

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tekstil Müh. Evren DURSUN

Anabilim Dalı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2009

**BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tekstil Müh. Evren DURSUN
507031015

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Ferhan ÇEBİ
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Cengiz Kahraman
Prof.Dr. Sıtkı Gözlü

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sürecinde beni her konuda destekleyen, bilgi ve görüşleri ile çalışmama ışık tutan değerli hocam ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Ferhan Çebi'ye, yaptığım anketler konusunda yardımlarını esirgemeyen GAAT International Ülke Müdürleri Sayın Ediz Yücet'in ve Ben Zahrouni'ye; çalışmam boyunca bana destek olan sevgili nişanlım Tansev Aksoylar'a teşekkürlerimi arz ederim.

Aralık 2008

Evren Dursun

Tekstil Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	vii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tedarik Kavramı ve Tedarik Zinciri Yönetimi	1
1.2 Tekstilde Tedarik Zinciri.....	4
1.3 Tedarikçi Seçiminin Önemi	5
1.3.1 Teslimat.....	5
1.3.2 Kalite	5
1.3.3 Hizmet.....	6
1.3.4 Fiyatlandırma	6
2. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN TEKNİKLER	7
2.1 Çok Ölçütlü Deterministik Değerlendirme Yöntemleri	7
2.1.1 Dinamik Programlama	7
2.1.2 Hedef Programlama	7
2.1.3 Puanlama Modelleri	7
2.1.4 Toplam Verimlilik Modeli	9
2.1.5 AHP	9
2.1.6 Deterministik Sıralama Yöntemleri	9
2.2 Çok Ölçütlü Deterministik Olmayan Yöntemler	10
2.2.1 Oyun Teorisi Modelleri.....	10
2.2.2 Stokastik Programlama	10
2.2.3 Uzman Sistemler	10
2.2.4 Fayda Modelleri	11
2.2.5 Karar Destek Sistemleri	12
3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER TEORİSİ.....	13
3.1 Belirsizlik Kavramı	13
3.2 Üyelik Dereceleri	14
3.3 Bulanık Sistem	16
3.4 Üyelik Fonksiyonları.....	18
3.5 Bulanık Kümeler	22
3.6 Bulanık Kümeler ile İlgili Tanımlar.....	23
3.6.1 Bulanık Kümenin Desteği (The Support of a Fuzzy Set)	23
3.6.2 Bulanık Kümenin Yüksekliği (The Height of a Fuzzy Set).....	23
3.6.3 Bulanık Kümenin α -Kesimi (The α -cut of a Fuzzy Set).....	23
3.6.4 Düzey Kümesi (The Level Set).....	24
3.6.5 Ölçeklendirilmiş Eleman Sayısı (Scalar Cardinality)	24
3.6.6 Alt Küme (The Subset of a Fuzzy Set)	24
3.6.7 Bulanık Küme İşlemleri	24
3.6.7.1 Bulanık Tümleme Fonksiyonu	24
3.6.7.2 Bulanık Birleşim Fonksiyonu	25
3.6.7.3 Bulanık Kesişim Fonksiyonu	25

3.7	Bulanık Sayılarda Aritmetik işlemler.....	26
3.7.1	Bulanık Sayılar ile Toplama ve Çıkarma	26
3.7.2	Bulanık Sayılar ile Çarpma ve Bölme.....	27
3.8	Durulaştırma.....	28
3.9	Bulanık kümelerin Lamda Kesimleri	29
3.10	Bulanık Kümelerin Avantaj ve Dezavantajları	29
4.	BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİK PROSES YÖNETİMİ.....	31
4.1	Analitik Hiyerarşi Prosesi	31
4.1.1	Karar Verme Süreci.....	31
4.1.2	Hiyerarşik Yapı	31
4.1.3	Ölçme ve Yapı Oluşturma.....	34
4.1.4	İkili Karşılaştırmalar Matrisi ve Ağırlıklar Kümesi	36
4.1.5	Yöntemde Kullanılan Ölçek.....	36
4.1.6	Tutarlılık.....	38
4.2	Düzeltilmiş AHP	39
4.3	Bulanık AHP	41
4.3.1	Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı.....	43
4.3.1.1	Lootsma'nın Logaritmik En Küçük Kare Yöntemi	44
4.3.1.2	Üçgen Bulanık Sayılar için Geliştirilen Aritmetik İşlemler	45
4.3.1.3	Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımının Algoritması	45
4.3.2	Buckley Yaklaşımı	46
4.3.2.1	Geometrik Ortalama Yöntemi.....	47
4.4	Genişletilmiş Bulanık AHP	48
5.	AHP' NİN EVRELERİ.....	53
5.1	Problemin Belirlenmesi.....	53
5.2	Sistem Yaklaşımının Ortaya Konması	53
5.3	Hiyerarşik Yapının Kurulması	54
5.4	Önceliklerin Belirlenmesi	55
5.5	Sentezleme	56
5.6	Değerlendirme ve Sonuç	56
6.	UYGULAMA: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN BİR KARAR DESTEK MODELİ	59
6.1	Bulanık AHP ile Değerlendirme	59
6.2	Matematiksel Model Uygulaması	82
7.	SONUÇ.....	89
	KAYNAKLAR.....	91
	EKLER.....	95

KISALTMALAR

AHP	:Anatilik Hiyerarşı Prosesi
BHP	:Bulanık Hiyerarşı Prosesi
B2B	:Business to Business
MAUM	:Multi Attribute Utility Model
MCDM	:Multiple Criteria Decision Making
TZY	:Tedarik Zinciri Yönetimi
TZE	:Tedarik Zinciri Entegrasyonu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4-1 :Kriterlerin İkili Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçek.....	37
Çizelge 4-2 :Tesadüfîlik Göstergeleri.....	39
Çizelge 4-3 :İkili Karşılaştırma Matrisi.....	39
Çizelge 4-4 :İyi yöntem yaklaşımı.....	40
Çizelge 4-5 :A4 Alternatifi Eklenmiş İkili Karşılaştırma Matrisi	40
Çizelge 4-6 :Düzeltilmiş AHP ile Elde Edilen Matris.....	41
Çizelge 4-7 :AHP Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi	51
Çizelge 5-1 :Önceliklerin Belirlenmesi	55
Çizelge 5-2 :Sayısal Değerler	56
Çizelge 6-1 :Ana Kriterler için ikili Karşılaştırmalar Matrisi	62
Çizelge 6-2 :Teslimat Şekli için ikili Karşılaştırmalar Matrisi.....	63
Çizelge 6-3 :Kalite Kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi	63
Çizelge 6-4 :Hizmet Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi	64
Çizelge 6-5 :Fiyat Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	65
Çizelge 6-6 :Teslimat Şekli Alt Kriteri ikili Karşılaştırmalar Matrisi	66
Çizelge 6-7 :Zamanında Teslimat alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi.....	67
Çizelge 6-8 :Teslimat iptali alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar Matrisi.....	68
Çizelge 6-9 :QC iptali alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar Matrisi	69
Çizelge 6-10 :Alıcı iptali için ikili karşılaştırmalar Matrisi.....	71
Çizelge 6-11 :Hızlı cevap alt kriteri İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	72
Çizelge 6-12 :Kapasite alt kriteri için ikili karşılaştırmalar vektörü	73
Çizelge 6-13 :İletişim alt kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi	75
Çizelge 6-14 :Esneklik alt kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi	76
Çizelge 6-15 :Uygun fiyat alt kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi.....	77
Çizelge 6-16 :İndirim oranı alt kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	79
Çizelge 6-17 :Teslimat Kriterine göre Görelî Ağırlıklar	80
Çizelge 6-18 :Kalite Kriterine göre Görelî Ağırlıklar	80
Çizelge 6-19 :Hizmet Kriterine göre Görelî Ağırlıklar	81
Çizelge 6-20 :Fiyat Kriterine göre Görelî Ağırlıklar	81
Çizelge 6-21 :Tedarikçi Seçimine göre ağırlıklar.....	81
Çizelge 6-22 :QC ve Alıcı iptal Yüzdeleri	83
Çizelge 6-23 :Uçak – Gemi Yükleme Yüzdeleri	84
Çizelge 6-24 :Tedarikçiler için sipariş limitleri.....	85
Çizelge 6-25 :Tedarikçi başına Toplam kalite maliyeti Hesaplaması	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Tekstil Tedarik Zinciri Sırlaması	4
Şekil 2.1	: Stratejik Öneriler ve Taktik Alternatiflerinin Grafıksel Gösterimi (Parsaei ve Wilhelm, 1989).....	8
Şekil 3.1	: Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme (Şen, 2001).....	15
Şekil 3.2	: Üçgensel Bulanık Sayı	16
Şekil 3.3	: Bitişik Dikdörtgen Gösterimi (Şen, 2001)	18
Şekil 3.4	: Bitişik Üçgen Gösterimi(Şen, 2001)	19
Şekil 3.5	: Örtüşmeli Üçgen Gösterimi (Şen, 2001).....	19
Şekil 3.6	: Bulanık Küme (Şen, 2001).....	20
Şekil 3.7	: Yamuk ve Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonları (Şen, 2001).....	20
Şekil 3.8	: Üyelik Fonksiyonu Kısımları (Şen, 2001)	21
Şekil 3.9	: Bulanık Kümeler, (a) Normal, (b) Normal Olmayan (Şen, 2001)	21
Şekil 3.10	: Bulanık Kümeler, (a) Dışbükey, (b) Dışbükey Olmayan (Şen, 2001) ...	22
Şekil 3.11	: Bulanık Sayılar, (a) Üçgen, (b) Yamuk (Şen, 2001).....	26
Şekil 3.12	: Bulanık Sayı Kesim Seviyeleri (Şen, ,2001).....	26
Şekil 3.13	: İki Bulanık Kümenin Toplamı (Şen, 2001).....	27
Şekil 3.14	: A Bulanık Kümesi (Şen, 2001).....	28
Şekil 3.15	: A Bulanık Kümesi (Şen, 2001).....	29
Şekil 4.1	: Tedarikçi Seçimi Hiyerarşisi	33
Şekil 4.2	: (l,m,u) Bulanık Üçgen Sayısı	45
Şekil 4.3	: Yamuk Bulanık Sayı (a, b, c, d)	47
Şekil 4.4	: M_1 ve M_2 arasındaki Kesişim Noktası	49
Şekil 5.1	: Hiyerarşik Yapının Kurulması	54
Şekil 6.1	: Tedarikçi Seçimi için Hiyerarşik Yapı	61

BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

ÖZET

Günümüzde işletmelerin bulundukları sektörde yüksek performans göstermeleri sadece kendi performanslarına bağlı değildir. İşletmelere ait tedarik zincirinin diğer üyelerinin performansı da işletmelerin başarısını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, başarılı olabilmek, başarılarını sürdürmek ve rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için, işletmeler tedarik zincirlerine gereken önemi vermeli ve tedarik zincirlerini etkin bir şekilde yönetmelidirler.

Tedarikçiler de hizmet ettikleri işletmenin amaçları doğrultusunda işletmeyle uyumlu çalışmak zorundadırlar. İşletmelerin belirli bir kalite standardı sunulabilmesi ve bunu belirli zaman diliminde yapabilmesi tedarik zincirindeki tüm tedarikçilerin etkin şekilde çalışmasıyla ve görevlerini yerine getirmesiyle mümkündür. İşletmenin yüksek performans gösterebilmesi için tedarikçilerin performansının da yüksek olması gerekir.

Tedarikçi performansını etkileyen birçok faktör vardır. Bundan dolayı tedarikçi performansının değerlendirilmesi çok sayıda değerlendirme kriteri gerektiren birçok kriterli karar verme problemidir.

Tekstil sektöründe liflerden iplik, iplikten örme ya da dokuma yoluyla tekstil yüzeyinin eldesi ve tekstil yüzeyinin boyama ya da baskı yoluyla renklendirilmesi aşamaları tekstil, hazır hale gelen tekstil yüzeyinin kesim, dikim ve ütü-paket aşamalarından sonra nihai ürün haline gelmesi ise hazır giyim olarak adlandırılmaktadır. Nihai ürüne giden tüm bu aşamalarda uzun ve karmaşık bir tedarik süreci mevcuttur. Özellikle fiyat ile kalite dengesinin sağlanabilmesi için tedarikçi seçiminin düzgün yapılması, doğru tedarikçiden, doğru fiyata ve en kaliteli şekilde satın alma yapılması günümüz şartlarında mecburidir.

Bu tez çalışmasında tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir mümessil firmanın; tedarikçilerini, hizmet, teslimat performansı, fiyat, kalite kıstaslarına göre nasıl değerlendirdiği ve buna göre tedarikçilerini nasıl seçtiği problemi incelenmiştir. Tedarikçilerin seçimi bulanık AHP yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bulunan sonuçlar firmanın gelecek stratejilerine göre matematiksel bir model oluşturmada kullanılmış, tedarikçilere dağıtacağı sipariş miktarı Hedef Programlama yolu ile belirlenmiştir.

SUPPLIER SELECTION BY USING FUZZY AHP METHOD AND AN APPLICATION IN TEXTILE SECTOR

SUMMARY

Today the success of the firms is dependant not only on their own performance. The performance of the other supply chain members affects the performance of the firms directly. For this reason, to be successful, to maintain success and to gain competitive advantage, the firms must give sufficient importance to their supply chain and manage them efficiently. Suppliers must work in cooperation with the objectives of the firms.

The firms can achieve a certain quality standard in a certain time period only if the supply chain works efficiently and properly. For the firms to show high performance, the supply chain must show high performance as well.

There are different elements that affect the performance of the suppliers. For this reason, the assessment of the suppliers' performance is a multi criteria decision making problem.

The process of obtaining yarn from fiber, fabric from yarn, by knitting or weaving, a the dying and printing process of fabric is called textiles, and the process of cutting, sewing, and ironing- packing of the textile product is called manufacturing. The steps that lead to a garment encompass a long and a complicated supply chain. Regarding today's circumstances, it is essential to choose suppliers by taking the price and the quality aspects into account, to balance the price and the quality.

In this thesis, the problem that a textile agent assesses the suppliers regarding their service, delivery, price and quality criterion and the way the agent chooses the correct suppliers according to the result of the assessment are analyzed. The selection of the suppliers is evaluated by using fuzzy AHP. The results, obtained from fuzzy AHP are used as a basis for structuring a mathematical model for the future strategies of the firm to guide how to place the orders between suppliers. For the second step of application, Goal Programming is used to solve the problem.

1. GİRİŞ

Günümüzde iş dünyasının yükselen değerleri arasında tedarik zinciri yönetimi (TZY) kavramı gelmektedir. TZY, kısaca bir malın hammadde halinde üreticiye gelişi ve üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçtiği rotanın optimize edilerek maliyetlerin düşürülmesi olarak tanımlanabilir. En basit halindeki bu tanımı genişletirsek, TZY, ürünün en uygun şekilde akışını sağlayarak stok maliyetini düşürmeyi, ürün sevkiyatındaki belirsizlikleri azaltarak kritik karar alma süreçlerini en aza indirmeyi, sipariş sistemini standartlaştırarak planlama harcamalarını ve sipariş maliyetini minimize etmeyi amaçlayan faaliyetler bütünüdür. Şirketlerin uyguladıkları tedarik zinciri stratejilerinin, sahip oldukları rekabet gücü üzerindeki direkt etkilerinin görülmesi hem akademik alanda hem de iş dünyasında dikkatlerin bu alanlara yönelmesine neden olmuştur. Bu stratejilerden biri olan tedarik zinciri entegrasyonu (TZE) da şirketlere sayısız yararlar sağlamaktadır. Tekstil sektöründe de birçok işletme, rekabet üstünlüğü elde etmede işletmeler arası ilişkilerin önemini anlamış ve gerek tedarikçileri gerekse müşterileriyle olan ilişkilerini karşılıklı işbirliği esasına bağlı olarak yeniden yapılandırmaya başlamışlardır.

1.1 Tedarik Kavramı ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Malzeme gereksiniminin karşılanması, satın alma fonksiyonu içinde düşünülür. Üretim kontrolü, mühendis ve malzeme istemeye yetkili diğer kısımlar tarafından düzenlenen ihtiyaç listelerindeki malzemelerin, istenen cins ve miktarda satın alınmasından tedarik bölümü sorumludur. İşletme organizasyonunda tedarik kısmı, genellikle satın alma bölümü içinde yer alır.

Tedarik bölümünün sadece istenen malzemeleri temin etmek yerine, ilgili kısımlarla çok iyi bir iletişime girerek malzemelerde istenen özellikleri tam anlamıyla kavraması satın alma aşamasında önce mevcut alternatifleri daha iyi değerlendirebilmesine yardımcı olacak ve dolayısıyla ile de tedarik fonksiyonu, işlevlerini tam anlamıyla yerine getirebilmesine yardımcı olacaktır. Tedarik ana görevleri aşağıdaki gruplara ayrılabilir;

1. İhtiyaç duyulan malzemenin özelliklerinin, olanaklar dâhilinde standartlaştırmak ve amaca en uygun nitelik gösteren malzemeyi satın almak üzere kontrolden geçirmek,
2. En uygun tedarik kaynaklarını seçmek ve işin teslimi dâhil, satın alma koşullarını tartışarak ilgili bölümlere satın alma emirleri göstermek,
3. Teslimatın, öngörülen zamanda, kalitenin ve miktarın istenen şekilde olup olmadığını izlemek,
4. Satın alma konusuna giren her türlü maddenin teminiyle ilgili olarak, ilgili bölümler ve satıcılar arasındaki sözleşmenin yapılmasına nezaret etmek ve bunu yönetmek,
5. Firmanın, piyasadaki bir haber alma ve bilgi toplama servisi gibi hareket ederek maliyetin düşürülmesi veya firma ürünlerinin kalitesinin yükseltilmesi amacıyla, sürekli olarak yeni ve daha etkin satıcıları, yeni malzemeleri ve ürünleri araştırmak.

Etkin bir şekilde çalışan bir tedarik bölümü, firmanın dış dünya ile olan bağlantısının en önemli noktalarından birini oluşturur. Firma dışından gelen bilgi akımının görüş noktasını Tedarik Bölümü oluşturur.

Bir tedarik sisteminin etkinliği, firmanın çeşitli fonksiyonlarından ve dış kaynaklardan tedarik bölümüne, tedarik bölümünden firmanın diğer fonksiyonlarına olan diğer bilgi akımına bağlıdır.

Tedarik zinciri, bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili elde etme, üretim ve dağıtım faaliyetlerinden kolektif bir biçimde sorumlu olan otonom veya yarı otonom iş faaliyetlerinden oluşan bir şebekedir.

Lee ve Billington'a göre ise tedarik zinciri, hammaddeleri elde eden, bunları yarı ve tamamlanmış ürünlere dönüştüren ve ardından bir dağıtım sistemi vasıtasıyla bu ürünleri müşterilere teslim eden yapılar şebekesidir.

Nihaî müşterilere dağıtılmak üzere hammaddeleri tamamlanmış ürünlere dönüştüren tedarik zinciri, çok safhalı, kapsamında birden fazla görevi olan ve birçok işletmeyi içeren bir prosestir.

Genel bir tanım olarak tedarik zinciri, hammaddelerin siparişi ve elde edilmesinden, mamullerin üretilmesine ve müşteriye dağıtım ve ulaştırılmasına kadar olan kurumsal fonksiyonlarına uzanan bir faaliyetler dizisidir.

Bu noktada, tek bir ürün için basit bir tedarik zinciri örneği verilebilir. Bu zincirde satıcılardan hammadde sağlanır, tek bir adımda tamamlanmış ürüne dönüştürülür, ardından dağıtım merkezlerine ve son olarak da müşterilere taşınır. Gerçek tedarik zincirleri ortak bileşenlere, üretim araçlarına ve kapasitelere sahip tamamlanmış birçok ürünü bulundurur.

Tedarik Zincirinin Fonksiyonları:

Bir iş ortamında üç çeşit akış mevcuttur. Bunlar:

1. Mamulün elde edilmesinden tüketimine kadar olan akışı
2. Satıcılardan iş ortamına ve buradan da müşterilere olan bilgi akışı
3. Satın alma vs. için gerekli fonları sağlayan müşterilerden iş ortamına olan finansal akış.

Tedarik zinciri fonksiyonları ise iş ortamındaki mamul akışını temsil etmektedir.

Tedarik zinciri bir işletmede doğru malzemelerin, hizmetlerin ve teknolojinin doğru kaynaktan, doğru zaman ve uygun kalitede satın alındığının garanti edilmesinden sorumludur.

Tedarik zinciri, malzemelerin sağlanması, bu malzemelerin ara ve tamamlanmış ürünlere dönüşümü ve tamamlanmış ürünlerin müşterilere dağıtımı fonksiyonlarını yerine getiren araç ve dağıtım seçeneklerinin bir şebekesidir. Tedarik zinciri, karmaşıklığı endüstri veya işletmeye göre değişse de, hem hizmet, hem de üretim işletmelerinde bulunur.

Sonuç olarak, tedarik zinciri; tedarik, ürün tasarımı, üretim planlaması, malzeme yönetimi, siparişlerin yerine getirilmesi, envanter yönetimi, nakliye, depolama ve müşteri servislerini kapsar.

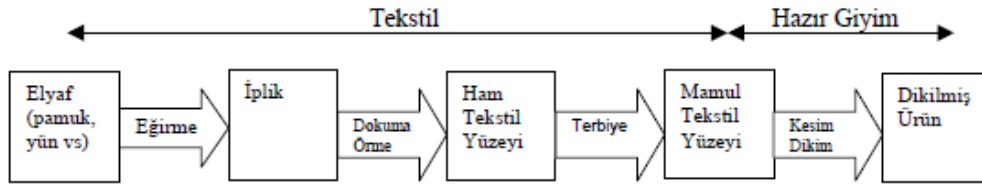
Kurumsal fonksiyonların verimli olabilmeleri için bütünleşik bir biçimde çalışmaları gerekir. Tedarik zinciri ile ilgili olaylara hızlı ve kaliteli bir şekilde karşılıklar verilmesini sağlamak için kuruluş çerçevesindeki birçok fonksiyonun koordinasyonu gereklidir.

Tedarik zinciri yönetimi müşteriye memnun edecek bir şekilde daha iyi bir şekilde ürün ve hizmet üretip sunmak için genişleyen bir faktörler bileşenini planlama ve kontrol etme amacıyla ileri teknoloji, bilişim yönetimi ve yöneylem araştırmaları

matematiği kullanır. İleri seviyede programlar, ilişkisel veritabanları ve buna benzer teknik araçları kullanır.

1.2 Tekstilde Tedarik Zinciri

Lee ve Billington’a göre, tedarik zinciri, hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağıdır. (Özdemir A. ,2004) Tedarik zinciri; arzın ve talebin yönetilmesi, hammaddelerin tedariki, üretim ve montaj, depolama, envanter yönetimi, sipariş yönetimi ve müşterilere ürünlerin dağıtım vb. faaliyetleri kapsar ve tüm bu faaliyetlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan bilgi sistemlerini de içerir



Şekil 1.1: Tekstil Tedarik Zinciri Sırlaması.

Bir tekstil ürünündeki ürün ağacı incelendiğinde hammadde, kumaşın örüleceği/dokunacağı iplik, kumaş, dikiş ipliği, aksesuar, tela gibi uzun bir girdi listesi karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu girdilerin nerelerden tedarik edileceği hem ürünün fiyatını, hem de üretim zamanını doğrudan etkilemektedir. Yine üretim basamakları incelendiğinde kumaş boya apre, kesim, dikim, ütü, paketleme gibi pek çok üretim basamağı mevcuttur. Bu kadar farklı girdi ile ve bu kadar çok işlem basamağı sonucunda üretimin sağlanması, üretici firmalar için de yine farklı bir tedarikçi zinciri yönetimini ve karar sürecini zorunlu kılar.

Kısacası tekstil tedarik zinciri, ürünlerin hammaddelerinin tedariki, kesim, dikim, etiketleme, ütüleme, paketleme, sipariş alma, taşıma, dağıtım kanallarının kontrolü, teslim ve tersine lojistik süreçleri içine alan birimlerin oluşturduğu zincire denir. Bu zincire günümüzde kalite kavramı ve sürecin her alanında yalın ve çevik lojistik uygulamaları da eklemiştir. Ancak tekstilde artan rekabetin karlılığın sınırlarını oldukça aşağılara çekmesi en önemli sorundur. Bu sektörde karlı kalmak ve karlılığını artırmak isteyen şirketler, üretim süreçlerini mümkün olduğunca akıcı ve kısa süreli kılmak durumundadır. Eldeki kaynakları en iyi şekilde kullanmak, tedarik ve stok süreçlerini olabildiğinde etkinleştirmek, maliyetleri en alt seviyede tutmak

yani daha kaliteli ürünü daha kısa sürede ve daha az maliyetle üretmek bu sektörün oyuncularının en önemli çabasıdır.

1.3 Tedarikçi Seçiminin Önemi

Geleneksel çalışmalara baktığımızda tedarikçi seçiminde veya değerlendirilmesinde üç ana kriter söz konusudur. Bunlar; fiyat, kalite ve teslimattır (Öz, E. ve Baykoç, Ö. F,2004).Bunlara ilave olarak müşteri memnuniyeti, esneklik, satış sonrası hizmet gibi kriterlerde tedarikçi seçiminde kullanılmaktadır. B2B çalışan firmalar açısından müşteri memnuniyeti tedarikçi firmanın performansı ile müşteri firmanın beklentilerinin karşılaştırılması sonucu oluşmaktadır. Parahinski ve Benton (2004) tedarikçi değerlendirmesini kritik başarı faktörleri açısından ele almış ve kriterleri ürün kalitesi, teslimat performansı, fiyat, değişen isteklere cevap verme, servis desteği ve genel performans olarak belirlemişlerdir. Tedarikçi performansı üretici firmayı direkt olarak etkilemektedir ve üretici firma için oldukça kritik bir etkidir.

1.3.1 Teslimat

Tedarikçinin önceden belirlenen bir teslimat çizelgesine uyma kabiliyeti tedarikçi seçiminde ve tedarikçi-üretici ilişkilerinin değerlendirilmesinde ve sürdürülmesinde her zaman için önemli bir kriterdir. Tedarikçi firma müşterinin talebine göre tam bir teslimat çizelgesini izleme kabiliyetine sahip olmalıdır (Chan ve Kumar, 1996). Teslimat ana kriteri ise tedarikçiden satın alınan ürünlerin güvenilir bir şekilde teslim edilmesi ve sağladığı ürünleri zamanında teslim etmesini kapsamaktadır. Zaman dışında teslimat şekli de (uçak- gemi) teslimat performansını etkileyen faktörlerdir.

1.3.2 Kalite

Tedarik zinciri yönetiminde kalite üreticinin sorumluluğu olduğu kadar, üreticiye mamul üretiminde kullanılmak üzere parça, yarı mamul ve malzeme sağlayan tedarikçinin de sorumluluğudur. Tedarikçinin üretim yeteneği aynı zamanda bitmiş ürünün kalitesini de belirlemektedir (Chen ve diğ.,2005).Kalite, tedarikçinin sağladığı ürünlerin kalite oranını, üretici firmanın kalite gereklerine uygun siparişlerin oranını, tedarikçiye geri iade edilen ürünlerin oranını kapsar.

1.3.3 Hizmet

Geleneksel kriterlerin yanında, tedarikçinin sunduğu hizmet de tedarikçi performansının değerlendirilmesinde önemli bir kriter olmaktadır (Katsikas ve diğ.,200). Tedarikçinin verdiği iyi hizmet tedarikçi seçiminde önemli bir kriterdir ve tedarikçi performansının müşteri tarafından yüksek olarak değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir. Servis kriteri, tekstil sektörü için, iletişim, hızlı geri dönüş, esneklik öğelerini içerir(Chan ve Kumar,2006).

1.3.4 Fiyatlandırma

Üretici firmalar karlılıklarını artırmak için ürünlerinde kullandıkları malzemeleri mümkün olduğunca minimum fiyatla elde etmek isterler. Bu nedenle firmalar ürünlerin üretimi ile ilgili maliyetlerini minimize edebilecekleri düşük maliyetli tedarik kaynağı bulmak zorundadırlar (Chan ve Kumar, 2006). Genellikle firmalar, tedarikçi seçiminde firmaların daha rekabetçi olmaları ve performanslarını geliştirmelerini mümkün kılacak firmaların kara geçmelerini sağlayacak düşük seviyeli birim fiyatı esas almaktadırlar (Tracey ve Tan, 2001). Bu nedenle fiyat satın alma kararının verilmesinde önemli bir belirleyicidir. Fiyatlama kriteri, tedarikçinin diğer tedarikçilere göre daha uygun fiyat vermesi ve alınan ürün miktarına göre diğer tedarikçilere oranla daha yüksek oranda fiyat indirimi uygulamasından oluşmaktadır.

2. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

2.1 Çok Ölçütlü Deterministik Değerlendirme Yöntemleri

2.1.1 Dinamik Programlama

Dinamik programlama, ileri otomasyonlu imalat yatırımı kararının sadece mevcut maliyet ve gelirlere bağlı olmadığı, bunun yanında geçmişte alınan yatırım kararlarının da etkili olduğu düşünülecek olursa, ekonomik değerlendirme açısından uygun bir analiz yöntemidir. İleri imalat yatırımlarının değerlendirilmesi stratejik yatırım kararlarının zaman içindeki bir dizisi şeklinde düşünülebilir. Buradaki her aşamada ilave bir yatırım kararı alınması gerekir. Böylece, her bir aşamada yatırım prosesi çeşitli bölümlere ayrılarak problemi çözmek için daha uygun bir hale getirilir (Soni ve diğ.,1992).

2.1.2 Hedef Programlama

Hedef programlama, esnek imalat sistemindeki yatırım kararlarının çok ölçütlü olarak modellenmesinde kullanılmıştır.· Belli bir zaman dilimi içinde kabul edilebilir bir çözüm ortaya koyar.

Matematiksel bir programlama aracı olan bu yöntemde, birden çok ve birbiriyle çelişen hedefler analiz edilir. Kısa vadeli bir problemin çözümünde ihtiyaç duyulan zamanda uzun vadeli bir planlama da yapılabilir. Planlama zamanının uzunluğu çözüm için gerekli olan zamanı etkilemez. Hedef programlaması modelinin en önemli dezavantajı, kararın alındığı şartların dinamik yapısını dikkate atmamasıdır. Ayrıca bu modelleme yaklaşımında bazı önemli nitel faktörler göz önünde tutulmaz (Soni ve diğ.,1992).

2.1.3 Puanlama Modelleri

Puanlama modellerinin başlıca özelliği, yatırım kararına ait bir analitik yaklaşımda parasal olmayan veya ekonomik yönden sayısallaştırılamayan unsurların göz önüne alınmasına izin vermesidir. Puanlama modelleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Soni ve diğ., 1992):

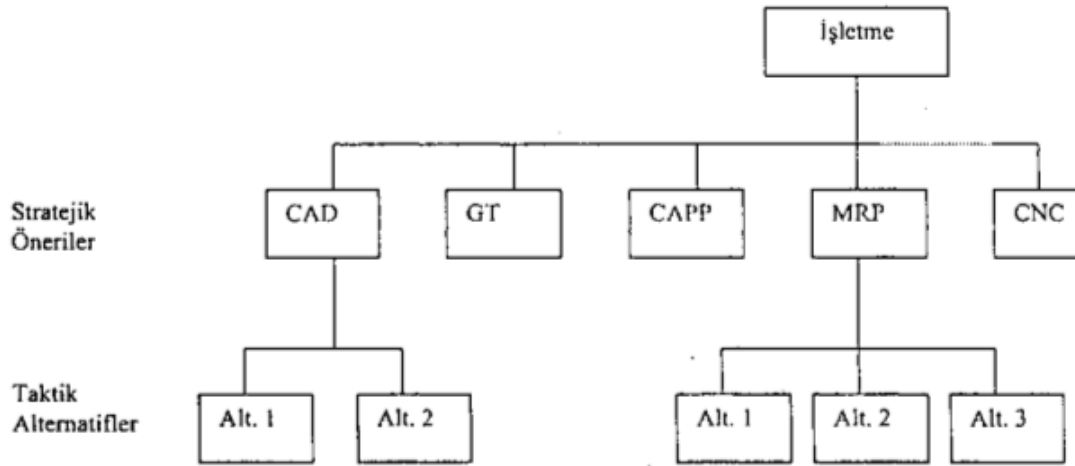
- Ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör modelleri
- Ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modelleri
- Ağırlıklandırılmış puanlama modelleri
- Kısıtlı ağırlıklandırılmış faktör puanlama modelleri

Puanlama modellerinde kullanılan giriş verileri, diğer modellerde ihtiyaç duyulan tahmin yöntemlerine oranla daha öznelir.

Puanlama modelleri içinde, araştırmacılar tarafından en yaygın olarak kullanılan yöntem lineer toplamsal modellemedir. Parsaei ve Wilhelm (1989), firmanın uzun ve kısa vadeli ileri otomasyonlu imalat yatırım alternatiflerinin çekiciliğini değerlendirmede karar vericiye yardım etmek için lineer toplamsal bir modelleme yaklaşımı önermektedir.

Bu yaklaşım, iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşama, çeşitli stratejik (uzun vadeli) otomasyon önerilerinin çekiciliğini araştırırken; ikinci aşama,

birinci aşamada en çekici olarak seçilen stratejik önerinin gerçekleştirilmesi için her bir taktik (kısa vadeli) alternatifi değerlendirmektedir. Şekil 2.1 de önerilen bu yaklaşımın grafiği verilmiştir.



Şekil 2.1 : Stratejik Öneriler ve Taktik Alternatiflerinin Grafıksel Gösterimi (Parsaei ve Wilhelm, 1989).

Lineer toplamsal model, bu metodolojinin iki aşamasında da aşağıdaki matematiksel ilişki ile ifade edilebilir (Parsaei ve Wilhelm, 1989):

$$\text{Max } D_j = \sum W_i X_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

D_j : j. karar alternatifinden elde edilen puan

W_j : karar prosesinde göreceli öneme sahip i. nitelik için atanmış ağırlık

X_{ij} : i. niteliğe bağlı olarak j. karar alternatifinin beklenen performansı

2.1.4 Toplam Verimlilik Modeli

Bu yöntem, önerilen teçhizat yatırımının verimlilik açısından karlılık üzerine etkisini tayin etmek için kullanılır. Bir proje, önceden belirlenmiş bir verimlilik seviyesine eşit veya ondan daha büyük bir verimlilik seviyesine sahipse kabul edilir. Sumanthy ve Pino (1986) tarafından önerilen toplam verimlilik modeli, personel, malzeme, sermaye, enerji ve diğer ölçülerle ilgili beş verimlilik ölçüsünü göz önüne almaktadır. Projeler, bu verimlilik ölçülerine göre kabul edilebilir seviyede puan alma yeteneklerine bağlı olarak değerlendirilmektedirler. Bu yöntemin bilgisayar yazılımları da vardır. Yazılım paketi, değişiklik yapabilmeyi sağlar ve "eğer-ne" tipi analizlere olanak tanır.

2.1.5 AHP

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), Saaty (1980, 1982) tarafından ortaya atılmıştır. Bir sistemi etkileyen faktörlerin (elemanların) hiyerarşik gösterimini kullanır ve bir karar problemini çözmek için bu faktörleri ikili gruplar halinde karşılaştırarak alternatifleri sıralar. Bu sayede alternatiflerin ya da elemanların sistem üzerindeki etkisini inceler.

Bu yöntem ulaştırma problemleri, işletme planlaması, pazarlama stratejisi, enerji politikası, proje seçimi ve bütçe tahsilâtı gibi çeşitli karar verme problemlerinde başarıyla uygulanmıştır. AHP yönteminin en güçlü tarafı karmaşık, çok ölçütlü ve çok periyotlu problemleri hiyerarşik olarak oluşturabilmesidir. Karar verme prosesinde rasyonel, irrasyonel ve sezgisel yargıların birleşimini gösteren geniş bir yapıya sahiptir. Bu yargıların kararlı veya geçişli olması gerekmez. Yargıların kararlılık derecesi analitik prosenin bir yan ürünü olarak hesaplanır (Soni ve diğ., 1992).

2.1.6 Deterministik Sıralama Yöntemleri

Sıralama yöntemleri, çok ölçütlü karar verme problemlerinde karar vericinin önceliklerine dayanarak çeşitli alternatiflerin sıralanması için kullanılır (Goicoechea ve diğ., 1982). Çok ölçütlü karar vermede sıralama yöntemlerinin kullanılmasını ilk defa 1966 yılında Benyoun önermiştir. ELECTRE, ORESTE, PROMETHEE ve MELCHIOR gibi yöntemler bu aileye bağlıdır.

Bu yöntemlerin avantajları, basitlik, açıklık ve kararlılıktır. Bu yöntemler, bulanık küme gibi uygulamalarla bazı özel hallere genişletilmişlerdir. Bu yöntemler kamu politikası kararlarında ve diğer büyük sermaye yatırımlarında başarıyla uygulanmıştır. İleri otomasyonlu imalat sistemlerinin çok ölçütlü değerlendirilmesinde sıralama yöntemlerinin kullanılması Kolli ve Parsaei (1992) tarafından önerilmiştir.

2.2 Çok Ölçütlü Deterministik Olmayan Yöntemler

Bu bölümde yer alan en yaygın kullanıma sahip olan teknikler bulanık kümeler, uzman sistemler, fayda ve oyun teorisi modelleridir. Bunların yanında stokastik programlama, karar destek sistemleri ve deterministik olmayan sıralama yöntemleri hakkında da bilgi verilecektir.

2.2.1 Oyun Teorisi Modelleri

İşletme ve ekonomi kaynaklarında "oyun" zamanla ortaya çıkacak olan belli ödemeleri önceden kestirmek için karar verme zorunluluğunda kalan tarafların (veya oyuncuların) çıkar çatışmalarını veya rekabetini yansıtır. Oyun teorisi karar sürecinde matematik yönü ile tarafların seçeneklerini formüle etmeyi amaçlamaktadır(Halaç, 1984).

2.2.2 Stokastik Programlama

Stokastik (tahmini) programlama esnek ürün imalat kapasitesi yatırımlarında maliyet-esneklik takasını (trade-off) analiz etmek için kullanılmıştır. Esnek ürün imalat kapasitesi yatırım modeli için iki aşamalı stokastik programlama formülasyonunu ileri sürülmüştür(Fine ve Freund ,1990). Bu yaklaşımın avantajları, karar vericinin maliyet-esneklik takaslarını daha iyi anlaması ve karar verme prosesini daha yakından takip edebilmesidir. Bu yöntem sayesinde esneklik değeri belirlenebilir. Esneklik analizi için Kulatilaka (1984) tarafından stokastik dinamik program geliştirilmiştir.

2.2.3 Uzman Sistemler

Bir uzman sistem, kesin kurallar ve mantıksal muhakeme mekanizması ile karmaşık problemleri çözme yeteneğine sahip bir bilgisayar programıdır. Buradaki kurallar uzmanların problem çözme yaklaşımlarını göstermektedir. Uzman sistemlerin en

önemli özelliği kesin olmayan verilerle problemleri ele almasıdır (Canada ve Sullivan,1989).

Bir uzman sistem bilgi tabanı, çıkarım motoru, kontrol mekanizması, çalışma hafızası ve kullanıcı ara yüzünden oluşur. Uzman sistemler çeşitli bilgisayar dillerinden oluşturulabilir. Bu sistemler ayrıca diğer bilgisayar yazılımları ile etkileşim halinde bulunabilirler.

XVENTURE, karar süreci boyunca işletmenin varlığını sürdürmesinde birinci derecede etkili olmuştur. Uzman sistemlerdeki kararlardan bazıları şunlardır:

- GO - Yatırım ekonomiktir
- DEFER - Şimdi yatırım yapılmamalı
- NO GO - Yatırımı reddet

İmalat tesislerinin yenilenmesi ve seçimi için bilgi tabanlı bir uzman sistem geliştirilmiştir. Bu uzman sistem, ekonomik analistlerin ve uzmanların sezgisel karar verme tekniklerini sayısal modellerde birleştirmektedir (Fisher ve Nof,1987).

Endüstriyel robot seçimi problemi için geliştirdikleri bir uzman sistemde fonksiyonel, organizasyonel ve ekonomik ölçütleri dikkate almışlardır (Boubekri,1991).Uzman sistemin veri tabanı kolaylıkla güncelleştirilebilmektedir.

2.2.4 Fayda Modelleri

Çok ölçütlü fayda modeli (MAUM – Multi attribute Utility Model), karar vericinin çok ölçütlü fayda fonksiyonu şeklindeki önceliklerini değerlendirerek kendisi için en uygun seçeneği belirlemesini sağlar. Bu model, çoğunlukla bireysel fayda fonksiyonlarının toplu veya çoklu bir fayda fonksiyonu olarak da ifade edilebilir.

n ölçütlü çıktıların tüm kombinasyonları (1) toplu veya (2) çoklu fonksiyon olarak ifade edilebilir. Ölçütlerin her bir çifti için;

1. Tamamlayıcısından tercihen bağımsız
2. Tamamlayıcısından faydalı bağımsız

olduğundan söz edilebilir (Canada ve Sullivan, 1989).

Fayda fonksiyonun şekli tercihe bağlıdır ve bir karar vericiden diğerine değişir. Bu modelin en önemli dezavantajı fayda modellerinin kurulma sürecinde takas

sorularına verilecek cevaplarla ilgilidir. Bu yöntem oldukça öznel, karşı sezgisel ve uğraştırıcıdır.

Bu yöntemde, tedarikçinin toplam faydası her ölçütten elde edilen faydanın birleştirilmesi ile bulunur. En yüksek faydaya sahip alternatif seçilir (Keeney ve Raiffa, 1976)

2.2.5 Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemi, yönetsel analiz için bir bilişim sistemi oluşturan bilgisayarlaştırılmış bir yaklaşımdır. İdari problemlerin çözümü için kullanıcıların birbirini etkilediği finansal bir küme, simülasyon ve optimizasyon teknikleri, bir veri tabanı ve terminalden oluşan bir modelden meydana gelir. Bir karar destek sistemi veri işletiminden daha çok bir karar prosesi üzerine odaklanır. Karar destek sistemleri orta ve üst yönetim için oluşturulur. Yöneticilerin daha iyi karar vermesi için gerekli bilgiyi sağlayan "eğer~ne" tipi analizin uygulanması karar destek sistemi ile mümkündür (Soni ve diğ., 1992).

3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER TEORİSİ

3.1 Belirsizlik Kavramı

Her insan günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşır. Bu durumların sistematik bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak birtakım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Şimdiye kadar yapılan mühendislik araştırmalarında ve modellemelerinde bu varsayım ile kabul ve kavramlara kesinlik kazandırmak için değişik çalışmalarda bulunulmuştur. Halbuki, büyük ölçeklerden küçük ölçeklere doğru geçildikçe incelenen olayların kesinlikten uzaklaşarak belirsizlikler içeren yönere doğru gitmeleri söz konusudur.

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar verilemeyeiştten kaynaklanır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncesinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu türlü belirsizlikleri işleyemezler ve çalışmaları için sayısal bilgiler gereklidir. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamı ile mümkün olamadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh (1968) tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir. Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de ihtiva ettiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez.

Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lotfi Zadeh (1965) tarafından literatüre mal edilmesine karşılık, bu fikirler Batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tepki almıştır. Ancak, 1970'li yıllardan sonra Doğu dünyasında ve özellikle de Japonya'da bulanık mantık ve sistem kavramlarına önem verilmiştir. Bunların, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması bugün bütün dünyada yaygın hale gelmiştir. Batıda gecikmenin ana sebebi Batı kültürünün temelinde ikili mantık, yani Aristo mantığının yatması ve olaylara evet-hayır, beyaz-siyah, kurak-sulak, artı-eksi, 0-1 vb. ikili esasta yaklaşılmasıdır. Bu iki değer arasında başka seçeneklere kesin değil düşüncesi ile hiç yer verilmezdi. Batı'da bulanık (fuzzy) kelimesi güvensizliği ifade eder. Doğu'da ise bu güvensizlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır. Örneğin, insanlar arasındaki gerekli diyalogun bile sağlanması bu tür bulanık (kesin olamayan, oldukça kişisel) görüşlere bağlıdır (Zadeh, Klir, Yuan , 1996).

3.2 Üyelik Dereceleri

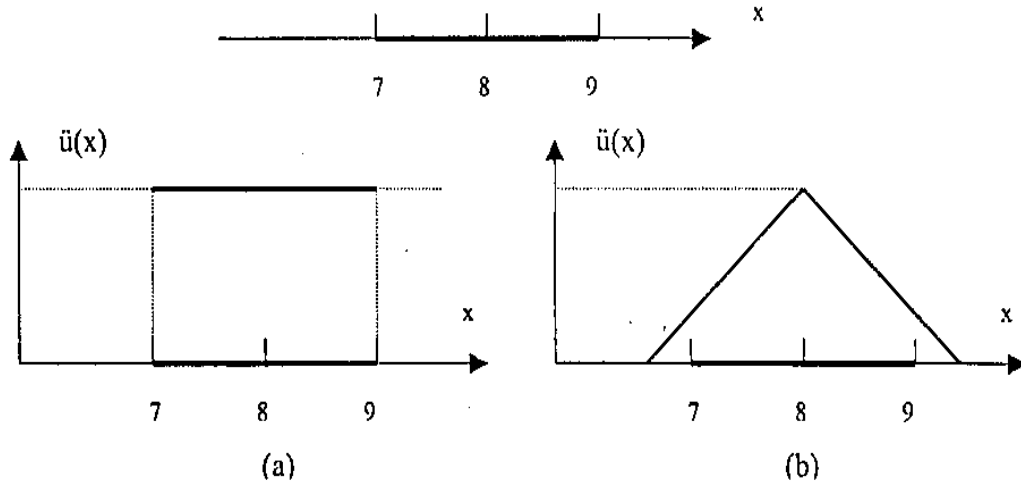
Belirsizlik durumlarında en uygun yöntem bilim esasının küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacağı Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında belirtilmiştir. Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur veya değildir. Hâlbuki Zadeh yaklaşımına göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun veya kısa olanlar uzun boylu değil diye dışlanamazlar. Esas alınan uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile, uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girmektedir. Böylelikle dünyadaki tüm insanlar kümesindeki insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik derecelerinin bulunduğu söylenebilir.

Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Hâlbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Zadeh, küme öğelerinin üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileri sürerek kümeler teorisinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatla uyumlu olan bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Bu kadar basit temeli olan bulanık kümeler kavramının özellikle 1980 yılı

sonrasındaki teknoloji ve bilimsel çalışmalarda etkisi büyük olmuştur. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir (Şen, 2001):

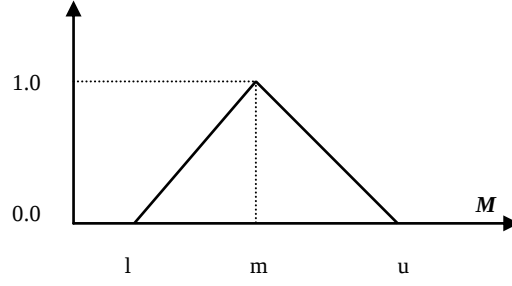
1. Bulanık kümenin normal olmasıdır ki, bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1' e sahip olması gerekliliğidir.
2. Bulanık kümenin monoton olması istenir ki, bunun anlamı üyelik derecesi 1' e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1' e yakın olmasıdır.
3. Üyelik derecesi 1' e eşit olan öğeden sağa veya sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Klasik kümelerle bulanık kümelerin arasındaki önemli farklardan bir tanesi, klasik kümelerin sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesi fonksiyonu bulunmasına karşılık, bulanık kümenin yukarıdaki üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmasıdır. Şekil 3.1'de 7 ile 9 arasında değişen gerçek sayıların üyelik dereceleri fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 3.1: Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme (Şen, 2001).

Bir bulanık üçgensel sayı, (l/m, m/u) veya (l,m,u) şeklinde gösterilir. l, m, u ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade eder.



Şekil 3.2 : Üçgensel Bulanık Sayı.

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi şu şekildedir.

$$\mu(x / \tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x \leq m, \\ (u - x)/(u - m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (3.1)$$

3.3 Bulanık Sistem

Bulanıklığın anlamı, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam olarak bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin tümüdür. Bulanık ilkelerin yardımı ile olayların incelenmesinde veri ve bilgi bakımından bir bulanıklık söz konusu ise de, bulanık yöntemlerin işleyişi tamamen belirgindir. Araştırmacıların bulanık sistemleri kullanması için genel olarak iki sebep vardır. Bunlar şöyle ifade edilebilir (Şen, 2001):

1. Gerçek dünya olaylarının çok karmaşık olması dolayısıyla bu olayların belirgin denklemlerle tanımlanarak, kesin bir şekilde kontrol altına alınması mümkün olmaz. Bunun doğal sonucu olarak araştırmacı, kesin olmasa bile yaklaşık fakat çözülebilirliği olan yöntemlere başvurmayı her zaman tercih eder. Zaten Einstein'ın da dediği gibi, gerçek olaylar matematik denklemlerle kesinlikle ifade edilebiliyor denirse, ya denklemlerin kesinliğinden veya matematik denklemler gerçeği kesin olarak tasvir edebiliyor sonucuna varılırsa, bu sefer de, gerçek dünya olaylarından söz edilemez. O halde, yapılan bütün çalışmalarda çözümler bir dereceye kadar yaklaşıktır. Aksi takdirde, çok sayıda doğrusal olmayan denklemlerin aynı zamanlı olarak çözülmesi gerekir ki, bunun günümüz bilgilerine göre belirgin olmayan kaotik (buhranlı) çözümlere yol açacağı bilinmektedir (Lorenz, 1963).

2. Mühendislikte bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir şekilde ifade eder. Birçok gerçek sistem doğrusal (lineer) olmamasına rağmen bunların klasik yöntemlerle incelenmesinde doğrusallığı kabul etmek için her türlü gayret sarf edilir. Örneğin, mukavemet hesaplarında malzemenin gerilme altında şekil değiştirmesinin doğrusal olduğu, Hooke Kanunu ile kesin bir ifadeye kavuşturulmuştur. Halbuki, malzemenin her zaman bu şekilde davranması beklenemez ve bu sebeple küçük de olsa bazı sapmaların olması muhtemeldir. Zaten bunun doğal sonucu olarak, mukavemet boyutlandırmalarında *emniyet katsayısı* gibi bir büyüklük hesaplara ithal edilerek, olabilecek belirsizlikler yine belirgin bir şekilde göz önünde tutulmuştur. Emniyet katsayısının kullanılması, bir bakıma, belirsizliklerin arka kapıdan çözümün içine katı bir şekilde sokulmasıdır. Halbuki gerçek malzemenin davranışlarında emniyet katsayısı gibi bir büyüklüğe gerek kalmadan boyutlandırma yapılması için belirsizlik ilkelerine gerek duyulur.

Günümüzde bilgi ve bunun getirdiği sözel verilere önem verilmektedir. Bunun sebebi, insanların bir cihaz gibi sayısal değil de yaklaşık sözel verilerle konuşarak anlaşmasıdır. Sözel veriler gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Sözel insan verilerini, bir sistem içinde formüle ederek, cihazların verdiği sayısal bilgilerle beraber mühendislik sistemlerinde ele almak gerekir. Bulanık sistemlerin asıl işleyeceği konu bu tür bilgilerin bulunması halinde, çözümlemelere gitmek için nasıl düşünüleceğidir. İyi bir mühendislik teorisinin incelenen olayın önemli bazı özelliklerini yakalayarak onu yaklaşık bir biçimde modellemesi ve matematik açısından karmaşık olmayacak çözümlerle kontrol altına alması beklenir. Aslında bulanık yöntemlerle bir sistemin modellenmesinde de yaklaşıklık ve oldukça kolay çözümlülük bulunur. Bu bakımdan bulanık sistemler teorik ve matematik aksiyomlu yaklaşımlardan bağımsız bir çözüm algoritmasını temsil eder (Şen, 2001).

Bulanık sistemlerle ilgili örneklerden en yaygın olanı, bir kişinin araba sürmesini öğrenmesinde ortaya çıkan sözel bilgilerdir. Sürücü adayına hız şu kadar km'ye varınca gaza şu kadar bas denilecek yerde, eğitim sırasında

"EĞER hız düşük İSE gaza fazlaca bas"

Veya

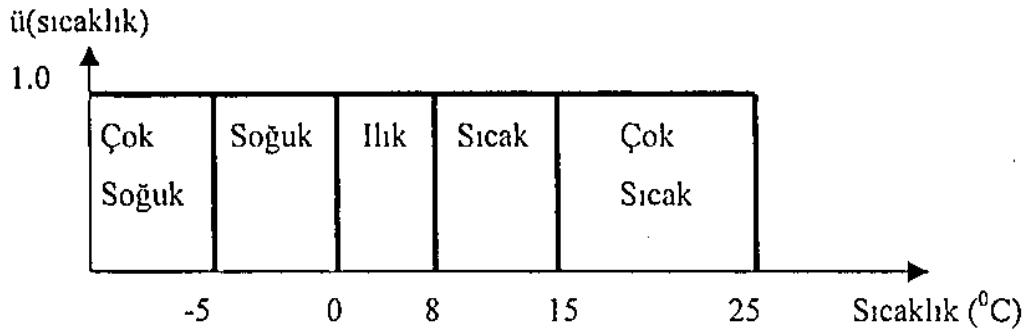
"EĞER hız yüksek İSE gaza az bas"

gibi kurallar söylenir. Bu kurallardaki düşük, fazlaca, yüksek ve az kelimeleri ister istemez belirli bir aralıkta sayısal değerleri ima eder. İşte bu ima edilen değerler

topluluğuna o kelimeyi temsil eden küme denir. Bu kümenin her ögesi aynı derecede önemli değildir. Ancak bazı değerler vardır ki, bunlar diğerlerine göre çok önceliklidir. EĞER-İSE şeklindeki kuralların EĞER ile İSE kelimeleri arasında kalan kısımlarına öncül kısım ve İSE kelimesinden sonra olan kısma da soncul kısım veya kural çıkarımı adı verilir. Genci olarak, öncül kısımda olayla ilgili koşulları içeren değişler vardır. Soncul kısım ise daha ziyade kontrol ile ilgilidir.

3.4 Üyelik Fonksiyonları

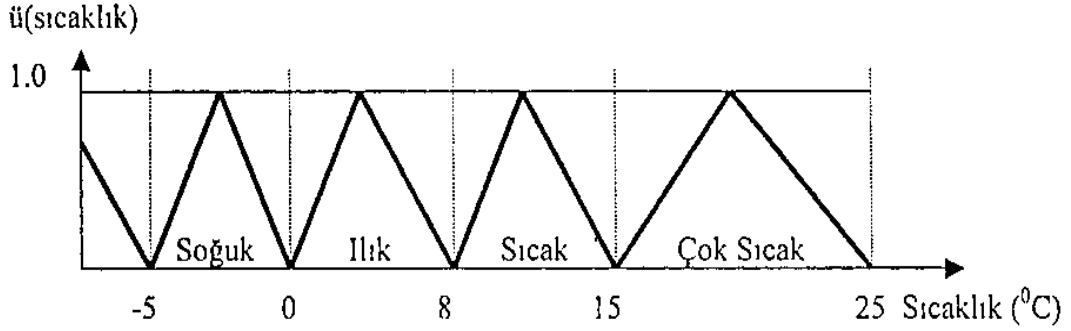
Bir bulanık kelime veya ifadenin temsil ettiği sayısal aralık, o ifade hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından belirlenebilir. Mesela, İstanbul'da sıcaklık derecesinin değişim aralığının aşağı yukarı -5°C ' den $+35^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar olduğu söylenebilir. İşte bu aralık sıcaklık kümesinin İstanbul için öğelerinin bulunabileceği aralığı belirtir. Böylece tüm sıcaklık uzayı belirlenmiştir. Ancak, günlük konuşmalarda bu sıcaklık uzayının da birtakım alt aralıklardan oluştuğu düşünülür. Çok soğukun -5°C ile 0°C , soğukun 0°C ile $+8^{\circ}\text{C}$, ılığın $+8^{\circ}\text{C}$ ile $+15^{\circ}\text{C}$, sıcaklığın $+15^{\circ}\text{C}$ ile 25°C , çok sıcak ise $+25^{\circ}\text{C}$ ' den başladığı söylenebilir. Şekil 3.3'deki gösterim dikkate alınacak olursa, bu aralıkların sınırlarında Aristo mantığına göre katı kararlar alındığı görülür. Her alt aralığa düşen sıcaklık değerinin üyelik derecesi, sadece o aralıkta 1'e, diğer aralıklarda ise 0'a eşittir. Bu nedenle, her sıcaklık alt değerinin üyelik fonksiyonu yüksekliği 1'e eşit olan bir dikdörtgen şeklindedir (Şen, 2001).



Şekil 3.3: Bitişik Dikdörtgen Gösterimi (Şen, 2001).

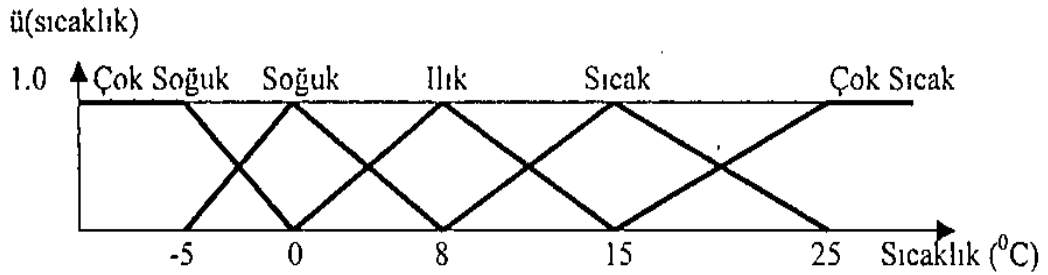
Şekil 3.4'de yukarıdaki tartışmanın bir doğal sonucu olarak en basit üçgen üyelik fonksiyonları bitişik olarak alınmıştır. Bu üçgenlerin de sıcaklık alt kümelerini tam olarak yansıtmadığı açıktır. Çünkü burada da sınırlardaki sıcaklık değerlerinin üyelik dereceleri sıfır olarak düşünülmüştür. Ayrıca, bu sınır değerleri, ne alttaki ne de

üstteki sıcaklık alt kümelerine dâhildir. Böylece, sınır değerler için tam anlamı ile bir belirsizlik vardır.



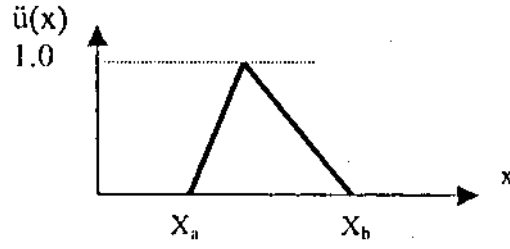
Şekil 3.4: Bitişik Üçgen Gösterimi (Şen, 2001).

Sıcaklık alt aralıklarının birbiri ile örtüşmeli geçişlere sahip olmasının gerekliliği ile sonuçta Şekil 3.5'de verilen üyelik fonksiyonları karşımıza çıkar. İlk ve son alt aralıktaki sıcaklık durumlarının "çok çok soğuğa" veya "çok çok sıcağa" doğru giderken başka alt aralıklar olmadığından, üyelik derecelerinin 1' e eşit olmasının uygun olacağı anlaşılır. Bunun doğal bir sonucu olarak da, ilk ve son üyelik fonksiyonlarının üçgen değil de yamuk şeklinde olacağı sonucuna varılır.



Şekil 3.5: Örtüşmeli Üçgen Gösterimi (Şen, 2001).

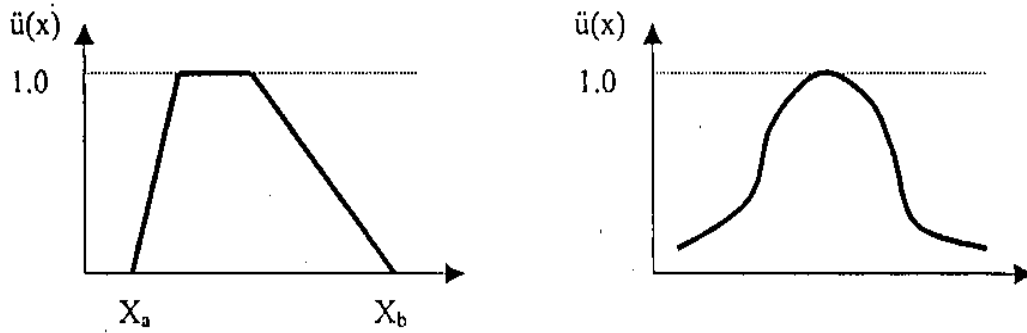
Diğer taraftan başka bir sorun da, her aralığa, örneğin "ılık" aralığına düşen sıcaklık derecelerinin hepsinin aynı önemde olup olmayacağıdır. Doğal olarak, ılık aralığının alt ve üst uçlarına yaklaştıkça onun komşusu olan altta soğuk, üstte ise sıcak alt kümelerine doğru geçişler beklendiği için, o geçiş bölgelerine rastlayan kısımların tam anlamı ile "ılık" vasfına sahip olacağı söylenemez. Bu düşünceler bizi Şekil 3.6'da gösterilen bir geometrik gösterime sürükler (Şen, 2001).



Şekil 3.6:Bulanık Küme (Şen, 2001).

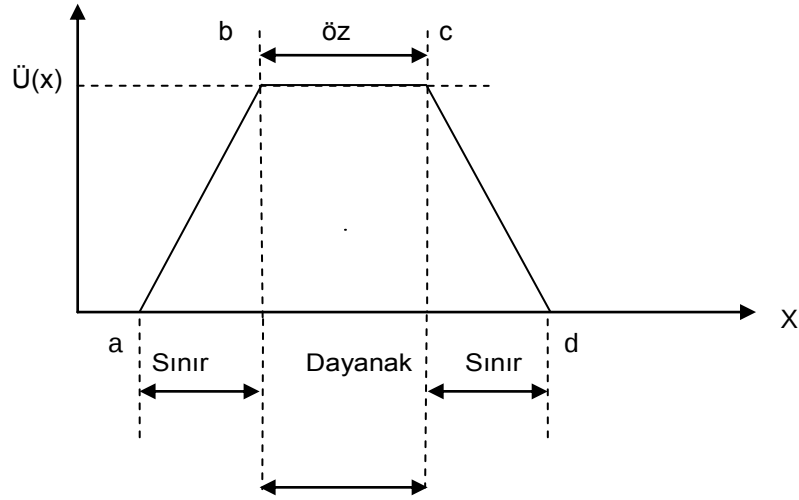
Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren böyle bir eğriye üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) adı verilir. Bunun en önemli özelliği, alt küme sınırlarındaki değerlerin orta öğelerinkine göre daha düşük olmasıdır. İşte bu şekilde, 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öğe için değerine üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir.

Düzgün şekilli üyelik fonksiyonları üçgenden başka, Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi yamuk veya çan eğrisi şeklinde de olabilir. Pratik uygulamalarda en fazla üçgen, ondan sonra da yamuk olanı kullanılır (Şen, 2001).



Şekil 3.7: Yamuk ve Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonları (Şen, 2001).

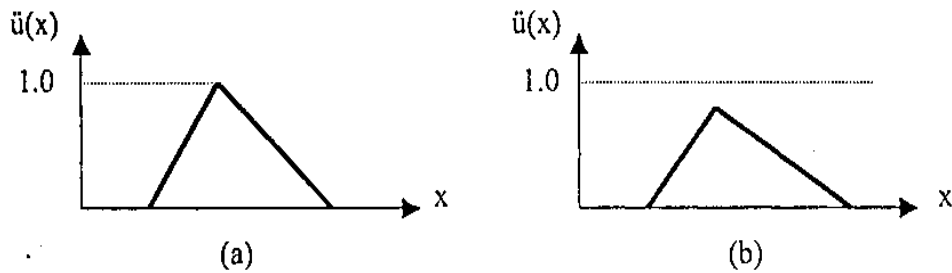
Bir üyelik fonksiyonunda bulunması gereken kısımlar, Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi verilen bir bulanık alt kümede bir değil, birden fazla öğenin üyelik derecesi 1’ e eşit alınabilir. Bu durumda, üyelik derecesi 1 olan öğelerin tam anlamı ile sadece o alt kümeye ait olduğu sonucuna varılır. Böyle üyelik derecelerine sahip olan öğeler alt kümenin orta kısmında toplanmıştır. İşte üyelik dereceleri 1’ e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü (core) denir. Burada $\tilde{u}(x) = 1$ 'dir (Şen, 2001).



Şekil 3.8:Üyelik Fonksiyonu Kısımları (Şen, 2001).

Bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o alt kümenin dayanağı (support) adı verilir. Dayanakta bulunan her öğenin az veya çok değerinde ($\bar{u}(x) > 0$) üyelik dereceleri vardır. Üyelik dereceleri 0 ve 1' e eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırlan (boundary) veya geçiş bölgeleri denir. Bunun matematik tanımı $0 < \bar{u}(x) < 1$ şeklindedir.

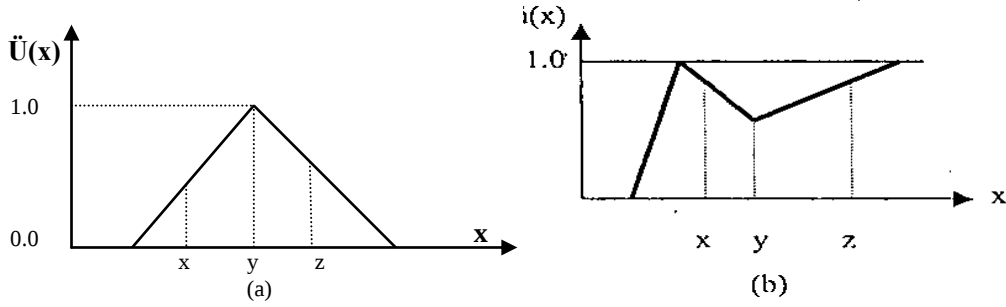
Yukarıda şekil olarak açıklanan bu üç özelliğe ilave olarak üyelik fonksiyonunun sahip olması gereken iki özellik daha bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, bulanık kümenin normal olup olmadığıdır. Normal bulanık kümede, en azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan öğe bulunmalıdır.



Şekil 3.9: Bulanık Kümeler, (a) Normal, (b) Normal Olmayan (Şen, 2001).

İkinci özellik ise bulanık kümenin dışbükey (konveks) olmasıdır. Dışbükey olan bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu kümenin dayanağı üzerinde, ya sürekli artar veya sürekli azalır ya da üçgen fonksiyonunda olduğu gibi önce sürekli olarak üyelik derecesi bir öğede 1'e eşit oluncaya kadar artar ondan sonraki dayanağa düşen öğeler

için sürekli azalır. Bunun aksi durumlar da söz konusudur. Ancak, onlar bulanık kümeler üyeli fonksiyonu olamaz (Şen, 2001).



Şekil 3.10: Bulanık Kümeler, (a) Dışbükey, (b) Dışbükey Olmayan (Şen, 2001)

3.5 Bulanık Kümeler

Bulanık mantık ilkeleri belirsizliği açıklama kabiliyeti açısından üstünlüğü ile öne çıkmaktadır. Teori, matematiksel işlemleri ve programlamayı bulanık alanda uygulamaya da elverişlidir. Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyeli derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Bu üyeli dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder.

Klasik kümelerde bir öğeden diğerine geçiş keskin ve ani değişen üyeli dereceleri sayesinde olmaktadır. Ancak, bulanık kümelerde bu geçiş yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır. Bu geçişte, müphemlik, belirsizlik, hayal gücü ve sezgi gibi görüşler rol oynar. Aslında üyeli derecesi fonksiyonu bu tür görüşlerin karışık bir şekilde öğelere yayılmasını temsil eder. Buradan bulanık kümenin değişik üyeli derecesinde öğeleri olan bir topluluk olduğu sonucuna varılabilir. Ortaya çıkan önemli noktalardan biri, klasik kümelerde bir öğenin kümeye ait olması için üyeli derecesinin mutlaka 1'e eşit olması gerekirken, bulanık kümede neredeyse bütün öğelerin değişik dereceleriyle kümeye ait olmaları mümkündür. Ayrıca, bir bulanık küme öğesi aynı değişken özelliğine sahip olmak üzere başka bir kümenin de öğesi olabilir (Şen, 2001).

Böylece öğe değerleri ile üyeli dereceleri arasında birebir örtüşme vardır. Burada notasyon olarak bulanık kümeler büyük harflerin altına bir çizgi işaretinin konulmasıyla gösterilmektedir. Mesela, bir A bulanık kümesi $\underline{A}$ ile gösterilir. Bulanık kümede yatay eksenindeki gerçek sayıların her biri, dikey ekseninde 0 ile 1 arasında değişen üyeli derecelerine dönüştürülür. Böylece, yatay eksenindeki bir

gerçek sayı χ ile gösterilirse bunun üyelik derecesi de $\ddot{u}(x)$ ile gösterilmektedir. Bir klasik X kümesinin elemanları,

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$$

şeklinde gösterilirken, bunun bulanık hali

$$X = \left\{ \frac{\ddot{u}(x_1)}{x_1} + \frac{\ddot{u}(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\ddot{u}(x_i)}{x_i} \right\} \quad (3.2)$$

şeklinde gösterilir. Bulanık kümenin sürekli olması durumunda ise

$$X = \int \frac{\ddot{u}(x)}{x} \quad (3.3)$$

olur (Şen, 2001).

3.6 Bulanık Kümeler ile İlgili Tanımlar

3.6.1 Bulanık Kümenin Desteği (The Support of a Fuzzy Set)

X evrensel kümesindeki bir A bulanık kümesinin desteği A'da sıfır olmayan üyelik derecelerine sahip X kümesinin bütün elemanlarını içeren keskin kümedir.

supp: P(x) ve supp A = {x eX, $\ddot{u}_A(x) > 0$ } olarak tanımlanır (Klir ve Folger, 1988).

3.6.2 Bulanık Kümenin Yüksekliği (The Height of a Fuzzy Set)

Bulanık kümede herhangi bir eleman tarafından elde edilen en yüksek üyelik derecesidir. Bir bulanık kümenin normalleştirilmiş olması için mümkün olan en yüksek üyelik derecesine, kümenin en az bir elemanının sahip olması gerekir (Klir ve Folger, 1988).

3.6.3 Bulanık Kümenin α -Kesimi (The α -cut of a Fuzzy Set)

Bir A bulanık kümesinin α -kesimi A_α olan bir keskin kümedir ve bu kümenin elemanları X kümesine ait ve α üyelik derecesinden büyük veya eşit üyelik derecesine sahip olan elemanlardır (Klir ve Folger, 1988).

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \ddot{U}_A(x) > \alpha\}, 0 < \alpha < 1 \quad (3.4)$$

3.6.4 Düzey Kümesi (The Level Set)

Tüm üyelik derecelerinin kümesine bir kümenin düzey kümesi denir.

$$A = \{x | \mu_A(x) = a, x \in X\} \quad (3.5)$$

3.6.5 Ölçeklendirilmiş Eleman Sayısı (Scalar Cardinality)

A bulanık kümesinde X evrensel kümesinin elemanlarının üyelik derecelerinin toplamıdır (Klir ve Folger, 1988).

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \quad (3.6)$$

3.6.6 Alt Küme (The Subset of a Fuzzy Set)

Eğer A bulanık kümesinde X evrensel kümesinin bütün elemanlarının üyelik dereceleri, başka bir kümenin elemanlarının üyelik derecelerinden küçük veya eşit ise, A; B kümesinin alt kümesidir (Klir ve Folger, 1988)

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \Rightarrow A \subset B, \forall x \in X \quad (3.7)$$

3.6.7 Bulanık Küme İşlemleri

Boş olmayan bir X evreninde A ve B bulanık kümeleri tanımlanmış olsun. A ve B kümeleri için tümleme, birleşim ve kesişim teorik küme işlemleri sırasıyla aşağıdaki gibi verilmiştir: (Klir ve Folger, 1988).

3.6.7.1 Bulanık Tümleme Fonksiyonu

$$c(\mu_A(x)): [0, 1] \rightarrow [0, 1] \quad (3.8)$$

Bu fonksiyon, A bulanık kümesi ile temsil edilen kavramların değillenmesi olan kavramı temsil eden bulanık kümenin üyelik fonksiyonudur. Örneğin, A kümesi uzun boylu insanların kümesi ise, A'nın tümleyenini uzun boylu olmayan insanların kümesidir. Bulanık kümede ve onun tümleyeninde sıfır olmayan üyelik derecesine sahip birçok eleman vardır.

Herhangi bir fonksiyonun bulanık tümleyen olarak düşünülmesi için aşağıdaki en az iki aksiyomu sağlaması gerekir (Klir ve Folger, 1988).

- $c(0) = 1$ ve $c(1) = 0$; sınır koşulları

- $\forall a, b \in [0,1]$ için, eğer $a < b$ iken $c(a) > c(b)$ ise, c monoton artmayandır. Burada $x, y \in X$ için $a = \mu_A(x)$ ve $b = \mu_A(y)$ 'dir.

3.6.7.2 Bulanık Birleşim Fonksiyonu

$$u: [0, 1] \times [0, 1] \longrightarrow [0,1] \quad (3.9)$$

Bu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarının A ve B bulanık kümelerinin birleşiminden oluşan bulanık kümeye üyelik derecelerini verir (Şen, 2001).

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (3.10)$$

3.6.7.3 Bulanık Kesişim Fonksiyonu

$$i: [0, 1] \times [0, 1] \longrightarrow [0,1] \quad (3.11)$$

Bu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarının A ve B bulanık kümelerinin kesişiminden oluşan kümeye üyelik derecelerini verir

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (3.12)$$

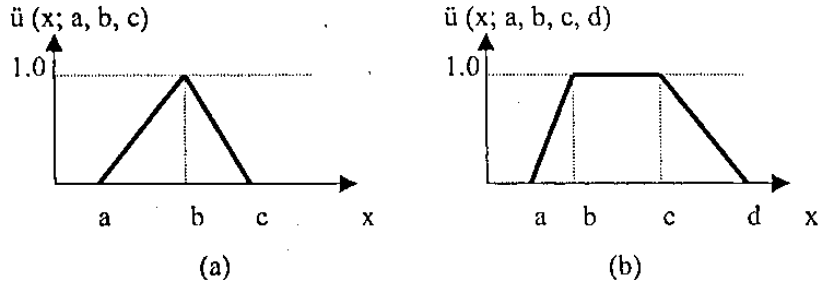
Genel olarak, pratik uygulamalarda kullanılan üçgen ve yamuk olmak üzere, iki tane bulanık sayı söz konusudur. Δ bulanık kümesi ile gösterilen bir üçgen bulanık sayının matematik ifadesi aşağıdaki şekilde verilir:

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= \begin{cases} (x-a)/(b-a) & \text{eğer } a < x < b \\ (c-x)/(c-b) & \text{eğer } b < x < c \\ 1 & \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Buradaki a ve c , bulanık küme desteğinin, sırasıyla alt ve üst sınır değerlerini, b ise tam üyelikli tek sayıyı gösterir. Benzer olarak yamuk sayılar ise bu defa a, b, c ve d olmak üzere, dört tane sayı ile temsil edilir. Yamuk sayıların matematiksel gösterimi ise üçgen sayıya benzer olarak aşağıdaki gibidir (Şen, 2001):

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= \begin{cases} (x-a)/(b-a) & \text{eğer } a < x < b \\ 1 & \text{eğer } b < x < c \\ (d-x)/(d-c) & \text{eğer } c < x < d \\ 0 & \text{eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \end{aligned} \quad (3.14)$$

Dikkat edilirse $b = c$ olduğu zaman yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayı haline dönüşür. Bu sayıların grafik gösterimleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.

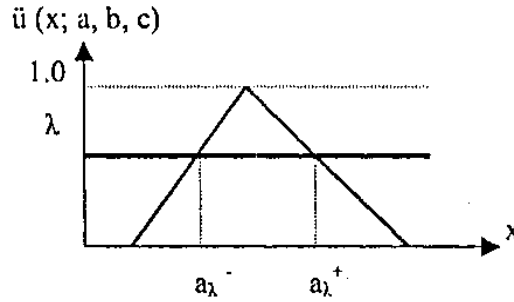


Şekil 3.11: Bulanık Sayılar, (a) Üçgen, (b) Yamuk (Şen, 2001)

Bulanık sayıların aritmetik işlemlerinde kullanılmak üzere, bunların belirli bir λ seviyesinden kesimleri üzerinde durulacaktır, $\lambda = 1$ olduğunda sayı gerçek sayıya, $\lambda=0$ olmasında ise tam bulanık, yani aralık sayıya dönüşür. $0 < \lambda < 1$ olması durumunda aynı bulanık sayının λ seviyesinde kesik bulanık alt kümesi düşünülecektir. Bir A bulanık alt kümesinin λ seviyesinde kesilmesi ile ortaya çıkan kesik bulanık küme

$$A_\lambda = \{x \in A \mid \bar{u}_A(x) > \lambda\} \quad (3.15)$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.12: Bulanık Sayı Kesim Seviyeleri (Şen, 2001).

3.7 Bulanık Sayılarda Aritmetik işlemler

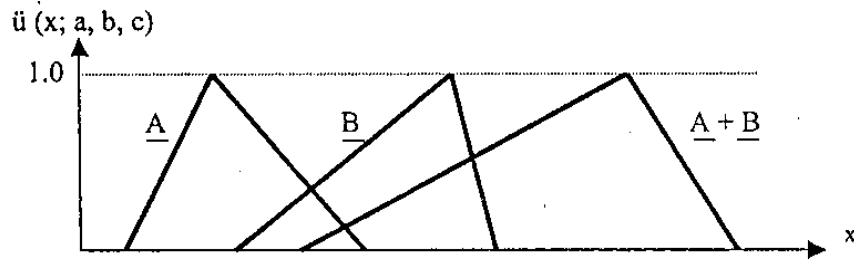
3.7.1 Bulanık Sayılar ile Toplama ve Çıkarma

Şekil 3.13’de görüldüğü gibi A ve B bulanık alt kümelerinin λ seviyesinde kesimleri $A_\lambda = [a_\lambda^-, a_\lambda^+]$ ve $B_\lambda = [b_\lambda^-, b_\lambda^+]$ olsun. Bu iki bulanık alt kümenin A+B toplamı λ kesim seviyesi cinsinden

$$(A + B)_\lambda = [a_\lambda^- + b_\lambda^-, a_\lambda^+ + b_\lambda^+] \quad (3.16)$$

şeklinde hesaplanır.

Bu toplamın grafik gösterimi aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 3.13: İki Bulanık Kümenin Toplamı (Şen, 2001)

Benzer olarak iki bulanık alt kümenin birbirinden çıkarılması aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$(A - B)\lambda = [\min (a_{x-} - b_{x-}, a_{x+} - b_{x+}), \max (a_{x-} - b_{x-}, a_{x+} - b_{x+})] \quad (3.17)$$

3.7.2 Bulanık Sayılar ile Çarpma ve Bölme

İki bulanık sayının çarpım ve bölüm işlemlerinin anlaşılması için öncelikle aralık sayılarının bu işlemler karşısında nasıl davranacaklarının izah edilmesinde yarar vardır. Bir aralık sayısı sadece alt ve üst sınır değerleri ile belirlenir. Bunun diğer bir anlamı, bu alt ve üst sınırlar arasında bulunan bütün sayıların üyelik derecelerinin 1'e eşit olduğu kabul edilirse, üçgen veya yamuk sayılar yerine dikdörtgen bir sayı elde edilir (Şen, 2001).

Aralık sayılardan iki tanesi $A = [a, b]$ ve $B = [c, d]$ olsun. Bunların çarpımı, tanım olarak

$$A.B = [\min(ac, ad, be, bd), \max(ac, ad, be, bd)] \quad (3.18)$$

şeklinde verilir. Kural olarak, ilk sayının önce alt sınırı, sonraki sayının alt ve üst sınırları ile çarpılarak iki sayı ve benzer olarak, ilk sayının üst sınırı ile yine sonraki sayının üst ve alt sınır değerleri çarpılarak elde edilen diğer iki sayı önceki iki sayı ile bir arada düşünülürse, çarpım işleminin sonucunu içeren dört ögeli bir küme elde edilir. İşte bu küme öğelerinin en küçüğü çarpımın alt sınırını, en büyüğü ise üst sınırını gösterir. Buna benzer olarak aynı iki sayının bölünmesi

$$A/B = [a, b]/[c, d] = [\min(a/c, a/d, b/c, b/d), \max(a/c, a/d, b/c, b/d)] \quad (3.19)$$

şeklinde yapılır ki, buradan bölen sayının sınırlarının sıfıra eşit olmaması gerekliliği çıkar, yani $c \neq 0$ ve $d \neq 0$ olmalıdır (Şen, 2001).

3.8 Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle cihaz ve mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. İşte bu durumlara bulanık olarak elde edilmiş veya verilmiş bilgilerden yararlanarak gerekli cevapların verilmesi için bulanık olan bilgilerin durulaştırılması gerekmektedir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden "durulaştırma (defuzification)" işlemleri adı verilir (Şen, 2001)

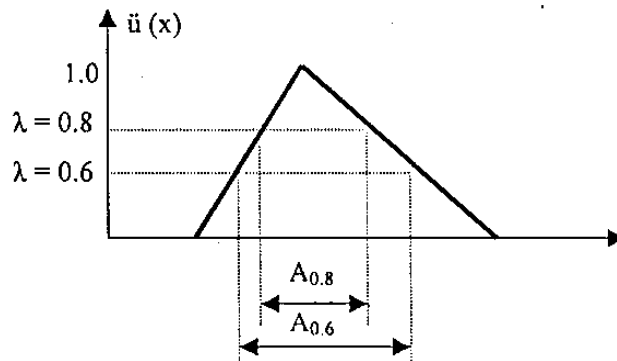
Verilen bir A bulanık kümesinin, λ , 0 ile 1 arasında olmak üzere üyelik derecesinin belirli bir değerinde kesilmesi düşünülürse, bunun sonucunda A_λ gibi klasik ve öğelerinin üyelik dereceleri sadece 0 veya 1 olan bir klasik küme ortaya çıkar. Burada A_λ notasyonunun altında yatay çizgi işareti bulunmamaktadır. Bunun anlamı λ kesiminde elde edilen kümelerin klasik olmasıdır. Verilen bir bulanık küme sonsuz şekilde λ seviyesinde kesilebileceğine göre bir bulanık kümeden sonsuz tane klasik küme çıkarılabilir. Yine A_λ kümesine ait olan bir x öğesi ($x \in A_\lambda$), üyelik derecesi en az λ kadar olan bir öğe olarak, A bulanık kümesine de aittir (Şen, 2001).

Örneğin, $jA = \{a, b, c, d, e, f\}$ gibi bir toplumun bulanık kümelerinden bir tanesinin

$$A = \{1/a + 0.9/b + 0.6/c + 0.3/d + 0.01/e + 0/f\} \quad (3.20)$$

şeklinde verildiği düşünölsün. Ayrık olan bu bulanık küme Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Bu bulanık kümenin $\lambda = 1, 0.9, 0.6, 0.3, 0^+$ seviyelerinde kesilmesi ile ortaya çıkan klasik kümeler şunlardır:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{a\}, A_{0.9} = \{a, b\}, A_{0.6} = \{a, b, c\}, \\ A_{0.3} &= \{a, b, c, d\}, A_{0^+} = \{a, b, c, d, e\}, A_0 = A \end{aligned} \quad (3.21)$$



Şekil 3.14: A Bulanık Kümesi (Şen, 2001)

Daha önce de belirtildiği gibi, bir bulanık küme işlemi sonucundaki bulanık kümenin tek bir sayı haline dönüştürülmesi gerekebilir. Bu, bulanıklaştırma işleminin aksi olan durulaştırma işlemi ile yapılır.

3.9 Bulanık kümelerin Lamda Kesimleri

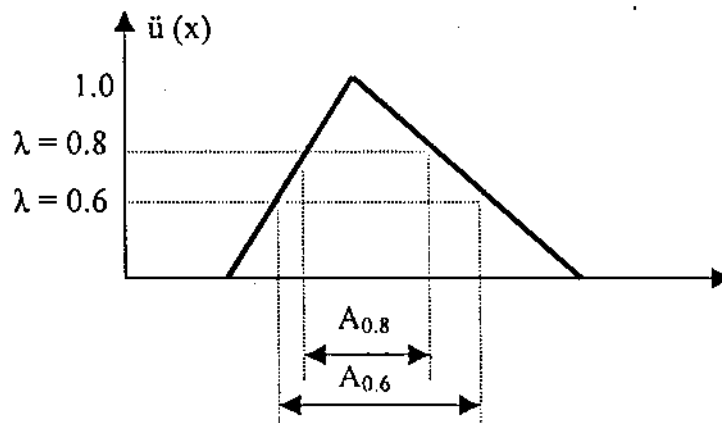
Verilen bir A bulanık kümesinin, λ , 0 ile 1 arasında olmak üzere üyelik derecesinin belirli bir değerinde kesilmesi düşünülürse, bunun sonucunda A_λ gibi klasik ve öğelerinin üyelik dereceleri sadece 0 veya 1 olan bir klasik küme ortaya çıkar. Burada A_λ notasyonunun altında yatay çizgi işareti bulunmamaktadır. Bunun anlamı λ kesiminde elde edilen kümelerin klasik olmasıdır. Verilen bir bulanık küme sonsuz şekilde λ seviyesinde kesilebileceğine göre bir bulanık kümeden sonsuz tane klasik küme çıkarılabilir. Yine A_λ kümesine ait olan bir x öğesi ($x \in A_\lambda$), üyelik derecesi en az λ kadar olan bir öğe olarak, A bulanık kümesine de aittir (Şen, 2001).

örneğin, $jA = \{a, b, c, d, e, f\}$ gibi bir toplumun bulanık kümelerinden bir tanesinin

$$A = \{1/a + 0.9/b + 0.6/c + 0.3/d + 0.01/e + 0/f\} \quad (3.22)$$

şeklinde verildiği düşünölsün. Ayırık olan bu bulanık küme Şekil 3.15'de gösterilmiştir. Bu bulanık kümenin $\lambda = 1, 0.9, 0.6, 0.3, 0^+$ seviyelerinde kesilmesi ile ortaya çıkan klasik kümeler şunlardır:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{a\}, A_{0.9} = \{a, b\}, A_{0.6} = \{a, b, c\}, \\ A_{0.3} &= \{a, b, c, d\}, A_{0^+} = \{a, b, c, d, e\}, A_0 = A \end{aligned} \quad (3.23)$$



Şekil 3.15: A Bulanık Kümesi (Şen, 2001)

3.10 Bulanık Kümelerin Avantaj ve Dezavantajları

Bulanık teknolojiyi kullanmayı gerektiren nedenler (Etaner, 1993):

- Sistemin kesin bir matematiksel modelinin elde edilmesi gerekmemektedir.
- Sistemlerin lineer olmaması veya eldeki bilgilerin eksik olması veya sistemin çok karmaşık olması gibi nedenlerden dolayı matematiksel modelin elde edilememesi veya elde edilse bile çok karmaşık olması nedeniyle klasik yöntemlerin uygulanmasından kaçınılması.
- Sistemin eksik veri ile çalışması mümkündür veya zorunludur, dolayısıyla çalışması bir uzmana bağlıdır.
- Sistem çıkışında düzgün ve yavaş bir değişim istenmektedir, ani ve kesin değişimlerin olması istenmemektedir.
- Sistem değişen koşullar ve bozucu etkiler altında çalışmak zorundadır.
- Sistemin esnek olması ve değişen koşullar altında minimum değişikliklerle çalışabilmesi istenmektedir.
- Sonuçlar, klasik kontrol yöntemleriyle elde edilenlerden daha doğrudur ya da daha kolay veya doğrudan elde edilebilmişlerdir.
- Bulanık çıkarsama donanımları ve bulanık kontrollerin geliştirilmesi ile kontrol algoritmalarının geliştirme süresi ve maliyeti azalmıştır.

Avantajları (Başbuğ, 1994):

- İnsanın düşünme tarzına yakın olması
- Matematiksel modele ihtiyaç duymaması
- Uygulamaların hızlı ve ucuz olması
- Bulanık mantık çok karmaşık, lineer olmayan, belirsizlikler içeren, geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilemeyen sistemlerin oluşturulmasına olanak tanır.

Dezavantajları (Başbuğ, 1994):

- Uygulamalarda kullanılan kuralların mutlaka uzman deneyimine bağlı olarak koyulması
- Üyelik fonksiyonları deneme ile bulunduğu için zaman kaybı olabilir
- Bulanık mantık ile oluşturulan bir sistemin kararlılık analizinin yapılamaması

4. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİK PROSES YÖNETİMİ

4.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi

4.1.1 Karar Verme Süreci

Karar verme, kısaca seçeneklerden bir tanesinin tercih edilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir deyişle, belirli bir amaca ulaşmak için değişik alternatiflerin belirlenmesi ve bunların içinden en etkilisinin seçilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, sınırlı kaynakların, en fazla faydayı sağlayacak şekilde kullanılabilmesi için ihtiyaçların doğru bir şekilde tespit edilip önceliklendirilmesi, karar verme kavramı içinde değerlendirilmektedir.

Karar verme olgusu insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu olgu, kişisel kararlardan organizasyonların aldığı kararlara kadar farklılıklar arz etmektedir. Karar verme, insanın tabii yapısının bir gereği olarak hayatın hemen her safhasında en açık örnekleriyle karşılaşılan düşünsel bir süreç, zihinsel bir faaliyettir. Yönetim kademelerini dolduran yöneticiler zamanlarının çok büyük bir kısmını karar almakla geçirmektedir (Eren,E.,1997).

4.1.2 Hiyerarşik Yapı

Her seviyesi üst sıralara çıktıkça azalma eğilimi gösteren ve bir üst sıradakinin amacına uygun birçok karşılaştırma faktöründen oluşan ve derecelendirme vazifesini gören her ağ yapıya "hiyerarşi" adı verilir.

Karar verme işlemindeki en önemli alt aşamalardan bir tanesi; kararı etkileyecek tüm faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin hiyerarşik yapıda temsil edilmesidir. AHP'nin ilk aşaması olan hiyerarşik yapının oluşturulmasında, tüm bu faktörleri içeren ve genel hedeften kriterlere daha sonra alt kriterlere ve en sonunda alternatiflere kadar uzanan bir hiyerarşik yapı geliştirilir.

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar (Saaty, 1990):

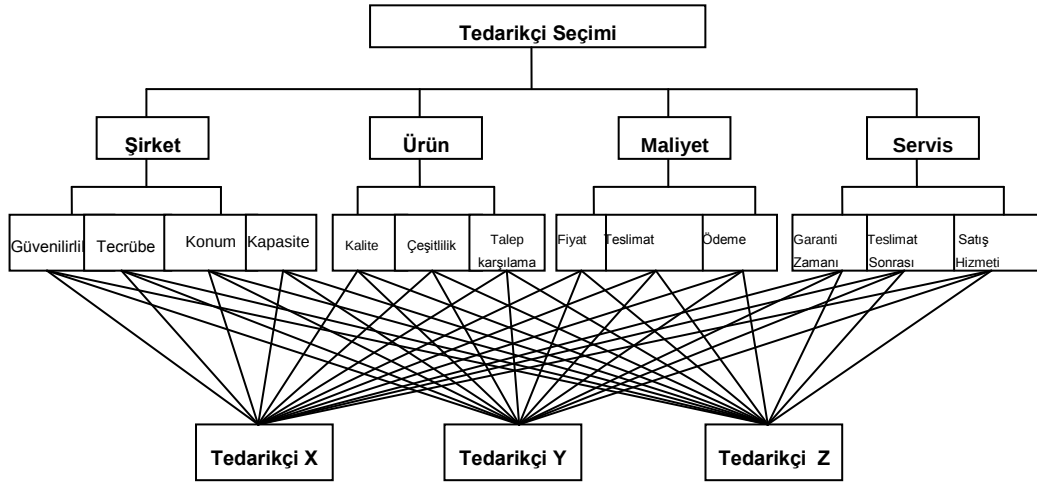
1. Hiyerarşik yapı, problemi en iyi şekilde temsil etmelidir.
2. Problemi etkileyen tüm yan faktörler göz önüne alınmalıdır.
3. Çözümüne ışık tutabilecek tüm yayın ve belgeler dikkate alınmalıdır.
4. Problemin içerisinde rol alacak katılımcılar belirlenmelidir.

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında temel adım; büyük ölçekli bir sistemin alt sistemlere bölünmesidir. Bu bölünme, sistemin temel hedefinden en iyi analizi yapabilen ve en fazla kontrol edilebilen faktörlere kadar yapılmaktadır. Bu faktörlerin belirlenmesinden sonra karar sonucunda ortaya çıkacak alternatifi etkileyen tüm faktörler sıralanmış olur (Tekeş, 2002).

Bir sistemin en iyi şekilde ifade edilmesi; bu sistemi oluşturan tüm faktör ve alt faktörler arasındaki kesinliğin ve etkileşimin analiz edilmesi veya diğer teorilerden yararlanarak izlenmesi ile sağlanır. Hiyerarşik yapı; sistemi oluşturan tüm seviye veya bileşenlerin aralarındaki fonksiyonel bağımlılığın sistem geneli üzerindeki etkisini en iyi ifade eden yapıdır. Ancak bu sayede çok karmaşık problemler basitleştirilebilmekte ve neden-sonuç ilişkisini ortaya koyan doğrusal zincir yapısı oluşturulabilmektedir. Bu yaklaşımın diğer bir etkisi de hiyerarşinin üst seviyesi ile alt seviyeleri arasındaki bağımsızlığı belirlemesidir. Bir hiyerarşik yapıdaki her seviye, problemin farklı aşamalarını gösterebilir. Bunun yanında karar verici, sistem üzerindeki odaklaşmayı artırmak veya önceliklerin belirlenmesine öncelik tutmak amacıyla seviyelerin veya öğelerin sayılarında hiyerarşik yapı içerisinde değişiklik yapabilir (Tekeş, 2002).

Hiyerarşi aslında özel bir sistem tipidir ve problemi etkileyen kriter veya faktörlerin her biri bir öğeyi oluşturur ve öğeler de grupları oluşturur. Bir gruptaki öğeler başka bir gruptaki öğeleri etkileyebilir. Ancak aynı gruptaki öğeler birbirinden bağımsızdır.

Hiyerarşilerin yapısı bu farklılaşan seviyelerin genel hedeften alternatiflere kadar uzanan doğrusal basamaklarıdır. Şekil 4.1'de doğrusal bir hiyerarşik yapı gösterilmektedir (Tekeş, 2002).



Şekil 4.1 : Tedarikçi Seçimi Hiyerarşisi

Hiyerarşilerin oluşturulmasıyla birlikte, karar verici, her düzeydeki öğelerin göreceli üstünlüklerini belirlemek için önceliklendirme işlemine başlar. Önceliklendirme işlemi bilgisayar yazılımı tarafından bir dizi soruya verilecek cevaplarla kolaylıkla halledilebilir. Her düzeydeki öğeler, bir üst düzeydeki öğeye karşı önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılır. İkili karşılaştırma, hiyerarşinin en tepesinden başlar ve her düzeydeki karşılaştırmalarla kare matrisler oluşturulur. Bu kare matrislere "Tercih Matrisleri" adı verilir (Vargas, 1990)..

Hiyerarşi tasarımı, problem alanıyla ilgili bilgi ve tecrübe gerektirir. İki karar vericinin aynı problem için iki farklı hiyerarşi yapısı kurması normaldir. Hiyerarşi tek bir yapı değildir, kişiden kişiye değişir. Diğer yandan eğer iki kişi aynı problem için aynı yapıyı kursalar bile, tercihlerinde farklılıklar olabilecektir. Bu nedenle bir problemle karşılaşıldığında insanlar yargılarda, değerlendirmelerde ve hiyerarşi yapısında fikir birliği oluşturmak için bir arada çalışmalıdır (Vargas, 1990).

Problemin hiyerarşik yapıya dönüştürülerek çözülmesinin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Vargas, 1990).

1. Sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, alt düzeydeki bir öğenin önceliğinde olacak değişimin, üst düzeylerdeki öğelerin önceliklerini nasıl etkileyeceğini sağlar.
2. Alt düzeyler sistemin yapısı ve işleyişi hakkında büyük oranda detaylı bilgi verirken, üst düzeylerde problemin bir bütün olarak görülüp, ele alınmasına olanak tanır. Düzeyler içindeki öğelere ait kısıtların tatmin edilmesini garantileyerek, kısıtın bir üst düzeyde en iyi şekilde temsil edilmesini sağlar.
3. Hiyerarşi, doğal sistemlerin temsil edilmesi ve geliştirilmesi için çok uygundur.

4. Hem katı, hem de esnektir. Katıdır; çünkü yapı içinde yapılacak küçük değişiklikler, hiyerarşide ancak küçük etkiler yapabilir. Esnektir; çünkü iyi oluşturulmuş bir yapıya daha sonradan yapılacak eklemeler, hiyerarşinin performansını bozmaz.

5. Hedefle ilgili en alt faktörün önceliklerinin tarifinin yapılması ve neler gerektirdiğinin bilinmesi, derecelendirme problemlerinde karşılaşılan bir dizi öncelik problemlerini azaltmaktadır. Çeşitli faktör ve derecelendirmedeki geri besleme ilişkisinden kaynaklanan karışıklıkları gidermek üzere hiyerarşik bir yapı içerisinde karşılaştırmalar yaparak problemleri çözme işi, analitik hiyerarşi prosesinin var oluşunun ana sebebidir. (Vargas, 1990).

4.1.3 Ölçme ve Yapı Oluşturma

Genellikle Analitik Hiyerarşi Prosesi ile karar verme sürecinde karar vericinin karşısına, ölçme ile ilgili üç ilginç problem çıkmaktadır. Birinci problem ölçme tekniği ile ilgilidir. Yeterince hafif ve el ile kaldırılabilir türden bir dizi nesneyi tartacak ağırlık ölçme aletinin mevcut olmadığı durumda ilk akla gelecek yöntem, nesnelerin göreceli ağırlıklarını tahmin etmek olacaktır. Bunun bir yolu; tüm nesnelerin ağırlıklarını saptamak üzere hepsini tek tek elle kaldırmak ve tüm grup ile karşılaştırıp doğrudan bir ağırlık tahmini yapmaktır. Her birinin bu şekilde tahmin edilen ağırlığını, toplam ağırlığa bölmek suretiyle nesnelerin göreceli ağırlıkları belirlenebilir. Mevcut bilgiden daha fazla yararlanmaya olanak tanıyacak bir başka yöntem ise, nesneleri ikiye bölünmüş gruplar halinde karşılaştırmaya dayanır. Başka bir ifadeyle, önce birinci nesne sonra ikinci nesne kaldırılır, sonra tekrar ilk kaldırılan nesne kaldırılır. Bu süreç, her iki grubun birbirine olan göreceli ağırlıkları saptanana kadar devam ettirilir. Bu ikinci yöntem, her seferinde sadece iki nesneyi karşılaştırıp birbiriyle nasıl bir ilişki içinde olduklarını saptamaya yöneliktir ve birinci yönteme kıyasla daha fazla aşama gerektirmesine karşın daha basittir. Bu nedenle, sonucun geçerliliğinin irdelenmesini olanaklı kılacak bir ölçeğin bulunmadığı durumlarda, genellikle ikili karşılaştırmalar yöntemi tercih edilir (Saaty, 1988).

Hiçbir ölçüm çeşidinde tutarlılık garanti değildir. Ölçüm aletleriyle yapılanlar da dahil olmak üzere tüm ölçümler, deneysel hata ya da ölçüm aleti hatası ile karşı karşıya kalıp tutarsız sonuçlara yol açabilirler. Ölçümlerde öğelerin ağırlıklarını bulmada oluşan hata sonucu ortaya çıkan bir örnek ise; A'nın B'den, B'nin C'den

daha ağır olmasına rağmen, C'nin de A'dan daha ağır olması durumudur. Bu durum özellikle A, B ve C'nin ağırlıklarının birbirine yakın ve kullanılan ölçme aletinin aralarındaki farkı ölçecek kadar hassas olmaması durumunda ortaya çıkar. Tutarlılık durumu bazı problemler için ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin iki kimyasal maddenin birleşiminden elde edilecek bir ilaç için tutarsızlık; kullanılan kimyasal maddelerin orantısız kullanımına ve zararlı sonuçlar ortaya çıkmasına yol açabilir (Saaty, 1988).

Karar teorisinin en önemli temel aşlarından birisi tutarlılıktır. Ancak gerçekte bir ölçüm sırasında en duyalı aletler kullanılsa dahi mükemmel bir tutarlılığa ulaşmak hemen hemen imkânsızdır. Bu nedenle bir karar modeli incelenirken ulaşılan kararın ne derece tutarlı olduğu araştırılmalıdır.

Karar vericinin karşılaştığı ikinci problem ise, ölçümleri büyük ölçüde sabit ve değişmeyecek bir ölçüm sistemine oturtma problemidir. Özellikler değişken olduğu sürece, onların etkilerini ölçmek imkânsız olacaktır. Hiyerarşi düzeyleri sırasında değişken değerlerin bir üst düzeydeki özellikleri ne şekilde etkileyebileceğini ölçecek sabit bir ölçüm sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karar vericinin karşılaştığı üçüncü ve son problem ise problem yapısının oluşturulması ve önceliklerinin belirlenmesi için uygun şartların sağlanmasıdır. Hiyerarşinin oluşturulmasını takip eden seviyelerdeki ikili karşılaştırmaların yapılması için ilgili kişilerle yüz yüze anket yapmak gerekmektedir. Söz konusu ilgili kişi veya kişiler, konunun uzmanı olmasalar dahi, en azından konuyu bilen ve konuya aşina kişiler olmalıdır. Fakat, insanoğlunun sık sık tutarsız cevaplar verebildiği bir ortamda, ikili karşılaştırmalar yoluyla probleme ilişkin önceliklerin belirlenmesi ve problemin çözülmesi zordur.

Eğer karar tek kişi değil de, bir grup ilgilinin katılımı sonucu alınabiliyorsa, söz konusu kişilerin her biri, hem doğrudan kendi ilgi alanına giren konuya ilişkin yargılarını ortaya koyup birbirlerini tamamlayabilir, hem de diğerlerinin yargılarını oluşturmaları aşamasında olaya dahil olup yargıların netleşmesini sağlayabilir. Grubun karar aşamasında bir uzlaşmaya varılması halinde, herhangi bir sorun ortaya çıkmayacaktır. Uzlaşmanın sağlanamaması durumunda pazarlıklar başlar (Saaty, 1988).

4.1.4 İkili Karşılaştırmalar Matrisi ve Ağırlıklar Kümesi

AHP'de değerlendirme safhası ikili karşılaştırma kavramına dayanır. Hiyerarşinin bir düzeyindeki öğeler, bir üst düzeydeki öğelere katkısı veya önem derecesine göre, birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılırlar. Hiyerarşinin en alt seviyesindeki öğelerin toplam ağırlığı bir düzeydeki öğelerin bir üst seviyedeki tüm öğelere göre karşılaştırılmaları sonucu bulunan ağırlıkların toplamı ile elde edilir. Bu duruma "Hiyerarşik Kompozisyon Prensibi" denir.

AHP, problemin hiyerarşik olarak gösterimi sayesinde karar alınması açısından etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmamızı sağlar. Söz konusu yargı yoğunlaştırmasının en etkin yolu ise, öğeleri ikişer ikişer ele alıp onları sadece bir kritere göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterler ile ilgilenmemektir (Tekeş, 2002).

4.1.5 Yöntemde Kullanılan Ölçek

Hiyerarşinin bir düzeyini oluşturan öğelerin birbirlerine olan göreceli önemleri, ikili karşılaştırmalar yoluyla belirli bir ölçeğe göre puanlandırılıp, matristeki yerine yazılır. Söz konusu ölçeğin etkinliği, hem çeşitli kişilerle yapılan çok sayıdaki uygulama, hem de başka ölçeklerle teorik karşılaştırmalar sonucu saptanır.

Analitik Hiyerarşi Prosesindeki önceliklendirme işleminde kullanılan ölçek ve bu ölçeğe ait planlama Çizelge 4.1 'de verilmiştir (Saaty, 1994).

AHP'de kullanılan nominal ölçek karar vericinin tecrübe ve bilgisini de sezgisel olarak karara katmasını sağlamaktadır. Karar verici iki öğe arasında tercihini belirtirken sözel olarak "Eşit Önem", "Biraz Daha Fazla Önem", "Kuvvetli Derecede Önem", "Çok Kuvvetli Derecede Önem" ve "Tamamıyla Önemli" kelimelerini kullanır.

Çizelge 4.1 :Kriterlerin İkili Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçek

PUAN	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit Önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.
3	Biraz Daha Fazla Önem	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla derecede tercih edilir.
5	Kuvvetli Derecede Önem	Tecrübe ve yargı ile bir faaliyet diğerine göre kuvvetli derecede tercih edilir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Tamamıyla Önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ortalama Değerleri	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

Bu tanımlayıcı tercihler sayısal oranlara çevrilirse; bu ifadelere karşı 1, 3, 5, 7 ve 9 rakamları karşılık gelmektedir. Önceliklendirme sırasında beş adet temel puana denk gelmeyen ve uzmanlaşma gerektiren ikili karşılaştırmalarda, iki ardışık önem derecesi arasına düşen 2, 4, 6 ve 8 gibi ortalama değerler de kullanılabilir. Eğer, ikili karşılaştırma sırasında satırdaki faaliyet sütundaki faaliyetten daha az tercih ediliyorsa, başka bir ifadeyle, sütundaki faaliyet satırdakinden daha önemli ise, iki taraflı uygun sayılar olan 1/3, 1/5, 1/7 ve 1/9 matristeki yerine yazılabilir(Tekeş, 2002).

4x4'lük bir matriste rakam koyulacak 16 adet yer vardır. Bu yerlerin dört tanesi köşegendir ve buralarda faaliyetler kendileriyle karşılaştırılmış olup, yazılacak rakamlar "Eşit Önem"i gösteren "1" rakamıdır. Geriye kalan 12 hanenin 6 tanesini

karar verici, ikili karşılaştırmalar yoluyla doldurur. En sona kalan 6 hane ise, karar vericinin verdiği 6 adet puanın eşleniği (tercih 5 ise eşleniği 1/5) yazılır.

Klasik bir AHP problemini çözmek için Expert Choice, Lotus 123 gibi bilgisayar programları bulunmaktadır. Ancak bu tür programların bulunmadığı durumlarda, göreceli önemler vektörünün bulunmasına yönelik dört yöntem geliştirilmiştir: En kaba yöntem, daha iyi yöntem, bölmeli iyi yöntem ve çarpmalı iyi yöntem.

1) En Kaba Yöntem : Her satırın toplamı alınıp, her toplam değeri söz konusu toplamların toplamına bölünürse, cevapların toplamı 1' e eşitlenir ve önem vektörü normalize edilmiş olur. Elde edilen vektörün birinci elemanı birinci faaliyetin göreceli önemini, ikincisi, ikinci elemanın göreceli önemini vb. verir.

2) Daha İyi Yöntem : Her sütundaki elemanların toplamı alınır ve bu toplamaların eşlenikleri (1/Sütun toplamı) bulunur. Bulunan her eşlenik, eşleniklerin toplamına bölünerek normalize edilir.

3) Bölmeli İyi Yöntem : Her sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınır ve bu toplam satırdaki sayısına bölünür.

4) Çarpmalı İyi Yöntem : Her satırdaki n adet eleman birbirleriyle çarpılarak çarpımın n . kökü alınır. Elde edilen değerler normalize edilir.

Elle yapılan hesaplamalarda bu dört yöntemden en fazla kullanılanı; hem öz vektörün tahmin doğruluğu fazla, hem de kolay olan "Bölmeli İyi Yöntem" dir (Tekeş, 2002).

4.1.6 Tutarlılık

Oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrislerinin göreceli önemleri bulunduktan sonra, elde edilen sonuçların tutarlılığını saptamak üzere tutarlılık oranı hesaplanmaya çalışılır. Bu amaçla; ikili karşılaştırmalar matrisi ile elde edilen göreceli önemler vektörü çarpılırsa, yeni bir vektör elde edilir. Bu son vektörün birinci elemanı, dört yöntemden herhangi birisi ile bulunan göreceli önemler vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye vs. bölünürse bir üçüncü vektör elde edilir. Bu son vektörün elemanları toplanıp toplam eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değer (λ_{max}) için yaklaşık bir tahmin değeri elde edilir. Daha önce de belirtildiği gibi, λ_{max} , n değerine (matrisin oluşturulmasında yer alan faaliyet sayısı) ne kadar yakın olursa, sonuç da o kadar tutarlı olacaktır (Tekeş, 2002).

Tutarlılık durumunda $\lambda_{max} = n$ olduğuna göre, söz konusu eşitlikten sapma derecesini gösteren tutarlılık göstergesi, $(\lambda_{max} - n)/(n-1)$ olarak hesaplanır. Tutarlılık

göstergesinin, Çizelge 4.2' deki A matrisinin η değerine karşılık gelen tesadüfilik göstergesine bölünmesiyle elde edilen orana da "Tutarlılık Oranı" denir.

Çizelge 4.2 : Tesadüfilik Göstergeleri

Tesadüfilik Matris Boyutu														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tesadüfilik Göstergesi														
0.0	0.0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tutarlılık oranı %10 ve daha küçük ise, W göreceli önem vektörünün tahmin değerleri kabul edilir. Aksi takdirde, tutarlılık düzeyi arttırılmaya çalışılır, yargılar tekrar gözden geçirilir (Tekeş, 2002).

4.2 Düzeltilmiş AHP

Belton ve Gear (1983), ilk AHP modelinin yeniden düzenlenmiş versiyonunu sunmuştur. Onlara göre AHP kullanıldığı zaman bir sıralama tutarsızlığı meydana gelebilmektedir. Üç kriter ve üç alternatiften oluşan sayısal bir örnek üzerinde durulmuştur. Bu örnekte, optimal olmayan alternatiflerden birine eş olan bir alternatif eklendiğinde en iyi alternatifin gösterim şekli değişmektedir. Bu durumda dört alternatif ortaya çıkmaktadır. Belton ve Gear'a göre bu tutarsızlığın kökü her kriterin göreceli değerlerinin bir alternatifte toplanmasına dayanmaktadır. Bunun yerine, göreceli değerlerin her birinin bu değerlerin toplamına bölünmesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir. (Belton ve Gear, 1983).

Bir MCDM (çok ölçütlü karar verme) probleminin verilerinin üç alternatif ve üç kriterden oluştuğunu düşünelim.

Çizelge 4.3: İkili Karşılaştırma Matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃
Alternatifler	1/3	1/3	1/3
A ₁	1	9	8
A ₂	9	1	9
A ₃	1	1	1

AHP yönteminin göreceli önemler vektörünün bulunmasına yönelik bölmeli iyi yöntem yaklaşımı esas alınır aşağıdaki matris elde edilir:

Çizelge 4.4: İyi yöntem yaklaşımı

	C ₁	C ₂	C ₃
Alternatifler	1/3	1/3	1/3
A ₁	1/11	9/11	8/18
A ₂	9/11	1/11	9/18
A ₃	1/11	1/11	1/18

$$A_1, \text{ AHP değeri} = (1/11) \times (1/3) + (9/11) \times (1/3) + (8/18) \times (1/3) = 0.45$$

$$A_2, \text{ AHP değeri} = (9/11) \times (1/3) + (1/11) \times (1/3) + (9/18) \times (1/3) = 0.47$$

$$A_3, \text{ AHP değeri} = (1/11) \times (1/3) + (1/11) \times (1/3) + (1/18) \times (1/3) = 0.08$$

Böylece, AHP değerlerinden oluşan vektör W(0.45, 0.47, 0.08) olarak bulunur. Üç alternatifin sıralanışı şu şekildedir: A₂ > A₁ > A₃

Daha sonra, yeni bir alternatif olarak mevcut A₂ alternatifinin aynısı olan (A₂=A₄) A₄ alternatifi ele alınır. Başlangıçta ele alınan üç kriterin göreceli ağırlıklarının da değişmediği kabul edilirse Çizelge 4.5'teki matris elde edilir:

Çizelge 4.5: A₄ Alternatifi Eklenmiş İkili Karşılaştırma Matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃
Alternatifler	1/3	1/3	1/3
A ₁	1	9	8
A ₂	9	1	9
A ₃	1	1	1
A ₄	9	1	9

$$A_1, \text{ AHP değeri} = (1/20) \times (1/3) + (9/12) \times (1/3) + (8/27) \times (1/3) = 0.37$$

$$A_2, \text{ AHP değeri} = (9/20) \times (1/3) + (1/12) \times (1/3) + (9/27) \times (1/3) = 0.29$$

$$A_3, \text{ AHP değeri} = (1/20) \times (1/3) + (1/12) \times (1/3) + (1/27) \times (1/3) = 0.06$$

$$A_4, \text{ AHP değeri} = (9/20) \times (1/3) + (1/12) \times (1/3) + (9/27) \times (1/3) = 0.29$$

Görelî önemler vektörü, $W(0.37, 0.29, 0.06, 0.29)$ olarak bulunur. Bu durumda alternatifler şu şekilde sıralanır: $A_1 > A_2 = A_4 > A_3$. Belton ve Gear'a göre elde edilen bu sonuç önceki sonuç ($A_2 > A_1$) ile mantıksal çelişki içindedir.

Düzeltilmiş AHP en son veriye uygulanırsa (veriler her bir kolondaki en büyük giriş değerine bölünürse) aşağıdaki matris elde edilir:

Çizelge 4.6 :Düzeltilmiş AHP ile Elde Edilen Matris

	C_1	C_2	C_3
Alternatifler	1/3	1/3	1/3
A_1	1/9	1	8/9
A_2	1	1/9	1
A_3	1/9	1/9	1/9
A_4	1	1/9	1

Son değerlerden sonra elde edilen vektör $(2/3, 19/27, 1/9, 19/27)$ şeklindedir. Dört alternatifin sıralanışı şu şekilde olur: $A_2 > A_4 > A_1 > A_3$. En son yapılan sıralama, açıkça istenilen sıralamadır (Belton ve Gear, 1983).

4.3 Bulanık AHP

Modelleme sürecinin öznel doğası, yöntemin kesinlikle doğru kararları garanti edemeyeceği anlamına gelmektedir. Tercihler belirlenirken sözel ifadelerin kullanılması birçok riski içermektedir. Kelimeler genel duruma çok fazla bağımlıdır. Diğer bir deyişle, alternatifler ve karşılaştırılan kriterler kümesine bağlı olarak, bir kelimenin sayısal karşılığı, karar verme probleminden bir başka probleme değişmektedir. Aynı zamanda, kişiler arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Genellikle karar vericiler, sözel ifade ile sayılar arasındaki ilişkiyi anlamakta başarısız olmaktadır (Payhönen ve diğ.,1997).

Bulanık ilişki ve ikili karşılaştırma kavramlarının birleştirilmesiyle Bulanık AHP ortaya çıkmıştır. Bulanık dilsel yaklaşım, karar vericilerin iyimser/kötümser tavırlarını hesaba katabildiğinden, geleneksel AHP tekniği yerine önerilmektedir. İkili karşılaştırmalarda rasgele değerlerin seçilmesini isteyen Deterministik AHP yeterli olmayabilmekte ve belirsizlik ikili karşılaştırma değerlerinin bazılarında veya

tamamında kabul edilmek zorunda kalınmaktadır. BAHP tekniğinde, bütün alternatiflerin öznel ve nesnel kriterlere göre değerlendirme değerlerini göstermek amacıyla, genellikle bulanık sayılar ile karakterize edilen sözlü ifadeler kullanılmaktadır. Net olmayan nicel kriter değerlerinin net olmayan değerlendirmeleri, yine bu bulanık sayılar ile ifade edilebilmektedirler (Kuo ve diğ.,2006).

Bulanık AHP, AHP' de olduğu gibi, tercih oranlarından daha sonra birleşerek küresel öncelikleri oluşturacak yerel önceliklerin elde edilmesine dayanmaktadır. Bulanık aritmetiğin kullanılması ile teknik, her bir kriter için elde edilen skorları birleştirmek için kullanılan bir ağırlık vektörleri serisi hesaplamaktadır. Teknik, buna uygun bir skorlar kümesini hesaplamakta ve bu bulanık skorların ortalaması olan bir adet bütünleşik skor elde etmektedir (Kahraman ve diğ.,2004).

BAHP'nin en önemli avantajı, çoklu kriterleri ele alırken getirdiği kolaylıktır. Deterministik tercihleri oluşturmak karar verici için daha zor olduğundan, bunların yerine algı-tabanlı yargı aralıkları kullanılabilmektedir. Buna ilave olarak, AHP'deki tercihler, mecburen karar vericilerin algıya dayanan yargıları olmak durumundadırlar. Bu durumda bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme süreci tanımlayabilmektedir (Kuo ve diğ.,2006).

Bulanık ikili karşılaştırmalar, karar vericinin belirsiz yargılarını daha rasyonel ifade etmektedir. Kararların oluşması için yaklaşık bilgi ve belirliliği kullanmasıyla insan düşüncesini daha iyi yansıtan bulanık küme teorisi, belirsiz değerlendirmeler altında dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi için kullanılmaktadır (Huang ve diğ.,2006)

Karar verme modelleri ve karar vericilerin başarısı belirsizlik ve müphemliğe müsamaha göstermesine bağlıdır. Nitel tercihlerin hesaplanması zor olduğundan, AHP problemindeki ikili karşılaştırma değerlerinin bir kısmının ya da hepsinin bir belirsizlik derecesiyle ifade edilmesi mümkündür. Bu şekilde bir öncelik vektörünün belirsiz ikili karşılaştırma ortamında oluşturulmasına bulanık AHP problemi denir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

Nesnelerden oluşan bir $\{1,2,...,n\}$ kümesi verilmiş olsun. Kümedeki nesneler pozitif bir $A=\{a_{ij}\}$ matrisinde $a_{ij} = 1/a_{ji}$ olacak şekilde sayısal olarak ifade edilmiştir. Burada a_{ij} , "i" ve "j" nesneleri arasındaki karşılaştırmanın sayısal eşleniği olan

bulanık bir sayıdır, "i" ve "j" nesnelerinin her bir çiftinin karşılaştırılması için, en önemli öncelik vektörü olan $w=(w_1, w_1 \dots, w_n)$ oluşturulmalıdır, $w_{ij} = W_i/W_j$ oranının en iyi tahmin olduğundan hareket edilerek, bulanık AHP problemi aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$\hat{a}_{ij}$ bulanık sayısında, "i" nesnesi "j" nesnesine tercih edilmektedir.

η : nesnelerin sayısı

W_i/W_j : "i" ve "j" nesnelerinin her bir çifti arasındaki karşılaştırma oranı

$\hat{a}_{ij} = 1/ a_{ij}$: bulanık pozitif eşlenik matris

Bulanık AHP problemi ilk defa 1980 yılında Graan tarafından geliştirilmiştir. Bir AHP probleminden bulanık oranlar kullanılarak öncelik vektörü çıkarılan bu yöntem iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada, her C_i ($i = 1, 2, \dots, m$) kriterine α_i bulanık ağırlıkları atanır. İkinci aşamada ise, her β_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n$) kriterinden bağımsız olarak A_j bulanık ağırlıkları Q alternatiflerine atanır. Nihai bulanık öncelik vektörü olan

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n);$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i \beta_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4.1)$$

ifadesinin hesaplanmasıyla elde edilir (Belton ve Gear, 1983).

4.3.1 Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı

Laarhoven ve Pedrycz, Saaty'nin AHP yönteminde yer alan sözel ifadelerin bulanık sayılarla doğrudan temsil edilmesini sağlayan bir algoritma önermiştir. -Klasik AHP'de bulanıklık, doğrudan temsil edilmek yerine eşlenik matris kullanarak dolaylı yolla modellenir. Laarhoven ve Pedrycz'in önerdiği yöntemde AHP'de kullanılan eşlenik matrisin elemanları üçgen bulanık sayılarla gösterilir. Hesaplama adımları AHP'deki adımlarla aynıdır. Bulanık ağırlıkları ve bulanık performans puanlarını elde etmek için Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi kullanılır. Bulanık faydaları hesaplamada üçgen bulanık sayılar için geliştirilen aritmetik işlemler uygulanır. Ayrıca eşlenik matriste birden çok karar vericinin fikirleri modellenebilir.

Yöntem incelenirken sırasıyla Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi, sonra üçgen bulanık sayılar için geliştirilen aritmetik işlemlere ve son olarak da algoritmaya değinilecektir.

4.3.1.1 Lootsma'nın Logaritmik En Küçük Kare Yöntemi

Ağırlık değerlendirme yöntemi olarak Lootsma logaritmik en küçük kare yönteminin seçilmesinin nedeni, bu yöntemin birden çok karar vericinin fikirlerini , ele almak için uygun olması ve bulanık model için kolayca genişletilebilmesidir (Şen, 2001).

A pozitif eşlenik matrisi aşağıdaki gibi gösterilsin:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Burada ay reel sayılardır, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ vektörü aşağıda verilen değeri en küçükleyerek elde edilir:

$$\sum_{i < j} (\ln a_{ij} - \ln(w_i / w_j))^2. \quad (4.3)$$

Birden çok karar verici olduğunda w ağırlık vektörü aşağıdaki ifadenin en küçüklenmesi ile türetilir:

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln a_{ijk} - \ln(w_i / w_j))^2 \quad (4.4)$$

Burada a_{ijk} , $k = 1, 2, \dots, P_{ij}$, w_i / w_j için P_{ij} adet tahmindir. P_{ij} , ay için fikir belirten karar verici sayısıdır. P_{ij} sıfır olabilir (hiçbir karşılaştırma oranı belirtilmediyse), 1 olabilir ve çeşitli karar vericilerin kendi karşılaştırma oranlarını belirttiği durumlarda birden büyük olabilir (Şen, 2001)..

Eğer $y_{ijk} = \ln(a_{ijk})$, $Z_i = \ln(\sqrt[n]{V_i})$ ve $Z_j = \ln(\sqrt[n]{V_j})$ konursa, en küçüklenecek fonksiyon şu hale gelir:

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (y_{ijk} - z_i + z_j)^2 \quad (4.5)$$

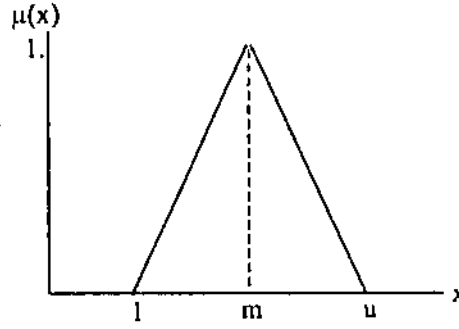
Yukarıdaki denklem aşağıdaki denklemlerin Z_i için çözülmesiyle en küçüklenir:

$$z_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} z_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^{P_{ij}} y_{ijk}, \forall i \quad (4.6)$$

Z_j değerlerinin eksponansiyel fonksiyonları alınarak ve çıkan sonuçlar normalize edilerek $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ağırlık vektörleri için tahminler oluşturulur.

4.3.1.2 Üçgen Bulanık Sayılar için Geliştirilen Aritmetik İşlemler

Laarhoven ve Pedrycz eşlenik matrisin elemanlarını üçgen bulanık sayılarla temsil etmiştir. Şekil 4.2'de örnek bir bulanık üçgen sayı verilmiştir. Hesaplamalarda gerekli olan üçgen bulanık sayılar için oluşturulan toplama ve çarpma işlemlerine kısaca değinilmiştir (Şen, 2001).



Şekil 4.2 : (l, m, u) Bulanık Üçgen Sayısı

Aşağıda $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ bulanık üçgen sayıları için toplama ve çarpma işlemleri verilmiştir:

$$\begin{aligned} (l_1, m_1, u_1) (\cdot) (l_2, m_2, u_2) &= (u_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \\ (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \end{aligned} \quad (4.7)$$

4.3.1.3 Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımının Algoritması

1. Adım : Karar vericilere danışılarak $n+1$ bulanık eşlenik matris elde edilir. Elde edilen matrisler aşağıdaki biçimde olmalıdır (Şen, 2001).

$$D = \begin{bmatrix} (1,1,1) & a_{121} & \dots & a_{1n1} \\ & a_{222} & & a_{1n2} \\ & \vdots & & \vdots \\ & a_{12p12} & & a_{1np1n} \\ \hline a_{211} & (1,1,1) & \dots & a_{2n1} \\ a_{212} & & & a_{2n2} \\ \vdots & & & \vdots \\ a_{21p21} & & & a_{2np2n} \\ \hline \vdots & & & \vdots \\ a_{n11} & a_{n21} & \dots & (1,1,1) \\ a_{n12} & a_{n22} & \dots & \\ \vdots & \vdots & & \\ a_{n1pn1} & a_{n2pn2} & & \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Burada a_{ij} değerleri çok sayıda karar verici tarafından belirtilen bulanık oranlardır.

2. Adım: $Z_j = (l_j, m_j, u_j)$ olursa aşağıdaki doğrusal denklemler çözülür:

$$l_i = \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^n P u_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{p_i} L n l_{ijk} \quad (4.9)$$

$\ln(l_{ijk})$ ve $\ln(u_{ijk})$; $\ln(a_{ijk}) = -\ln(a_{jik})$ değerlerinin alt ve üst değerleri olduğundan aşağıdaki eşitlik sağlanmalıdır:

$$\ln(l_{ijk}) + \ln(l_{jik}) = \ln(u_{ijk}) + \ln(u_{jik}) = 0, \forall i, j, k \quad (4.10)$$

Yukarıdaki denklemler için Çözüm aşağıdaki Şekilde olur:

$$Z_i = (l_i + t_1, m_i + t_2, u_i + t_1) \quad (4.11)$$

3. Adım: Yukarıdaki lineer sistemde, sağ taraf değerleri logaritmik fonksiyonlardır. Bulanık ağırlıkları almak için l_j , m_j ve u_j değerlerinin eksponansiyeli hesaplanmalıdır.

$$W_i = (\lambda_1 \exp(l_i), \lambda_2 \exp(m_j), \lambda_3 \exp(u_i)) \quad (4.12)$$

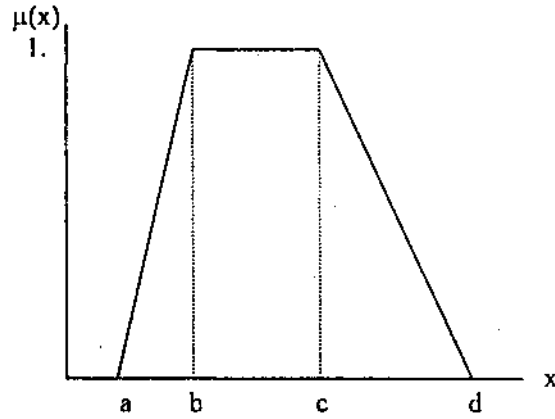
4. Adım: Tüm eşlenik matrisler bulununcaya kadar 1. adımdan 3. adıma kadar olan süreç tekrarlanır. Bulanık ağırlıklar ve performans puanları hesaplanınca bulanık fayda belirlenebilir. A1 alternatifi için U_j bulanık faydası hesaplanır (Şen, 2001).

4.3.2 Buckley Yaklaşımı

Buckley klasik AHP yöntemini bulanık karşılaştırma oranlarını kullanarak genişletmiştir. Laarhoven ve Pedrycz'in yönteminin ise iki önemli sorunu olduğunu belirtmiştir. Bu sorunlardan denklemlerden her zaman tek bir çözüm elde edilememesidir. İkincisi ise, yöntemin ağırlıklar için üçgen bulanık sayı elde etmede ısrarcı olmasıdır. Üçgen bulanık sayıların cebirsel işlemleri sonucunda üçgen bulanık

sayı elde etmek çoğunlukla mümkün olmadığından, Laarhoven ve Pedrycz bulanık sayı şeklini korumaya yönelik tahmin yöntemlerini uygulamıştır.

Buckley, bu sorunları ortadan kaldırmak için bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını türetirken geometrik ortalama yöntemini kullanır. Bu yöntemi seçmesinin nedeni yöntemin bulanık modele uygun olması ve eşlenik karşılaştırma matrisine tek çözüm bulmayı garanti etmesidir. Buckley karar verici tarafından belirtilen bulanık oranları temsil etmek için üçgen bulanık sayı yerine Şekil 4.3'te gösterilen yamuk bulanık sayıyı (a, b, c, d) kullanmıştır.



Şekil 4.3 : Yamuk Bulanık Sayı (a, b, c, d)

4.3.2.1 Geometrik Ortalama Yöntemi

Pozitif karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi verilirse;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

her satırın geometrik ortalaması aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n} \quad (4.13)$$

Wj ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$W_i = Z_i / (Z_1 + \dots + Z_n), V_i. \quad (4.14)$$

4.4 Genişletilmiş Bulanık AHP

Aşağıda, Chang (1996)'in bulanık AHP'de Mertebe Analizi Yöntemi ayrıntılı olarak anlatılacak ve yöntem tedarikçi firma performans ölçümü için uygulanacaktır. Chang'ın yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için mertebe analizi uygulanır. Böylece her bir ölçüt için m tane mertebe analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.15)$$

Burada tüm j gi M ($j = 1, 2, \dots, m$)'ler üçgensel bulanık sayıdır. Chang'ın mertebe analizinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

Adım 1: Ölçüt i 'ye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4.16)$$

Buradaki $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için m mertebe analiz değerine (4.17)'de

görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4.17)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4.18)$$

Daha sonra (18)'deki vektörün tersi şu şekilde elde edilir.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4.19)$$

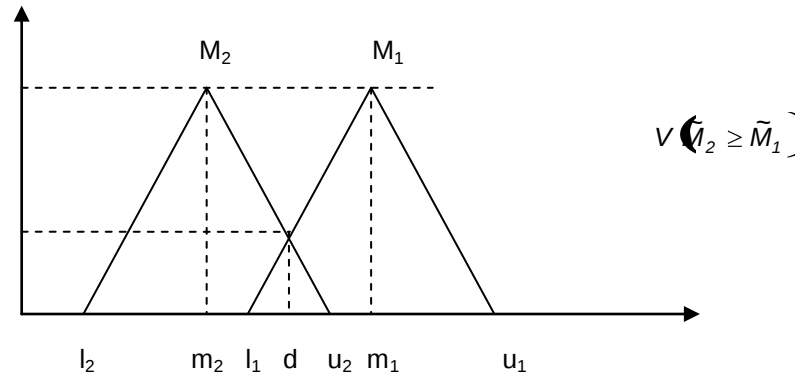
Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ – $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)] \quad (4.20)$$

Denk olarak (21)'deki gibi de ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \begin{cases} 1, & \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eger } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (4.21)$$

Denk şekilde $V(M_2 \geq M_1)$ 'i, d, M_1 ve M_2 arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olmak üzere Sekil 4.4.'de görüldüğü gibi ifade edebiliriz.



Şekil 4.4 : M_1 ve M_2 arasındaki Kesişim Noktası

M_1 ve M_2 'yi kıyaslayabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i ($i=1, 2, \dots, k$) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (4.22)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k),$$

olduğunu varsayalım, $k = 1, 2, \dots, n$; k i için ağırlık vektörü (23)'de görüldüğü gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T, \quad (4.23)$$

Burada A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, (24)'teki gibidir. Burada W , bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T, \quad (4.24)$$

Saaty tarafından geliştirilen klasik AHP yönteminde karar vericinin belirlediği ikili karşılaştırma ilişkileri belirgin sayılarla ifade edilmiştir. Yine de ikili karşılaştırma ilişkileri sürecin başında sözel olarak ifade edildikleri ve sonradan sözel ifadeler belirgin sayılara dönüştürüldüğü için klasik AHP bulanık bir modelleme olarak görülebilir. Fakat esas bulanık yöntem olarak değerlendirilen yaklaşımlar "Laarhoven ve Pedrycz" ve "Buckley" tarafından geliştirilmiştir (Şen, 2001).

Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımında karşılaştırma ilişkileri karar vericiden klasik AHP'deki gibi sözel olarak alınır. Fakat sözel ifadeler ikili karşılaştırma matrislerinde belirgin sayılarla değil üçgen bulanık sayılarla temsil edilir. Buckley yaklaşımında ise karar vericinin sözel ifadeleri yamuk bulanık sayılarla gösterilir. Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımında her alternatifin bulanık faydası üçgen bulanık sayı olarak ortaya çıkar, fakat Buckley yaklaşımında bulanık faydaların bulanık yamuk sayı olma zorunluluğu yoktur (Şen, 2001).

Klasik AHP'de özvektör yöntemiyle gerçekleştirilen karşılaştırma matrislerinden performans puanları ve ölçüt ağırlıklarına geçiş Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımında Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemiyle; Buckley yaklaşımında ise geometrik ortalama yöntemiyle gerçekleştirilir. Çizelge 4.7'de bahsedilen konular özetlenmiştir (Şen, 2001).

Çizelge 4.7 :AHP Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi

	Klasik AHP	Laarhoven ve Pedrycz	Buckley	Chang I
Sözel ikili karşılaştırmaların temsil edilmesi	Belirgin sayılar	Üçgen Bulanık sayılar	Yamuk bulanık sayılar	Üçgen bulanık sayılar
Alternatiflerin fayda değerleri	Belirgin sayılar	Üçgen bulanık sayılar	Özel tanımlı bulanık sayılar	Konveks bulanık sayılar
Ağırlık değerlendirme yöntemi	Özvektör yöntemi	Lootsma logaritmik en küçük kare yöntemi	Geometrik ortalama yöntemi	Bulanık sayıların kesişimi

Son yirmi yılda, bulanık ortamdaki tüm kriter çiftlerinin ve karar alternatiflerinin karşılaştırılmasında öncelik vektörünün oluşturulması amacıyla birçok yöntem (Boender, de Graan ve Lootsma, 1989; Buckley, 1985; Chang, 1996; Dong ve Wong, 1989; Haines, 1998; Kumar ve Ganesh, 1996; van Laarhoven ve Pedrycz, 1983; Levary ve Wan, 1998; Ribeiro, 1996; Ruoning ve Xiaoyan, 1992; Carmone, Kara ve Zanakis, 1997; Kumar ve Ganesh, 1996; Leung ve Cao, 2000; Radojevic ve Petrovic, 1997; Ramanathan, 1997; Rosenbloom, 1996; Ruoning ve Xiaoyan, 1996; Salo, 1996) geliştirilmiştir. Bütün bu çabalara rağmen, klasik bulanık AHP yöntemleri α -kesim yaklaşımı gibi üyelik fonksiyonlarının kesişmesini optimize eden tekrarlı temel işlemler ve geometrik ortalama teknikleri gibi yorucu aritmetik hesaplamaları kullanarak operasyonlardaki bulanık değerlerle ilgilenmektedir.

Klasik bulanık AHP yönteminin en önemli dezavantajı yukarıda belirtilenlerden ziyade bulanık değişkenler ve karar vericiler arasındaki etkileşimi göz ardı etmesidir. Ayrıca, klasik yöntemler uygulandığında sadece üçgensel üyelik fonksiyonları kullanılabilir. Konkav, konveks veya konkav-konveks üyelik fonksiyonlarından yararlanamamaktadır. Geleneksel bulanık AHP yönteminin bir diğer dezavantajı da kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duyulmasıdır.

5. AHP' NİN EVRELERİ

5.1 Problemin Belirlenmesi

Bu evre, karar vermeye ilişkin tüm yöntemlerin ortak evresidir. Dolayısıyla tüm yöntem ve yaklaşımlar için çözümün ilk aşaması olarak değerlendirilmelidir. Problemin ortaya konulmasında göz önünde bulundurulacak en önemli konu, problemin çözümüne altlık oluşturacak nicel göstergelerin var olup olmadığıdır. Çünkü AHP ile çözüm üretebilmenin önkoşulu nicel öğelerin varlığıdır (Çalışkan, 1998).

5.2 Sistem Yaklaşımının Ortaya Konması

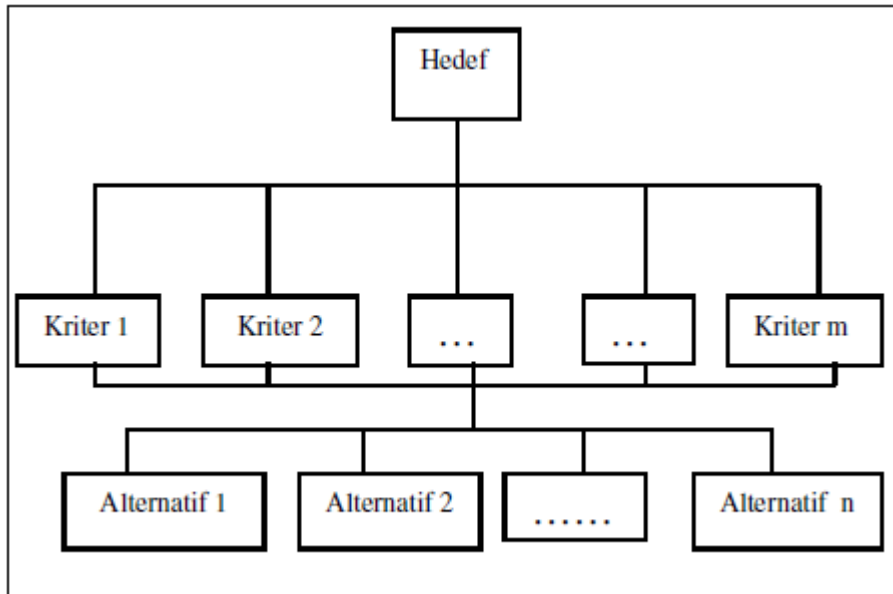
Çeşitli olaylar karşısında karar verme durumlarında karar vericiler, çoğunlukla karşılıklı ilişkiler içerisinde bulunan unsurlara sahip karmaşık sistemlerle yüz yüze gelmektedirler. Bu karmaşık yapıya getirilecek yaklaşım ne kadar gerçekçi ve isabetli ise verilecek karar da o derece etkin ve isabetli olacaktır. Saaty (1976) tarafından ortaya konulan AHP Modeli; insanların nasıl bir karar vermeleri gerektiği hususunda bir yöntem kullanma zorunluluğu yerine, onları, kendi karar verme mekanizmalarını tanıma imkânına kavuşturarak daha iyi karar vermelerini amaçlamaktadır. AHP yöntemi, karar vericinin karmaşık problemlerini belli ortak özellikler açısından grupsal bir yapıya kavuşturarak sonuca gitmektedir. Bu ortak özelliklere sahip gruplar yine kendi aralarında gruplandırılabilir. AHP 'nin temelinde sistem yaklaşımı kuramı mevcuttur. Klasik karar verme tekniklerinden farklı olarak çok amaçlı karar verme metodlarının temel özelliği olarak sadece nicel (kantitatif) değil aynı zamanda nitel (kalitatif) değerler de göz önüne alınır. Analitik Hiyerarşi Süreci, bir grup veya komisyonun birlikte karar vermek durumunda oldukları karar problemlerinde uygulanmaktadır. Analitik Hiyerarşi modelinde, karar problemine konu olan sorun, bileşenlerine ayrılarak hiyerarşik bir yapıda düzenlenir. Hiyerarşinin en üstünde bir amaç seçim) yer alır. Bu amacın altında sırasıyla kriterler, alt kriterler ve en altta seçenekler olacak biçimde yapı tamamlanır. AHP, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler sergileyen sistemlere ait karar problemlerinde;

sistemi alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıda oldukça basitleştirerek ifade edip, sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdeleyebilen bir yaklaşımdır. Ayrıca Karar Destek Sistemi olan Expert Choice'ın sağlayabildiği olanaklar sebebiyle de; Pazarlama Karması Optimizasyonu, Gemi Seçimi, Sağlık Kurumu Seçimi, Kent içi Ulaşım Problemleri, En İyi Bölge Seçimi ve Tedarikçi Seçimi gibi geniş bir problem yelpazesine çözüm üretebilir niteliktedir (Çalışkan, 1998).

5.3 Hiyerarşik Yapının Kurulması

AHP'nin bu evresi, yöntemin temel bileşeni konumundadır ve diğer karar verme yöntemleri ile karşılaştırıldığında, bu yöntemlerdeki "model kurma" evresi ile özdeş konumdadır. Hiyerarşik yapının kurulması görece öznel bir karakter taşır. Bir başka ifadeyle, daha önce de vurgulandığı gibi, karar veren kişiye göre farklılık gösterir. Farklı hiyerarşik dizilimlerin birinin diğerinden üstün olduğunu söylemek olası değildir. Uygulamada mantıklı öznel yaklaşımların da sorun çözülmesi için karar verme sürecinde olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir (Çalışkan, 1998).

Hiyerarşik bir dizilimin oluşturulması sürecinde en önemli konu, yapıtaşları olarak nitelendirebileceğimiz katmanların oluşturulması ve bu katmanlar arasındaki ilişkilerin ve etkileşimin belirlenmesidir. Bu ilişkilerin oluşturulmasında başvuru alan temel dayanak ise ilgili öğelerin modelin en üstünde yer alan ana hedefin belirlenmesi üzerindeki etkileridir. Ölçülen bu etkiler sayısal olarak ifade edilir.



Şekil 5.1 : Hiyerarşik Yapının Kurulması.

5.4 Önceliklerin Belirlenmesi

Modelin oluşturulmasından sonraki evrede hiyerarşik dizilimde aynı ağırlığa sahip olan eşit düzeydeki ölçütler arasındaki göreceli ağırlıkların belirlenmesi söz konusudur. Bu evrede, bir üst düzeydeki ölçüt ya da ölçütlerle bağlantılı olan alt düzeydeki ölçütlerin kendi aralarında ikili karşılaştırılmaları yapılır.

Daha önce de vurgulandığı gibi, öğelerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesinde ikili karşılaştırmalar matrisinden yararlanılır. Böylece salt nicel öğelerin dikkate alınmasıyla yetinilmeyip nitel öğe ve Özelliklerin de değerlendirme sürecine altlık oluşturması sağlanmış olmaktadır. Burada, ilgili katmanın tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğe veri olarak alınır ve alt düzeydeki tüm öğelerin, hiyerarşik dizilime göre üst düzey öğesi üzerindeki göreceli etkileri ikili karşılaştırma ile belirlenir. Bu belirlemede anılan türden bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak bu matrisin en büyük öz değere sahip vektörü bulunur. Bu öz vektör, öncelik sıralamalarının belirlenmesinde, öz değer ise yargının tutarlılığının ölçülmesinde birer araç olarak kullanılırlar (Tekeş, 2002).

Çizelge 5.1: Önceliklerin Belirlenmesi

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit önem	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
	(1,2,3)	(1/3,1/2,1/1)
Biraz daha fazla önemli	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Kuvvetli derecede önemli	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Tamamıyla önemli	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Çizelge 5.2: Sayısal Değerler

SAYISAL DEĞERLER	TANIM
1	Eşitlik
3	Az önemli (az üstün olma hali)
5	Oldukça önemli (oldukça üstün olma hali)
7	Çok Önemli (çok üstün olma hali)
9	Son derece önemli (kesin üstün olma hali)
2, 4, 6, 8	Ara Değerler
Ters değerler	İkinci alternatifin birinci alternatife olan aynı kriter açısından kıyaslaması

5.5 Sentezleme

Bu evrede, daha önce de vurgulandığı gibi karşılaştırılan her elemanın önceliğinin ya da bir başka ifadeyle görelî öneminin belirlenmesi söz konusudur. Hiyerarşik dizilimin en alt düzeyinde, değerlendirmeye konu olan farklı seçenekler bulunmaktadır. Sentezleme ile bu farklı seçenekler bir uzlaşma zemininde buluşturulur. Burada da önceliklerin belirlenmesi işlemine benzer olarak seçeneklerin her alt öge bazında ikili karşılaştırmaları yapılır ve bütün ağırlıkların birleştirilmesi yoluyla da genel ağırlıklar bulunur (Tekeş, 2002).

5.6 Değerlendirme ve Sonuç

Sentezleme işlemi sonucunda Problemin Tutarsızlık İndeksi (Overall Inconsistency Index) olarak adlandırılan bir yüzde hesaplanmaktadır Bu indeksin %10'dan küçük olması beklenir. Bu kabulün gerçekleşmemesi durumunda varılan yargılar ya da verilen kararlara ilişkin tutarsızlıkların en aza indirilmesi çabası içine girilmesi gerekir. Kurulan hiyerarşik dizilimde yapısal bir değişiklik ya da bir başka ifadeyle model değişikliği yapılmazdan önce, ikili karşılaştırmalar kontrol edilir. Böylece önceliklerin gözden geçirilmesi ve yapılacak bazı düzeltmeler aracılığıyla, model değişikliğine gidilmeksizin problemin tutarsızlık indeksi düşürülebilecektir.

AHP'de daha önce de vurgulandığı gibi karar verme süreçlerinin en önemli unsurlarından biri olan tutarlılık konusunda bir esneklik söz konusudur. Bu esneklik ise tanımı verilen, problemin tutarsızlık indeksi aracılığıyla kontrol altında tutulur. Eğer, bu indeks değeri kabul edilebilir sınırlar içerisindeyse, getirilecek en akılcı ve mantıklı çözüm en büyük göreceli ağırlığa sahip seçeneğin uygulanması olacaktır (Tekeş, 2002).

6. UYGULAMA: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN BİR KARAR DESTEK MODELİ

Doğru tedarikçi seçimi, işletmelerin yüksek performans gösterme şartlarının ilk aşamalarından biridir. İstenilen hedeflere ulaşabilmek için en uygun tedarikçi ile çalışılması gerekmektedir. Bu seçimi yapabilmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık hiyerarşik prosesi esaslı bir model çalışması amaçlanmaktadır.

Chang'ın bulanık analitik hiyerarşik prosesi modelinin temel alındığı çalışmada en yüksek performansı göstermek için çalışılması gereken tedarikçileri belirlemeye çalışılmaktadır. Çözüm sürecinde bulanık AHP yönteminin kullanılmasının nedeni, elimizdeki verilerin bu çözüm yöntemine uygun olması ve hiyerarşik gösterim sayesinde tüm değişkenleri bir arada değerlendirebilmemizdir.

Çalışmayı bir adım daha ileri götürerek bulanık AHP yönteminden elde ettiğimiz sonuçları bir matematiksel model kurmak için değerlendirmek istenmektedir. Böylece matematiksel modele taban olacak bilgilerin firmaya uygun en etkin şekilde elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu veriler doğrultusunda oluşturulan matematiksel modelde de amaç, ölçülebilir kriterler ve AHP'den elde ettiğimiz değerler doğrultusunda tedarikçilerle çalışma şeklini belirleyici bir sonuç elde etmektir. Çalışmanın yapıldığı işletmenin öncelikleri, çalışma şekli ve hedefleri göz önüne almak hedeflendiği için, çoklu hedef fonksiyonlarını aynı anda değerlendirmesi nedeniyle, “öncelik sırasını dikkate alarak Hedef programlama” tercih edilmektedir. Bu şekilde sadece belirli kriterleri sağlayan firma seçimi değil, aynı zamanda değişken hedeflere ulaşmayı sağlayacak tedarikçilerin doğru yönetilmesi hedeflenmektedir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda, çözüm süreci iki aşamadan oluşturulmaktadır.

Birinci aşamada, mevcut tedarikçilerin seçimi için çözüme ve işletme ihtiyaçlarına en kapsamlı şekilde yanıt verebilecek kriterler seçilmektedir. Karşılaştırma ve seçim için belirtilen kriterler (Chan and Kumar, 1996)'dan referans alınmaktadır. Ancak

İşletmenin faaliyet gösterdiği alan, ülke olarak konumu, rekabet şartları, çalışma yapısı ve şirket stratejilerine göre ülke müdürleri ile görüşülerek, işletmeye özel bir model oluşturulmaktadır.

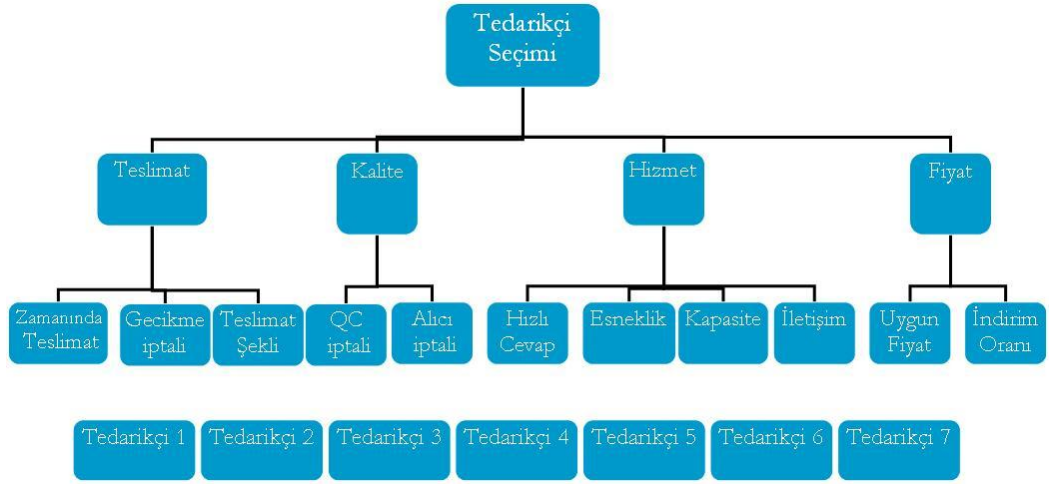
İşletmenin çalışma koşulları gereği nihai kararlar ülke müdürleri tarafından verilmekte, diğer bölümler sadece kendi konuları ile ilgili kısımlarda bağımsız davranmaktadırlar. Bu nedenle BAHP ile ilgili anketler yapılırken karar verici olarak tek kişi seçilmektedir ve sadece ülke müdürü ile anket yapılmaktadır.

İkinci aşamada matematiksel model oluşturulurken yine işletme hedefleri ve stratejileri esas alınmaktadır. Bu kısımdaki veriler işletmenin geçen yıl yaptığı çalışmalardan derlenmektedir. Çalışma yılı başında elde edilen verilerden oluşturulan matematiksel model yardımıyla, bir sonraki çalışma yılında işletme amaçlarına en uygun şekilde sipariş dağıtımı hedeflenmektedir. Çalışma yılı başında elde edilen veriler ile firma stratejileri doğrultusunda hedef fonksiyonlar belirlenmekte ve en uygun çözüm için yine firmanın çalışma şeklini tam olarak yansıtan öncelik sıralı hedef programla kullanılmaktadır. Böylece her yıl değişebilen hedefleri en iyi sağlayabilecek tedarikçilerin doğru yönlendirilmesi amaçlanmaktadır.

6.1 Bulanık AHP ile Değerlendirme

İşletmemiz mevcut çalıştığı tedarikçiler arasında değerlendirme yaparak önümüzdeki dönemde hangi tedarikçilerle çalışacağına karar vermektedir. Uygulamanın bu kısmında Chang'ın genişletilmiş analizi kullanılmaktadır. Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra, EK A'da yer alan sözel anket sorularına verilen cevaplara göre, EK B'de yer alan üçgen bulanık sayılar tablosundan faydalanarak ikili karşılaştırmalar matrisleri oluşturulmaktadır.

1.Adımda, Hiyerarşik yapıyı oluşturmak için karar verici ile yapılan görüşmeler sonucu teslimat, hizmet, kalite ve fiyat 4 ana kriter olarak belirlenmiştir. Her bir ana kriter için belirlenen alt kriterler aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 6.1 Tedarikçi Seçimi için Hiyerarşik Yapı

Zamanında Teslimat: tedarikçinin istenen tarihte yaptığı yüklemeler.

Gecikme İptali: tedarikçinin zamanında yükleme yapamayarak istediği uzatmalar sonucunda ürünün satış süresinin geçmesi ve alıcının ürünü istememesi

Teslimat Şekli: uçak ya da gemi olarak iki şekildedir. Alıcı tarafından yapılan ödeme değişmektedir. Bu nedenle gemi yüklemeleri tercih edilmektedir.

QC iptali: aracı işletmenin QC'sinin genel kontrol tablosuna göre yaptığı kontrol sonucu malı durdurması ve ürünlerin tekrar kontrolüdür. Tedarikçide gerçekleşir.

Alıcı İptali: ihracat yapılan ülkede bağımsız üçüncü parti kontrolör tarafından genel kontrol tablosuna göre yapılan kontrol sonucu malın durdurulmasıdır. İhraç edilen ülkede alıcı deposunda gerçekleşir.

Hızlı Cevap: Tedarikçi tarafından ürünler üzerindeki ya da çalışma şekli ile ilgili değişikliklere uyabilme süresini belirtir.

Esneklik: Daha önce belirlenen siparişler dışında gelen veya mevcut siparişlerin öne ya da ileri bir tarihe çekilmesi durumunda tedarikçinin bu değişikliğe cevap verebilme kabiliyetidir.

Kapasite: Tedarikçinin belirli bir süre zarfında aracı kuruluş için ayırabildiği kapasite miktarı, yani üretebildiği ürün adedidir.

İletişim: Tedarikçi ve aracı arasındaki iletişimi belirtir.

Uygun Fiyat: Ürünler için tedarikçinin verdiği, aracıya olan satış fiyatıdır.

İndirim oranı: Siparişteki ürün adedinin artışına bağlı olarak tedarikçinin ürün başına birim fiyatta yaptığı tenzilat miktarıdır.

2.Adımda, her bir ana kriterin birbiriyle ve her alt kriterin aynı ana kriter altındaki alt kriterleriyle ikili karşılaştırılması yapılacak ve her bir stratejik nitelik için ağırlık vektörü hesaplanacaktır.

Ana kriterler için oluşan ikili karşılaştırmalar matrisi aşağıdaki gibidir:

Çizelge 6.1 Ana Kriterler için ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Ana Kriterler	Teslimat	Kalite	Hizmet	Fiyat
Teslimat	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
Kalite	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)
Hizmet	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
Fiyat	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden Bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{Teslimat} = (2.47, 3.00, 3.84) \otimes (0.04, 0.05, 0.06) = (0.10, 0.15, 0.24)$$

$$S_{Kalite} = (5.67, 7.00, 8.5) \otimes (0.04, 0.05, 0.06) = (0.23, 0.36, 0.53)$$

$$S_{Hizmet} = (2.25, 2.66, 3.3) \otimes (0.04, 0.05, 0.06) = (0.09, 0.14, 0.21)$$

$$S_{Fiyat} = (5.67, 7.00, 6.67) \otimes (0.04, 0.05, 0.06) = (0.23, 0.36, 0.53)$$

Bu Vektörleri kullanarak $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$V(S_{Teslimat} \geq S_{Kalite}) = 0.02 \quad V(S_{Teslimat} \geq S_{Hizmet}) = 1.00 \quad V(S_{Teslimat} \geq S_{Fiyat}) = 0.02$$

$$V(S_{Kalite} \geq S_{Hizmet}) = 1.00 \quad V(S_{Kalite} \geq S_{Fiyat}) = 1.00 \quad V(S_{Kalite} \geq S_{Teslimat}) = 1.00$$

$$V(S_{Hizmet} \geq S_{Fiyat}) = 0.00 \quad V(S_{Hizmet} \geq S_{Teslimat}) = 0.86 \quad V(S_{Hizmet} \geq S_{Kalite}) = 0.00$$

$$V(S_{Fiyat} \geq S_{Teslimat}) = 1.00 \quad V(S_{Fiyat} \geq S_{Kalite}) = 1.00 \quad V(S_{Fiyat} \geq S_{Hizmet}) = 1.00$$

Böylece ana kriterler ağırlık vektörü $W_{Anakriterler} (0.02, 0.49, 0.00, 0.49)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.1'den elde edilen veriler dikkate alınarak, hizmet kriterinin diğer kriterler yanında ihmal edilebilecek derecede önemsiz kaldığını; yine teslimat kriterinin önem derecesinin çok düşük olduğunu, kalite ve fiyat kriterlerinin ise neredeyse aynı düzeyde önemli olduğunu söyleyebiliriz. Sonuç olarak fiyat ve kalite çok öne çıkarken, teslimat ve hizmet kriterleri fazla önem arz etmemektedirler. Hizmet

kriteri sonucunun sıfır olarak gözükme nedeni ağırlık payının %1'in altında olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat kriter olarak yerini korumaktadır.

Teslimat alt kriteri için aynı adımları tekrarlırsak:

Çizelge 6.2 Teslimat Şekli için ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Teslimat Kriterleri	Teslimat Şekli	Zamanında Teslimat	Teslimat İptali
Teslimat Şekli	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
Zamanında Teslimat	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
Teslimat İptali	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için

$$S_{\text{TeslimatŞekli}} = (2.07, 2.50, 3.17) \otimes (0.08, 0.09, 0.11) = (0.16, 0.23, 0.35)$$

$$S_{\text{ZamanındaTeslimat}} = (5.00, 6.00, 7.00) \otimes (0.08, 0.09, 0.11) = (0.38, 0.55, 0.78)$$

$$S_{\text{Teslimatİptali}} = (1.96, 2.33, 2.90) \otimes (0.08, 0.09, 0.11) = (0.15, 0.22, 0.32)$$

Bu vektörleri kullanarak teslimat kriteri için $V(S_{\text{Kriter2}} \geq S_{\text{Kriter1}})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned} V(S_{\text{TeslimatŞekli}} \geq S_{\text{ZamanındaTeslimat}}) &= 0.00 & V(S_{\text{TeslimatŞekli}} \geq S_{\text{Teslimatİptali}}) &= 1.00 \\ V(S_{\text{ZamanındaTeslimat}} \geq S_{\text{Teslimatİptali}}) &= 1.00 & V(S_{\text{ZamanındaTeslimat}} \geq S_{\text{TeslimatŞekli}}) &= 1.00 \\ V(S_{\text{Teslimatİptali}} \geq S_{\text{TeslimatŞekli}}) &= 0.91 & V(S_{\text{Teslimatİptali}} \geq S_{\text{ZamanındaTeslimat}}) &= 0.91 \end{aligned}$$

Böylece teslimat ağırlık vektörü $W_{\text{Teslimat}} (0.00, 0.52, 0.48)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.2'den elde edilen veriler incelenecek olursa teslimat kriterleri içinde teslimat şekli, zamanında teslimat ve teslimat iptali ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek kadar düşük bir ağırlıkta kalmaktadır. Kriter ağırlığı %1'in altında olmaktadır. Bunun yanında zamanında teslimat ve teslimat iptali kriterlerinin yakın ağırlıklar aldığını yani yaklaşık aynı önemde olduğunu söyleyebiliriz. Fakat ikili karşılaştırmaya baktığımızda zamanında teslimatın, teslimat iptalinden daha önemli olduğunu görmekteyiz.

Kalite kriteri için aynı adımları tekrarlırsak:

Çizelge 6.3 Kalite Kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Kalite Kriterleri	QC Reject	Alicı Reject
QC Reject	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
Alicı Reject	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

Çizelge 6.2'den bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{QCiptali} = (1.29, 1.33, 1.40) \otimes (0.17, 0.19, 0.21) = (0.22, 0.25, 0.29)$$

$$S_{Alılcılıpti} = (3.50, 4.00, 4.50) \otimes (0.17, 0.19, 0.21) = (0.59, 0.75, 0.94)$$

Bu vektörleri kullanarak kalite kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$V(S_{QC} \geq S_{Alılı}) = 1.00$$

$$V(S_{Alılı} \geq S_{QC}) = 0.00$$

Böylece kalite ağırlık vektörü $W_{Kalite} (0.00, 1.00)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.3'ten elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa alıcı iptalinin QC iptalinden %100 daha önemli olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, QC iptalleri üretimin olduğu ortamda çok kısa sürede ve ucuza düzeltilebilirken, alıcı iptallerinin fabrikadan uzakta, düzeltme imkânlarının kısıtlı olduğu ve işçilik ücretinin çok daha yüksek olduğu alıcı ülkede gerçekleştiriliyor olmasıdır.

Hizmet kriteri için alt kriterleri hesaplamak için aynı adımları tekrarlırsak:

Çizelge 6.4 Hizmet Kriterleri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Hizmet Kriterleri	Esneklik	İletişim	Kapasite	Hızlı Cevap
Esneklik	(1,1,1)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)
İletişim	(3/2, 2, 5/2)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)	(3/2, 2, 5/2)
Kapasite	(3/2, 2, 5/2)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)	(2/3, 1, 3/2)
Hızlı Cevap	(2/3, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 3/2)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{Esneklik} = (2.47, 3.00, 3.84) \otimes (0.04, 0.06, 0.07) = (0.11, 0.17, 0.28)$$

$$S_{İletişim} = (4.67, 6.00, 7.50) \otimes (0.04, 0.06, 0.07) = (0.21, 0.34, 0.55)$$

$$S_{Kapasite} = (3.84, 5.00, 6.50) \otimes (0.04, 0.06, 0.07) = (0.17, 0.29, 0.47)$$

$$S_{HızlıCeva} = (2.74, 3.50, 4.67) \otimes (0.04, 0.06, 0.07) = (0.12, 0.20, 0.34)$$

Bu vektörleri kullanarak hizmet kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$V(S_{Esneklik} \geq S_{İletişim}) = 0.30 \quad V(S_{Esneklik} \geq S_{Kapasite}) = 0.49 \quad V(S_{Esneklik} \geq S_{HızlıCeva}) = 0.85$$

$$V(S_{İletişim} \geq S_{Kapasite}) = 1.00 \quad V(S_{İletişim} \geq S_{HızlıCeva}) = 1.00 \quad V(S_{İletişim} \geq S_{Esneklik}) = 1.00$$

$$V(S_{Kapasite} \geq S_{HızlıCeva}) = 1.00 \quad V(S_{Kapasite} \geq S_{Esneklik}) = 1.00 \quad V(S_{Kapasite} \geq S_{İletişim}) = 0.82$$

$$V(S_{HızlıCeva} \geq S_{Esneklik}) = 1.00 \quad V(S_{HızlıCeva} \geq S_{İletişim}) = 0.48 \quad V(S_{HızlıCeva} \geq S_{Kapasite}) = 0.66$$

Böylece hizmet ağırlık vektörü $W_{Hizmet} (0.11,0.38,0.32,0.19)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.4'den elde edilen ağırlık vektörleri incelenecek olursa, hizmet ana kriterinin alt kriterleri arasında daha dengeli bir dağılım gösterdiği, ağırlıklarının diğer ana kriterlerle kıyaslandığında daha düzenli dağıldığı söylenebilir. Hizmet ana kriterinde en önemli alt kriter iletişim olmaktadır. İletişimden sonra %6 farkla kapasite alt kriteri önem kazanmaktadır. Esneklik ise en düşük ağırlık değerine sahiptir.

Fiyat kriteri için ağırlık vektörlerini hesaplarsak:

Çizelge 6.5 Fiyat Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Fiyat Kriterleri	Uygun Fiyat	İndirim Oranı
Uygun Fiyat	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
İndirim Oranı	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{UygunFiyat} = (2.50,3.00,3.50) \otimes (0.19,0.22,0.26) = (0.48,0.67,0.90)$$

$$S_{FiyatIndirimi} = (1.40,1.50,1.67) \otimes (0.19,0.22,0.26) = (0.27,0.33,0.43)$$

Bu vektörleri kullanarak fiyat kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$V(S_{UygunFiyat} \geq S_{FiyatIndirimi}) = 1.00$$

$$V(S_{FiyatIndirimi} \geq S_{UygunFiyat}) = 0.00$$

Böylece fiyat ağırlık vektörü $W_{Fiyat}(1.00,0.00)^T$ olarak hesaplanır.

Şekil 6.5 'ten elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa, Uygun fiyat alt kriterinin fiyat indirimi alt kriterine göre %100 daha ağırlıklı olduğu söylenebilir. Bunun nedeni yapılan anlaşmalarda alınan fiyatların daha sonradan yapılan indirimlere göre çok daha etkili olmasıdır. Sipariş adedinden kaynaklanan fiyat indirimleri düşük oranlarda olduğu için ağırlıkları da %1'in çok daha altında kalmaktadır.

3.Adımda her bir alt kriter için tüm tedarikçilerin ikili karşılaştırmaları yapılarak ağırlık vektörleri hesaplanmaktadır.

Yapılan anketler sonucu elde edilen veriler, hangi alternatiflerin belirlenen alt kriterlere göre daha ağırlıkta olduğunu göstermektedir.

Teslimat ana kriteri, teslimat şekli alt kriteri için tedarikçi ikili karşılaştırmalar Matrisi çizelge 6.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 6.6 Teslimat Şekli Alt Kriteri ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Teslimat Şekli	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(3/2,2,5/2)
ETC	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
FABULOUS	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(7/2,4,9/2)
BABY COCA	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)
MARTEX	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
DELTA	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{Shamsi} = (6.14, 8, 10.34) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.08, 0.13, 0.20)$$

$$S_{ETC} = (3.78, 4.16, 4.81) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.10)$$

$$S_{Fabulous} = (13.17, 17, 19) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.17, 0.27, 0.38)$$

$$S_{Babycoca} = (5.42, 6.66, 8.3) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.07, 0.11, 0.16)$$

$$S_{Maytex} = (8.74, 9.5, 12.67) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.12, 0.15, 0.25)$$

$$S_{Martex} = (9.34, 12, 15) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.12, 0.19, 0.30)$$

$$S_{Delta} = (3.98, 4.58, 5.53) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.11)$$

Bu vektörleri kullanarak teslimat şekli alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri

aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.17 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 0.37 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 0.51 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.32 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.76 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.30 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 0.79 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.56 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.86 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.16 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.72 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.45 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.70 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 0.47 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.00
\end{aligned}$$

Böylece teslimat şekli ağırlık vektörü, $W_{Tes\ lim\ at\ Sekli} (0.07, 0.00, 0.43, 0.00, 0.19, 0.30, 0.00)^T$ olarak hesaplanır.

“Teslimat Şekli” alt kriteri için hesaplanan ağırlık vektörünü incelenecek olursa, 2 ve 7 numaralı tedarikçilerin teslimat şekli yönünden başarısız oldukları ve bu tedarikçilerin seçilmemesi yönünde bir ağırlık ortaya çıktığı söylenebilir. 3 ve 6 numaralı tedarikçilerin ise ağırlıklı olarak seçilmesi yönünde bir sonuç çıktığı söylenebilir.

Alt kriter hesaplama adımlarını zamanında teslimat alt kriteri için tekrarlırsak:

Teslimat ana kriteri, zamanında teslimat alt kriteri için tedarikçi ikili karşılaştırmalar matrisi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.7 Zamanında Teslimat alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi

Zamanında Teslimat	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(5/2,3,7/2)
ETC	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
BABY COCA	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
MARTEX	(3/2,2,5/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
DELTA	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$S_{Shamsi} = (8.14, 10, 12.34) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.11, 0.16, 0.25)$$

$$S_{ETC} = (3.43, 4.24, 5.49) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.04, 0.07, 0.11)$$

$$S_{Fabulous} = (10.67, 13, 15.5) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.14, 0.21, 0.31)$$

$$S_{Babyco} = (4.1, 5.33, 7.24) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.05, 0.09, 0.14)$$

$$S_{Maytex} = (9.51, 12, 15) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.12, 0.19, 0.30)$$

$$S_{Martex} = (10.67, 13, 15.5) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.14, 0.21, 0.31)$$

$$S_{Delta} = (3.72, 4.66, 6.14) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (.05, 0.07, 0.12)$$

Bu vektörleri kullanarak zamanında teslimat alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri hesaplamak için her bir alternatif için iki yönlü olarak vektörleri hesaplamak gerekmektedir. Bu vektörleri şu şekilde hesaplayabiliriz.

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.69 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 0.76 & V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.51 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 0.05 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 0.76 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.30 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 0.99 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.79 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 0.69 & V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 0.05 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.90 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.05 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.41 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.05 \\
V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.98 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 0.78 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00
\end{aligned}$$

Böylece zamanında teslimat ağırlık vektörü,

$W_{Zaman\ iamanes\ lim\ at} (0.19, 0.00, 0.27, 0.01, 0.25, 0.27, 0.00)^T$ olarak hesaplanır.

Zamanında teslimat alt kriteri de incelenecek olursa 2 ve 7 numaralı tedarikçilerin seçilmemesi gerektiği, 3 ve 6 nolu tedarikçilerin ise aynı oranda başarılı olduğu ve seçilmesi gerektiği söylenebilir.

Çizelge 6.8 Teslimat iptali alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar Matrisi

Teslimat İptali	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/9,1/4,2/7)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)	(2/5,1/2,2/3)
ETC	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
BABY COCA	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
MAYTEX	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
MARTEX	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
DELTA	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (2.93, 3.33, 3.99) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.04, 0.05, 0.08) \\
S_{ETC} &= (4.71, 5.99, 7.7) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.06, 0.10, 0.16) \\
S_{Fabulous} &= (11.34, 14, 17) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.14, 0.22, 0.34) \\
S_{Babycoca} &= (5.31, 7, 9.34) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.07, 0.11, 0.19) \\
S_{Martex} &= (8.68, 11, 14) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.11, 0.18, 0.28) \\
S_{Delta} &= (11.34, 14, 17) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.14, 0.22, 0.34) \\
S_{Delta} &= (5.31, 7, 9.34) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.07, 0.11, 0.19)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak teslimat iptali alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 0.32 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 0.18 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.08 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 0.84 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.36 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 0.55 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.28 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.74 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.28 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 0.18 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.08 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.84 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.28 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.75 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 0.94 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.65 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.28
\end{aligned}$$

Böylece teslimat iptali ağırlık vektörü,

$W_{TeslimatIptal} (0.00, 0.02, 0.30, 0.08, 0.22, 0.30, 0.08)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.8 'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa, teslimat iptali alt kriteri açısından 1, 2, 4 ve 7 numaralı tedarikçilerin başarısız oldukları ve seçilmemeleri gerektiği söylenebilirken, 3, 5 ve 6 numaralı tedarikçilerin yaklaşık aynı oranda başarılı olduğu ve seçilebileceği söylenebilir.

Aynı adımları kalite ana kriteri, QC iptali alt kriteri için tekrar edersek,

Çizelge 6.9: QC iptali alt Kriteri için ikili karşılaştırmalar Matrisi

QC Reject	SHAMSİ	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSİ	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/5,1/2,2/3)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(3/2,2,5/2)
ETC	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(3/2,2,5/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)
BABY COCA	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
MARTEX	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
DELTA	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için vektörleri hesaplarsak:

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (7.97 , 10 , 12.34) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.10 , 0.16 , 0.25) \\
S_{ETC} &= (3.54 , 4.41 , 5.76) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.05 , 0.07 , 0.12) \\
S_{Fabulous} &= (12.17 , 15 , 18) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.16 , 0.25 , 0.37) \\
S_{Babycoca} &= (4.54 , 5.5 , 7.01) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.06 , 0.09 , 0.14) \\
S_{Maytex} &= (5.31 , 7 , 9.34) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.07 , 0.11 , 0.19) \\
S_{Martex} &= (11.17 , 14 , 17) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.15 , 0.23 , 0.35) \\
S_{Delta} &= (4.32 , 5.16 , 6.47) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.06 , 0.08 , 0.13)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak QC iptali alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.53 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 0.76 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.53 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 0.75 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.27 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.67 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.27 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.61 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.83 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.13 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.36 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.19 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.92 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 0.86 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.62 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.00
\end{aligned}$$

QC İptali ağırlık vektörü, $W_{QCiptali} (0.20, 0.00, 0.38, 0.00, 0.07, 0.35, 0.00)^T$ hesaplanır.

Kalite ana kriteri altındaki QC iptali alt kriteri ağırlık vektörünü incelenecek olursa, 2,4 ve 7 numaralı tedarikçilerin QC iptali yönünden başarısız oldukları ve bu tedarikçilerin seçilmemesi yönünde bir ağırlık ortaya çıktığı söylenebilir. 3 ve 6 no'lu tedarikçilerin ise ağırlıklı olarak seçilmesi yönünde bir sonuç çıktığı söylenebilir. 1 ve 5 nolu tedarikçiler ise 3 ve 6 no'lu tedarikçilere göre daha başarısız olmuşlardır. Yine de diğer tedarikçilere göre seçilmelerinin mümkün olduğu söylenebilir.

Alıcı iptali alt kriteri için ağırlık vektörleri hesaplamasını tekrarlırsak,

Çizelge 6.10 Alıcı iptali için ikili karşılaştırmalar Matrisi

ALICI İptali	SHAMSİ	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSİ	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(3/2,2,5/2)
ETC	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)
FABULOUS	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
BABY COCA	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(3/2,2,5/2)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)
MARTEX	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)
DELTA	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için vektör işlemleri aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (6.92, 8.66, 10.8) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.09, 0.13, 0.19) \\
S_{ETC} &= (3.87, 4.41, 5.26) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.05, 0.06, 0.09) \\
S_{Fabulous} &= (14.5, 17, 19.5) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.18, 0.25, 0.34) \\
S_{Babycoca} &= (6.29, 7.75, 9.46) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.08, 0.11, 0.16) \\
S_{Maytex} &= (4.52, 5.58, 7.19) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.06, 0.08, 0.12) \\
S_{Martex} &= (17.5, 20, 22.5) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.22, 0.29, 0.39) \\
S_{Delta} &= (3.98, 4.58, 5.53) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.10)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak alıcı iptali alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur. Değerler iki yönlü olarak tüm alternatifler için hesaplanır.

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.05 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 0.21 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.67 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 0.73 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.48 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.15 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 0.93 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.94 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.08 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.89 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 0.52 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 0.23 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.64 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.00
\end{aligned}$$

Böylece alıcı iptali ağırlık vektörü, $W_{Alıcıiptali} (0.00, 0.00, 0.42, 0.00, 0.00, 0.58, 0.00)^T$ olarak hesaplanır.

Alıcı iptali alt kriteri için ağırlık vektörü incelenecek olursa 1, 2, 4, 5 ve 7 numaralı tedarikçilerin başarısız olduğu görülmektedir. 6 numaralı tedarikçinin alıcı iptali kriterine göre seçilmesi gerektiği ve 3 numaralı tedarikçinin de bu alt kriter için başarılı olduğu yönünde sonuç çıkmıştır.

Aynı adımları hizmet ana kriteri, esneklik alt kriteri için tekrarlırsak:

Çizelge 6.11 Hızlı cevap alt kriteri İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Esneklik	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
ETC	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)
FABULOUS	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
BABY COCA	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
MAYTEX	(2/9,1/4,2/7)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)
MARTEX	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
DELTA	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (11.34, 14, 17) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.15, 0.23, 0.34) \\
S_{ETC} &= (6.64, 8, 9.84) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.09, 0.13, 0.20) \\
S_{Fabulous} &= (9.67, 12, 14.5) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.13, 0.20, 0.29) \\
S_{Babycoca} &= (4.1, 5.33, 7.24) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.09, 0.14) \\
S_{Maytex} &= (3.16, 3.74, 4.66) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.04, 0.06, 0.09) \\
S_{Martex} &= (9.84, 12, 14.5) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.13, 0.20, 0.29) \\
S_{Delta} &= (5.26, 6.33, 7.74) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.07, 0.10, 0.34)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak hızlı cevap alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri hesaplamamız gerekir. Bu değerleri hesaplamak için her bir alternatifin hızlı cevap alt kriteri için iki yönlü olarak ağırlık vektörleri hesaplanmalıdır. Çıkan sonuçlar her bir alternatifin bu alt kriter için ağırlığını belirten w ağırlık vektörü olacaktır.

Değerleri iki yönlü olarak tüm alternatifler için hesaplayacak olursak şu sonuçlar elde edilmiş olur:

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babyco}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.51 & V(S_{ETC} \geq S_{Babyco}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babyco}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babyco} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Babyco} \geq S_{Martex}) &= 0.12 & V(S_{Babyco} \geq S_{Delta}) &= 0.82 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 0.36 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.80 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.03 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 0.76 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.22 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.50 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.32 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 0.80 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babyco} \geq S_{Shamsi}) &= 0.00 & V(S_{Babyco} \geq S_{ETC}) &= 0.60 & V(S_{Babyco} \geq S_{Fabulous}) &= 0.13 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 0.08 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babyco}) &= 0.54 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Babyco}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babyco}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.25
\end{aligned}$$

Böylece hızlı cevap ağırlık vektörü, $W_{hızlıcevap}(0.34,0.11,0.27,0.00,0.00,0.27,0.01)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.10'daki verilerden elde edilen hızlı cevap ağırlık vektörü incelenecek olursa 4, 5 ve 7 numaralı tedarikçilerin başarısız oldukları ve seçilmemeleri gerektiği söylenebilir. 3 ve 6 numaralı tedarikçiler aynı ağırlıkta seçilmesi gerekirken, 1 numaralı tedarikçinin en yüksek ağırlıkta tercih edilmesi gerektiği söylenebilir. 2 numaralı tedarikçinin 3 ve 6 'ya göre başarısız gözükse de seçilmesi mümkündür.

Ağırlık vektörü hesaplama adımlarını iletişim alt kriteri için tekrarlırsak,

Çizelge 6.12 Kapasite alt kriteri için ikili karşılaştırmalar vektörü

İletişim	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
ETC	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
BABY COCA	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
MARTEX	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
DELTA	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)

6.12 numaralı çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için bulanık çarpma işlemi yapmamız gerekmektedir. Bu işlem için vektör sonuçlarını hesaplırsak:

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (7.68 , 10 , 3) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.10 , 0.16 , 0.26) \\
S_{ETC} &= (3.72 , 4.66 , .14) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.05 , 0.08 , 0.13) \\
S_{Fabulous} &= (10.84 , 13 , 5.5) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.14 , 0.21 , 0.32) \\
S_{Babycoca} &= (3.43 , 4.24 , .49) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.04 , 0.07 , 0.11) \\
S_{Maytex} &= (9.51 , 12 , 5) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.12 , 0.20 , 0.31) \\
S_{Martex} &= (9.84 , 12 , 4.5) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.13 , 0.20 , 0.30) \\
S_{Delta} &= (4.1 , 5.33 , .24) \otimes (0.01 , 0.02 , 0.02) = (0.05 , 0.09 , 0.15)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak kapasite alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.72 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.01 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 0.77 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.38 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.05 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 0.81 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.81 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.87 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.22 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.11 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 0.81 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.89 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.88 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.20 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.17
\end{aligned}$$

Böylece kapasite ağırlık vektörü, $W_{kapasite} (0.20, 0.00, 0.28, 0.00, 0.25, 0.25, 0.01)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.11'deki verilerden elde edilen kapasite alt kriteri ağırlık vektörü incelenecek olursa, 2,4 ve 7 numaralı tedarikçilerin kapasitelerinin düşük olduğu, diğer tedarikçilerin kapasitelerinin ise yaklaşık olarak aynı olduğu söylenebilir. Genel olarak karşılaştırsak kapasite alt kriterine göre en fazla ağırlığın 3 numaralı tedarikçiye olduğu söylenebilir.

Ağırlık vektörü hesaplama adımlarını hizmet ana kriteri, iletişim alt kriteri için tekrarlırsak,

Çizelge 6.13 İletişim alt kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi

Kapasite	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)
ETC	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
BABY COCA	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
MAYTEX	(2/9,1/4,2/7)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)
MARTEX	(2/9,1/4,2/7)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
DELTA	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için

$$\begin{aligned}
 S_{Shamsi} &= (12.51, 15, 18) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.15, 0.22, 0.32) \\
 S_{ETC} &= (10.51, 13, 16) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.13, 0.19, 0.29) \\
 S_{Fabulous} &= (10.51, 13, 16) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.13, 0.19, 0.29) \\
 S_{Babycoca} &= (3.76, 4.24, 4.99) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.05, 0.06, 0.09) \\
 S_{Maytex} &= (3.29, 4.08, 5.27) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.04, 0.06, 0.09) \\
 S_{Martex} &= (3.98, 4.58, 5.53) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.10) \\
 S_{Delta} &= (11.51, 14, 17) \otimes (0.01, 0.01, 0.02) = (0.14, 0.21, 0.30)
 \end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak iletişim alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
 V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.81 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
 V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 0.00 \\
 V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.86 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.00 \\
 V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 0.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 0.00 \\
 V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.90 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 \\
 V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
 V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.91 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.81 \\
 V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 0.91 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 0.81 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
 V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
 V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 0.87 \\
 V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 1.00
 \end{aligned}$$

Böylece iletişim ağırlık vektörü, $W_{iletim} (0.28, 0.23, 0.23, 0.00, 0.00, 0.00, 0.26)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.12'daki verilerden elde edilen iletişim ağırlık vektörü incelenecek olursa 4, 5 ve 6 numaralı tedarikçilerin iletişimde problemler yaşadığı ve bu nedenle ağırlık vektörlerindeki değerlerinin sıfır olduğu, sonuç olarak iletişim alt kriterine göre bu tedarikçilerin seçilmemesi gerektiği söylenebilir. 2 ve 3 numaralı tedarikçiler aynı ağırlığa sahip ve seçilebilmeleri mümkündür ve 7 numaralı tedarikçi ile aralarında ağırlık olarak çok az bir fark vardır. Seçilmesi mümkün olan 4 ve 2 numaralı tedarikçiler arasından 2 numaralı tedarikçi müşteri taleplerini en doğru şekilde anlayabildiği için en yüksek ağırlığı almıştır.

Ağırlık vektörü hesaplama adımlarını hizmet ana kriteri, esneklik alt kriteri için tekrarlırsak,

Çizelge 6.14 Esneklik alt kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Hızlı Cevap	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
ETC	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
BABY COCA	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/9,1/4,2/7)	(2/5,1/2,2/3)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)
MARTEX	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
DELTA	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (7.03, 8.83, 11.07) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.09, 0.14, 0.22) \\
S_{ETC} &= (4.63, 5.75, 7.46) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.06, 0.09, 0.15) \\
S_{Fabulous} &= (7.68, 10, 13) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.10, 0.16, 0.26) \\
S_{Babycoca} &= (3.27, 3.91, 4.93) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.04, 0.06, 0.10) \\
S_{Maytex} &= (6.13, 7.33, 8.9) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.08, 0.12, 0.18) \\
S_{Martex} &= (15.17, 18, 21) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.20, 0.29, 0.42) \\
S_{Delta} &= (5.91, 7.5, 9.67) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.08, 0.12, 0.19)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak esneklik için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri şu şekilde bulunur.

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.86 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 0.41 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 0.73 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 0.32 \\
V(S_{Babycooca} \geq S_{Maytex}) &= 0.25 & V(S_{Babycooca} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Babycooca} \geq S_{Delta}) &= 0.27 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 0.97 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.83 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 0.88 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.73 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.13 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 0.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.72 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 0.57 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycooca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.08 & V(S_{Babycooca} \geq S_{ETC}) &= 0.51 & V(S_{Babycooca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.67 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycooca}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 0.95 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 0.00
\end{aligned}$$

Böylece esneklik ağırlık vektörü, $W_{HızlıCeva}(0.09,0.00,0.22,0.00,0.00,0.69,0.00)^T$ olarak hesaplanır. Çizelge 6.13'daki verilerden elde edilen esneklik ağırlık vektörü incelenecek olursa, 2, 4, 5 ve 7 numaralı tedarikçilerin esnek olmadığı, verilen siparişlerde oluşan değişiklikleri kesinlikle karşılayamadıkları söylenebilir. 1 numaralı tedarikçinin esneklik alt kriterine göre seçilmesi mümkündür. 3 ve 6 numaralı tedarikçilerin sonradan gelen müşteri isteklerine göre değişiklik yapabilme kabiliyetlerinin yüksek olduğu, bunlar arasında 6 numaralı tedarikçinin ağırlıkta olduğu sonucu çıkmaktadır. Ağırlık vektörü hesaplama adımlarını fiyat ana kriteri, uygun fiyat alt kriteri için tekrarlırsak,

Çizelge 6.15 Uygun fiyat alt kriteri için ikili Karşılaştırmalar Matrisi

Uygun Fiyat	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
ETC	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)
BABY COCA	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)
MARTEX	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
DELTA	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(7/2,4,9/2)	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için:

$$\begin{aligned}
S_{Shamsi} &= (4.1, 5.33, 7.24) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.08, 0.14) \\
S_{ETC} &= (11.34, 14, 17) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.14, 0.21, 0.32) \\
S_{Fabulous} &= (9.39, 11.3, 13.29) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.12, 0.17, 0.25) \\
S_{Babycoca} &= (3.36, 4.16, 5.38) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.04, 0.06, 0.10) \\
S_{Maytex} &= (3.72, 4.66, 6.14) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.11) \\
S_{Martex} &= (7.47, 9, 10.84) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.09, 0.14, 0.20) \\
S_{Delta} &= (14.17, 17, 20) \otimes (0.01, 0.02, 0.02) = (0.18, 0.26, 0.37)
\end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak uygun fiyat alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.16 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 0.88 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.09 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.24 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.79 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 0.17 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 0.58 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 \\
V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.43 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 0.00 \\
V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 0.75 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 0.45 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 0.91 \\
V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.67 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.64 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 1.00
\end{aligned}$$

Böylece uygun fiyat ağırlık vektörü, $W_{UygunFiyat} (0.00, 0.32, 0.19, 0.00, 0.00, 0.07, 0.42)^T$ olarak hesaplanır.

Çizelge 6.14'daki verilerden elde edilen uygun fiyat ağırlık vektörü incelenecek olursa, 1, 4 ve 5 numaralı tedarikçilerin uygun fiyat veremedikleri, 6 numaralı tedarikçinin biraz daha iyi fiyat verebildiğini ancak yine de seçilmemesi gerektiği söylenebilir. 3 numaralı tedarikçinin fiyat uygunluğu kriterine göre seçilmesi mümkündür. En iyi fiyatı 2 ve 7 numaralı tedarikçiler vermektedir. 7 numaralı tedarikçi müşterinin istediği fiyatı verme konusunda büyük bir ağırlığa sahiptir.

Aynı adımları indirim oranı alt kriteri için tekrarlırsak,

Çizelge 6.16 İndirim oranı alt kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

İndirim Oranı	SHAMSI	ETC	FABULOUS	BABY COCA	MAYTEX	MARTEX	DELTA
SHAMSI	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)
ETC	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(7/2,4,9/2)	(7/2,4,9/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
FABULOUS	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
BABY COCA	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)
MAYTEX	(2/3,1,3/2)	(2/9,1/4,2/7)	(2/9,1/4,2/7)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)
MARTEX	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
DELTA	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Yukarıdaki çizelgeden bulanık yapay büyüklük değerini elde etmek için

$$\begin{aligned}
 S_{Shamsi} &= 4.52 \quad 5.58 \quad 7.19 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.06, 0.09, 0.14) \\
 S_{ETC} &= 14.34 \quad 17 \quad 20 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.18, 0.27, 0.38) \\
 S_{Fabulous} &= 12.51 \quad 15 \quad 18 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.16, 0.23, 0.34) \\
 S_{Babycoca} &= 3.91 \quad 4.5 \quad 5.42 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.10) \\
 S_{Maytex} &= 3.91 \quad 4.5 \quad 5.42 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.05, 0.07, 0.10) \\
 S_{Martex} &= 6.41 \quad 8.5 \quad 11.17 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.08, 0.13, 0.21) \\
 S_{Delta} &= 7.01 \quad 9 \quad 11.5 \quad \otimes \quad (0.01, 0.02, 0.02) = (0.09, 0.14, 0.22)
 \end{aligned}$$

Bu vektörleri kullanarak indirim oranı alt kriteri için $V(S_{Kriter2} \geq S_{Kriter1})$ değerleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned}
 V(S_{Shamsi} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 \\
 V(S_{ETC} \geq S_{Fabulous}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Fabulous} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Martex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Babycoca} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Martex}) &= 0.26 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Delta}) &= 0.17 \\
 V(S_{Maytex} \geq S_{Martex}) &= 0.26 & V(S_{Maytex} \geq S_{Delta}) &= 0.17 & V(S_{Maytex} \geq S_{Shamsi}) &= 0.71 \\
 V(S_{Martex} \geq S_{Delta}) &= 0.94 & V(S_{Martex} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{ETC}) &= 0.18 \\
 V(S_{Delta} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{ETC}) &= 0.22 & V(S_{Delta} \geq S_{Fabulous}) &= 0.42 \\
 V(S_{Shamsi} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Martex}) &= 0.55 & V(S_{Shamsi} \geq S_{Delta}) &= 0.47 \\
 V(S_{ETC} \geq S_{Martex}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{ETC} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 \\
 V(S_{Fabulous} \geq S_{Delta}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{Shamsi}) &= 1.00 & V(S_{Fabulous} \geq S_{ETC}) &= 0.82 \\
 V(S_{Babycoca} \geq S_{Shamsi}) &= 0.71 & V(S_{Babycoca} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Babycoca} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 \\
 V(S_{Maytex} \geq S_{ETC}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.00 & V(S_{Maytex} \geq S_{Babycoca}) &= 0.98 \\
 V(S_{Martex} \geq S_{Fabulous}) &= 0.37 & V(S_{Martex} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Martex} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 \\
 V(S_{Delta} \geq S_{Babycoca}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Maytex}) &= 1.00 & V(S_{Delta} \geq S_{Martex}) &= 1.00
 \end{aligned}$$

Böylece indirim oranı ağırlık vektörü,

$$W_{İndirimOranı} = (0.00, 0.45, 0.37, 0.00, 0.00, 0.08, 0.10)^T \text{ olarak hesaplanır.}$$

Çizelge 6.15’deki verilerden elde edilen indirim oranı ağırlık vektörü incelenecek olursa, 1, 4 ve 5 numaralı tedarikçilerin sipariş adedinin artması karşısında birim fiyatta herhangi bir indirimle gitmedikleri sonucu çıkmaktadır. 6 ve 7 numaralı tedarikçiler yaklaşık olarak aynı ağırlıklarda indirim taleplerine cevap verebilmektedirler. 2 ve 3 numaralı tedarikçiler ise yüksek ağırlıkta olup fiyat indirimi alt kriterine göre seçilmesi gerektiği söylenebilir.

4.Adımda her bir ana kriter için, tedarikçilerin görece ağırlıkları, alt kriterlerin ağırlıklarına göre hesaplanır. Bu aşamada her bir alternatif tedarikçinin belirlenen alt kriter ağırlıkları, ana kriter altındaki alt kriterlerin birbiri arasındaki ağırlıkları dikkate alınarak tek bir ana kriter altında 7 alternatif olacak şekilde yeniden hesaplanır. Basit olarak alt kriter kademesinden ana kriter kademesine geçişi, yani hiyerarşide üst basamağa geçmek için gerekli hesaplamaların yapılmasıdır.

Çizelge 6.17 Teslimat Kriterine göre Görece Ağırlıklar

TESLİMAT	Teslimat Şekli	Zamanında Teslimat	Teslimat İptali	Alternatif Görece Ağırlık
Ağırlık	0.00	0.52	0.48	
Alternatif				
SHAMSI	0.07	0.19	0.00	0.10
ETC	0.00	0.00	0.02	0.01
FABULOUS	0.43	0.27	0.30	0.28
BABY COCA	0.00	0.01	0.08	0.05
MAYTEX	0.19	0.25	0.22	0.24
MARTEX	0.30	0.27	0.30	0.28
DELTA	0.00	0.00	0.08	0.04

Çizelge 6.18 Kalite Kriterine göre Görece Ağırlıklar

Kalite	QC iptali	Alıcı İptali	Alternatif Görece Ağırlık
Ağırlık	0.00	1.00	
Alternatif			
SHAMSI	0.00	0.20	0.20
ETC	0.00	0.00	0.00
FABULOUS	0.42	0.38	0.38
BABY COCA	0.00	0.00	0.00
MAYTEX	0.00	0.07	0.07
MARTEX	0.58	0.35	0.35
DELTA	0.00	0.00	0.00

Çizelge 6.19 Hizmet Kriterine göre Görelî Ağırlıklar

HİZMET	Esneklik	İletişim	Kapasite	Hızlı Cevap	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	0.11	0.38	0.32	0.19	
Alternatif					
SHAMSI	0.09	0.28	0.20	0.34	0.25
ETC	0.00	0.23	0.00	0.11	0.11
FABULOUS	0.22	0.23	0.28	0.27	0.25
BABY COCA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAYTEX	0.00	0.00	0.25	0.00	0.08
MARTEX	0.69	0.00	0.25	0.27	0.21
DELTA	0.00	0.26	0.01	0.01	0.10

Çizelge 6.20 Fiyat Kriterine göre Görelî Ağırlıklar

FİYAT	Uygun Fiyat	İndirim Oranı	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	1.00	0.00	
Alternatif			
SHAMSI	0.00	0.00	0.00
ETC	0.32	0.45	0.32
FABULOUS	0.19	0.37	0.19
BABY COCA	0.00	0.00	0.00
MAYTEX	0.00	0.00	0.00
MARTEX	0.07	0.08	0.07
DELTA	0.42	0.10	0.42

Çizelge 6.21 Tedarikçi Seçimine göre ağırlıklar

TEDARİKÇİ	Teslimat	Kalite	Hizmet	Fiyat	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	0.02	0.49	0.00	0.49	
Alternatif					
SHAMSI	0.10	0.25	0.25	0.00	0.12
ETC	0.01	0.11	0.11	0.32	0.21
FABULOUS	0.28	0.25	0.25	0.19	0.22
BABY COCA	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
MAYTEX	0.24	0.08	0.08	0.00	0.04
MARTEX	0.28	0.21	0.21	0.07	0.14
DELTA	0.04	0.10	0.10	0.42	0.26

BAHP sonuçlarını incelediğimizde fiyat ve kalite kriterlerinin eşit önemde ve diğer kriterlere göre çok baskın şekilde öne çıktığını görüyoruz. Hizmet kriteri %1'in altında bir değer alırken Teslimat kriteri %2'ye yaklaşan bir değeri ancak alabiliyor. Bu durumda firma için öne çıkan değerler olan fiyat ve kalite konusunda başarılı olan

firmalar seçimde ön sıralarda yer alıyor. BAHP ikili karşılaştırmalar ve kriterler bazında net bilgi verse de sonuç olarak sadece sıralamayı dikkate aldığımız için sadece fiyat konusunda başarılı olan tedarikçiler (DELTA,ETC) ile hem fiyat hem kalite konusunda ortalama başarı gösteren tedarikçiler (Fabulous) birbirine yakın sonuçlar almış ve sipariş yerleşiminde bu şekilde dikkate alınmıştır.

Tedarikçi seçimi hedefimize geri döndüğümüzde sıralama şu şekilde olmaktadır:

Delta>Fabulous>ETC>Martex>Shamsi>Maytex>BabyCoca

Uygulamamızın ikinci kısmında sıralamasını yaptığımız tedarikçilerin hangisi ile çalışmak aracı işletmemiz açısından verimli, hangisi ile yeni çalışma döneminde devam etmeye gerek yok, bunu belirlemek için Hedef Programa kullanacağız. Bu sayede çalış/ çalışma kararı için çizgiyi sırlamanın hangi noktasına çekebileceğimizi göreceğiz.

6.2 Matematiksel Model Uygulaması

Bu Bölümde işletme Stratejileri doğrultusunda matematiksel bir model oluşturulacaktır. Modelimiz birbiriyle çelişen ve birden fazla amaç fonksiyonu içereceği için uygun değerli çözüme ulaşmak için Hedef Programlama kullanacaktır. İşletme amaçlarını da önceliklere göre belirlediği için Hedef programlamada öncelikli üstünlük Faktörüne göre hesaplama yapılacaktır. Bu sistemde amaçlar önceliklerine göre sıralanacak ve birinci öncelik sağlandıktan sonra diğer amaç fonksiyonları birinci amaçtan sapmayı arttırmayacak şekilde çözüme ulaşılacaktır.

Problem tanımlandıktan sonra çözüm için WinQSB Programından faydalanılacaktır.

Amaç Denklemleri:

1. Toplam Sipariş Maliyetini Minimize etmek: Bu amacımızı gerçekleştirmek için aynı ürün grubunun imalatını yapan tedarikçiler arasında yine aynı ürün için verdikleri Fiyatı kriter olarak alınacaktır. Birim ürün başına verdikleri ₺ fiyat üzerinden hesaplama yapılacaktır. Değerler yine karar verici ile yapılan görüşme sonrası, geçen çalışma dönemi yapılan fiyatlandırmalardan ortalama bir değer elde edilerek yapılmıştır.

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

Z : Toplam sipariş maliyeti

$$Z_{\min} = 5.04X_1 + 5.01X_2 + 5.03X_3 + 5.05X_4 + 5.04X_5 + 5.03X_6 + 5.01X_7$$

2. Hatalı gönderi adedini Minimize etmek: Hatalı gönderiler yeniden açılması ve kontrol edilip toparlanması hem tedarikçi hem de aracı açısından büyük masraf oluşturduğu için bu adımı minimize etmeyi amaçlamaktayız. Geçen çalışma dönemindeki her bir tedarikçinin kalite iptali yüzdeleri aşağıdaki Tabloda görülmektedir.

Kalite iptalleri daha fazla yükleme yapılan tedarikçilerde daha fazla olduğu için iptal adedinden çok iptal yüzdelerini dikkate almaktayız.

İptal yüzdelerine göre belirlenen katsayılar ve amaç Fonksiyonumuz buna göre şekillenmektedir.

Çizelge 6.22 QC ve Alıcı iptal Yüzdeleri

	yükleme sayısı / dönem	QC iptali	QC iptali %	ALICI İptali	ALICI İptali %	Toplam İptali	Toplam İptal %
SHAMSI	180	54	30.00%	3	1.67%	57	31.67%
ETC	108	43	39.81%	5	4.63%	48	44.44%
FABULOUS	324	48	14.81%	3	0.93%	51	15.74%
BABY COCA	48	12	25.00%	3	6.25%	15	31.25%
MAYTEX	60	8	13.33%	3	5.00%	11	18.33%
MARTEX	69	4	5.80%	2	2.90%	6	8.70%
DELTA	120	19	15.83%	4	3.33%	23	19.17%

“QC iptal” ve “Alıcı İptal” oranlarını en aza indirmek.

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

Z : Toplamda iptal edilen ürün miktarı

$$Z_{\min} = 31.67X_1 + 44.44X_2 + 15.74X_3 + 31.25X_4 + 18.33X_5 + 8.70X_6 + 19.17X_7$$

3. AHP’ den elde ettiğimiz değerleri Maksimize etmek: Karar Vericiler ile yapılan anketlerden elde edilen değerler sonucu yapılan analizler doğrultusunda devam etmek, işletmenin öncelikli hedefidir. Tedarikçiden aldığımız ürün miktarı (tedarikçiye verilen sipariş miktarı) belirlemek için tüm fonksiyonları gerçekleştirmemiz gerekmektedir.

K_j : j üreticisi için AHP’den elde edilen katsayı

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

$Z_{\max}$: Toplamda sipariş verilen ürün miktarı

$$Z_{\max} = K_1 X_1 + K_2 X_2 + K_3 X_3 + K_4 X_4 + K_5 X_5 + K_6 X_6 + K_7 X_7$$

AHP değerlerini Maksimize etme amaç fonksiyonunda değerleri yerine koyarsak:

$$Z_{\max} = 0.12 X_1 + 0.21 X_2 + 0.22 X_3 + 0.0004 X_4 + 0.04 X_5 + 0.14 X_6 + 0.26 X_7$$

4. Teslimat Maliyetini Minimize Etmek: Teslimatla ilgili navlun bedelini alıcı ödediği için teslimat şekli önem arz etmektedir. Uçak gemi seçeneklerinden Uçak daha pahalı olup ürün başına 0.5 £ masraf getirmektedir. Toplam navlun maliyetini minimize etmek için önceki dönemde uçak yüklemeleri esas alınmıştır. Tedarikçilerin Uçak Yükleme yüzdelerini aşağıdaki tablodan görebilirsiniz.

Çizelge 6.23 Uçak – Gemi Yükleme Yüzdeleri

Fabrika	Uçak yükleme adedi/ çalışma dönemi	%	Gemi yükleme adedi/çalışma dönemi	%	Toplam Yükleme adedi	uçak maliyeti/adet
SHAMSI	80,000	5.56%	1,360,000	94.44%	1,440,000	£40,000.00
ETC	44,444	4.63%	915,556	95.37%	960,000	£22,222.22
FABULOUS	155,556	8.64%	1,644,444	91.36%	1,800,000	£77,777.78
BABY COCA	30,000	5.00%	570,000	95.00%	600,000	£15,000.00
MAYTEX	7,500	2.08%	352,500	97.92%	360,000	£3,750.00
MARTEX	10,000	1.54%	640,000	98.46%	650,000	£5,000.00
DELTA	52,000	5.20%	948,000	94.80%	1,000,000	£26,000.00

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

Z : Toplamda sipariş verilen ürün miktarı

$$Z_{\min} = 5.56 X_1 + 4.63 X_2 + 8.64 X_3 + 5.00 X_4 + 2.08 X_5 + 1.54 X_6 + 5.20 X_7$$

Kısıt Denklemleri

1. Tedarikçi Minimum Sipariş Limiti: Tedarikçilerle çalışmak için verilmesi gereken minimum sipariş miktarı.

Y_j : j' numaralı tedarikçi (1-0)

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

M : Çalışma döneminde verebileceğimiz minimum sipariş adedi

$$X_j \geq M Y_j$$

2. Tedarikçi Maksimum Sipariş Limiti: Aracıya ayrılan tedarikçi kapasitesi

Y_j : j' numaralı tedarikçi (1-0)

X_j : j tedarikçisinden aldığımız ürün miktarı

M : Çalışma döneminde verebileceğimiz maksimum sipariş adedi

$$X_j \leq MY_j$$

1 ve 2 numaralı kısıtlarda belirtilen rakamlar tedarikçiler ile yapılan görüşmelerde çalışma dönemi başında belirlenmektedir. Her bir tedarikçi için belirlenen limitleri aşağıdaki tabloda görebilirsiniz.

Çizelge 6.24 Tedarikçiler için sipariş limitleri

Sipariş üst ve alt limitleri	Çalışma döneminde Maksimum yükleme adedi	Min kabul edilebilir sipariş
SHAMSI	1,440,000	36,000
ETC	960,000	60,000
FABULOUS	1,800,000	120,000
BABY COCA	600,000	30,000
MAYTEX	360,000	24,000
MARTEX	650,000	18,000
DELTA	1,000,000	12,000

3. Min Talep Miktarı: Çalışma dönemi boyunca aracının tedarikçilerden alıp alıcıya iletmek zorunda olduğu minimum ürün adedi. İşletme için bu dönem başına 3.128.000 adettir.

$$3.128.000 \leq X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7$$

4. Toplam Kalite Maliyeti : Aracı firma, tedarikçilerine her birinde karşılaşılan kalite problemlerinin özelliğine göre haftanın belirli günleri QC göndermektedir. QC' lerin maliyetine yapılan yükleme adedine oranlayarak, kalite maliyeti olarak adlandıran işletmemiz bu maliyetin tüm tedarikçiler toplamında 13.000£'u geçmemesini istemektedir.

Çizelge 6.25 Tedarikçi başına Toplam kalite maliyeti Hesaplaması

Fabrika	İşgünü/ hafta	QC sayısı	hafta/ dönem	Toplam QC*işgünü/dönem	dönem yükleme adedi (ortalama)	kalite maliyeti (GBP)/adet
SHAMSI	5	1	12	60	1,440,000	0.00083
ETC	6	2	12	144	960,000	0.00300
FABULOUS	6	2	12	144	1,800,000	0.00160
BABY COCA	3	1	12	36	600,000	0.00120
MAYTEX	4	2	12	96	360,000	0.00533
MARTEX	4	1	12	48	650,000	0.00148
DELTA	5	2	12	120	1,000,000	0.00240

$$13.000 \geq 0.00083 X_1 + 0.003 X_2 + 0.0016 X_3 + 0.0012 X_4 + 0.00533 X_5$$

$$+ 0.00148 X_6 + 0.0024 X_7$$

Model olarak tüm denklemleri toparlarsak:

$$Z_{\min} = 5.04 X_1 + 5.01 X_2 + 5.03 X_3 + 5.05 X_4 + 5.04 X_5 + 5.03 X_6 + 5.01 X_7$$

$$Z_{\min} = 31.67 X_1 + 44.44 X_2 + 15.74 X_3 + 31.25 X_4 + 18.33 X_5 + 8.70 X_6 + 19.17 X_7$$

$$Z_{\max} = 0.12 X_1 + 0.21 X_2 + 0.22 X_3 + 0.0004 X_4 + 0.04 X_5 + 0.14 X_6 + 0.26 X_7$$

$$Z_{\min} = 5.56 X_1 + 4.63 X_2 + 8.64 X_3 + 5.00 X_4 + 2.08 X_5 + 1.54 X_6 + 5.20 X_7$$

$$X_j \geq MY_j$$

$$X_j \leq MY_j$$

$$3.128.000 \leq X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7$$

$$13.000 \geq 0.00083 X_1 + 0.003 X_2 + 0.0016 X_3 + 0.0012 X_4 + 0.00533 X_5 + 0.00148 X_6$$

$$+ 0.0024 X_7$$

Değişkenlerimiz:

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, \geq 0$$

$$Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, (1-0)$$

Elde ettiğimiz bu sistemi WinQSB Programında çözdüğümüzde aşağıdaki sonucu elde ediyoruz:

$$X_1 = 0, X_2 = 960.000, X_3 = 608.000, X_4 = 0, X_5 = 0, X_6 = 650.000, X_7 = 1000.000$$

$$FIYAT - Z_{\min} = 16.147.340$$

$$KALITE - Z_{\min} = 77.057.320$$

$$BAHP - Z_{\max} = 604.460$$

$$TESLIMAT - Z_{\min} = 15.898.920$$

Çıkan sonuçtan görüldüğü üzere sistem bize BAHP sonuçlarına paralel bir yaklaşım vermektedir. Bunun sebebi her iki analizde aynı kriterlerin tekrarlanması ve amaç denklemlerimizden birinin AHP bazlı olmasının yanında, karar vericinin daha önceki dönem verilerine karar vermesi sebep olmuştur. Sonuç olarak modelimiz bize, 1,4,5 numaralı tedarikçiler ile çalışmaya gerek olmadığını; kalite ve fiyat problemlerini minimize eden sırasıyla 7,3,2,6 nolu tedarikçilerin kapasitelerini doldurmamızı; bu şekilde istenen talebi karşılayabileceğimizi belirtmektedir.

7. SONUÇ

Bilindiği gibi tedarikçi değerlendirilmesi ile ilgili mevcut bilgiler genellikle belirsiz ve değişkendir. Bunun sonucunda da tedarikçiler konusunda karar verme oldukça karmaşık hale gelmektedir. Karar vermede bulanık mantık kullanılarak bu belirsizlikleri ve değişkenleri en az seviyeye indirmek mümkün olabilir. Tedarikçi seçimi için bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanılmıştır. Tedarikçiler değerlendirilirken hem stratejik kabiliyetlerini, hem de performans ölçütlerini içeren kriterler kullanılmıştır. Bu kriterlere göre tedarikçilerin sayısal değerler ile değerlendirilmesi yerine çok kötü, kötü, orta, iyi, daha iyi, mükemmel gibi dilsel değişkenler kullanılmıştır. Böylece tedarikçi performansının değerlendirilmesi daha kolay ve daha doğru sonuçlar sağlamıştır. Bulanık AHP metodu çok kriterli karar problemlerini etkin bir şekilde çözmek ve insanların karar vermesindeki belirsizlikle baş edebilme kabiliyeti sağlar. Bu tezdeki örnek çalışmada satıcı firmanın mevcut tedarikçileri değerlendirilmiştir. Bu metod farklı değerlendirme kriterleri kullanılarak, yeni Kullanılan kriterler işletmelerin özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Her firma tedarikçisini değerlendirirken kendi özelliğine uygun kriterler belirleyerek bu yöntemi kullanabilirler.

Her birçok nitelikli karar verme tekniğinin uygulanmasında kendilerine özgü problemler yaşanmakta ve elde edilen sonuçlar farklılıklar gösterebilmektedir. tedarikçi seçimi problemi için, karmaşık problemlerin modellenmesinde kolaylık sağlaması, probleme uygunluğu, teorik altyapısının anlaşılmasındaki kolaylığı, hesaplama kolaylığı nedeniyle AHP tekniği tercih edilmiştir. Bu tekniğin tercih edilmesi ile problemde karşılaşılan hem nitel hem de nicel kriterler bir arada modellenebilmiştir. Ayrıca ikili karşılaştırma yargılarındaki sözel belirsizliği daha iyi ifade etmek amacıyla, çözüm tekniği olarak AHP' nin bir versiyonu olan bulanık AHP kullanılmıştır. Bulanık AHP teknikleri arasından da, diğer bulanık AHP yaklaşımlarına göre adımları nispeten daha kolay, eksik ikili karşılaştırma değerlendirmelerine izin veren, deterministik AHP tekniğine en çok benzerliği olan Chang (1996)'ın Analiz Yöntemi tercih edilmiştir. Kriterler belirlenirken firma

stratejileri göz önünde bulundurularak çalışan firma ile ilgili olan tüm kriterler değil öne çıkanlar seçilmiştir. Bu nedenle dikkate alınmayan ve aynı tedarikçi ile çalışan diğer firmalar için önemli olan kriterler olabilir. Alıcı veya aracının isteklerine göre model değiştirilebilir.

Çalışmanın ikinci bölümünde Hedef Programlama tercih edilmiştir. Firma stratejileri ve karar verici isteği doğrultusunda öncelikli üstünlük faktörüne göre hesaplama yapılmıştır. Bu sistemde öncelik sıralamasına göre amaç fonksiyonu tek tek çözülüp, bir sonraki adım bir önceki amaçtan uzaklaştırmayacak şekilde hesaplama yapıldığı için ulaşılan çözüm optimum çözüm değildir. Sadece tüm amaç fonksiyonları ve kısıtları sağlayan, çözüm uzayından karar vericinin seçtiği önceliklere yakın bir çözümdür. Daha optimal çözüm için ve eşit önemler faktörü veya yine firmaların tercihinine göre ağırlıklı önem faktörlerine göre hesaplama yapılabilir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, işletmelerin tedarikçi değerlendirme ve seçme sürecinde, matematiksel modellerden yararlanabileceklerini göstermektedir. Bununla birlikte işletmelerin kendi amaç ve hedeflerine yönelik olarak, matematiksel modelleri uyarlamaları önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Bayraktar D.,Çebi F.,Bolat B.,(2007):**Sıtkı Gözlü'ye Armagan,İstanbul
- Başbuğ A.,(1994):** *Bulanık Teknoloji*,Otomasyon Dergisi,s.147
- Belton V. and Gear T, (1983):** *The Legitimacy of Rank Reversal-A Comment*,Omega 13/3,pp.143-144
- Boubekri N.,Sahoui M. And Lakrib C.,(1991):** *Development of an Expert System for Industrial Robot Selection* , Computers and Industrial Engineering,Vol.20,No.1,pp 119-127
- Canada J.R, Sullivan W.G (1989):** *Economic and Multi-Attribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey,pp 41-63
- Chan, F.T.S. and Kumar, N.,(1996):** *Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach*, Omega, Article inPress
- Chang, D. Y., (1996):***Applications of The Extent Analysis Method of Fuzzy AHP*,Europen Journal of Operational Research, 95, pp. 649-655.
- Chen, K.L., Chen, K.S. ve Li, R.K. , (2005):** *Suppliers Capability and Price Analysis Chart*, Int. J. Production Economics, 98 , 315–327.
- Eren, E., (1997):**İşletmelerde Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası 1 nci Baskı, Der Yayınları, İstanbul
- Evren R. Ülengin F.,(1992):**Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme,İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Gümüşsuyu
- Etaner Ş.(1993):** *Bulanık Kontrol*,Otomasyon Dergisi,s.107
- Fine C.H, Freunf M.H, (1990):** *Optimal Investment in Product-Flexible Manufacturing Capacity* ,Management Science, Vol. 36, No. 4, pp. 449-466
- Fisher E.L and Nof S. Y.,(1987):***Knowkedge-Based Economic Analysis of Manufaturing Systems*,Journal of Manufacturing Systems,Vol.6,No.2,pp 137-150.
- Goicoechea, A., D.R. Hausen, and L. Duckstein. (1982):.** *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*. New York: John Wiley and Sons
- Halaç, O., (1984):** Kantitatif Karar Verme Teknikleri İstanbul Üniversitesi Yayınlan, Yayın No: 3212.

- Huang, C.C., Chu, P.Y. ve Chiang, Y.H.,(2006):** *A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection*, Omega, 736-748 (2006).
- Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D.,(2004):** *Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy ahp: the case of Turkey*, International Journal of Production Economics, 171–184 (2004).
- Katsikeas, C.S. , Paparoidamis N.G., ve Katsikea, E. , (2004):** *Supply Source Selection Criteria: The Impact of Supplier Performance on Distributor Performance*, Industrial Marketing Management, 33 755–764
- Keeney R.L, Raiffa H., (1976):** *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and value Tradeoffs*, Wiley and Sons, New York.
- Klir G.J, Folger T.A, (1988):** *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information* Yayınlayan: Prentice Hall, New Jersey
- Kulatilaka, Nalin (1984):** *A Managerial decision Support System to Evaluate Investments in Flexible Manufacturing Systems*, Proceeding of the ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: Operations Research Models and Applications, Ann Arbor, Michigan
- Kuo, M.S., Liang, G.S. ve Huang W.C.,(2006):** *Extensions of the multicriteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment*, International Journal of Approximate Reasoning, 268-285 (2006).
- Lorenz E.,(1963):** *Deterministic Non-periodic Flow*, J. Atmos. Sci., 2, p. 130.
- Özdemir, A., (2004):** *Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelisimi, Süreçleri Ve Yararları*, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 23, Temmuz-Aralık , ss. 87-96.
- Öz, E. ve Baykoç, Ö.F. (2004):** *Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 3,
- Pöyhönen, M., Hämmäläinen, R.P. ve Salo, A.,(1997):** *An experiment on the numerical modeling of verbal ratio statements*, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 6: 1-10 (1997).
- Saaty T. L. (1988):** *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting, Resource Allocation*, University of Pittsburgh
- Saaty T.L (1990):** *How to make a decision: The analytic hierarchy process*, Joseph M. Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh, Pittsburgh
- Soni V.,J. Estelle, Y. Vorbeychik, M. Wellman, S. Singh, C. Kiekintveld, (2004):** *Strategic Interactions in a Supply Chain Management Game*. Technical Report, Computer Science and Engineering, University of Michigan
- Şen Z.,(2001):** *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, İTÜ İnşaat Fakültesi, Bilge Sanay Yapım Yay
- Tekeş M., (2002):** *Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli*

Analitik Hiyerarşı Prosesi ile Karşılaştırılması,İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi İstanbul.

Tracey,M. ve Tan, C.L. (2001): *Empirical Analysis of Supplier Selection and Involvement, Customer Satisfaction and Firm Performance*, Supply Chain Management: An International Journal, Vol.6, No. 4S.174-188

Vargas L.G.,(1990) : *An overwiev of the AnalyticHierarchy Process and Its Applications*,European Journal of Operational Reserch,Vol. 48,pp.2-8

Zadeh L.A,(1965): *Fuzzy Sets Informat and Control*,8,pp. 338-353

Zadeh L.A,(1968): *Fuzzy Algorithms Informt and Control* ,12 no. 2,pp. 94-102

Zadeh L.A, Klir G.J, Yuan B., (1996): *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers*, Yayınlayan: World Scientific

EKLER

EK A. Üçgen Bulanık Sayılar Çizelgesi

Dilsel ifade	Sayı	Eşleniği
Eşit Derecede Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz Daha Fazla Önemli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Tamamıyla Önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

EK B. BAHP Kriterler için Anket Çizelgesi

	Tamamıyla Önemli	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Kuvvetli Derecede Önemli	Biraz Daha Fazla Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Fazla Önemli	Kuvvetli Derecede Önemli	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Tamamıyla Önemli	
Esneklik										İletişim
Kapasite										İletişim
Hızlı Cevap										Kapasite
Esneklik										Kapasite
İletişim										Kapasite
Esneklik										Hızlı Cevap
İletişim										Hızlı Cevap
Teslimat Şekli										Zamanında Teslimat
Teslimat Şekli										Teslimat İptali
Zamanında Teslimat										Teslimat İptali
Uygun Fiyat										İndirim Oranı
QC İptali										Alıcı İptali

EK C. BAHP Kriterler için Anket Çizelgesi

	Tamamıyla Önemli	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Kuvvetli Derecede Önemli	Biraz Daha Fazla Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Fazla Önemli	Kuvvetli Derecede Önemli	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Tamamıyla Önemli	
SHAMSI										ETC
SHAMSI										FABULOUS
SHAMSI										BABY COCA
SHAMSI										MAYTEX
SHAMSI										MARTEX
SHAMSI										DELTA
ETC										FABULOUS
ETC										BABY COCA
ETC										MAYTEX
ETC										MARTEX
ETC										DELTA
FABULOUS										BABY COCA
FABULOUS										MAYTEX
FABULOUS										MARTEX
FABULOUS										DELTA
BABY COCA										MAYTEX
BABY COCA										MARTEX
BABY COCA										DELTA
MAYTEX										MARTEX
MARTEX										DELTA
MAYTEX										DELTA

ÖZGEÇMİŞ

Evren Dursun 1980 yılında Çorlu / Tekirdağ'da doğdu. 1998 yılında Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesini bitirdi. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Tekstil Mühendisliği'nden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği programına başladı. Halen bu programda yüksek Lisans Öğrencisi olup, GAAT International Şirketinde Üretim Planlama Sorumlusu olarak çalışmaktadır.