman, C. ve Ruan, D., 2004. Determining the importance weights for the design requirements in the house of quality using the fuzzy analytic network approach, International Journal of Intelligent Systems, 19, 5, 443-461.
- Buyukozkan, G. ve Feyzioglu, O., 2005. Group decision making to better respond customer needs in software development, Computers & Industrial Engineering, 48, 2, 427-441.
- Buyukozkan, G., Feyzioglu, O. ve Ruan, D., 2007. Fuzzy group decision-making to multiple preference formats in quality function deployment, Computers in Industry, 58, 5, 392-402.
- Carnevalli, J. A. ve Miguel, P. C., 2008. Review, analysis and classification of the literature on QFD - Types of research, difficulties and benefits, International Journal of Production Economics, 114, 2, 737-754.
- Celik, M., Cebi, S., Kahraman, C. ve Er, I. D., 2009. An integrated fuzzy QFD model proposal on routing of shipping investment decisions in crude oil tanker market, Expert Systems with Applications, 36, 3, 6227-6235.
- Chan, L. K., Kao, H. P., Ng, A. ve Wu, M. L., 1999. Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods, International Journal of Production Research, 37, 11, 2499-2518.
- Chan, L. K. ve Wu, M. L., 2002. Quality function deployment: A literature review, European Journal of Operational Research, 143, 3, 463-497.
- Chan, L. K. ve Wu, M. L., 2005. A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example, Omega-International Journal of Management Science, 33, 2, 119-139.
- Chang, D. Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95, 3, 649-655.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E., 1978. Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operation Research, 2, 6, 429-444.

- Chen, C. B. ve Klein, C. M., 1997. A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities, Ieee Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics, 27, 1, 26-35.
- Chen, C. H., Chang, Y. H. ve Chou, S. Y., 2008. Enhancing the design of air cargo transportation services via an integrated fuzzy approach, Total Quality Management & Business Excellence, 19, 6, 681-680.
- Chen, C. T., 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems, 114, 1, 1-9.
- Chen, L. H. ve Ko, W. C., 2008. A fuzzy nonlinear model for quality function deployment considering Kano's concept, Mathematical and Computer Modelling, 48, 3-4, 581-593.
- Chen, L. H. ve Weng, M. C., 2003. A fuzzy model for exploiting quality function deployment, Mathematical and Computer Modelling, 38, 5-6, 559-570.
- Chen, L. H. ve Weng, M. C., 2006. An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models, European Journal of Operational Research, 172, 1, 230-248.
- Cho, I. J., Kim, Y. J. ve Kwak, C., 2016. Application of SERVQUAL and fuzzy quality function deployment to service improvement in service centres of electronics companies, Total Quality Management & Business Excellence, 27, 3-4, 368-381.
- Cohen, L., 1995. Quality Function Deployment, How to Make QFD Work For You J. Wesley, 1. Baskı, Prentice Hall, Massachusetts.
- Compton, W. D., 1999. Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi, G. E. Okudan, Beta Yayınevi, İstanbul.
- Cook, W. D., Kress, M. ve Seiford, L. M., 1996. Data envelopment analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors, Journal of the Operational Research Society, 47, 7, 945-953.
- Cooper, W. W., Park, K. S. ve Yu, G., 1999. IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA, Management Science, 45, 4, 597-607.
- Costin, H., 1999. Strategies for Quality Improvement, 2. Baskı, South-Western College.
- Çetin, C., Akın, B. ve Erol, V., 2001. Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri 2. Baskı, Beta Yayınevi, Ankara.
- Day, G. R., 1998. Kalite Fonksiyon Yayılımı: Bir Şirketin Müşterileri ile Bütünleştirilmesi E. T. H. L. Şti., Kesim Ajans, İstanbul.
- Despotis, D. K. ve Smirlis, Y. G., 2002. Data envelopment analysis with imprecise data, European Journal of Operational Research, 140, 1, 24-36.

- Dikmen, I., Birgonul, M. T. ve Kiziltas, S., 2005. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry, Building and Environment, 40, 2, 245-255.
- Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama: Sinirsel Bulanık Mantık) 1. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Golany, B. ve Roll, Y., 1998. An application procedure for DEA, Omega-International Journal of Management Science, 17, 3, 237-250.
- Göksu, A. ve Güngör, İ., 2008. Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13, 3, 1-26.
- Guinta, L. R. ve Praizler, N. C., 1993. The QFD Book: The Team Approach to Solving Problems and Satisfying Customers Through Quality Function Deployment Amacom, Northwestern Üniversitesi.
- Güngör, İ. ve Demirgil, H., 2005. Bölgesel rekabet yapısının bulanık VZA ile araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10, 23-38.
- Güngör, N., 2015. Kalite Fonksiyon Göçerimi (QFD): Ulaşım Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Halis, M., 2010. Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemleri, 1. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Helvacıoğlu, H., 1999. Toplam Kalite Yönetiminin Ürün Geliştirmedeki Yeri, Önemi ve Uygulamadan Örnekler, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Homkhiew, C., Ratanawilai, T. ve Pochana, K., 2012. Application of a quality function deployment technique to design and develop furniture products, Songklanakarın J. Sci. Technology, 34, 6, 663-668.
- Horvath, P. G., Kovacs, Z. ve Denes, L., 2013. Ergonomic Design Using Quality Function Deployment and Design of Experiments, Forest Products Journal, 63, 7-8, 257-262.
- Juan, Y. K., Perng, Y. H., Castro-Lacouture, D. ve Lu, K. S., 2009. Housing refurbishment contractors selection based on a hybrid fuzzy-QFD approach, Automation in Construction, 18, 2, 139-144.
- Kahraman, C., Ertay, T. ve Buyukozkan, G., 2006. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach, European Journal of Operational Research, 171, 2, 390-411.

- Kamvysi, K., Gotzamani, K., Andreas C. Georgiou ve Andronikidis, A., 2010. Integrating DEAHP and DEANP into the quality function deployment, The TQM Journal, 22, 3, 293-316.
- Kamvysi, K., Gotzamani, K., Andronikidis, A. ve Georgiou, A. C., 2014. Capturing and prioritizing students' requirements for course design by embedding Fuzzy-AHP and linear programming in QFD, European Journal of Operational Research, 237, 3, 1083-1094.
- Kannan, G., 2008. Implementation of Fuzzy Quality Function Deployment in an Automobile Component to Improve the Quality Characteristics, Quality Engineering, 20, 321-333.
- Kao, C. ve Liu, S. T., 2000. Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis, Fuzzy Sets and Systems, 113, 3, 427-437.
- Karsak, E. E. ve Dursun, M., 2014. An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data, Expert Systems with Applications, 41, 16, 6995-7004.
- Karsak, E. E., Sozer, S. ve Alptekin, S. E., 2003. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach, Computers & Industrial Engineering, 44, 1, 171-190.
- Kelleci, O., 2013. Silan ile Modifiye Edilen Üreormaldehit Kullanılarak Üretilmiş Yongalevhaların Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Khoo, L. P. ve Ho, N. C., 1996. Framework of a fuzzy quality function deployment system, International Journal of Production Research, 34, 2, 299-311.
- King, B., 1989. Better Designs in Half the Time: Implementing QFD Quality Function Deployment in America 3. Baskı, Goal Q P C Inc. , Massachusetts.
- Kocakoç, İ., 2003. Veri Zarflama Analizi'ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı, D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi, 12, 2, 1-12.
- Koksal, G. ve Egitman, A., 1998. Planning and design of industrial engineering education quality, Computers & Industrial Engineering, 35, 3-4, 639-642.
- Kuo, T. C., Wu, H. H. ve Shieh, J. I., 2009. Integration of environmental considerations in quality function deployment by using fuzzy logic, Expert Systems with Applications, 36, 3, 7148-7156.
- Kurtulmusoglu, F. B., Pakdil, F. ve Atalay, K. D., 2016. Quality improvement strategies of highway bus service based on a fuzzy quality function deployment approach, Transportmetrica a-Transport Science, 12, 2, 175-202.

- Kwong, C. K. ve Bai, H., 2002. A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment, Journal of Intelligent Manufacturing, 13, 5, 367-377.
- Kwong, C. K. ve Bai, H., 2003. Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach, Iie Transactions, 35, 7, 619-626.
- Li, Y. L., Chin, K. S. ve Luo, X. G., 2012. Determining the final priority ratings of customer requirements in product planning by MDBM and BSC, Expert Systems with Applications, 39, 1, 1243-1255.
- Lin, C. Y., Lee, A. H. I. ve Kang, H. Y., 2015. An integrated new product development framework - an application on green and low-carbon products, International Journal of Systems Science, 46, 4, 733-753.
- Liou, T. S. ve Wang, M. J. J., 1992. Ranking Fuzzy Numbers with Integral Value, Fuzzy Sets and Systems, 50, 3, 247-255.
- Liu, H. T., 2009. The extension of fuzzy QFD: From product planning to part deployment, Expert Systems with Applications, 36, 8, 11131-11144.
- Liu, H. T., 2011. Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches, Applied Mathematical Modelling, 35, 1, 482-496.
- Liu, H. T. ve Wang, C. H., 2010. An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process, Applied Mathematical Modelling, 34, 11, 3333-3351.
- Luo, X. G., Kwong, C. K. ve Tang, J. F., 2010. Determining optimal levels of engineering characteristics in quality function deployment under multi-segment market, Computers & Industrial Engineering, 59, 1, 126-135.
- Luo, X. G., Tang, J. F. ve Kwong, C. K., 2010. A QFD-based optimization method for a scalable product platform, Engineering Optimization, 42, 2, 141-156.
- Özdemir, A. ve Demireli, E., 2013. Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 9, 19, 215-238.
- Park, T. ve Kim, K. J., 1998. Determination of an optimal set of design requirements using house of quality, Journal of Operations Management, 16, 569-581.
- Prasad, K. G. D., Subbaiah, K. V., Rao, K. N. ve Sastry, C. V. R. S., 2010. Prioritization of customer needs in house of quality using conjoint analysis, International Journal for Quality research, 4, 2, 145-154.

- Ramanathan, R. ve Jiang, Y. F., 2009. Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using data envelopment analysis, Omega-International Journal of Management Science, 37, 3, 711-723.
- Ramasamy, N. R. ve Selladurai, V., 2004. Fuzzy logic approach to prioritise engineering characteristics in quality function deployment (FL-QFD), International Journal of Quality & Reliability Management, 21, 9, 1012-1023.
- Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process McGraw-Hill, New York.
- Schauerte, T., Johansson, J. ve Gustafsson, A., 2013. From Customer Values To Production Requirements – Improving The Quality Of Wooden Housing, ProLingo, 9, 780-787.
- Schillo, R. S., Isabelle, D. A. ve Shakiba, A., 2017. Linking advanced biofuels policies with stakeholder interests: A method building on Quality Function Deployment, Energy Policy, 100, 126-137.
- Sengupta, J. K., 1992. A Fuzzy-Systems Approach in Data Envelopment Analysis, Computers & Mathematics with Applications, 24, 8-9, 259-266.
- Shillito, M. L., 1994. Advanced QFD: Linking Technology to Market and Company Needs, 1. Baskı, Wiley-Interscience, New York.
- Sivasamy, K., Arumugam, C., Devadasan, S. R., Muruges, R. ve Thilak, V. M. M., 2016. Advanced models of quality function deployment: a literature review, Quality & Quantity, 50, 3, 1399-1414.
- Sofyalıoğlu, Ç. ve Tunail, İ., 2012. Kano Modelinin Kalite Fonksiyon Göçerimi Planlama Matrisinde Kullanımı, Ege Akademik Bakış, 12, 1, 125-135.
- Sohn, S. Y. ve Choi, I. S., 2001. Fuzzy QFD for supply chain management with reliability consideration, Reliability Engineering & System Safety, 72, 3, 327-334.
- Sorensen, C. G., Jorgensen, R. N., Maagaard, J., Bertelsen, K. K., Dalgaard, L. ve Norremark, M., 2010. Conceptual and user-centric design guidelines for a plant nursing robot, Biosystems Engineering, 105, 1, 119-129.
- Şengül, Ü., Eren, M. ve Eslamian Shiraz, S., 2013. Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40, 143-165.
- Temponi, C., Yen, J. ve Tiao, W. A., 1999. House of quality: A fuzzy logic-based requirements analysis, European Journal of Operational Research, 117, 2, 340-354.
- Thompson, R. G., Singleton Jr, F. D., Thrall, R. M. ve Smith, B. A., 1986. Comparative site evaluations for locating a High-Energy Physics Lab in Texas, Interfaces, 16, 35-49.

- Uğur, N., 2007. Bir Üçüncü Parti Lojistik Şirketinde Kalite Fonksiyonu Yayılımı Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Viaene, J. ve Januszewska, R., 1999. Quality function deployment in the chocolate industry, Food Quality and Preference, 10, 4-5, 377-385.
- Wang, Y. M. ve Chin, K. S., 2011a. Fuzzy data envelopment analysis: A fuzzy expected value approach, Expert Systems with Applications, 38, 9, 11678-11685.
- Wang, Y. M. ve Chin, K. S., 2011b. A linear goal programming approach to determining the relative importance weights of customer requirements in quality function deployment, Information Sciences, 181, 24, 5523-5533.
- Wang, Y. M., Chin, K. S. ve Yang, J. B., 2007. Measuring the performances of decision-making units using geometric average efficiency, Journal of the Operational Research Society, 58, 7, 929-937.
- Weifeng, F. ve Mingbiao, X., 2008. The Application of QFD Based on DEA to Improve the TPL Quality of Service. Paper presented at the Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on.
- Wu, H. H., Liao, A. Y. H. ve Wang, P. C., 2005. Using grey theory in quality function deployment to analyse dynamic customer requirements, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25, 11-12, 1241-1247.
- Wu, H. H. ve Shieh, J. I., 2006. Using a Markov chain model in quality function deployment to analyse customer requirements, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30, 1-2, 141-146.
- Yang, Y. Q., Wang, S. Q., Dulaimi, M. ve Low, S. P., 2003. A fuzzy quality function deployment system for buildable design decision-makings, Automation in Construction, 12, 4, 381-393.
- Yenginol, F., 2000. Yeni Ürün Geliştirmede Müşteri İstek Ve İhtiyaçlarını Teknik Karakteristiklere Dönüştürmeyi Sağlayan Bir Yöntem: Kalite Fonksiyon Göçerimi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yiğiter, Ş. ve Özyiğit, H., 2016. Türkiye'deki Finansal Kriz Dönemlerinde Halka Açık İşletmelerin Likidite Performanslarının Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 18, 2, 515-541.
- Yıldız, M. S. ve Baran, Z., 2011. Kalite Fonksiyon Göçerimi ve Homojenize Yoğurt Üretiminde Uygulaması, Ege Akademik Bakış, 11, 1, 59-72.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 3, 338-353.
- Zadeh, L. A., 1978. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility, Fuzzy Sets and Systems, 100, 9-34.

- Zaim, S., Sevkli, M., Camgoz-Akdag, H., Demirel, O. F., Yayla, A. Y. ve Delen, D., 2014. Use of ANP weighted crisp and fuzzy QFD for product development, Expert Systems with Applications, 41, 9, 4464-4474.
- Zaim, S. ve Şevkli, M., 2002. The Methodology of Quality Function Deployment with Crisp and Fuzzy Approaches and an Application in the Turkish Shampoo Industry, Journal of Economic and Social Research, 4, 1, 27-53.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P. ve Zhong, Z. W., 2010. Towards a QFD-based expert system: A novel extension to fuzzy QFD methodology using rough set theory, Expert Systems with Applications, 37, 12, 8888-8896.
- Zhou, M., 1998. Fuzzy logic and optimization models for implementing QFD, Computers & Industrial Engineering, 35, 1-2, 237-240.
- Zultner, R. E., 1993. Tqm for Technical Teams, Communications of the Acm, 36, 10, 79-91.

7. EKLER

Ek 1. Örnek Müşteri Anket Formları

İkili Kıyaslama Anketi

Kod	Müşteri Beklentileri
<i>YüzDüz</i>	Yüzey düzgünlüğü
<i>AltÜst</i>	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm
<i>KesKa</i>	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)
<i>HomKa</i>	Homojen kalınlık
<i>ÇizAş</i>	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım
<i>SuDa</i>	Suya dayanım
<i>UyDi</i>	Uygun direnç
<i>HomYo</i>	Homojen yoğunluk
<i>ForEm</i>	Formaldehit emisyonu
<i>ZamTes</i>	Zamanında teslimat
<i>Müşİl</i>	Müşterilerle sıkı iletişim
<i>KamTan</i>	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri
<i>Eko</i>	Ekonomiklik

Dilsel İfade	Sembol
Eşit önemde	EÖ
Az farkla önemli	AFÖ
Fazla önemli	FÖ
Çok fazla önemli	ÇFÖ
Aşırı derecede önemli	ADÖ

Yüzey düzgünlüğü ve alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm kriterleri kıyaslandığında;

- İkisi de eşit öneme sahipse, EÖ
- Yüzey düzgünlüğü alt ve üst yüzeylerde görünüme göre az farkla önemliyse, AFÖ
- Yüzey düzgünlüğü alt ve üst yüzeylerde görünüme göre fazla önemliyse, FÖ
- Yüzey düzgünlüğü alt ve üst yüzeylerde görünüme göre çok fazla önemliyse, ÇFÖ
- Yüzey düzgünlüğü alt ve üst yüzeylerde görünüme göre aşırı derecede önemliyse, ADÖ

Ek 1'in devamı

Basit Ağırlıklandırma Anketi

Kod	Müşteri Beklentileri
<i>YüzDüz</i>	Yüzey düzgünlüğü
<i>AltÜst</i>	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm
<i>KesKa</i>	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)
<i>HomKa</i>	Homojen kalınlık
<i>ÇizAş</i>	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım
<i>SuDa</i>	Suya dayanım
<i>UyDi</i>	Uygun direnç
<i>HomYo</i>	Homojen yoğunluk
<i>ForEm</i>	Formaldehit emisyonu
<i>ZamTes</i>	Zamanında teslimat
<i>Müşİl</i>	Müşterilerle sıkı iletişim
<i>KamTan</i>	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri
<i>Eko</i>	Ekonomiklik

Dilsel İfade	Sembol
Çok yüksek öneme sahip	ÇY
Yüksek öneme sahip	Y
Orta derecede öneme sahip	O
Düşük öneme sahip	D
Çok düşük öneme sahip	ÇD

Ek 2. Kalite Evi'ndeki İlişki Matrisleri

Ek Tablo 1. Birinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi

UZMAN 1		TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
MÜŞTERİ BEKLENTİLERİ	Kod	Hammadde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Hammadde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzgün taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Pres Süresi	Pres sıcaklığı	Uygun melamin presleme	Hammaddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel
Yüzey düzgünlüğü	<i>YüzDüz</i>	ÇY	Y	D	ÇY	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	<i>AltÜst</i>	Y	O	D	Y	ÇD	O	D	O	O	O	O	O	O	O	O	ÇD	ÇD	ÇD
Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	<i>KesKa</i>	Y	O	D	D	D	Y	ÇY	D	ÇY	Y	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen kalınlık	<i>HomKa</i>	Y	Y	D	Y	Y	O	O	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	<i>ÇizAş</i>	Y	D	D	D	D	O	D	D	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Uygun direnç	<i>UyDir</i>	O	D	Y	Y	D	O	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen yoğunluk	<i>HomYo</i>	O	D	Y	D	Y	D	O	Y	Y	Y	D	D	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
Formaldehit emisyonu	<i>ForEm</i>	Y	D	D	D	D	D	Y	Y	O	O	ÇD	O	Y	Y	O	ÇD	ÇD	ÇD
Zamanında teslimat	<i>ZamTes</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	O	O	ÇD	ÇY	ÇY	Y
Müşterilerle sıkı iletişim	<i>Müşİl</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	O	ÇY	ÇY
Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	<i>KamTan</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇY	ÇY
Ekonomiklik	<i>Eko</i>	Y	O	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	O	D	ÇD	ÇD	D	D	D	D	D	Y	Y	ÇY

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 2. İkinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi

UZMAN 2		TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
MÜŞTERİ BEKLENTİLERİ	Kod	Hammadde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Hammadde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzgün taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Pres Süresi	Pres sıcaklığı	Uygun melamin presleme	Hammaddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel
Yüzey düzgünlüğü	<i>YüzDüz</i>	Y	ÇY	O	Y	O	O	ÇY	ÇY	O	Y	O	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	<i>AltÜst</i>	O	O	O	Y	ÇD	Y	O	Y	O	Y	Y	O	O	Y	O	ÇD	ÇD	ÇD
Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	<i>KesKa</i>	O	O	ÇD	D	D	Y	ÇY	D	ÇY	Y	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen kalınlık	<i>HomKa</i>	O	Y	D	Y	Y	O	O	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	<i>ÇizAş</i>	ÇY	D	D	ÇD	D	O	D	D	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Uygun direnç	<i>UyDir</i>	D	D	Y	O	D	O	O	O	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen yoğunluk	<i>HomYo</i>	D	D	Y	D	Y	D	O	O	Y	Y	O	D	D	D	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
Formaldehit emisyonu	<i>ForEm</i>	O	D	D	D	D	O	O	D	Y	O	Y	O	Y	Y	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
Zamanında teslimat	<i>ZamTes</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	O	O	ÇD	ÇY	ÇY	Y
Müşterilerle sıkı iletişim	<i>Müşİl</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	O	ÇY	ÇY
Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	<i>KamTan</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇY	ÇY
Ekonomiklik	<i>Eko</i>	Y	O	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	O	D	ÇD	ÇD	D	D	D	D	D	Y	Y	ÇY

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 3. Üçüncü uzmanın doldurduğu teknik karakteristik-müşteri beklentisi arası ilişki matrisi

UZMAN 3		TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
MÜŞTERİ BEKLENTİLERİ	Kod	Hammadde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Hammadde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düğünlük taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Pres Süresi	Pres sıcaklığı	Uygun melamin presleme	Hammaddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel
Yüzey düzgünlüğü	<i>YüzDüz</i>	ÇY	Y	D	ÇY	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Alt ve üst yüzeylerde aynı görünüm	<i>AltÜst</i>	Y	O	D	Y	ÇD	O	D	O	O	O	O	O	O	O	O	ÇD	ÇD	ÇD
Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	<i>KesKa</i>	Y	O	D	D	D	Y	ÇY	D	ÇY	Y	Y	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen kalınlık	<i>HomKa</i>	Y	Y	D	Y	Y	O	O	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanım	<i>ÇizAş</i>	Y	D	D	D	D	O	D	D	Y	Y	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD
Uygun direnç	<i>UyDir</i>	O	D	Y	Y	D	O	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Homojen yoğunluk	<i>HomYo</i>	O	D	Y	D	Y	D	O	Y	Y	Y	O	D	D	D	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
Formaldehit emisyonu	<i>ForEm</i>	Y	D	D	D	D	D	Y	Y	O	O	ÇD	O	Y	Y	O	ÇD	ÇD	ÇD
Zamanında teslimat	<i>ZamTes</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇD	ÇD	O	O	ÇD	ÇY	ÇY	Y
Müşterilerle sıkı iletişim	<i>Müşİl</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	O	ÇY	ÇY
Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	<i>KamTan</i>	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	ÇY	ÇY
Ekonomiklik	<i>Eko</i>	Y	O	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	O	D	ÇD	ÇD	D	D	D	D	D	Y	Y	ÇY

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 4. Bulanık sayılara dönüştürülmüş ana matris (Uzmanların verdiği değerler bulanık sayılara dönüştürülmüş ve ortalamaları alınmış)

Müşteri Beklentileri	Önem dereceleri	TK1	TK2	TK3	TK4	TK5	TK6	TK7	TK8	TK9	TK10	TK11	TK12	TK13	TK14	TK15	TK16	TK17	TK18
MB1	0,011	6 8 9	6 8 9	2 4 6	6 8 9	4 6 8	4 6 8	6 8 9	6 8 9	4 6 8	6 8 9	5 7 8	6 8 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB2	0,005	4 6 8	3 5 7	2 4 6	5 7 9	1 1 3	4 6 8	2 4 6	4 6 8	3 5 7	4 6 8	4 6 8	3 5 7	3 5 7	4 6 8	3 5 7	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB3	0,145	4 6 8	3 5 7	1 2 4	1 3 5	1 3 5	5 7 9	7 9 9	1 3 5	7 9 9	5 7 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	7 9 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB4	0,045	4 6 8	5 7 9	1 3 5	5 7 9	5 7 9	3 5 7	3 5 7	5 7 9	7 9 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB5	0,129	6 8 9	1 3 5	1 3 5	1 2 4	1 3 5	3 5 7	1 3 5	1 3 5	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	7 9 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB6	0,056	2 4 6	1 3 5	5 7 9	4 6 8	1 3 5	3 5 7	4 6 8	4 6 8	5 7 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB7	0,153	2 4 6	1 3 5	5 7 9	1 3 5	5 7 9	1 3 5	3 5 7	4 6 8	5 7 9	5 7 9	3 5 7	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB8	0,135	4 6 8	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 3 5	2 4 6	4 6 8	3 5 7	5 6 8	3 5 7	3 4 6	3 5 7	5 7 9	5 7 9	2 3 5	1 1 3	1 1 3	1 1 3
MB9	0,092	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 3 5	1 1 3	1 1 3	1 1 3	3 5 7	3 5 7	1 1 3	7 9 9	7 9 9	5 7 9
MB10	0,047	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	3 5 7	7 9 9	7 9 9
MB11	0,027	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 3 5	1 1 3	7 9 9	7 9 9
MB12	0,155	5 7 9	3 5 7	1 1 3	7 9 9	1 1 3	1 1 3	3 5 7	1 3 5	1 1 3	1 1 3	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 3 5	5 7 9	5 7 9	7 9 9

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 5. Birinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi

Uzman 1	TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
TEKNİK GEREKSİNİMLERİ İLGİLENDİREN KRİTERLER	Ham madde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Ham madde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzensiz taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Sıcak pres süresi	Pres sıcaklığı	Uygun Melamin Presleme Ham maddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel	
Maliyeti	Y	D	Y	ÇY	D	O	Y	O	O	O	ÇD	ÇD	ÇY	O	D	Y	ÇY	ÇY
Operatöre düşen iş yükü	Y	O	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	Y	ÇY	O	ÇD	O	ÇD	O	ÇD	ÇD	D
Kullanılan kimyasal oranı	Y	Y	O	Y	Y	O	O	ÇY	O	Y	ÇY	Y	O	Y	Y	ÇY	ÇD	ÇD
Enerji tüketim durumu	O	ÇY	O	ÇY	Y	Y	ÇD	D	D	D	ÇD	ÇD	Y	Y	Y	O	ÇD	ÇD

Ek Tablo 6. İkinci uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi

Uzman 2	TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
TEKNİK GEREKSİNİMLERİ İLGİLENDİREN KRİTERLER	Ham madde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Ham madde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzensiz taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Sıcak pres süresi	Pres sıcaklığı	Uygun Melamin Presleme Ham maddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel	
Maliyeti	O	Y	ÇY	Y	D	Y	Y	O	O	Y	Y	ÇY	Y	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY
Operatöre düşen iş yükü	Y	D	ÇD	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	ÇY	ÇY	D	O	D	D	D	D	ÇD	ÇD	Y
Kullanılan kimyasal oranı	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇY	Y	ÇD	ÇD	O	Y	Y	Y	O	ÇD	ÇD	ÇD
Enerji tüketim durumu	O	Y	ÇY	ÇY	D	Y	O	D	D	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	Y	ÇD

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 7. Üçüncü uzmanın doldurduğu teknik karakteristikler-faktörler arası ilişki matrisi

Uzman 3	TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																	
TEKNİK GEREKSİNİMLERİ İLGİLENDİREN KRİTERLER	Ham madde karışımı	Yongaların kalınlıkları	Ham madde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dökme yoğunluğu	Kuruma sonrası rutubet	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzgün taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Sıcak pres basıncı	Sıcak pres süresi	Pres sıcaklığı	Uygun Melamin Presleme Hammaddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli personel	
Maliyeti	O	O	O	ÇY	D	D	ÇY	O	O	O	D	O	Y	Y	O	ÇY	ÇY	ÇY
Operatöre düşen iş yükü	D	O	ÇD	Y	Y	Y	ÇD	ÇY	ÇY	O	O	O	O	O	Y	ÇD	D	ÇY
Kullanılan kimyasal oranı	ÇD	ÇD	ÇD	D	D	D	ÇY	O	ÇD	ÇD	D	O	O	O	Y	ÇD	ÇD	ÇD
Enerji tüketim durumu	D	ÇY	ÇY	ÇY	D	ÇY	D	O	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	Y	ÇD

Ek Tablo 8. Bulanık sayılara dönüştürülmüş faktörler-teknik karakteristikler ilişki matrisi (Uzmanların verdiği değerler bulanık sayılara Dönüştürülmüş ve ortalamaları alınmış)

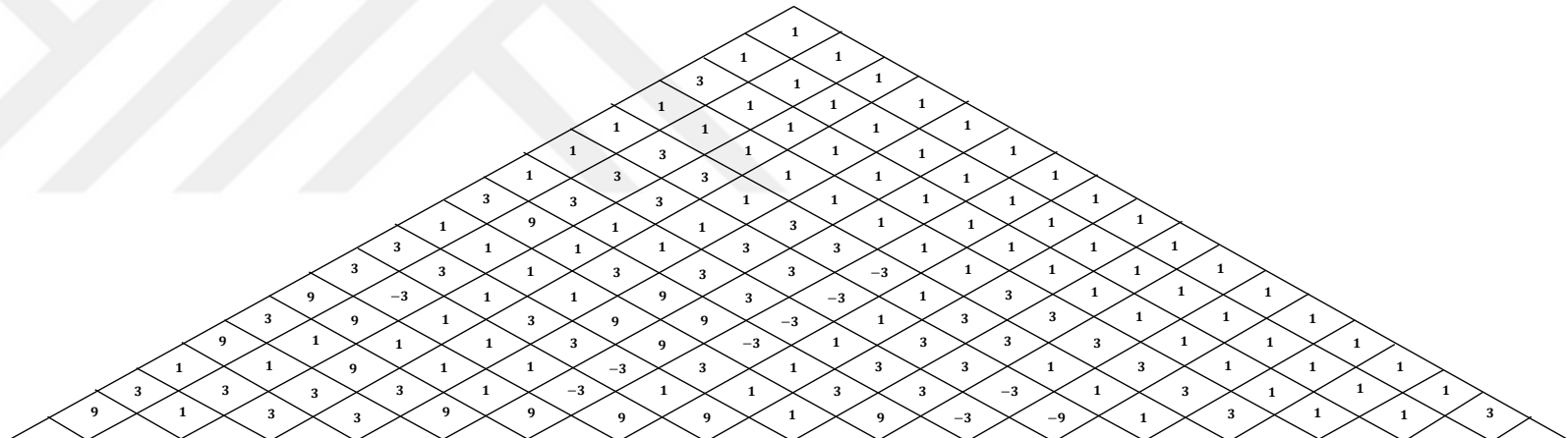
	TEKNİK KARAKTERİSTİKLER																										
	TK 1			TK 2			TK 3			TK 4			TK 5			TK 6			TK 7			TK 8			TK 9		
Maliyeti	3,67	5,67	7,67	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	8,33	6,33	8,33	9,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	6,33	7,67	9,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00
Operatöre düşen iş yükü	3,67	5,67	7,67	2,33	4,33	6,33	1,00	1,00	3,00	6,33	8,33	9,00	2,33	3,00	5,00	2,33	3,67	5,67	1,00	1,00	3,00	5,00	6,33	7,00	6,33	8,33	9,00
Kullanılan kimyasal oranı	2,33	3,00	5,00	2,33	3,00	5,00	1,67	2,33	4,33	2,33	3,67	5,67	2,33	3,67	5,67	1,67	3,00	5,00	6,33	7,67	8,33	5,00	7,00	7,00	1,67	2,33	4,33
Enerji tüketim durumu	2,33	4,33	6,33	6,33	8,33	9,00	5,67	7,67	8,33	7,00	9,00	9,00	2,33	4,33	6,33	5,67	7,67	9,00	1,67	3,00	5,00	1,67	3,67	5,67	1,67	3,67	5,67

Ek 2'nin devamı

Ek Tablo 8'in devamı

	TK 10	TK 11	TK 12	TK 13	TK 14	TK 15	TK 16	TK 17	TK 18
Maliyeti	3,67 5,67 7,67	2,33 3,67 5,67	3,67 5,00 6,33	5,67 7,67 9,00	4,33 6,33 8,33	3,00 5,00 7,00	6,33 8,33 9,00	7,00 9,00 9,00	7,00 9,00 9,00
Operatöre düşen iş yükü	3,67 5,67 7,00	3,00 5,00 7,00	1,67 3,00 5,00	2,33 4,33 6,33	1,67 3,00 5,00	3,00 5,00 7,00	1,00 1,00 3,00	1,00 1,67 3,67	4,33 6,33 7,67
Kullanılan kimyasal oranı	2,33 3,00 5,00	3,67 5,67 7,00	4,33 6,33 8,33	3,67 5,67 7,67	4,33 6,33 8,33	4,33 6,33 8,33	3,00 3,67 5,00	1,00 1,00 3,00	1,00 1,00 3,00
Enerji tüketim durumu	3,67 5,67 7,67	4,33 5,67 7,00	5,00 6,33 7,00	6,33 8,33 9,00	6,33 8,33 9,00	5,00 7,00 9,00	4,33 6,33 8,33	3,67 5,00 7,00	1,00 1,00 3,00

Ek 3. Yonga Levha Ürünü İçin Oluşturulan Kalite Evi



Teknik Karakteristikler		MB Önem Derecesi	Ham madde karışımı	Yongaların Kalınlıkları	Ham madde (odun) giriş rutubeti	Yongalama makinesi tipi	Kuru yonga dikleme yoğunluğu	Kuruma süresi	Tutkal miktarı	Tutkallamanın homojen yapılması	Düzgün taslak oluşturulması	Serme rutubeti	Ön pres basıncı	Steak pres basıncı	Steak pres süresi	Pres sıcaklığı	Uygun melamin presleme	Ham maddeye yakınlık	Pazara yakınlık	Nitelikli Personel
Müşteri Beklentileri	Yüzey düzlüğü	0.011	6 8 9	6 8 9	2 4 6	6 8 9	4 6 8	4 6 8	6 8 9	6 8 9	4 6 8	6 8 9	5 7 8	6 8 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Alt ve üst yüzeylerde aynı görünümlü	0.005	4 6 8	3 5 7	2 4 6	5 7 9	1 1 3	4 6 8	2 4 6	4 6 8	3 5 7	4 6 8	4 6 8	3 5 7	3 5 7	4 6 8	3 5 7	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Kesim kalitesi (İşlenebilirlik)	0.145	4 6 8	3 5 7	1 2 4	1 3 5	1 3 5	5 7 9	7 9 9	1 3 5	7 9 9	5 7 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	5 7 9	7 9 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Homojen kalınlık	0.045	4 6 8	5 7 9	1 3 5	5 7 9	5 7 9	3 5 7	3 5 7	5 7 9	7 9 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Çizilmeye ve aşınmaya karşı dayanıklılık	0.129	6 8 9	1 3 5	1 3 5	1 2 4	1 3 5	3 5 7	1 3 5	1 3 5	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	5 7 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Uygun Direnç	0.056	2 4 6	1 3 5	5 7 9	4 6 8	1 3 5	3 5 7	4 6 8	4 6 8	5 7 9	5 7 9	5 7 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	7 9 9	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Homojen yoğunluk	0.153	2 4 6	1 3 5	5 7 9	1 3 5	5 7 9	1 3 5	3 5 7	4 6 8	5 7 9	5 7 9	3 5 7	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Formaldehit emisyonu	0.135	4 6 8	1 3 5	1 3 5	1 3 5	1 3 5	2 4 6	4 6 8	3 5 7	5 6 8	3 5 7	3 4 6	3 5 7	5 7 9	5 7 9	2 3 5	1 1 3	1 1 3	1 1 3
	Zamanında teslimat	0.092	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	7 9 9	7 9 9
	Müşterilerle sıkı iletişim	0.047	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	3 5 7	7 9 9
	Kampanya ve tanıtım faaliyetleri	0.027	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	7 9 9	7 9 9
	Ekonomiklik	0.155	5 7 9	3 5 7	1 1 3	7 9 9	1 1 3	1 1 3	3 5 7	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	1 1 3	5 7 9	5 7 9
	TK Mutlak Önem		3,5 5,2 7,0	1,8 3,5 5,5	1,9 3,1 5,1	2,4 3,9 5,6	1,8 3,2 5,2	2,2 3,6 5,6	3,2 4,9 6,6	2,2 3,8 5,8	4,1 5,5 7,1	3,4 4,8 6,8	3,3 4,9 6,6	3,3 5,0 6,5	3,8 5,6 7,1	3,5 5,3 7,1	3,2 4,5 5,9	2,3 2,9 4,7	2,6 3,3 4,9	2,7 3,4 4,9
	TK Bulanık İlk Önem		12,8 18,9 25,7	6,3 12,0 18,7	5,7 9,4 15,5	7,2 11,9 17,0	8,4 14,6 23,7	8,6 13,9 21,6	4,1 6,3 8,5	5,6 9,9 15,0	14,8 20,0 25,9	15,4 21,5 30,4	6,7 9,7 13,3	8,8 11,4	9,8 14,6 18,4	9,5 14,5 19,3	6,8 9,5 12,6	4,5 5,7 9,3	5,5 6,9 10,4	5,8 7,2 10,4
	TK Kesim İlk Önem		19,08	12,25	10,00	12,00	15,33	14,50	6,30	10,10	20,18	22,20	9,85	8,70	14,35	14,45	9,60	6,30	7,43	7,65
TK İlk Sıra		3	8	11	9	4	5	17-18	10	2	1	12	14	7	6	13	17-18	16	15	
Kıstaklar	Maliyeti		3,67 5,67 7,67	3,00 5,00 7,00	5,00 7,00 8,33	6,33 8,33 9,00	1,00 3,00 5,00	3,00 5,00 7,00	6,33 7,67 9,00	3,00 5,00 7,00	3,00 5,00 7,00	3,67 5,67 7,67	2,33 3,67 5,67	3,67 5,67 7,67	5,67 7,67 9,00	4,33 6,33 8,33	3,00 5,00 7,00	6,33 8,33 9,00	7,00 9,00 9,00	7,00 9,00 9,00
	Operatöre düşen iş yükü		3,67 5,67 7,67	2,33 4,33 6,33	1,00 1,00 3,00	6,33 8,33 9,00	2,33 3,00 5,00	2,33 3,67 5,67	1,00 1,00 3,00	6,33 7,00 6,33	7,00 6,33 8,33	3,67 5,67 7,67	3,00 5,00 7,00	3,00 5,00 7,00	1,67 3,00 5,00	2,33 4,33 6,33	1,67 3,00 5,00	3,00 5,00 7,00	1,00 1,00 3,00	1,67 3,67 4,33 6,33 7,67
	Kullanılan kimyasal oran		2,33 3,00 5,00	2,33 3,00 5,00	1,67 2,33 4,33	2,33 3,67 5,67	2,33 3,67 5,67	1,67 3,00 5,00	6,33 7,67 8,33	5,00 7,00 7,00	1,67 2,33 4,33	2,33 3,00 5,00	3,67 5,67 7,67	4,33 6,33 8,33	3,67 5,67 7,67	4,33 6,33 8,33	4,33 6,33 8,33	3,00 3,67 5,00	1,00 1,00 3,00	1,00 1,00 3,00
Enerji tüketim durumu		2,33 4,33 6,33	6,33 8,33 9,00	5,67 7,67 8,33	7,00 9,00 9,00	2,33 4,33 6,33	5,67 7,67 9,00	1,67 3,00 5,00	1,67 3,67 5,67	1,67 3,67 5,67	3,67 5,67 7,67	4,33 5,67 7,67	5,00 6,33 7,00	6,33 8,33 9,00	6,33 8,33 9,00	5,00 7,00 9,00	4,33 6,33 8,33	3,67 5,00 7,00	1,00 1,00 3,00	
TK Son Önem		1,153	0,872	1	0,843	1	1,005	1	0,949	1,049	1,149	1,1	1,039	1,067	1,054	0,9	0,975	1	1	
TK Son Sıra		1	17	9-13	18	9-13	8	9-13	15	6	2	3	7	4	5	16	14	9-13	9-13	
Sıralamadaki Fark		2	-9	--	-9	-9	-3	5	-5	-4	-1	9	7	3	1	-3	4	3	2	

ÖZGEÇMİŞ

Yıldız KÖSE 1992 yılında Trabzon'da doğdu. 2010 yılında Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2014 yılı Kasım ayından beri Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak görevine devam eden Yıldız Köse iyi derecede İngilizce bilmektedir.

