

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK AHP VE BİR İŞLETME İÇİN
TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİNE
UYGULANMASI**

Hacer GÜNER

Yüksek Lisans Tezi

DENİZLİ – 2005

**BULANIK AHP VE BİR İŞLETME İÇİN
TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİNE
UYGULANMASI**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarafından Kabul Edilen
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Hacer GÜNER

Tez Savunma Tarihi: 24.06.2005

DENİZLİ – 2005

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU

(Yönetici)

Yrd. Doç. Dr. Aşkner GÜNGÖR

(Jüri Üyesi)

Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL

(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa SARIGÖL

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Başta tez çalışmam boyunca beni yönlendiren, fikirleriyle bana yol gösteren ve çalışmanın daha anlaşılır hale gelmesini sağlayan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Sayın Özcan MUTLU olmak üzere, çalışmanın uygulama kısmında yardımlarını benden esirgemeyen, çok değerli zamanlarını benim için harcayan, en ufak bir fikrimin bile olmadığı bu sektörü anlamamı sağlayan ve sorduğum her soruyu sabırla cevaplayan İhracat Müdürü Sayın Şükrü GÖREN ve Genel Müdür Mehmet DERE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam süresince gerek manevi desteği ile gerek fikirleriyle bana destek olan hocam Yrd. Doç. Dr. Sayın Aşkıner GÜNGÖR'e, yardımlarını asla unutamayacağım arkadaşlarım Arş. Gör. Banu Yetkin EKREN ile Arş. Gör. Leyla DEMİR'e, tüm mesai arkadaşlarıma, yanımda olmasalar bile her zaman desteklerini hissettiğim sevgili dostlarım Sümeyra YIKILMAZ ve Nedret ŞARBAK'a çok teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelmemi sağlayan, beni her konuda destekleyen, bana güvenen, her zaman yanımda olan canım anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hacer GÜNER

ÖZET

Rekabetle başa çıkabilmek ve ayakta kalabilmek için tedarik zincirinin ilk elemanı olan tedarikçi seçimi, işletmelerin başarısında büyük rol oynayan kararlar arasında yer almaktadır. İşletmelerin istekleri doğrultusunda en uygun tedarikçilerin belirlenmesinin amaçlandığı tedarikçi seçim problemi, birbiriyle çelişen, sayısal ve sayısal olmayan birden fazla kriteri bünyesinde barındıran çok kriterli karar verme problemidir.

Bu tez çalışmasında Denizli’de faaliyet gösteren bir mermer-traverten işletmesinin tedarikçi değerlendirme ve seçim problemi ele alınmıştır. Değerlendirme ve seçim problemi çoğu zaman birbiriyle çelişen birden fazla kriteri içerdiği için çözüm aşamasında Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. Karar verme problemlerinin doğasında olan belirsizleri giderebilmek ve AHP’nin dezavantajlarını yok edebilmek amacıyla çözümde bulanık AHP tercih edilmiş, ikili karşılaştırmalarda bulanık sayılar ve dilsel değişkenler kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümü, işletmenin en çok ürettiği ürün olan klasik travertenin hammadde tedarikçilerini genel olarak değerlendirme amacını taşımaktadır. Yapılan görüşmeler sonucunda tedarikçileri değerlendirmede kullanılacak kriterler ve seçenekler belirlenmiş, problem klasik ve bulanık AHP ile ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilen tedarikçiler arasında aynı tedarikçinin en iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci bölümde müşteriden alınan bir siparişe göre tedarikçi seçim problemi ele alınmış, dilsel değişkenler ve bulanık AHP ile problem çözülmüştür. Elde edilen sonuca göre genel değerlendirmede en iyi olan tedarikçinin siparişe göre de en iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, AHP, Bulanık AHP, tedarikçi seçimi.

Hacer GÜNER

ABSTRACT

Determining the most suitable suppliers is an important problem to deal with when managing supply chain of a company. It is vital in enhancing the competitiveness of the company and has a positive impact on expanding the life span of the company. The supplier selection is a multi-criteria problem which includes both qualitative and quantitative criteria some of which can conflict with each other. The aim of the supplier selection problem is to determine the appropriate suppliers that can meet companies' requirements.

In this study, supplier evaluation and selection problem of a marble-travertine company in Denizli is investigated and a solution method is proposed. Since there are more than one conflicting criterion in evaluation and selection process, Analytic Hierarchy Process (AHP), which is one of the Multi-Criteria Decision Making methods, is used in the solution. In order to deal with uncertainties of decision problem and eliminate the disadvantages of AHP, linguistic variables and fuzzy numbers are used in pair-wise comparisons.

In the first section of the study, a general supplier selection model is developed for "Classical Travertine" which is the main product of the company. The criteria and alternatives used in evaluation are determined via the interviews and problem is solved by using both classical and fuzzy AHP methods. The results obtained are compared and the same supplier is the best between the evaluated suppliers according to two methods. In the second section, a specific supplier selection example for a customer order is solved by using fuzzy AHP method with linguistic variables. The result is the same as with the evaluation in the first evaluation.

Key Words: Multi Criteria Decision Making, AHP, Fuzzy AHP, supplier selection.

Hacer GÜNER

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|------------------------|-------|
| İçindekiler..... | VII |
| Şekiller Dizini..... | XI |
| Çizelgeler Dizini..... | XII |
| Simgeler Dizini..... | XIII |

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

| | |
|--|---|
| 1. Giriş..... | 1 |
| 1.1 Giriş..... | 1 |
| 1.2 Problem Tanımı..... | 2 |
| 1.3 Amaç..... | 2 |
| 1.4 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı..... | 3 |
| 1.5 Tezin Organizasyonu..... | 4 |

İKİNCİ BÖLÜM

TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİ

| | |
|---|---|
| 2. Tedarikçi Seçimi Problemi..... | 5 |
| 2.1 Giriş..... | 5 |
| 2.2 Tedarikçi Seçimi Problemlerinin Sınıflandırılması..... | 6 |
| 2.2.1 Ürüne Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri..... | 6 |
| 2.2.2 Tedarikçi Sayısına Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri..... | 7 |
| 2.2.2.1 Tek Kaynaklı Tedarikçi Seçimi Problemleri..... | 7 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2.2 Çok Kaynaklı Tedarikçi Seçimi Problemleri..... | 7 |
| 2.2.3 İşbirliğinin Süresi ve Yapısına Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri | 8 |
| 2.3 Tedarikçilerin İşletme Üzerindeki Etkileri | 8 |
| 2.3.1 Maliyet Üzerindeki Etkileri | 9 |
| 2.3.2 Performans Üzerindeki Etkileri | 9 |
| 2.4 Tedarikçi Değerlendirme Süreci..... | 9 |
| 2.5 Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri | 11 |
| 2.6 Tedarikçi Değerlendirme Yöntemleri..... | 13 |
| 2.6.1 Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları | 13 |
| 2.6.2 Matematiksel Programlama..... | 14 |
| 2.6.3 Maliyete Dayalı Yaklaşımlar..... | 15 |

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

| | |
|---|----|
| 3. Literatür Araştırması..... | 16 |
| 3.1 Giriş | 16 |
| 3.2 Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları | 16 |
| 3.3 Matematiksel Modeller..... | 19 |
| 3.4 Uzman Sistemler | 21 |
| 3.5 Bulanık AHP | 22 |
| 3.6 Literatür Değerlendirmesi..... | 26 |

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARAR TEORİSİ

| | |
|--|----|
| 4. Karar Teorisi..... | 28 |
| 4.1 Giriş | 28 |
| 4.2 Karar Verme Ortamları..... | 29 |
| 4.3 Karar Verme Problemlerinin Sınıflandırılması | 31 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Analitik Hiyerarşi Prosesi..... | 33 |
| 4.4.1 AHP Aksiyomları | 35 |
| 4.4.2 AHP ile Karar Problemlerinin Çözüm Adımları | 36 |
| 4.4.2.1 Karar Problemine İlişkin Hiyerarşinin Oluşturulması..... | 36 |
| 4.4.2.2 İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması. | 38 |
| 4.4.2.3 İkili Karşılaştırmalardan Öncelik Değerlerinin Elde Edilmesi..... | 39 |
| 4.4.2.4 Tutarlılık Oranının Hesaplanması. | 41 |
| 4.4.2.5 Elde Edilen Öncelik Değerlerinin Birleştirilmesi (Sentezi). | 42 |
| 4.4.3 AHP'nin Uygulama Alanları. | 42 |
| 4.4.4 Duyarlılık Analizi. | 45 |
| 4.4.5 AHP'nin Avantajları ve Dezavantajları..... | 45 |
| 4.5 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi. | 47 |
| 4.5.1 Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları..... | 48 |
| 4.5.2 Bulanık Kümelerde Temel Kavramlar. | 50 |
| 4.5.3 Bulanık Sayılar Üzerinde Temel İşlemler. | 52 |
| 4.6 Literatürde Karşılaşılan Bazı Bulanık AHP Yöntemleri. | 54 |
| 4.6.1 Chen (1996) Tarafından Önerilen Yöntem..... | 55 |
| 4.6.2 Entropi Ağırlığına Dayanan AHP..... | 58 |
| 4.6.2.1 Shannon Entropisi. | 58 |
| 4.6.2.2 Cheng Tarafından Önerilen Yöntem. | 58 |
| 4.6.3 Dilsel Ağırlıklandırma Yöntemi..... | 61 |
| 4.6.4 Genişletilmiş Analiz Yöntemi. | 64 |
| 4.7 BAHF ve Tutarlılık..... | 68 |

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

| | |
|---|----|
| 5. Uygulama | 69 |
| 5.1 Giriş | 69 |
| 5.2 Sektörde Tedarikçi Seçiminin Zorlukları | 70 |
| 5.3 Tedarikçi Seçimi Kriterleri..... | 71 |
| 5.3.1 Ürün Ana Kriteri..... | 73 |

| | |
|---|----|
| 5.3.2 Pazar Ana Kriteri | 74 |
| 5.3.3 Servis Ana Kriteri | 74 |
| 5.3.4 Firma Ana Kriteri | 75 |
| 5.4 Uygulanan Yöntem..... | 76 |
| 5.5 Klasik AHP ile Problemin Çözümü | 76 |
| 5.6 BAHP ile Problemin Çözümü | 80 |
| 5.7 Dilsel Değişkenler ile Problemin Çözümü | 86 |
| 5.8 Alınan bir Siparişe Göre Tedarikçi Seçimi | 90 |
| 5.9 Yöntemlerden Elde Edilen Sonuçlar..... | 96 |

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

| | |
|---------------------------|-----|
| 6. Sonuç ve Öneriler..... | 98 |
| 6.1 Sonuç..... | 98 |
| 6.2 Öneriler | 99 |
| Kaynaklar..... | 101 |
| Ekler..... | 109 |
| Özgeçmiş..... | 133 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 4.1: Hiyerarşik yapı. | 34 |
| Şekil 4.2: Hiyerarşi tasarımı. | 37 |
| Şekil 4.3: AHP akış diyagramı. | 44 |
| Şekil 4.4: C kümesinin üyelik fonksiyonu. | 49 |
| Şekil 4.5: \tilde{C} kümesinin üyelik fonksiyonu. | 50 |
| Şekil 4.6: Farklı α değerlerine karşılık gelen α -kesim kümeleri | 52 |
| Şekil 4.7: Üçgensel bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu. | 53 |
| Şekil 4.8: Bulanık ifadelerin üyelik fonksiyonu. | 62 |
| Şekil 4.9: Daraltma ve genişleme işlemleri. | 64 |
| Şekil 4.10: M_1 ve M_2 sayılarının büyüklüklerinin karşılaştırılması..... | 67 |
| Şekil 5.1: Problemin hiyerarşik yapısı..... | 72 |
| Şekil 5.2: Önem derecesini belirten üçgensel bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları.. | 81 |
| Şekil 5.3: 45.7×45.7 dolgulu-honlu ürün tedarikçi seçimi problemi hiyerarşik yapısı.. | 92 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 2.1: Dickson'ın tedarikçi değerlendirme kriterleri..... | 12 |
| Çizelge 4.1: Önem ölçeği..... | 39 |
| Çizelge 4.2: Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi..... | 39 |
| Çizelge 4.3: Rassal indeks değerleri..... | 42 |
| Çizelge 4.4: Üçgensel bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları..... | 56 |
| Çizelge 4.5: Sistemlerin değerlendirme sonuçları..... | 56 |
| Çizelge 4.6: Bulanık ifadelerin üyelik fonksiyonları..... | 62 |
| Çizelge 5.1: Ana kriterler için yapılan ikili karşılaştırma matrisi..... | 77 |
| Çizelge 5.2: Tüm hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri..... | 78 |
| Çizelge 5.3: Üçgensel bulanık sayı dönüştürme cetveli..... | 80 |
| Çizelge 5.4: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilmiş ikili karşılaştırma matrisi.. | 81 |
| Çizelge 5.5: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilmiş ikili karşılaştırma matrisi.. | 81 |
| Çizelge 5.6: Tüm hiyerarşi için elde edilen öncelik değerleri..... | 84 |
| Çizelge 5.7: Değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık değerler..... | 86 |
| Çizelge 5.8: Ana kriterlere ilişkin dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmalar matrisi..... | 86 |
| Çizelge 5.9: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilen ikili karşılaştırma matrisi.... | 87 |
| Çizelge 5.10: Tüm hiyerarşi için öncelik değerleri..... | 89 |
| Çizelge 5.11: Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların dilsel değişkenlerle ifade edilmesi..... | 92 |
| Çizelge 5.12: Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların bulanık sayılarla ifade edilmesi..... | 93 |
| Çizelge 5.13: 45,7×45,7 dolgulu-honlu ürünün tedarikçi seçimi probleminde tüm hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri..... | 95 |
| Çizelge 5.14: Genel değerlendirmede elde edilen sonuçlar..... | 96 |

SİMGELER DİZİNİ

Aşağıda çalışma kapsamında en çok kullanılan simgeler verilmiştir. Çalışma kapsamında yer alan diğer simgeler ise ilgili kısımlarda açıklanarak verilmektedir.

| | |
|-------------------------|---|
| α | Bulanık sayının kesim seviyesi |
| a_{ij} | i . karar elemanı ile j . karar elemanının karşılaştırması sonucu elde edilen değerlendirme |
| S_i | i . amacın sentez değeri |
| $M_{g_i}^m$ | i . amaca yönelik m . genişletilmiş analiz değeri |
| λ | İyimserlik indeksi |
| $\mu(x)$ | Karakteristik fonksiyon |
| $\tilde{M} = (l, m, u)$ | l, m ve u parametreleri ile ifade edilen üçgensel bulanık sayı |
| λ_{\max} | Öz değer |
| W | Öncelik değeri |
| RI | Rassal İndeks Oranı |
| TI | Tutarlılık İndeksi |
| TO | Tutarlılık Oranı |

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1 Giriş

Günümüzün gittikçe zorlaşan rekabet ortamında işletmeler, ayakta kalabilmek için tedarik zinciri yönetimine gereken önemi vermek zorundadır. İyi işleyen tedarik zinciri, işletmelerin hem rekabet üstünlüğü elde etmelerini hem de pazar paylarını artırmalarını sağlamaktadır.

Rekabetin bir sonucu olarak ürün yaşam sürelerinin giderek kısılması, müşterilerin daha kaliteli, daha hızlı, daha ucuz ve daha farklı mal ve hizmet istekleri, işletmeleri faaliyetlerinin bir kısmını konularında deneyimli tedarikçilere bırakmayı zorunlu hale getirmiştir. Önceleri üretim için gerekli tüm faaliyetler sadece bir işletmede yapılırken, bugün işletmeler küçülerek, üretimden dağıtım, satın almadan pazarlamaya kadar pek çok alanda yüzlerce tedarikçi ile çalışmaktadır. Bu ise, üretim hızının ve kalitenin artmasına ve maliyetlerin azalmasına; fakat, aynı zamanda da yönetim faaliyetlerinin daha da karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Kalite, maliyet ve hız performansının elde edilebilmesi için tedarikçiler, işletmenin amaçları doğrultusunda, işletme ile uyumlu şekilde çalışmak zorundadır. Zincirin tek bir halkasındaki aksama bütün zinciri etkilemektedir. Tedarik zincirinin temel elemanı olan tedarikçi seçimi kararları, işletmelerin kârlılığı üzerinde bu sebeple önemli bir etkiye sahiptir (Bayraktar ve diğ., 2004).

İşletmelerde rekabete yönelik bir satın alma stratejisinin benimsenmesi işletmelerin pazar paylarının artmasını sağlamaktadır. Etkin bir satın alma sistemi sadece maliyetleri en küçüklemeye veya etkinliği en büyükmeye odaklanmamalıdır. Burada önemli olan nokta tedarikçilerin işletmelerle olan uyumudur. Örneğin, kaliteye önem veren bir işletme için fiyatın ucuz olması ikinci derecede öneme sahip olabilir. Bu tür işletmeler, kaliteli ürün üreten tedarikçilerle çalışmayı tercih eder. Müşteri taleplerine kısa sürede cevap vermeyi ve esnek üretimi benimseyen bir işletme, tedarikçilerini de aynı tarzda

üretim yapan firmalardan seçecektir. Rekabet üstünlüğü açısından bakıldığında tedarikçi seçimi problemlerinin işletmelerin başarısında önemli bir payı olduğu görülmektedir. Bunun için de işletmeler tedarikçilerini seçerken kendi iş stratejilerine uygun tedarikçiler bulmaya ve bunlarla işbirliğine gitmeye çalışmaktadır (Altınöz, 2001).

1.2 Problem tanımı

Bu çalışmada, Denizli İli'nde faaliyet gösteren bir mermer-traverten işletmesinin tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemi ele alınmıştır. İlk olarak işletmenin en çok ürettiği ürün olan klasik traverten ve bu ürünün hammadde tedarikçileri genel çerçevede değerlendirilmiştir. Daha sonra bu ürünün tedarikçileri, alınan bir siparişe göre değerlendirilmiş ve içlerinden hangisinin bu sipariş için en uygun olduğu belirlenmiştir.

Mermer-traverten sektöründe, tedarikçi seçimi sektörde yer alan işletmeler için önemli ve zor bir karar problemidir. Her karar probleminin yapısında var olan mevcut belirsizlikleri ve karar vericiye olan bağımlılığı ortadan kaldırmak amacıyla genel değerlendirme sürecinde hem gerçek hem de bulanık sayılar kullanılmıştır. Bu iki tür sayı değerlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve probleme hangi yöntemin daha uygun olacağı tartışılmıştır. Siparişe göre tedarikçi seçimi yapılırken dilsel değişkenler ve bulanık sayılardan yararlanılmıştır.

Genel değerlendirme sürecinde ürün, tedarikçi firma, pazar ve servis olmak üzere dört ana kriter başlığı altında dört tedarikçi değerlendirilmiş, klasik ve bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile en iyi tedarikçi belirlenmiştir. Sipariş bazında yapılan değerlendirmede ise genel değerlendirme sürecinde ele alınan kriterler daha detaylı olarak hiyerarşide yer almış ve problem bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile çözümlenerek en iyi tedarikçi belirlenmiştir.

1.3 Amaç

Bu çalışmanın amacı, Denizli İli'nde faaliyet gösteren bir mermer-traverten işletmesinin tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemine çözüm bulmaktır. İşletmenin tedarikçileri, Denizli civarında bulunan mermer-traverten ocaklarıdır. Mermer sektöründe tedarikçi seçimi problemi bu alanda faaliyet gösteren her işletmenin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Tedarikçilerden alınan hammaddelerin doğal olması ve işlem yapılmadan hammaddenin kalitesinin bilinmemesi bu problemi daha da karmaşık hale getirmektedir. Müşteri isteklerini zamanında karşılamak isteyen işletmeler de bu nedenle en iyi hammaddeyi veren tedarikçilerle çalışmak durumundadır. Bu sektörde de ele alınan tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemi birden fazla çelişen kriteri içerdiği için çok kriterli karar verme problemlerine örnek olarak verilebilir. Bu tez çalışmasının diğer bir amacı da işletmenin bu probleminden yola çıkarak sektör için bir model oluşturabilmek böylece hem sektöre hem de akademik çevreye yararlı bilgiler sunabilmektir.

1.4 Tezin önemi ve literatüre katkısı

Tezin önemi ve literatüre katkısı iki grupta incelenebilir.

Literatüre katkısı: Literatür araştırması sonucunda çalışmada kullanılan yöntem olan BAHP ile yapılmış pek çok çalışma olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalar farklı alanlardaki problemlere çözüm bulma amacını taşımaktadır. Araştırma sonucunda mermer-traverten alanında tedarikçi seçimiyle ilgili hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, incelenen BAHP çalışmalarında sıkça kullanılan bir yöntem olan Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile değerlendirmelerde olabilecek mevcut tutarsızlıkları birlikte göz önüne alan fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Tez çalışması ile literatürde var olan bu boşlukları doldurmak amaçlanmakta, bu konuyla ilgilenenlere bir kaynak oluşturabilmektedir.

Sanayiye katkısı: Genel olarak sektör incelendiğinde, tedarikçi seçiminde herhangi bir sistematüğün bulunmadığı, bu konuda tamamen tecrübeler ve sezgiler doğrultusunda

kararların verildiği gözlenmiştir. Tez çalışmasıyla sektörde var olan bu problem, bilimsel bir yöntem ışığında ele alınarak çözülmeye çalışılmıştır.

1.5 Tezin organizasyonu

Tedarikçi değerlendirme ve seçimi problemi, bir işletmenin başarısını önemli ölçüde etkileyen karar verme problemlerinden biridir. Bu çalışmada da Denizli’de faaliyet gösteren bir mermer-traverten işletmesinin tedarikçi seçimi problemine çözüm bulmak amaçlanmıştır. İlk bölümde, tedarikçi seçiminin işletmeler açısından önemi ve çalışmanın amaçları açıklanmıştır. İkinci bölümde tedarikçi değerlendirme ve seçiminin işletmeler üzerindeki etkileri, değerlendirme ve seçimde kullanılan kriterler ile yöntemler anlatılmıştır. Üçüncü bölümde tedarikçi seçimi konusunda detaylı bir literatür araştırması verilmiştir. Dördüncü bölümde karar verme, çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve çalışmada kullanılan yöntem olan BAHP açıklanmıştır. Beşinci bölümde, bir mermer-traverten işletmesi için tedarikçi seçim problemi ele alınmış, probleme klasik ve bulanık AHP ile çözüm aranmıştır. Altıncı bölümde ise çalışma sonunda elde edilen sonuçlar tartışılmış ve gelecekte yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİ

2.1 Giriş

Tedarikçi seçimi problemi en basit ifade ile üretim için gerekli hammaddelerin, yarı mamul ve diğer malzemelerin kimden ve ne kadar alınacağını belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Uygun tedarikçiler ile çalışmak, işletmenin rekabet edebilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bir çok işletmede, tedarik edilen hammadde ve yarı mamullerin maliyeti, toplam maliyetin %70'ine kadar çıkmaktadır (Ghodsypour ve O'Brien, 1998). Bu nedenle, satın alma fonksiyonu, maliyetlerin düşürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tedarikçi seçimi ile bir işletmenin isteklerini sürekli olarak uygun fiyattan, istenen miktarlarda ve kaliteli olarak temin edebilecekleri tedarikçileri belirlemek amaçlanmaktadır. Tedarikçi seçimi, mevcut tedarikçilerin çok sayıda değerlendirme kriteri kullanarak karşılaştırılmasının yapılması ve en uygununun seçilmesi işlemidir. Mevcut tedarikçilerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, işletmeden işletmeye farklılık gösterse de ortak amaç tedarik etme olasılığı yüksek tedarikçileri saptamak ve bunlardan en iyisini seçebilmektir (Kahraman ve diğ., 2003). Genel olarak tedarikçi seçimi problemi karmaşık problemler sınıfında yer almaktadır. Bunun üç temel nedeni bulunmaktadır (Muralidharan ve diğ., 2001):

- Problemin yapısında yer alan elemanları anlaşılabilir hale getirmenin oldukça zor olması ve bu elemanların bazılarının nitel bazılarının da nicel olarak ifade edilmesi,
- Seçim aşamasında bazen birbiriyle çelişen ve bazen de birbirini tamamlayan kriterlerin olması,
- Fazla sayıda tedarikçinin olması.

2.2 Tedarikçi seçimi problemlerinin sınıflandırılması

Gerçek hayatta, işletmelerin tüm isteklerini tam olarak karşılayan tedarikçiler bulmak oldukça zordur. Tedarikçiler, farklı alanlarda birbirlerine üstünlük sağlayabilir. Bu nedenle, işletme, tedarikçileri farklı açılardan değerlendirmek ve son kararı bu değerlendirmelere göre yapmak zorundadır.

Tedarikçi seçimi problemlerini üretilen ürüne, tedarikçi sayısına ve işbirliğinin süresi ve yapısına göre farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür.

2.2.1 Ürüne göre tedarikçi seçimi problemleri

Ürüne göre tedarikçi seçimi problemleri üç sınıfta toplanabilir (Boer ve diğ., 2001):

Yeni bir ürün: İşletme yeni bir ürün üretme kararı verdiğinde, üretim için gerekli malları temininde tanımadığı tedarikçiler ile çalışmak zorunda kalmaktadır. Konuyla ilgili işletme geçmiş verilere, tedarikçilere ve değerlendirmede kullanılacak kriterlere sahip değildir. Bu durum, belirsizliğin en yüksek olduğu satın alma faaliyeti ve tedarikçi seçimi problemidir.

Ürün değişikliği: Bu durumda işletmenin çalıştığı tedarikçiyi değiştirmesi gerekebilir. Böyle bir durumda piyasada bu ürünü daha önce üretmiş olan tedarikçiler yer aldığı için, tedarikçiler hakkında bilgi mevcuttur. Çok az da olsa değerlendirme kriterleri ve geçmişe ait veri bulunmakla birlikte genel olarak tedarikçiler hakkında belirsizlik bulunmaktadır.

Mevcut ürün: İşletme, ürettiği üründe herhangi bir değişiklik yapmadığı halde çalıştığı tedarikçileri belli dönemlerde performanslarına göre yeniden değerlendirmek isteyebilir. Bu durumda tedarikçiler hakkında gerekli bilgiler ve tedarikçilerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler işletme tarafından bilinmektedir. Dönem sonunda yapılan değerlendirme sonucunda, performans değerlerine göre tedarikçiyle çalışıp çalışılmayacağı kararı verilebilir.

2.2.2 Tedarikçi sayısına göre tedarikçi seçimi problemleri

İşletme, mevcut tedarikçileri değerlendirirken veya yeni bir tedarikçiyle çalışmak istediğinde iki durumla karşılaşabilir. Malın tedariki tek bir tedarikçiden veya birden fazla tedarikçiden sağlanabilir. Buna göre tedarikçi seçimi problemleri tek kaynaklı tedarikçi veya çok kaynaklı tedarikçi seçimi problemleri olmak üzere iki sınıfta toplanmaktadır (Ghodsypour ve O'Brien, 1998).

2.2.2.1 Tek kaynaklı tedarikçi seçimi problemleri

Tek kaynaklı tedarikçi seçimi problemlerinde, mevcut tedarikçiler, işletmenin teslimat, kalite ve talep gibi tüm isteklerini belli ölçülerde karşılayabilmektedir. İşletme, bu tedarikçilerden bir tanesini, değerlendirme kriterlerine göre belirler. Bu gibi bir durumda tedarikçilerin kapasite açısından herhangi bir kısıtı bulunmamaktadır.

Tek tedarikçiyle çalışmak işletmelere pek çok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Leenders ve Fearon, 2000):

- Sipariş verme maliyetleri azalır,
- Tek tedarikçi olduğu için teslimatlar daha kolay çizelgelenebilir,
- Tedarikçi ve işletme arasında daha istekli ve işbirliğine yönelik bir ticari ilişki kurulabilir,
- Zaman ve kaynakların verimli kullanımı sağlanabilir,
- Tedarikçinin takibi daha kolay yapılabilir.

2.2.2.2 Çok kaynaklı tedarikçi seçimi problemleri

Çok kaynaklı tedarikçi seçimi probleminde, mevcut tedarikçiler işletmenin talep, kalite ve teslimat gibi tüm isteklerine cevap verememektedir. Bu durumda işletme, taleplerini birden fazla tedarikçiden karşılamak zorunda kalmaktadır.

Birden fazla tedarikçiyle çalışma durumunda, işletme hem tedarikçileri hem de her bir tedarikçiden sipariş verilecek miktarları belirler. Birden fazla tedarikçiyle çalışmanın avantajları şu şekilde sıralanabilir (Leenders ve Fearon, 2000):

- Ürünleri tedarik etme olasılığı yüksektir. Olağandışı durumlarda (yangın, kaza vb.) teslimatlar aksamadan temin edilebilir,
- Tedarikçiler arasındaki rekabet, kalitenin artmasına, maliyetlerin ve teslim sürelerinin azalmasına neden olur,
- Birden fazla tedarikçi ile çalışıldığı için tüm tedarikçilerin atıl kapasitelerinden yararlanılabilmekte ve olası değişikliklere karşı daha kolay cevap verilebilmektedir,
- Stratejik açıdan (askeri alımlar vs.) çok kaynaklı tedarikçilerle çalışmak avantajlıdır,
- Bir tedarikçinin kapasitesi, işletmenin gelecekteki isteklerini karşılamaya yetmeyebilir.

2.2.3 İşbirliğinin süresi ve yapısına göre tedarikçi seçimi problemleri

İşbirliğinin süresi ve yapısına göre tedarikçi seçimi problemleri, statik ve dinamik tedarikçi seçimi problemleri olarak iki sınıfta toplanmaktadır. Statik tedarikçi seçimi problemlerinde, tedarikçilerle uzun süreli bir ortaklık oluşturulması amaçlanmaktadır. Dinamik tedarikçi seçimi problemlerinde ise tedarikçilerin performansları belli dönemlerde değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmelerin sonucunda da tedarikçilerle olan ilişkilerin devam edip etmeyeceğine karar verilmektedir.

2.3 Tedarikçilerin işletme üzerindeki etkileri

Bir işletmenin başarısı, büyük ölçüde çalıştığı tedarikçilere bağlıdır. Tedarikçilerin işletme üzerindeki etkileri maliyet ve performans etkileri olmak üzere iki grupta incelenebilir.

2.3.1 Maliyet üzerindeki etkileri

Üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını hammadde ve yarı mamul maliyetleri oluşturduğu gerçeği dikkate alındığında, doğru tedarikçi seçiminin işletmeler için ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Gereksinim duyulan hammadde ve yarı mamullerin daha ucuz bir şekilde temin edilmesi işletmelere pazarda rekabet üstünlüğü sağlayacaktır. Doğru tedarikçilerin seçimi sadece satın alma maliyetlerini değil, aynı zamanda üretim ve üretim sonrasında oluşan maliyetleri de etkilemektedir. Tedarikçiden gelen hatalı ürünler, kalite problemlerine ve dolayısıyla da kalite maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bunun dışında tedarikçilerin malları istenen zamanda teslim etmemesi üretimin aksamasına, siparişlerin gecikmesine, ara stoklara sebep olarak maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.

2.3.2 Performans üzerindeki etkileri

Tedarikçi seçimi sorunlarında yalnızca maliyeti ele almak doğru değildir. Tedarikçiler işletmelerin performansını da önemli ölçüde etkilemektedir. İşletmelerin, müşterilerine doğru ürünleri, doğru zamanda ve doğru miktarlarda göndermeleri büyük ölçüde tedarikçilere bağlıdır. Bu nedenle, son yıllarda işletmeler, taleplerini zamanında karşılayan tedarikçilerle uzun vadeli ilişkileri tercih etmektedir.

2.4 Tedarikçi değerlendirme süreci

Rekabetin bu kadar şiddetli olduğu günümüzde işletmelerin varlıklarını sürdürmeleri için öncelikle uygun tedarikçileri seçmeleri ve onlarla ilişkilerini sürdürmeleri gerekmektedir.

İşletme, tedarikçi değerlendirme sürecinde öncelikle bir tedarikçiyi seçerken neleri dikkate alacağını belirlemelidir. Bu sayede değerlendirme ve seçim süreçleri daha kolaylaşacaktır. Tedarikçi seçiminde izlenen değerlendirme ve seçim süreci şu şekilde özetlenebilir (Öz ve Baykoç, 2004):

- Kaynak temini stratejisinin belirlenmesi.,
- İlk belirleme, tedarikçi havuzu oluşturma,
- Tedarikçi değerlendirme yönteminin belirlenmesi,
- Seçimin yapılması.

Kaynak temini stratejisinin belirlenmesi aşaması, işletmenin isteklerini karşılayabilecek tedarikçileri belirlediği ve buna uygun bir satın alma stratejisinin benimsediği aşamadır. Bu aşamada, işletmeler tek tedarikçiden mi yoksa birden fazla tedarikçiden mi isteklerini karşılamaya çalışacaklarına karar verir.

Tedarikçi havuzu oluşturma aşamasında, tedarik etme olasılığı yüksek tedarik kaynakları belirlendikten sonra işletme, ihtiyaç ve isteklerine uygun olmayan tedarikçileri eleyerek, kendi isteklerine uygun çalışabileceği bir tedarikçi havuzu oluşturur. Bu havuzdaki tedarikçiler daha sonra işletmenin belirlediği kriterler ile değerlendirilerek sıralanır ve son karar verilir.

Tedarikçi değerlendirme kriterleri ve yönteminin belirlenmesi aşaması, tedarikçi havuzu oluşturulduktan sonra değerlendirme kriterlerinin ve yöntemlerinin belirlendiği aşamadır. Öncelikle bu değerlendirmede kullanılacak kriterler belirlenmelidir. Değerlendirme kriterleri işletmenin isteklerine uygun olmalıdır. Genellikle değerlendirme aşamasında kullanılan kriterler birbiriyle çelişmektedir. Bu aşamada çok farklı yöntemler kullanılabilir. Tedarikçileri listeleme ve sıralama, doğrusal programlama, AHP, bulanık mantık bu aşamada kullanılacak yöntemler arasındadır.

Tedarikçi seçiminin yapılması aşamasında ilk belirleme sonucunda elde edilen tedarikçi havuzunda bulunan tedarikçiler belirlenen kriterlere göre belirlenen yöntem kullanılarak sıralanır ve son karar verilir.

Görüldüğü üzere tedarikçi değerlendirme ve seçimi, çok sayıda kriteri içerdiği, birbiriyle ilişkili karar yapılarından, kurallarından oluştuğu, grup kararları gerektirebildiği ve içinde belirsizliği barındırdığı için tek adımdan oluşan basit bir işlem değildir (Boer ve diğ., 1998). “Hangi tedarikçi” sorusu işletmelerin performanslarını etkileyen stratejik bir soru olduğu için bu sorunun cevabı için işletmenin istek ve

ihtiyaçlarına uygun kriterler belirlenmeli, değerlendirme ve seçim bu kriterlere göre yapılmalıdır.

2.5 Tedarikçi değerlendirme kriterleri

İşletmenin satın alma amaçları arasında, alınan malzemelerin satın alma ve taşıma maliyetlerinin düşürülmesi, stok seviyelerini düşük tutarak stok maliyetlerinin düşük tutulması, teslimatların zamanında gerçekleşmesinin sağlanması, kaliteli ürünler alınmaya çalışılması ve tedarikçilerle iyi ilişkiler kurulması, malzeme tedarik akışının sürekliliğinin korunması yer almaktadır (Mızrak, 2003). İşletmenin bu amaçları doğrultusunda çalışacak tedarikçilerin seçimi bu sebeple büyük önem taşımaktadır.

Tedarikçi seçimi problemlerinde çok sayıda nitel ve nicel kriterin göz önünde bulundurulması gerekir. Dickson, 273 işletme ile yapılan anketler sonucunda tedarikçileri değerlendirmek için 23 kriter önermiştir (Dickson, 1966). Bu kriterler Çizelge 2.1'de önem sırasına göre verilmektedir. Çizelge 2.1'de kalite, teslimat, performans garanti ve şikayet politikaları, üretim tesisleri ve kapasitenin en önemli beş kriter olduğu görülmektedir. Fiyat kriterinin ancak altıncı sırada, yer alması ise oldukça şaşırtıcıdır.

Tedarikçileri seçerken, işletme isteklerinin sürekli olarak uygun fiyattan, doğru zamanda, doğru miktarlarda ve kaliteli şekilde karşılanabilmesi için her bir tedarikçi, değerlendirme kriterleri ve uygun ölçütler kullanılarak değerlendirilmelidir. Değerlendirme ve seçimde kullanılan kriter ve ölçütler, değerlendirilen tüm tedarikçiler için uygun ve işletmenin ihtiyaçlarını, tedarik ve teknolojik stratejilerini yansıtacak şekilde düzenlenmelidir. Değerlendirme aşamasında tüm tedarikçiler için ortak kriterlerin kullanılması yapılacak olan karşılaştırmaların daha objektif olmasını sağlayacaktır.

Çizelge 2.1: Dickson'ın tedarikçi değerlendirme kriterleri (Mızrak, 2003)

| Sıra | Kriter | Sıra | Kriter |
|------|---------------------------------|------|---------------------------------------|
| 1 | Kalite | 12 | İş için istekli olma |
| 2 | Teslimat | 13 | Yönetim ve organizasyon |
| 3 | Performans | 14 | İşletim maliyetleri |
| 4 | Garanti ve şikayet politikaları | 15 | Tamir hizmeti |
| 5 | Üretim tesisi ve kapasite | 16 | Tedarikçi tavırları |
| 6 | Fiyat | 17 | Etki |
| 7 | Teknik açıdan yeterlilik | 18 | Ambalajlama kabiliyeti |
| 8 | Finansal durum | 19 | Çalışanlarının kayıtlarının tutulması |
| 9 | Prosedürlere Uyma | 20 | Coğrafik konum |
| 10 | İletişim | 21 | Geçmiş işlerin durumu |
| 11 | Sanayideki durum | 22 | Eğitim |
| | | 23 | Karşılıklı anlaşmalar |

Genel olarak tedarikçi değerlendirmesinde kullanılan kriterler dört ana başlık altında toplanabilir. (Kahraman ve diğ., 2003):

- Tedarikçi kriterleri,
- Ürün performans kriterleri,
- Servis performans kriterleri,
- Maliyet kriterleri.

Tedarikçi kriterleri, tedarikçinin, işletmenin tedarik ve teknoloji stratejisiyle uyup uymadığını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Bu kriterler, tedarikçinin finansal gücü, yönetimi, teknik kapasitesi, kalite sistemleri gibi önemli alt kriterleri içermektedir.

Ürün performans kriterleri, satın alınan ürünün fonksiyonel özelliklerini ölçmek için kullanılan kriterlerdir. Kalite, güvenilirlik, hız, kapasite, bakım yapılabilirlik, dayanıklılık, taşıma gibi alt kriterleri içermektedir.

Servis performans kriterleri, satış sonrası hizmetleri değerlendirmek için kullanılan kriterlerdir. Müşteri desteği, takip/izleme ve profesyonellik gibi alt kriterleri içerebilmektedir.

Maliyet kriterleri, tedarikçi değerlendirilmesinde en önemli kriterlerden bir tanesidir. Taşıma maliyeti, satın alma maliyeti, vergiler vb. maliyet kriterlerinin içinde yer almaktadır.

2.6 Tedarikçi değerlendirme yöntemleri

Tedarikçi değerlendirme ve seçimi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde problemin çözümünde pek çok farklı yöntemin kullanıldığı görülmektedir. Çalışmalarda sıkça rastlanan bu yöntemler çok kriterli karar verme yöntemleri, matematiksel programlama ve maliyete dayalı yaklaşımlar olmak üzere üç sınıfta toplanabilir.

2.6.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri

Tedarikçi seçimi probleminin çözümünde en sık karşılaşılan çözüm yollarından birisi çok kriterli karar verme yöntemleridir. Bu yöntemler, doğrusal ağırlıklandırma modellerini, üstünlük yöntemlerini ve etkileşimli yöntemlerini içine almaktadır.

Doğrusal ağırlıklandırma modellerinde, tedarikçilere belirlenen kriterlere göre puan verilir ve en yüksek toplam puana sahip olan tedarikçi seçilir. Her kriter için aynı puanlama değerleri kullanılır ve bu sayede farklı tedarikçilerin farklı özellikleri aynı puanlama değeriyle belirtilerek aldıkları puan değerleri karşılaştırılabilir hale getirilir. Doğrusal ağırlıklandırma modellerinden Derecelendirme, Puanlama ve Sıralama yöntemleri, tedarikçi değerlendirme ve seçimlerinde kullanılan en yaygın ve basit karar verme yöntemlerinden bazılarıdır. Derecelendirme ve puanlamada, değerlendirmede kullanılacak kriterler rakamsal olarak ifade edilirken, sıralamada ise karar vericilerin bu kriterler için tercih sıraları dikkate alınır. İstenirse kriterler önem derecelerine göre

ağırlıklandırılabilir. Atanan ağırlık değerleri ile tedarikçilere verilen puanlar çarpılarak her tedarikçiye ait toplam ağırlıklandırılmış puanlar elde edilir (Altınöz, 2001).

Derecelendirme, puanlama ve sıralama modellerinin dezavantajı, kriterlerin önem derecesini gösteren ağırlık değerlerinin karar vericiler tarafından problemin başında belirlenmesidir. Kriter sayısı arttığında, her bir kriterin kendi içinde önem derecelerini belirlemek karmaşık hale gelmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla AHP tedarikçi seçimi problemlerine uygulanmıştır. AHP ile karar vericiler kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yaparak ağırlık (önem) değerlerini saptayabilir. Bu da problemin başında tüm kriterlere ağırlık değeri atamaktan daha kolaydır ve daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlar. AHP, karmaşık durumlarda hiyerarşik yapısıyla tedarikçi seçimi problemlerine yönelik çok iyi çözümler üretebilmektedir. Hem nitel hem de nicel kriterleri sistematik bir şekilde ele alarak karar verilmesini sağlamaktadır (Altınöz, 2001).

Etkileşimli yöntemlerden Açıklayıcı Yapısal Modelleme yöntemi tedarikçi seçiminde kullanılan bu grupta yer alan diğer bir yöntemdir. Bu yöntemde amaç, tedarikçiler arasındaki ilişkileri belirlemek ve tedarikçi seçimi problemini yapısal bir hale getirmektir (Altınöz, 2001).

2.6.2 Matematiksel programlama

Matematiksel Programlama (MP), en basit ifadeyle amaçları ve kısıtları matematiksel ifadelerle belirterek model kurmak olarak tanımlanabilir. Bu modeller ile karar vericiler belirlenen kısıtlar altında amaçlarına uygun optimum sonucu bulmaya çalışırlar. Tedarikçi seçimi problemleri genellikle birden fazla amacı içerdiği için çözümde Hedef Programlama (HP) tercih edilmektedir. Problemlerde hedeflenenler, modelde kısıtlar şeklinde yer alırken hedeflenen değerlere ulaşmak için bu değerleri birleştiren bir amaç fonksiyonu oluşturulur (Uncu, 2003). Tedarikçi seçiminde MP genellikle birden fazla tedarikçiyle (çok kaynaklı tedarikçi) çalışıldığı durumlarda, hangi tedarikçiyle çalışılacağı ve seçilen tedarikçilerden verilecek sipariş büyüklüklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Çok kaynaklı tedarikçi seçimi problemlerinin çözümü için geliştirilen matematiksel modellerde kalite, fiyat ve

zamanında teslimatın en iyilenmesi amaçlar olarak alınırken kısıt olarak genellikle kapasite, bütçe, kalite vb. kullanılmıştır.

2.6.3 Maliyete dayalı yaklaşımlar

Maliyet satın almada önemli bir kriter olduğu için tedarikçileri maliyete dayalı olarak seçmek de yaygın bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımların en yaygını, her satın alınan toplam maliyetini hesaplamaktır. Her bir tedarikçiye ait toplam maliyet hesaplanır ve en düşük olanı seçilir. Maliyete dayalı yaklaşımlar, doğrusal ağırlıklandırma modellerine benzemektedir. Doğrusal ağırlıklandırma modellerinde tedarikçilerin toplam puan değerleri belirli kriterlere göre hesaplanırken, maliyete dayalı yaklaşımlarda ise önceden belirlenen maliyet kalemlerine göre toplam puanları hesaplanır ve son karar bu değerlere göre verilir. Aralarındaki fark inceledikleri değerlerdedir. Maliyete dayalı yaklaşımlar, ölçülebilir maliyet değerleriyle ilgilenecek doğrusal ağırlıklandırma modellerinin içerdiği subjektifliği gidermek amacını taşımaktadır (Altınöz, 2001).

Yukarda açıklanan yöntemler dışında, geçmiş veriler ve işletmenin tecrübelerine dayanarak, mevcut tedarikçileri “pozitif”, “negatif” ve “nötr” olarak değerlendirip puanlandıran ve elde edilen puan üzerinden tedarikçileri üç kategoriye yerleştiren Kategori Modelleri, tedarikçilerin etkinliğini ölçmeyi hedefleyen Veri Zarflama Analizi ve önceden belirlenen değerlere göre karar elemanlarını kümelere atayan Küme Analizi tedarikçi seçimi problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Ayrıca bulanık kümeler, istatistiksel modeller ve uzman sistemler tedarikçi seçimi probleminde yaygın olarak kullanılmıştır (Boer ve diğ., 2001).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1 Giriş

Tedarikçi seçimi kararları, bir işletmenin rekabet edebilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle literatürde tedarikçi seçimi problemlerine oldukça geniş yer verilmiştir. Bu çalışmaları, değişik açılardan sınıflandırmak mümkündür. Bu bölümde tedarikçi seçimi problemleri, çözümde kullanılan yöntemlere göre sınıflandırılarak incelenmiştir.

3.2 Çok kriterli karar verme yaklaşımları

İşletmeler, tedarikçilerin performanslarını değerlendirirken pek çok kriteri göz önünde bulundurmak zorundadır. Dolayısıyla tedarikçi seçimi problemleri doğası gereği çok kriterli karar verme problemleri sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle tedarikçi seçimi problemlerinde, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri oldukça sık olarak kullanılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda birbirinden farklı, ÇKKV yöntemi farklı seçim kriterleri dikkate alınarak farklı problemlere uygulanmıştır.

Min (1994), kişisel bilgisayar parçaları üretimi yapan uluslararası tedarikçi seçimi problemini ele almış ve çok değişkenli fayda yaklaşımını kullanmıştır. Ana kriterler olarak finans, kalite, servis performansı, alıcı-satıcı ilişkisi, kültürel ve iletişim sorunları, ticaret yasakları ve olası riskler ile ana kriterlerin alt kriterleri kullanılmıştır. Karar verici tarafından bu değişkenlere ait ağırlık değerleri belirlendikten sonra her bir seçeneğe ait fayda değeri hesaplanmıştır. Meksika, Tayvan, Kanada, Kore ve Japon tedarikçilerinin genelde ve ana kriterler bazında değerlendirmeleri yapılmış, sonuçlar fayda değerleri ile birlikte verilmiştir. Çalışmanın sonunda, kriterlerin öncelik değerlerinin değişmesi durumunda bu değişimin sonuçlara olan etkisini görmek amacıyla duyarlılık analizleri de yapılmıştır.

Mandal ve Deshmukh (1994), tedarikçi seçimi probleminde Açıklayıcı Yapısal Modelleme yöntemini kullanmıştır. Açıklayıcı Yapısal Modelleme yöntemi, etkileşimli öğrenme süreci olarak da tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, grup kararlarında, kriterler arasındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılır. Önce probleme ilişkin kriterler tanımlanır, daha sonra bu kriterler arasındaki ilişkiler belirlenir. Bu çalışmada kalite, teslimat, üretim hizmetleri ve kapasite, fiyat, finansal durum, teknik kapasite, yönetim ve organizasyon, tedarikçinin taşıma ve iletişim kolaylığı, satış sonrası hizmet, tedarikçinin alıcıya karşı tutumu/birlikte iş yapma isteği ve işgücü ilişkileri olmak üzere toplam on bir kriter incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, tedarikçi seçiminde fiyat, teslimat ve satış sonrası hizmetin en üst seviyedeki kriterler olduğu, kalite ve tedarikçinin alıcıya karşı tutumunun/birlikte iş yapma isteği bunların bir altındaki seviyede yer aldığı görülmüştür. Ayrıca kalite, teslimat, fiyat, satış sonrası hizmetler ve tedarikçinin alıcıya karşı tutumunun/birlikte iş yapma isteğinin birbirine bağlı değişkenler olduğu sonucuna da ulaşılmıştır.

Holt (1997) çalışmasında, inşaat sektöründe tedarikçi seçimi problemini, ön değerlendirme ve değerlendirme olmak üzere iki aşamalı bir problem şeklinde tanımlamıştır. Ön değerlendirme aşamasında tüm tedarikçiler geçmiş performansı, tecrübe ve finansal güçlülük gibi önemli kriterler açısından değerlendirilerek puanlama yapılmıştır. Elde edilen puan değerlerine göre bir sonraki aşamada değerlendirmeye alınacak tedarikçiler belirlenmiştir. Değerlendirme aşamasında, uygun tedarikçiler arasından, projelere göre özel kriterler (projenin yer alacağı coğrafik bölgede önceden çalışılıp/çalışılmadığı veya yapımda önerilen yöntemlerin kullanılıp/kullanılmadığı) kullanılarak yeniden bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, Çok Değişkenli Analiz, Çok Değişkenli Fayda Analizi, Çoklu Regresyon, Küme Analizi, Bulanık Küme Teorisi ve Çok Değişkenli Kesikli Analiz yöntemlerinin üstünlükleri tartışılmış, ön değerlendirme aşaması için küme analizinin uygun olduğu, değerlendirme aşamasında ise problemin türüne göre diğer yöntemlerin üstün ve zayıf yönleri ortaya konmuştur.

Boer ve diğ. (1998), tedarikçi seçimi probleminde, üstünlük yöntemlerinden biri olan ELECTRE I'i kullanmışlardır. Çalışmada, beş tedarikçi ciro, uzaklık, maliyet ve kalite kriterleri göz önünde tutularak değerlendirilmiştir.

Verma ve Pullman (1998), kalite, fiyat, teslimat ve esneklik kriterlerinin arasındaki etkileşimlerin, tedarikçi seçimi kararını nasıl etkilediğini iki aşamada araştırmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında, geçmiş tecrübelerden hareketle tedarikçi seçiminde kalite, fiyat, teslimat ve esnekliğin ne kadar önemli olduğu sorusuna cevap bulunmaya çalışılmıştır. Teslimat kriteri, kendi içinde teslim süresi ve tam zamanında teslim performansı olmak üzere iki farklı kriter olarak değerlendirilmiştir. Katılımcılardan 1'den 5'e kadar olan önem çizelgesini kullanarak ele alınan kriterleri değerlendirmeleri istenmiştir. İkinci aşamada, değerlendirilen kriterler arasındaki çelişkileri ve tedarikçi seçimine etkilerini incelemek için Kesikli Karar Analizi ile İstatistiksel Deney Tasarımı kullanılmıştır. Kesikli Karar Analizi, mevcut seçenekler kümesinden seçeneklere ilişkin kriterlerin aralarındaki etkileşimleri de dikkate alarak önem derecelerini belirlemeye yarayan sistematik bir yaklaşımdır. Sonuç olarak en önemli tedarikçi kriterinin sırasıyla kalite, tam zamanında teslim, fiyat, teslim süresi ve esneklik olduğu belirlenmiştir.

Humphreys ve diğ. (2003), tedarikçi seçimi probleminde çevresel boyutu da dikkate alarak probleme çevresel kriterleri ilave etmişlerdir. Öncelikle tedarikçi seçiminde hangi çevresel kriterlerin, önemli olduğu bulunmuş, daha sonra bir karar destek sistemi geliştirilerek en iyi tedarikçi belirlenmeye çalışılmıştır.

Tedarikçi seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin başında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) gelmektedir. AHP, basitliği ve uygulama kolaylığı bakımından diğer karar problemlerinde olduğu gibi tedarikçi seçimi problemlerinde de oldukça fazla uygulama alanı bulmuştur. Tedarikçi seçimi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalarda AHP, genellikle hedef programlama gibi başka bir yöntemle birlikte kullanılmıştır.

Muralidharan ve diğ. (2001), tedarikçi seçiminde grup kararlarını göz önüne almışlardır. Tedarikçiler, grup içindeki her bir birey tarafından AHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş, elde edilen sonuçlardan her tedarikçiye ait güven aralıkları belirlenmiştir. Kalite, teknik faaliyetler ve teslimat kriterleri altında beş tedarikçi on birey tarafından değerlendirilmiştir. Çalışmada tedarikçilerle uzun süreli ilişkiler kurulması durumunda tedarikçilerin periyodik olarak değerlendirilmesi gerektiğini, bu şekilde tedarikçilerin de motive olacağı belirtilmektedir. Bu nedenle,

belli dönemler sonunda tedarikçilerin performansları tekrar değerlendirmeye alınmış ve geçmiş performanslarıyla karşılaştırılmıştır.

Barbarosoğlu ve Yazgaç (1997), Türk Elektrik Endüstrisi işletmesinin tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada, üç ana kriter ve alt kriterlerinden oluşan dört seviyeli karar problemine AHP yöntemi ile çözüm aranmış ve hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri bu yöntem sayesinde belirlenmiştir.

Hanfield ve diğ. (2002), çevresel faktörleri de dikkate alarak tedarikçi seçimi problemini AHP yöntemini kullanarak çözmüşlerdir. Delphi tekniği kullanılarak tedarikçi seçiminde, ürün değişkenleri, atık yönetimi, paketleme/sertifika, yeniden kullanılabilirlik, yasalara uygunluk, çevresel sistemlerin varlığı gibi kriterler dikkate alınarak AHP yönteminin konuya uygunluğunu, zayıf ve güçlü yönlerini göstermek için otomobil, kağıt ve konfeksiyon alanında faaliyet gösteren üç işletmede çevresel faktörleri de göz önüne alarak en iyi tedarikçileri belirlemişlerdir.

Bhutta ve Huq (2002), tedarikçi seçimi problemi için hem AHP'yi hem de sadece maliyeti dikkate alan Toplam Sahiplenme Maliyeti yöntemini kullanmışlardır. AHP ve Toplam Sahiplenme Maliyeti yöntemleri kısaca açıklandıktan sonra ikisi arasındaki farklar ortaya konmuştur. İmalat, kalite, servis ve teknoloji kriterlerini ile AHP kullanarak en iyi tedarikçiyi seçmişler daha sonra da Toplam Sahiplenme Maliyeti yöntemini kullanarak bu kriterlerin her birini maliyet açısından inceleyerek en düşük maliyetli tedarikçiyi en iyi tedarikçi olarak belirlemişler, iki yöntemle bulunan sonuçları karşılaştırmışlardır.

3.3 Matematiksel modeller

Doğrusal programlama tedarikçi seçiminde kullanılan diğer bir yöntemdir. Literatürde yer alan çalışmalarda doğrusal programlama mevcut tedarikçilerden birini değerlendirip seçmek veya değerlendirilen tedarikçilerden verilecek optimum sipariş miktarını belirlemek için kullanılmıştır.

Ghodsypour ve O'Brien (1998), tedarikçi seçimi problemini AHP ve Doğrusal Programlamayı birlikte kullanarak farklı tedarikçiler arasından herhangi bir kısıtın olmadığı durum için en iyi tedarikçiyi, kalite, kapasite veya talep gibi kısıtlar altında da sipariş verilebilecek miktarları bulmaya yarayan bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritmanın ilk aşamasında mevcut tedarikçiler, fiyat, kalite ve servis kriterleri dikkate alınarak AHP ile değerlendirilerek puanlandırma yapılmaktadır. Bulunan puanlar, algoritmanın ikinci aşamasında, amaç fonksiyonunda Toplam Satın Alma Değerinin (TSD) hesaplanmasında kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, duyarlılık analizleri yapılarak puanlamadaki değişimlere göre en iyi sipariş miktarlarının nasıl değişeceği araştırılmıştır.

Karpak ve diğ. (1999), ekipman imal eden bir firmada uygun tedarikçileri seçmek ve sipariş miktarlarını belirlemek için Pareto İzleme Tekniğine dayanan, ÇKKV yöntemlerinden Görsel Etkileşimli Hedef Programlamayı kullanmışlardır. Görsel Etkileşimli Hedef Programlamada, probleme ait kısıtlar problemin esnek olmayan hedefleri, esas hedefler ise esnek hedefler olarak adlandırılmaktadır. Yaklaşım öncelikle esnek hedeflere çözüm bulmakla başlar. Tüm hedefler için optimum çözümlerin bulunmasını amaçlayan yöntemde olurlu çözümler olmadığında hedeflere uygun olarak esnek hedeflerden en küçük sapmayı verecek çözüm aranır. Amerika'da ekipman üretimi yapan bir işletmede uygulaması gerçekleştirilen çalışmada, ürüne ait maliyetlerin düşürülmesi, toplam ürün kalitesinin ve teslimat güvenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Sonuçta, Görsel Etkileşimli Hedef Programlama kullanılarak işletme için en uygun tedarikçiler ve belirlenen uygun tedarikçilere verilecek sipariş miktarları tespit edilmiştir.

Dağdeviren ve Eren (2001), AHP ve 0-1 Hedef Programlamayı (HP) kullanarak tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada AHP kullanılarak tedarikçiler değerlendirilmiş ve değerlendirme sonunda elde ettikleri puanlar, HP'da modelin amaç fonksiyonunda kullanılmıştır. HP modelinin çözümünden, bir sipariş döneminde her tedarikçiye sadece bir kez sipariş açılacağı varsayımı altında, siparişlerin hangi tedarikçilere açılacağı belirlenmiştir. Uygulamada kalite, performans, maliyet ve teknoloji kriterleri dikkate alınarak dört mevcut tedarikçiden en uygunu seçilmiştir.

Çebi ve Bayraktar (2003), AHP ve Ardışık Hedef Programlamayı kullanarak bir gıda işletmesinde hammaddelerin tedarikçilerini ve bu tedarikçilerden alınacak hammadde miktarlarını bulmaya yönelik hibrit bir yaklaşım önermişlerdir. Tedarikçiler teknoloji, lojistik, iş ilişkileri ve yönetimleri açısından değerlendirmeye alınmış ve belirlenen sekiz hammaddeden hangisinin hangi tedarikçiden alınacağı Ardışık Hedef Programlama sayesinde tespit edilmiştir.

Wang ve diğ. (2004), tedarikçi seçimi problemini, tedarik zincirini göz önünde bulundurarak analiz etmeye çalışmışlardır. Bu analizde AHP ve HP'yı kullanarak, toplam faydayı en büyükleyen ve toplam maliyeti en küçükleyen tedarikçiyi seçmeyi amaçlamışlardır. Öncelikle teslimat güvenilirliği, esneklik, maliyet ve kazançlar olmak üzere dört kriter bazında değerlendirmeler yapılmış ve tedarikçilere ait puanlar hesaplanmıştır. Elde edilen bu puan değerleri HP'da kullanılarak en az sayıda, en fazla etkinliği sağlayacak tedarikçilerin seçiminde ve seçilen bu tedarikçilerden verilecek sipariş miktarlarını belirlemede kullanılmıştır.

3.4 Uzman sistemler

Literatürde tedarikçi seçimi problemlerine uzman sistemler yardımıyla çözüm arayan çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalarda bir karar destek sistemi sayesinde seçim problemleri basite indirgenmeye ve çözülmeye çalışılmıştır.

Albino ve Garavelli (1997), inşaat firmalarındaki tedarikçilerin sıralamasında yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde fiyat indirimi, zaman azaltma, tekliflerin teknik ve nitel özellikleri, tedarikçilerin sözleşmelere olan bağlılığı ve yönetsel becerileri sıralamada kullanılacak kriterler olarak belirlenmiştir. İkinci bölümde, belirlenen bu kriterler değerlendirilmiş ve son bölümde ise mevcut tedarikçilerin puanlamaları ve sıralamaları yapılmıştır.

Öz ve Baykoç (2004), tedarikçi seçimi problemi çözümü için bir uzman sistem oluşturmuşlardır. Bu sistemde, seçim kararı bir karar ağacı şeklinde modellenmektedir.

Uzman sistem tedarikçilerin yönetsel, finansal ve teknik özelliklerine göre sorgulayarak sınıflandırmakta ve en uygun tedarikçiyi bulmaya çalışmaktadır.

3.5 Bulanık AHP

Bulanık AHP ile ilgili ilk çalışma Yager (1978) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Yager, çok amaçlı karar verme problemlerinde karar vericiye değerlendirme yapabilmesine olanak sağlayacak ve belirsiz durumlarda karar vermesini kolaylaştıracak bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde seçeneklere ait öncelik değerleri klasik AHP ile bulunur ve daha sonra karar vericiler kriterler ile seçenekler arasındaki önem derecelerini bulanık değerlerle ifade ederek nihai karara ulaşırlar.

1983 yılında Van Laarhoven ve Pedrycz yaptıkları çalışmada, ilk defa üçgenel üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış olan bulanık değerleri kullanmışlardır. Öncelik değerlerinin bulunmasında logaritmik regresyondan yararlanan çalışmada bulanık ortamda bir üniversite için profesör seçimi problemine çözüm aranmıştır. Matematiksel yaratıcılık, uygulamada yaratıcılık, yönetim becerileri ve insani yönler bakımından üç adayı bulanık sayılarla değerlendirmişler ve çalışmada önerilen yaklaşımla en iyi aday seçilmiştir.

BAHP, askeri alanda karşılaşılan problemlerde oldukça fazla kullanılmıştır. Bu çalışmalardan ilki Cheng ve Mon (1994) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, askeriyede kullanılan farklı silah sistemleri, teknolojik seviye, tahribat gücü, dayanım süresi, yüksek hareketlilik kabiliyeti ve bakım kolaylığı kriterleri dikkate alınarak BAHP yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Cheng (1996) deniz taktik füzelerinin değerlendirmesini, füzelerin genel özellikleri, teknik özellikleri, bakım yapılabilirlik, ekonomiklik ve gelişim kriterlerini göz önüne alarak yeni bir yöntem olan üyelik fonksiyonun derecelendirmesini kullanarak yapmıştır. Bu yeni yönteme göre öncelikle değerlendirilecek kriterlerin üyelik fonksiyonları oluşturulmakta daha sonra da performans değerlerini göstermesi için

üyelik fonksiyonlarının dereceleri bulunmaktadır. Çalışmada en iyi seçeneğin seçilmesi için de BAHP yöntemi ve entropi ağırlıkları kullanılmıştır.

Chen (1996), üç farklı silah sistemini, genel özellikler, teknik özellikler, bakım kolaylığı, ekonomiklik ve gelişim kriterlerini göz önüne alarak bulanık aritmetik işlemler ve AHP kullanarak değerlendirmiştir. En iyi sistemin bulunmasında entropi değerlerini kullanmadan, daha hızlı bir yöntem geliştirmiştir.

Cheng ve diğ. (1999), silah sistemlerinin değerlendirmesinde dilsel değişkenleri kullanmışlardır. Teknolojik açıdan gelişmişlik, lojistik yeterlilik, elektronik donanım, teçhizat ve bakım kolaylığı kriterleri, dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiş, daralma ve genişleme katsayıları göz önünde bulundurularak, en iyi silah sistemi seçilmiştir.

Artunç (2001), yüksek lisans tez çalışmasında askeri telsiz sistemlerinin performanslarını BAHP kullanarak incelemiştir. Telsiz sistemlerinden eski ve yeni sistem değerlendirmeye alınmış, önce klasik AHP daha sonra da literatürde yer alan üç farklı BAHP yöntemini kullanarak probleme çözüm aranmıştır. Kullanım/işletme, teknik ve bakım ana kriterleri kullanılarak, farklı yöntemlerle bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Kuo ve Kao (1999), BAHP yöntemini en iyi market yerinin seçiminde uygulamışlardır. Değerlendirme kriterleri olarak nüfus özellikleri, yerin çekiciliği, pazarın özellikleri, rekabet, ulaşılabilirlik ve uygunluk ele alınmıştır. Üst düzey yöneticiler, market çalışanları, profesyonel danışmanlar, akademisyenler ve konuyla ilgili uzmanlarla anket yapılarak, bu kriterlerin öncelik değerleri belirlenmiş ve en uygun market yeri seçilmiştir.

Shamsuzzaman ve diğ. (2003), esnek imalat sistemi tasarımında dilsel değişkenleri ve AHP'yi birlikte kullanmışlardır. Seçenekler, on bir kriter dikkate alarak bir uzman sistem yardımıyla değerlendirilmiştir. Uzman sistemde, öncelikle AHP kullanılarak öncelik değerleri belirlenmekte ve tutarsızlıkların olup olmadığını kontrol edilmektedir. Daha sonra uzman sistem, kriterlerin üyelik fonksiyonlarını, bulanık kümeleri ve

AHP'den elde edilen öncelik değerlerini kullanarak tasarım seçeneklerinin kriterlere göre performans değerlerini hesaplamakta ve en iyi tasarımı önermektedir.

Altınöz (2001), doktora çalışmasında tekstil sektöründe tedarikçi seçimi problemini ele almıştır. Bu seçimde mevcut belirsizliği gidermek amacıyla bulanık mantığı kullanmıştır. Altınöz, öncelikle genel olarak tedarikçi seçimi problemini özelde ise tekstil sektörünü incelemiş ve seçim için bir takım kurallar geliştirmiştir. Çalışma sonunda elde edilen genel seçim kuralları, farklı tedarikçi seçimi problemlerine uygulanabilir yapıya kavuşturulmuştur. Farklı seçim problemleri için geliştirilen yaklaşımı test etmek amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir.

Doğan ve Şahin (2003), tam zamanında üretim yapan bir işletmede televizyon tüpü için tedarikçi seçimi problemine, ABC analizi ve bulanık nakit akışını kullanarak çözüm aramışlardır. Çalışmada, tedarikçi seçimi süreci, ürünün yaşam döngüsünden ve tedarikçilerden etkilendiği için değişken olarak ele alınmış ve problem, N dönem için incelenmiştir. Kalite, satış fiyatı, teslimat zamanı ve miktarı değerlendirme kriterleri olarak ele alınıp her bir tedarikçi için bulanık sayılarla ifade edilmiştir. N dönem için bu kriterlerin her bir tedarikçi için değiştiği varsayımı altında her dönem sonunda oluşan toplam maliyeti en az olan tedarikçiyi seçmek amaçlanmıştır. Ayrıca seçilen tedarikçi her dönem sonunda performansına göre yeniden değerlendirilmektedir.

BAHP çalışmalarında en çok karşılaşılan çözüm yöntemi ise Chang tarafından 1996 yılında önerilen Genişletilmiş Analiz yöntemidir.

Zhu ve diğ. (1999), Genişletilmiş Analiz yöntemini ve uygulamalarını anlatan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, Genişletilmiş Analiz yönteminde üçgensel bulanık sayılarla değerlendirmeler yapılmaktadır.

Kahraman ve diğ. (2003), yer seçimi için dört farklı bulanık karar verme yöntemini örneklerle açıklamışlardır. Bunlardan ilki Blin'nin bulanık ilişkiler adı verilen ve bulanık üyelik fonksiyonlarıyla çözüm sağlayan yöntemdir. İkincisi, Bulanık Sentez Değerlendirme yöntemidir. Yager'in ağırlıklandırılmış amaçlar yöntemi üçüncü yöntem olarak sunulmuştur. Dördüncü yöntem ise Genişletilmiş Analiz yöntemidir. Problemden

kalite, yüksek esneklik, rekabet ve yeni teknolojilere uygunluk kriterleri “Mükemmel”, “Yeterli”, “Yetersiz” gibi dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kahraman ve diğ. (2003), beyaz eőya üreticisi bir firmanın tedarikçi seçimi problemini BAHP yöntemiyle incelemişler. En iyi tedarikçinin tespit edilmesinde Genişletilmiş Analiz yöntemi kullanılmış ve gerekli veriler ise firmadaki uzmanlarca anketler yoluyla tespit edilmiştir. Tedarikçi, ürün ve servis performansı ana kriterleri altında üç seçenek arasından karar vermişlerdir.

Kulak ve Kahraman (2004), çok kriterli nakliye firması seçiminde BAHP yöntemi ve Aksiyomlarla Tasarım Prensiplerini kullanmışlardır. Bu seçimi yaparken, maliyet, hasar oranı, esneklik, dokümantasyon yeterliliği ve gecikme oranı kriterlerini dikkate alarak değerlendirme yapmışlar ve iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Büyüközkan (2004), çok kriterli e-Pazar yeri seçimi problemini ele almış, bu probleme BAHP ve bulanık Delphi yöntemleriyle çözüm aramıştır. Çalışmada Kütahya’da faaliyet gösteren bir işletmenin e-Pazar yeri seçimi problemi, performans, ekonomik değerler ve altyapı olmak üzere üç ana kriter altında dokuz alt kriter göz önünde bulundurularak seçim yapılmıştır.

Kahraman ve diğ. (2004), BAHP yöntemiyle Türkiye’de bulunan üç yemek firmasını incelemişlerdir. Müşterilerin firma seçerken dikkat ettikleri önemli noktaları tespit etmek amacıyla bir anket yapılarak değerlendirme kriterleri ve bu kriterlerin birbirlerine olan üstünlükleri belirlenmiştir. Bu değerlendirme esnasında üçgensel bulanık sayılar ve Genişletilmiş Analiz yöntemi kullanılmıştır.

Deng (1999), bir projeye ilişkin verilen ihale tekliflerinin değerlendirilmesi problemini ele almış ve fiyat, tedarikçi firmanın bu projeyi gerçekleştirme yeterliliği, servis ve referans kriterleri altında problemi BAHP ile çözmüştür. Problemde yer alan elemanların önem değerlerinin bulunmasında Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen ağırlık değerlerinin sıralanmasında α -kesim seviyelerinden yararlanılmıştır. α 'nın farklı değerleri için seçeneklerin sıralaması incelenmiştir.

Kwong ve Bai (2003), müşteri isteklerinin önem derecelerini belirlenmesi için ergonomik tasarım, pazara cevap verebilme ve performans ana kriterlerini kullanarak BAHP yöntemiyle çözmeye çalışmışlardır. Genişletilmiş Analiz Yöntemi ve ikili karşılaştırmalarda üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılıklarının kontrol edilebilmesi için öncelikle matrislerde yer alan değerler gerçek sayılara çevrilmiş ve daha sonra klasik AHP’de yer alan tutarlılık testi uygulanmıştır.

Enea ve Piazza (2004), birden fazla proje seçeneği içinden en iyisinin seçilmesi için BAHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada, BAHP’de Genişletilmiş Analiz Yönteminin eksikliklerinden bahsedilmiş ve bu eksikliği giderecek bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda, bulanık sayıların aralık değerlerinin azaltılmasıyla belirsizliğin azaltılacağı belirtilmiş ve bir örnek üzerinde önerilen yaklaşım çözülmüştür. Örnekte mevcut projeleri değerlendirirken içerdikleri risk, maliyet, çevresel etki ve projenin süresi olmak üzere dört kriter belirlenmiş ve uzmanlar tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda en iyisi seçilmiştir.

3.6 Literatür değerlendirmesi

Tedarikçi seçimi probleminde literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde mevcut tedarikçiler değerlendirilirken fiyat ve kalitenin tüm çalışmalarda değerlendirme kriteri olarak yer aldığı görülmüştür. Tedarikçi seçimi probleminde farklı yöntemler uygulansa da pek çok çalışmada AHP kullanılmıştır. Uygulama alanına göre seçim kriterlerinin de farklılık gösterdiği saptanmıştır.

BAHP ile yapılan çalışmalarda da farklı yöntemlere rastlanmıştır. Bu çalışmalarda önem değerlerinin elde edilmesi için farklı yazarlar farklı yöntemler önermişlerdir. Önem değerlerinin elde edilmesinden sonra da elde edilen bulanık sayıların sıralanmasında da farklı yöntemlerden yararlanılmıştır. Bu çalışmaların çoğunda karşılaşılan yöntemlerin başında, bu tez çalışmasında da kullanılmış olan Genişletilmiş Analiz yöntemi yer almaktadır. Çalışmalar incelendiğinde Genişletilmiş Analiz yönteminin kullanıldığı çalışmalarda bu yöntemden ve tutarsızlıktan birlikte

bahsedildiği sadece bir çalışmaya rastlanmıştır (Kwong ve Bai, 2003). Tez çalışmasında da bu çalışma referans olarak alınmıştır. BAHP’de yer alan ikili karşılaştırmalardaki mevcut tutarsızlık ise hala çalışılmaya devam eden bir konudur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARAR TEORİSİ

4.1 Giriş

İnsan gerek kişisel gereksinimlerini gerekse toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla sürekli olarak karar vermek zorundadır. Karar verme en basit ifadeyle seçenekler arasından seçim yapmak olarak tanımlanabilir. Daha geniş ifadeyle karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde seçenek eylem planlarından birini seçme sürecidir. Karar problemleri, çoğu zaman karmaşık ve çözümü zor olan problemlerdir. Çok sayıda seçeneğin ve değerlendirme kriterinin bulunması, her seçeneğin, karar vericiye sağladığı faydaların farklı olması, karar verme için gerekli bilgilerin çoğu zaman kesin ve tam olarak bilinmemesi, bu nedenle yanlış karar verme riskinin bulunması, karar verme işlemi karmaşıklştırmaktadır. Bunun yanı sıra, karar vericinin psikolojik durumu, geçmiş tecrübesi, ekonomik, sosyal, siyasal ve çevresel faktörler, karar verme ortamlarını sürekli olarak değiştirerek dinamik bir yapı kazandırmaktadır.

Genel olarak bir karar verme problemi aşağıdaki unsurları içermektedir.

- Karar verici (ler)
- Karar ortamı (kısıtlar)
- Amaçlar (kriterler, hedefler)
- Seçenekler

Bilimsel bir karar verme sürecinde, bu unsurlara yöntem (ler) de eklenebilir. Karar vermenin insana dayanması ve insanın da yapısında var olan geleceği göz önünde bulundurma ve geçmiş tecrübelerinden yararlanma duygusu, karar verme sürecine zaman boyutunu da ekleyerek ona dinamik bir yapı kazandırmaktadır (Artuç, 2001).

Genel olarak karar verme süreci,

- Problemin belirlenmesi ve tanımlanması.
- Seçeneklerin belirlenmesi.
- En iyi seçeneğin belirlenmesi.

aşamalarından oluşur.

Karar verme sürecinin ilk aşaması, problemin belirlenmesi ve tanımlanmasıdır. Problemin belirlenmesi aşamasında, karar verici, belli bir anda pek çok problemle karşı karşıya kalabilir. Çoğu zaman bu problemler birbirleriyle ilişkilidir. Bu nedenle, problemler kendi içinde değerlendirilerek hangi problemin daha öncelikli olarak ele alınması gerektiği tespit edilmelidir. Bu amaçla, pareto analizi, sebep sonuç diyagramları gibi yöntemlerden faydalanılabilir. Problem belirlendikten sonra, detaylı olarak tanımlanması gerekir. Bu aşamada karar verici, amaçlarını, karar değişkenlerini, sahip olduğu kaynakları (kısıtları) ve problemin çözümü için gerekli parametreleri belirler.

Problemin tanımı yapıldıktan sonra, problemdeki kısıtlar dikkate alınarak karar problemi çözümü için uygun seçenekler oluşturulur. Bu aşamada, uygun tüm seçeneklerin karar verme sürecinde bulunması gereklidir.

Probleme ilişkin seçenekler geliştirildikten sonra, belirlenen amaçlar doğrultusunda en iyi seçenek belirlenir.

Sürecin son aşamasında ise verilen kararın değerlendirilmesi yapılır. Seçilen seçeneğin istenen sonuçları getirip getirmediğine bakılır.

4.2 Karar verme ortamları

Karar verirken karar vericinin nasıl bir durum içinde olduğunu saptaması gereklidir. Karar ortamı, karar vericinin elinde bulundurduğu seçenekler ve bu seçeneklerin

gerçekleşme olasılıkları konusundaki bilgi düzeyini göstermektedir. Verilen kararların doğruluğu, karar verirken sahip olunan bilginin varlığına, miktarına ve güvenilirliğine bağlıdır. Bilginin miktarı ve güvenilirliği arttıkça alınan kararların da doğruluğu artacaktır. Bu açıdan karar vericinin içinde bulunabileceği karar ortamlarını, bilginin varlığı ve güvenilirliğine göre üç başlık altında toplamak mümkündür.

1. Belirlilik altında karar verme,
2. Risk altında karar verme,
3. Belirsizlik altında karar verme.

Belirlilik altında karar vermede, karar verici hangi durum ile karşılaşacağını ve problemin çözümü için gerekli tüm parametreleri kesin olarak bilmektedir. Örneğin bir minimizasyon probleminde, mevcut durum ve bu durum içindeki tüm parametreler (kapasite, işçilik, süreler vb.) kesin olarak bilinmektedir.

Risk altında karar verme problemleri pek çok durumda karşılaşılan ve çözümü oldukça zor olan problemlerdir. Risk ortamında karar vermede, karşılaşılabılır durumlar ve/veya parametrelerin değerleri kesin olarak bilinmemektedir. Ancak karar verici geçmişe ait elindeki verileri ve tecrübesini kullanarak hangi durumun ortaya çıkacağını ve parametrelerin alacağı değerleri, belli olasılıklarla tahmin edebilmektedir. Bu nedenle, alınan kararlar belli bir risk içermektedir.

Belirsizlik altında karar vermede ise karşılaşılabılır durumlar ve bu durumların hangisinin ortaya çıkacağı konusunda karar vericinin hiçbir bilgisi bulunmamaktadır. Bunun nedeni, genellikle geçmişe ait verilerin bulunmaması veya tecrübe eksikliğidir. Bu da karar ortamında belirsizliğe neden olmaktadır. Bu tip problemlerde, karar vericinin iyimserlik veya kötümserlik derecesine bağlı olarak farklı çözümler elde etmek mümkündür. Belirsizlik altında karar verme problemlerinde, kötü durumlar içinden en iyisini seçen minimaks (veya maksimin), iyi durumlar içinden en iyisini seçen maksimaks (veya minimin) yöntemleri, karar vermeyi sağlayan yöntemler olarak tercih edilmektedir.

4.3 Karar verme problemlerinin sınıflandırılması

Karar verme problemlerini çok farklı açılardan sınıflandırmak mümkündür. İlgilenilen amaç sayısına göre karar verme problemleri

- Tek amaçlı karar verme problemleri,
- Çok amaçlı karar verme problemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir.

Tek amaçlı karar verme problemleri, kısıtlı veya kısıtsız olarak iki ana sınıfta toplanabilir. Bu tip karar problemlerine örnek olarak doğrusal ve doğrusal olmayan programlama, tamsayılı programlama ve dinamik programlama gibi klasik optimizasyon modelleri verilebilir.

Çok amaçlı programlamada ise birden fazla amaç aynı anda dikkate alınarak en iyi seçenek belirlenmek istenmektedir. Bu tip problemler amaçlarının sayısal olup olmamasına göre iki sınıfa ayrılabilir. Amaçlar, maliyet, kâr, pazar payı gibi sadece sayısal değer alabilir. Bu tip problemlerin çözümünde klasik optimizasyon yöntemleri kullanılabilir. Karar probleminde sayısal değer alan amaçların yanı sıra, kalite, zamanında teslim, saygınlık vb. sayısal olmayan kriterler de bulunabilir. Bu durumda klasik optimizasyon yöntemleri, çözümde kullanılamazlar. Bu tip problemler ÇKKV yöntemleri altında incelenebilir. ÇKKV, karar vericinin genellikle sayılabilir sonlu sayıda seçenekten oluşan bir küme içinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim olarak tanımlanabilir. Daha geniş ifadeyle, sonlu sayıda seçeneğin, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen nicel ve nitel değerler alan çok sayıda kriter kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir. ÇKKV’de, kriterler arasındaki çelişkiler göz önüne alınarak karar verici için en uygun kararın verilmesi amaçlanır. ÇKKV yöntemleri de kendi içinde

- Sayısal yöntemler,
- Sayısal olmayan yöntemler olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir.

Sayısal olmayan ÇKKV yöntemleri, karar vericinin sezgilerine veya tecrübelerine dayanarak karar verdiği yöntemler olarak tanımlanabilir. Bu yöntemlerde herhangi bir sayısal işlem söz konusu değildir. Baskınlık, ardışık sırasal, özelliklerine göre eleme ve birleştiren/ayıran seçim sayısal olmayan bu yöntemlerin içinde sayılabilir.

Sayısal ÇKKV yöntemlerinde, karar problemine ilişkin tüm parametreler ve karar değişkenleri yapısı gereği ya sayısal bir değer almaktadır yada belli kurallar çerçevesinde sayısal değerler atanabilmektedir. Sayısal grupta yer alan ÇKKV yöntemleri kendi içinde üç sınıfta toplanabilir (Wang, 2001):

1. Çok değişkenli fayda modelleri.
2. Üstünlük yöntemleri.
3. Etkileşimli yöntemler.

Çok değişkenli fayda modelleri, mevcut seçeneklerin içinden en uygununu seçmek üzere bir problemin çözümünde rol oynayan faktörleri dikkate alarak bunları tek bir fonksiyon altında birleştiren yöntemleri (AHP, ANP, TOPSIS, Ağırlıklandırılmış Toplam Yöntemi vs.) içermektedir.

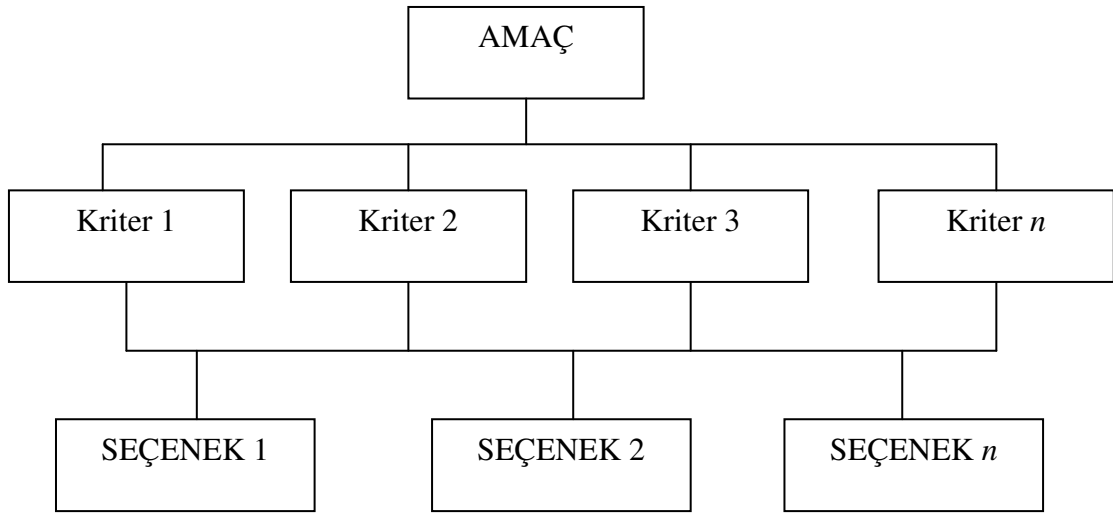
Üstünlük yöntemleri ise problemin farklı yönleri arasında karar vericinin seçenekler arasındaki tercihlerini gösteren bir ilişki oluşturmaya çalışıp bu tercihlerden karar vermeye yarayan yöntemlerdir.

Etkileşimli yöntemler ise daha çok ekstra bilgiye ve matematiksel işlemlere dayanan yöntemlerdir. Bu sınıfta yer alan yöntemler günlük hayattaki problemlere kolaylıkla uygulanabilir ve genelde çok amaçlı matematiksel programlama çerçevesinde incelenebilir. Görsel Etkileşimli Hedef Programlama, bu yöntemlere örnek olarak verilebilir. Görsel Etkileşimli Hedef Programlamada, probleme ait kısıtlar problemin esnek olmayan hedefleri, esas hedefler ise esnek hedefler olarak adlandırılmaktadır. Yaklaşım öncelikle esnek hedeflere çözüm bulmakla başlar. Tüm hedefler için optimum çözümlerin bulunmasını amaçlayan yöntemde olurlu çözümler olmadığında hedeflere uygun olarak esnek hedeflerden en küçük sapmayı verecek çözüm aranır.

4.4 Analitik Hiyerarşi Prosesi

Doğrusal programlama modelleri gibi pek çok karar verme yönteminde, seçeneklere ilişkin sayısal verilerle ifade edilen kriterler kullanılarak son karar verilmeye çalışılır. Halbuki, karar problemlerinde sayısal verilerle ifade edilemeyen nitel kriterler de mevcuttur. Sağlıklı ve doğru bir karar verilebilmesi için karar verme sürecine nicel kriterlerle birlikte nitel kriterlerin de dahil edilmesi gereklidir. Hem nitel hem de nicel kriterleri sürece dahil edip tek bir çatı altında birleştiren karar verme yöntemlerinden biri 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş ve Çok Değişkenli Fayda Modelleri sınıfında yer alan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)'dir.

AHP, insanın doğasında var olan ikili karşılaştırmaları dayanmaktadır. Bu ikili karşılaştırmalar ile seçeneklerin ve kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli, tercih edilir veya baskın olduğunun değerlendirilmesi yapılır. En iyi seçeneğin belirlenmesine yönelik olan bu yöntem, hem nicel hem de nitel faktörleri dikkate alması, kullanımın kolay ve basit olması nedeniyle karmaşık karar problemlerinin çözümünde sıkça kullanılmaktadır. AHP, karmaşık problemleri, hiyerarşik bir yapıda ele alarak daha basit problem parçalarına indirger. Hiyerarşinin en tepesinde, ele alınan problemin ana amacı yer alır. Alt seviyelerde amacın değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ve bu kriterlerle ilgili alt kriterler bulunur. Hiyerarşinin en altında ise amacın gerçekleştirilmesi için tespit edilmiş seçenekler yer alır. Örnek bir hiyerarşi, Şekil 4.1'de görülmektedir. Hiyerarşinin her seviyesindeki kriterlerin önem dereceleri, bir üst seviyede bulunan kritere göre ikişerli karşılaştırmalar sonucunda elde edilir. Problemin karmaşıklığına bağlı olarak hiyerarşideki seviye sayısı arttırılabilir.



Şekil 4.1: Hiyerarşik yapı

Karışık, anlaşılması güç veya yapılandırılmamış problemler için genel bir yöntem olan AHP üç temel prensip üzerine kurulmuştur:

1. Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi,
2. Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi,
3. Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi.

Hiyerarşi içinde bulunan tüm parçalar birbirleri ile ilgilidir ve hiyerarşiler sayesinde bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. AHP'nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik karar vericiye, karar sürecinde yardımcı olmaktadır. Kararları bu yapıda kurarak; bir çok veri türü bir araya getirilebilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale getirilebilir ve farklı gözükten nesnelere arasında karşılaştırma yapılabilir.

Çok kriterli karar vermede esas problem, karar probleminde yer alan seçenekler için birden fazla değerlendirme kriterinin bulunması ve bu kriterlerin önem veya üstünlüklerinin nasıl belirlenmesi gerektiğidir. AHP'de hiyerarşik bir model kurulduktan sonra hiyerarşiyi oluşturan elemanların önem veya üstünlüklerinin belirlenebilmesi için elemanlar arasında ikili karşılaştırmalar yapılır.

Karar verici, hiyerarşiyi kurduktan ve hiyerarşide yer alan elemanların birbirlerine olan önemlerini veya üstünlüklerini ikili karşılaştırmalar sayesinde belirledikten sonra yaptığı değerlendirmelerin tutarlı olup olmadıklarını kontrol etmelidir. AHP ile ikili karşılaştırmaların tutarlılıklarını ölçen bir oran kullanılmakta ve yapılan ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık olması halinde karşılaştırmalar yeniden gözden geçirilmektedir. Böylece etkin ve doğru bir karar verilmesi sağlanmaktadır.

4.4.1 AHP aksiyomları

Saaty (1986), AHP'nin temelini oluşturan dört aksiyom tanımlamıştır.

Terslik aksiyomu: İkili karşılaştırmalarda üstünlüklerin belirlenmesi terslik aksiyomuna dayanmaktadır. Bu aksiyoma göre A seçeneği B seçeneğine göre x kat üstün veya önemli ise, B seçeneğinin A seçeneğine göre, $1/x$ kat üstün veya önemli olduğu kabul edilir.

Homojenlik aksiyomu: Karşılaştırılması yapılacak öğeler arasında çok farklılıkların bulunmaması gerekir. Karşılaştırılan elemanların birbirinden çok farklı olması halinde, karşılaştırmaların çok sağlıklı olamayacağı ilkesine dayanmaktadır. Karşılaştırılan öğeler homojen değilse öğelerin kümelenmesi gerekir.

Bağımsızlık aksiyomu: AHP'de değerlendirilen seçenekler ve kriterler arasında hiçbir etkileşim olmadığı varsayılır

Beklentiler aksiyomu: Beklentilerle uyuşacak sonuç için tüm kriterlerin ve tüm seçeneklerin hiyerarşide yer alması gereklidir. Eğer bu aksiyom ihlal edilirse karar verici, tüm kriterleri veya tüm uygun seçenekleri veya ilgili beklentilerini kullanmamış demektir. Bu nedenle de verilecek karar da yetersiz olacaktır.

4.4.2 AHP ile karar problemlerinin çözüm adımları

AHP ile karar problemlerinin çözüm adımları; hiyerarşinin oluşturulması, karar elemanlarının öncelik değerlerinin belirlenmesi, elde edilen öncelik değerlerinin sentezi ve ikili karşılaştırmaların tutarlılık açısından kontrol edilmesi şeklinde özetlenebilir.

4.4.2.1 Karar problemine ilişkin hiyerarşinin oluşturulması

AHP'nin ilk aşamasında problemin anlamlı şekilde ayrıştırılarak hiyerarşik yapının oluşturulması gereklidir. Karar problemlerini hiyerarşik yapıda değerlendirmek aşağıdaki avantajları sağlamaktadır (Saaty, 1990).

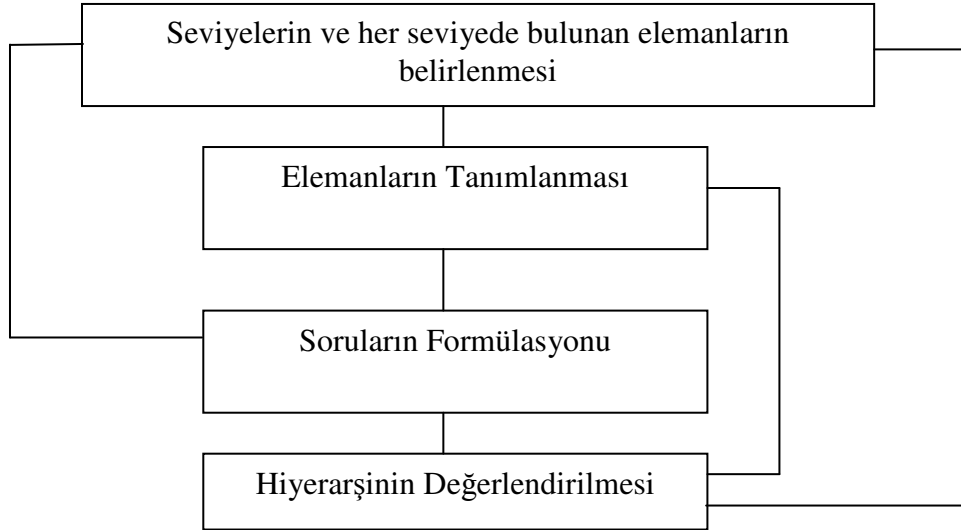
1. Bir sistemin hiyerarşik gösterimi sayesinde hiyerarşinin üst seviyelerinde yer alan elemanlarda olacak değişikliklerin alt seviye elemanlarını nasıl etkilediği kolayca görülebilir,
2. Hiyerarşik olarak düzenlenmiş sistemleri değerlendirmek bir bütün olarak bu sistemleri değerlendirmekten daha kolay ve etkilidir,
3. Küçük değişiklikler, hiyerarşiyi küçük oranlarda etkilemektedir. Bu nedenle hiyerarşiler hem kararlı hem de esneklerdir,
4. Hiyerarşiler bir sistem hakkında detaylı bilgi verir ve problemin, sistem yaklaşımı ile ele alınmasını sağlar.

Probleme ilişkin hiyerarşik yapı oluşturulurken problem ile ilgili bilgi ve deneyim gereklidir. Hiyerarşiler yapılandırılırken, aşağıda listelenen hususlar dikkate alınmalıdır (Saaty, 1990).

- Hiyerarşik yapı, problemi en iyi şekilde ifade etmeli,
- Problemi etkileyen tüm faktörler dikkate alınmalı,
- Probleme ilişkili katılımcılar belirlenmelidir.

Hiyerarşi tasarımı, birbiriyle ilişkili fakat birbirini izleyen üç süreçten oluşur. Bunlar; hiyerarşinin seviyelerinin ve hiyerarşide bulunan elemanların belirlenmesi, kavramların tanımlanması ve hiyerarşinin yapılandırılmasıyla ilgili soruların formüle edilmesidir.

Birinci adımda tanımlanan seviye ve elemanlar soru aşamasında kullanılır. Eğer karar verici sorulara cevap vermede bir sorun yaşarsa seviye ve eleman tanımlanması revize edilir. Hiyerarşi tasarımında bu şekilde tüm sorular cevaplanabilir nitelikte ve mevcut bilgilerle tutarlı olmalıdır. Şekil 4.2’de hiyerarşi tasarımı süreci verilmektedir.



Şekil 4.2: Hiyerarşi tasarımı (Vargas, 1990)

Hiyerarşide yer alan kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesi için, karar vericinin konuyu çok iyi bilmesi ve seçeneklerin birbirlerine karşı üstünlüklerini belirleyebilecek nitelikte uzmanlık derecesine sahip olması gerekmektedir. Kriterler belirlenirken, karar verici kendi bilgi ve deneyimini kullanabileceği gibi uzman görüşlerine de başvurabilir. Bu amaçla değişik sorgulama yöntemleri kullanarak kriterler hakkında gerekli bilgileri toplayabilir.

Kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra potansiyel seçenekler belirlenir. Böylece karar için hiyerarşik yapı oluşturulmuş olur.

İyi bir hiyerarşi tasarımı için belirlenmesi gereken noktalar aşağıda özetlenmiştir (Saaty, 1994):

1. Genel amacın belirlenmesi,
2. Kriterlerin belirlenmesi,

3. Kriterlerin alt kriterlerinin belirlenmesi,
4. Konuyla ilgili kişilerin belirlenmesi,
5. Seçeneklerin belirlenmesi.

4.4.2.2 İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Karar problemine ilişkin hiyerarşik yapı kurulduktan sonra, hiyerarşide yer alan karar elemanları arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırmalar yapılarak sayısal olarak belirlenir. İkili karşılaştırmalar sonucunda, bir üst seviyedeki kritere bağlı olarak hangi karar elemanının daha önemli veya üstün olduğu a_{ij} gibi sayısal bir değerle ifade edilir. Burada a_{ij} i . kriterin j . kritere göre ne kadar üstün olduğunu göstermektedir.

Karar verme sürecinde nitel ve nicel olmak üzere iki tip kriter kullanılabilmesi için karar verici nicel kriterler kullandığı zaman değerlendirmeleri istediği taktirde gerçek sayısal veriler yardımıyla da yapabilir. Nicel kriterler de kendi aralarında pozitif ve negatif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pozitif nicel kriterler, karar probleminin amacıyla doğru orantılı olan kriterlerdir (örneğin tedarikçi seçiminde müşteri isteklerini zamanında karşılamak için kapasitenin yüksek olmasını tercih edilir). Negatif nicel kriterler de problemin amacıyla ters orantılı olan kriterlerdir (örneğin tedarikçi seçiminde maliyetleri mümkün olduğu kadar düşük tutmak için satın alma fiyatının ve kusur oranının düşük olması istenir). Sayısal verilerle ifade edilemeyen nitel kriterlerin birbirlerine göre üstünlükleri ise Saaty tarafından geliştirilen Çizelge 4.1'de gösterilen ölçek yardımıyla sayısal olarak ifade edilebilmektedir.

Çizelge 4.1'de gösterilen ölçek, AHP'nin temel ölçeğidir. 1 ve 9 arasındaki sayılardan oluşan ölçek, yapılan bir çok uygulama sonucunda elde edilmiştir. Bu ölçekte 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Eğer karar verici, 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilir.

Çizelge 4.1'de gösterilen önem ölçeği kullanılarak hiyerarşinin en üst seviyesinden başlayarak en alt seviyedeki karar elemanlarına kadar ikili karşılaştırmalar yapılarak Çizelge 4.2'deki gibi kare matrisler elde edilir. Karşılaştırma matrislerinde doğal olarak

ana köşegeninde bir değerleri yer almakta terslik aksiyomu gereğince $a_{ij}=1/a_{ji}$ ilişkisi bulunmaktadır.

Çizelge 4.1: Önem ölçeği (Saaty, 1994).

| ÖNEM DERECESESİ | TANIM | AÇIKLAMA |
|-----------------|---|---|
| 1 | Eşit Önem | İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor |
| 3 | Birinin diğerine göre orta derecede önemli olması | Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor. |
| 5 | Kuvvetli düzeyde önem | Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettiriyor. |
| 7 | Çok kuvvetli düzeyde önem | Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor. |
| 9 | Aşırı düzeyde önem | Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük güvenilirliğe sahip. |
| 2, 4, 6, 8 | Ortalama Değerler | Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasında düşen değerler |

Çizelge 4.2: Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi.

| | 1. Kriter | 2. Kriter | | n. Kriter |
|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|
| 1. Kriter | 1 | a_{12} | | a_{1n} |
| 2. Kriter | a_{21} | 1 | | a_{2n} |
| | | | | |
| n. Kriter | a_{n1} | a_{n2} | | 1 |

4.4.2.3 İkili karşılaştırmalardan öncelik değerlerinin elde edilmesi

İkili matrisler oluşturulduktan sonra, tutarlılığı kontrol edilen matrislerde yer alan ve karşılaştırılan her bir karar elemanının öncelik değerlerinin tespit edilmesi gereklidir. AHP yönteminde çözüm algoritması öz değer (öncelik) vektörünün kullanılması esasına dayanmaktadır.

Hiyerarşide yer alan tüm elemanların öz değer vektörleri hesaplandıktan sonra bu değerlerin birleştirilmesi gereklidir. Birleştirme işlemi Sentez adı verilen aşamada gerçekleştirilir. Sentez aşamasında birleştirilecek öz değer vektörlerinin elde edilmesi için dört yöntem geliştirilmiştir (Artuç, 2001).

1. En basit yöntem
2. Daha iyi yöntem
3. İyi yöntem
4. En iyi yöntem

En basit ve sapmalı yöntemde, ikili karşılaştırma matrisindeki satır toplamaları bulunur ve bu toplamalar tüm satırların toplamına bölünür. Bu işleme, normalizasyon işlemi denilmektedir. Normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen değerler, elemanların birbirlerine göre göreceli önemini veya ağırlığını göstermektedir. Negatif kriterler için normalizasyon işleminde yapılan değerlendirmelerin çarpmaya göre tersleri alınarak hesap yapılır.

Daha iyi yöntemde, ikili karşılaştırma matrisinde her bir sütundaki elemanlar sütun toplamaları alınarak toplamaların eşlenikleri bulunur. Her bir eşlenik, eşleniklerin toplamına bölünerek karar elemanlarının öncelik değerleri bulunur.

İyi yöntemde, ikili karşılaştırma matrislerinin her bir sütun toplamaları bulunur ve her bir matris elemanı yer aldığı sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. Bu matrisin satır boyunca elemanları toplanarak ortalaması alınarak birbiri ile karşılaştırılan karar elemanlarının öncelik değerleri elde edilir.

En iyi yöntemde, ikili karşılaştırma matrisindeki her satırdaki n eleman birbirleriyle çarpılır ve n 'inci kökü bulunarak elde edilen değerler normalize edilir.

4.4.2.4 Tutarlılık oranının hesaplanması

Karar vericinin kriterler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranması gerekir. Tutarlılık, örneğin A seçeneği B seçeneğine göre 2 kat daha üstün, B seçeneği de C seçeneğine göre 3 kat daha üstün ise, A seçeneği C seçeneğine göre 6 kat daha üstün olmasını gerektirmektedir. AHP yönteminin bir üstünlüğü olarak, ikili karşılaştırmalar sırasında karar vericinin ne kadar tutarlı davrandığı tespit edilebilmektedir. Karar vericinin tutarlı davranıp davranmadığı ölçmek için tutarlılık oranı (TO) olarak isimlendirilen bir katsayının hesaplanması gerekir. İkili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen bir matrisin tutarlı olabilmesi için matrisin en büyük öz değerinin (λ_{\max}), matrisin boyutuna (n) eşit olması gerekir. İnsan yargılarındaki yanılmalar, ikili karşılaştırmalarda tutarsızlığa sebep olabilmektedir. Eğer karar verici kriterler arası veya bir kritere göre seçenekler arasında kıyaslamaları yaparken tutarsız davranmışsa, tekrar ikişerli karşılaştırmaları gözden geçirmelidir.

Tutarlılık hesabının yapılabilmesi için öncelikle yukarıda açıklanan yöntemlerden biri ile karar elemanlarının öncelik değerleri elde edilir. Daha sonra ikili karşılaştırma matrisinin ilk sütununda bulunan elemanlar ilk kriterin önceliği ile, ikinci sütundaki elemanlar ikinci kriterin önceliği ile çarpılır. Bu şekilde tüm sütunlardaki elemanlar kriter öncelikleri ile çarpılmış olur. Sütunların toplamları hesaplanır.

Elde edilen vektörde yer alan elemanlar, kriterlerin önceliklerine bölünüp aritmetik ortalamasının alınmasıyla λ_{\max} elde edilir. λ_{\max} kullanılarak (4-1a) no'lu eşitlikten Tutarlılık İndeksi (TI) ve daha sonra (4-1b) no'lu eşitlikten Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanır. Formülde yer alan RI değerleri Çizelge 4.3'te sunulan her n boyuttaki matris için rassal olarak Saaty tarafından üretilmiş ve matrislerin ortalama tutarlılık indeksini gösteren rassal indeks (RI) değerleridir.

$$TI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4-1a)$$

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (4-1b)$$

İkili karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için tutarlılık oranının 0.10'dan küçük olması gerekmektedir.

Çizelge 4.3: Rassal indeks değerleri

| <i>N</i> | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>RI</i> | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

4.4.2.5 Elde edilen öncelik değerlerinin birleştirilmesi (sentezi)

Tutarlılık bakımından kontrol edilen ikili karşılaştırmalardan elde edilen öncelik değerleri birleştirilerek amaca ilişkin seçeneklerin öncelikleri elde edilmiş olur. Değerlendirilen kriterlerin öncelik değerleriyle seçeneklerin kriterlere göre belirlenen öncelik değerlerinin çarpılıp toplanması ile birleştirme işlemi yapılır. Elde edilen toplamlardan en yüksek değere sahip olan seçenek seçilir.

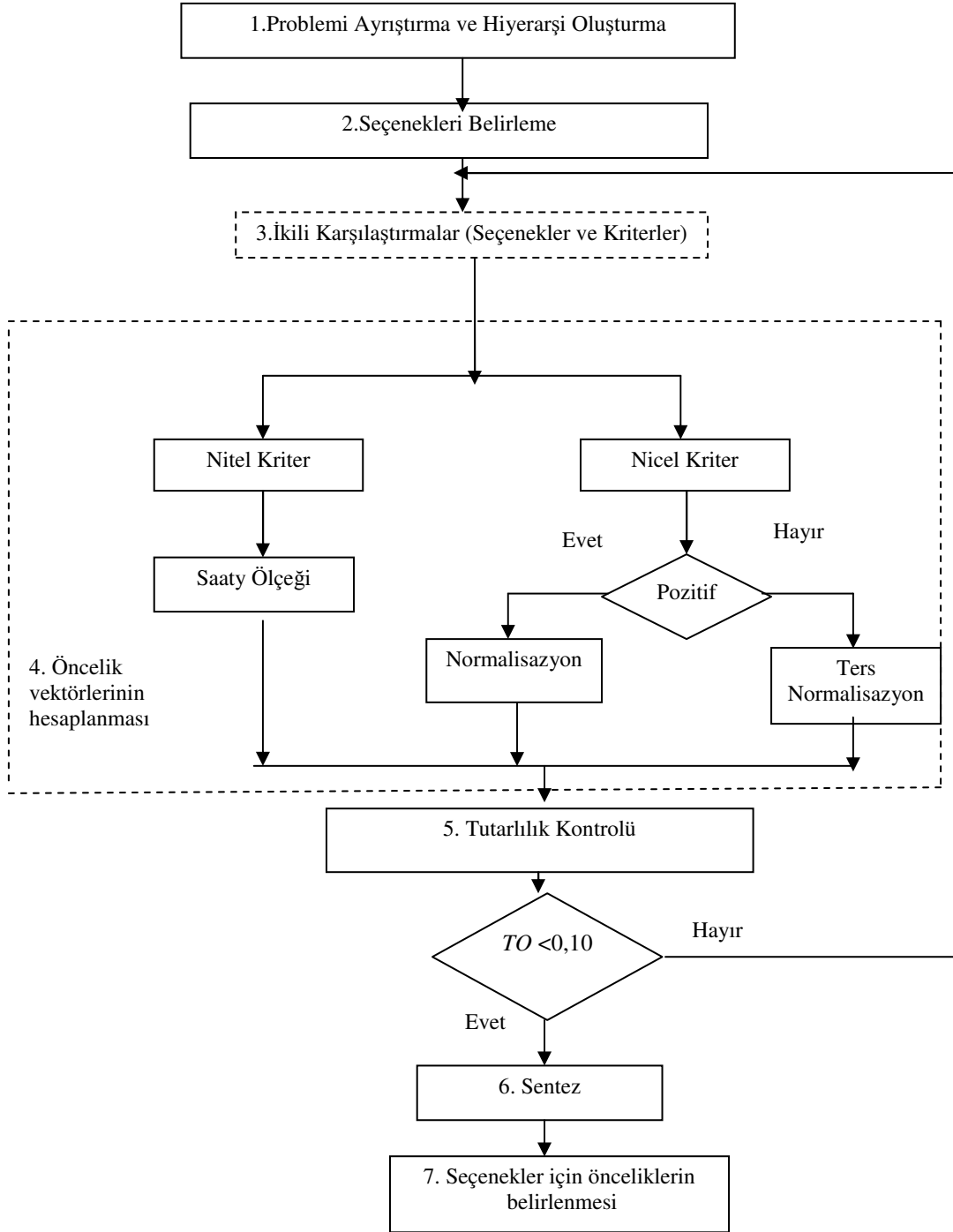
Yukarıda aşamalarla ifade edilen AHP'nin detaylı akış diyagramı Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

4.4.3 AHP'nin uygulama alanları

Karmaşık karar verme problemlerinde, problemi hiyerarşik bir yapıda incelemeye olanak veren AHP çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Pazarlama, finans, eğitim, kamu politikaları, ekonomi, tıp ve spor alanlarında AHP başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

AHP, özellikle sonlu sayıda seçeneğin bulunduğu problemlerde en iyi seçeneğin seçimi için kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, en iyi seçeneği gösterdiği gibi diğer

seçenekler içinde bir göreli önem değerini ifade etmektedir. Örneğin, elde olan mevcut bütçenin seçeneklere dağıtılmasında veya yan sanayilere yaptırılacak toplam işin paylaştırılmasında önem değerlerinden yararlanılır. A.B.D.’deki son başkanlık seçiminde adayların alacağı oyların tahmini, Amerika Ulusal Savunma Sistemine geçip geçmeme kararı, Irak- Amerika çelişkisine zm, İsrail-Filistin probleminde en iyi politikanın bulunması gibi pek çok politik kararda da uygulama olanağı bulmuştur Bir şirkette satın alınacak en iyi yazılım kararı, işçilerin performans değerlendirilmesi gibi gerçekleştirilmiş AHP projeleri literatürde mevcuttur (zdemir, 2003).



Şekil 4.3: AHP akış diyagramı (Wang, 2001)

4.4.4 Duyarlılık analizi

AHP ile seçeneklerin birbirlerine göre öncelik değerleri elde edildikten sonra kurulan modelin parametrelerdeki değişimlere ne kadar duyarlı olduğunun incelenmesi gerekmektedir. Bu inceleme, yargılara veya hiyerarşik yapıya ilişkin ihtiyaç duyulan düzeltme alanlarına işaret edecektir. Bu incelemenin önemli bir bileşeni, seçeneklerin sıralamalarının ve nihai kararın yargılardaki değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunun değerlendirilmesidir.

Duyarlılık analizi başlığı altında yapılan bu inceleme, ikili karşılaştırmaların oluşturulmasında yargıların kişiden kişiye farklılık gösterebileceği veya daha önce belirli bir yargıda bulunan kişinin zamanla düşüncelerinin farklılaşabileceği varsayımına dayanmaktadır.

4.4.5 AHP'nin avantajları ve dezavantajları

Bir çok karar probleminde uygulama olanağı bulan AHP'nin karar vericilere sağladığı yararlar şöyle sıralanabilir (Narasimhan, 1983):

1. Karar verme sürecini biçimsel ve sistematik hale getirir ve doğru kararlar verilmesini sağlar.
2. Bilgisayarların kullanılması sonuçlara ilişkin duyarlılık analizlerinin yapılmasını mümkün kılar.
3. Yöneticiler arasındaki iletişimin iyileşmesine katkıda bulunması ve böylece karar veren grubun yeleri arasında uzlaşma ve karşılıklı anlaşmanın gelişmesine katkıda bulunmasıdır. Böylece, yöneticilerin verilen kararı benimseyerek uygulamaları kolaylaşır.
4. AHP, karar vericinin amaca ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak veren ve uygulaması kolay bir yöntemdir.
5. Karmaşık problemleri basitleştiren bir yapısı vardır.
6. Karar vericinin karar probleminin tanımını ve unsurlarına ilişkin anlayış ve bilgilerini artırır.

7. Bir karar probleminde hem sübjektif hem de objektif düşüncelerin, hem nitel hem de nicel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak verir.
8. Karar vericinin yargılarının tutarlılık derecesini ölçmesine imkan verir.
9. Grup kararlarında kullanıma uygundur.
10. Duyarlılık analizi yaparak nihai kararın esnekliğini analiz etmeye imkan tanır.
11. AHP'ye ait yazılım paketi Expert Choice, karar vericinin uygulamayı hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmesine imkan verir (Atsan ve diğ., 2001).

AHP, pek çok karar probleminde basitliği ve kullanım kolaylığına sahip olması nedeniyle uygulama alanı bulmuştur. AHP'de karşılaştırma matrisleri oluşturmak için gerçek değerler kullanılır ve sonuç olarak her kriterin ve her bir kritere göre seçeneklerin öncelik değerleri bulunur. Buna karşılık AHP yönteminin de bazı dezavantajları mevcuttur:

1. AHP, yapılan değerlendirmelerde karara, kriterlere ve seçeneklere ilişkin mevcut olabilecek belirsizlikleri dikkate almamakta bu da verilecek kararı önemli ölçüde etkilemektedir (Chen, 1996).
2. AHP, yapılan değerlendirmeler tahmin etmeden kaynaklanan $1/9, 1/8, \dots, 1, 2, \dots, 9$ gibi tutarsız oranlar yaratmaktadır. İkili karşılaştırmalar matrisinin bir tarafı 2 ile 9 arasındaki sayılardan oluşurken, matrisin eşleniği bu sayıların karşılığı olan $1/2$ ile $1/9$ arası sayılardan oluşur. Matrisin bir tarafının ağırlık oranı $1/2 - 1/9 = 0,4$ iken eşleniğinin ağırlık oranı $9 - 2 = 7$ ile kıyaslanmaktadır (Cheng, 1996).
3. AHP yönteminde karar vericilerin karar üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Karar vericilerin yanlış değerlendirmeler yapması verilecek kararın da yanlış olmasına sebep olabilmektedir. Bu da seçeneklerin sıralamasının her zaman doğru olmayacağı anlamına gelmektedir (Cheng, 1996).
4. AHP, iyi tanımlanmış ve tahlil edilmiş karar verme problemlerinde kullanılmalıdır ve bu tür problemlerde iyi sonuçlar vermektedir (Cheng, 1996).
5. AHP yöntemiyle çözülmüş olan bir karar problemine mevcut seçeneklerden daha kötü bir seçenek eklenmesi halinde seçeneklerin sıralanmasının değişme olasılığı

vardır. Bu da AHP yöntemiyle çözülmüş olan karar problemlerinin her zaman doğru sonuçları garanti etmeyeceğini göstermektedir.

6. Karar probleminin hiyerarşisinde yer alan seviye sayısı ve karşılaştırılacak eleman sayısı arttıkça problem daha da karmaşık hale gelmekte bu da zaman kaybına neden olmaktadır.

Bahsedilen dezavantajlardan dolayı AHP, bulanık mantık birlikte kullanılarak karar problemlerine çözüm aranmış ve konuya ilişkin çeşitli yöntemler ortaya atılmıştır. İzleyen bölümde Bulanık AHP konusu incelenmektedir.

4.5 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Her insan, günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşır. Gerçek hayatta insanoğlunun karşılaştığı olaylar belirsizlik içermektedir. Belirsizlik, karar verme sürecini karmaşıklaştıran nedenlerin başında gelmektedir. Belirsizlik hakkında kullanılabilir pek çok yöntem bulunmaktadır. Bulanık mantık da belirsizliği ifade etmenin matematiksel yollarından biridir (Şen, 2001).

Bulanık mantık sayesinde karar vermedeki belirsizliği gidermek mümkün olabilmektedir. Klasik AHP yönteminde karar vericiler değerlendirmeleri yaparken gerçek sayıları kullandıkları için oldukça zorlanmaktadırlar. Bulanık AHP (BAHP) sayesinde karar vericiler ikişerli karşılaştırmalar yaparken “İyi”, “Daha iyi” gibi ifadeleri kullanarak değerlendirme yapabilmektedir. Bu da karar vericilerin değerlendirme yapmalarını oldukça kolaylaştırmaktadır.

BAHP'nin de klasik AHP'ye göre üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Bulanık sayılar gerçek değerlere göre insanların belirli kriterlere göre değerlendirmelerini daha iyi yansıtabilmektedir.
2. Bulanık sayılar, karar vericilere ana amaca ulaşmada değerlendirme yaparken kolaylık sağlamaktadır.

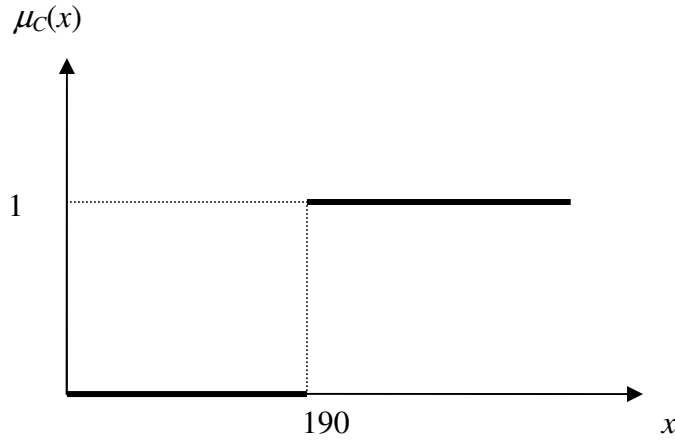
4.5.1 Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları

Kümeler, klasik olarak iyi tanımlanmış nesnelere topluluğu olarak tanımlanır. Klasik küme tanımında herhangi bir nesne bir kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir. Genel olarak matematiğin ilgilendiği sayılar için klasik küme anlayışı yeterli olmakla beraber, doğadaki gerçek nesnelere ve soyut kavramları ifade etmekte klasik küme anlayışı yetersiz kalmaktadır. Örneğin kartal, penguen ve yarasaya, kuşlar kümesinin bir elemanı olarak düşünülebilir. Fakat sınıflandırmanın hangi özelliğe göre yapıldığı açık değildir. Uçma özelliğine göre yapılmış ise penguen uçmamaktadır. Memeli olup olmadıklarına göre yapılmış ise yarasaya memeli iken, kartal ve penguen memeli değildir. Klasik küme anlayışının yetersizliği çok daha önceden fark edilmesine rağmen bu konudaki en temel çalışma, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yapılmıştır. Zadeh ilk kez, bir kümedeki elemanların belli derecelerde kümeye ait olması gerektiğini savunarak “Bulanık Küme” kavramını ortaya atmıştır. Bulanık küme anlayışında, küme içindeki her bir nesneye, o kümeye ne kadar ait olduğunu göstermek için 0 ile 1 arasında bir değer atanır. Eğer bir nesne kümenin kesin olarak elemanı ise 1 değerini, kesin olarak elemanı değil ise 0 değerini, kısmen elemanı ise bu ikisinin arasında bir değer almaktadır.

Örneğin klasik küme anlayışında uzun boylular kümesi (C), boyu 190 cm ve uzun olan insanlar olarak tanımlanabilir. Bu kümenin elemanları karakteristik fonksiyonu $\mu_C(x)$ ile gösterimi (4-2) no’lu eşitliğindeki gibi olacaktır.

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 1 & \text{eger } x \geq 190 \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (4-2)$$

Şekil 4.4’te bu kümenin karakteristik fonksiyonu grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.4: C Kümesinin üyelik fonksiyonu

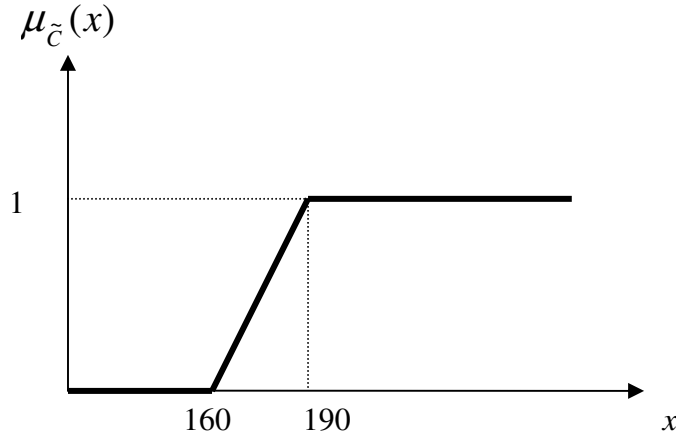
Klasik küme anlayışına göre, boyu 189 cm olan bir kişi uzun boylular kümesinin elemanı olamayacaktır. Fakat gerçekte bu kişi de uzun boylular kümesinde kısmen yer almaktadır. Bulanık küme anlayışına göre uzun boylular kümesinin elemanları için karakteristik fonksiyonu (Karakteristik fonksiyon, bulanık kümelerde “Üyelik fonksiyonu” olarak adlandırılmaktadır.) (4-3) no’lu eşitlikteki gibi tanımlanabilir. Şekil 4.5’te bu kümenin üyelik fonksiyonu grafik olarak gösterilmektedir.

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 160 \\ \frac{x-160}{30} & 160 < x < 190 \\ 1 & x \geq 190 \end{cases} \quad (4-3)$$

Yukarıda açıklamalardan da anlaşılacağı gibi bulanık mantık yaklaşımının temelinde üyelik fonksiyonları bulunmakta ve tüm işlemler bu fonksiyonları kullanarak yapılmaktadır. Bulanık kümelerde bir fonksiyonun üyelik fonksiyonu olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekir:

1. $(-\infty, a]$ aralığında $\mu_{\tilde{C}}(x) = 0$
2. $[a, b]$ aralığında monoton olarak artan
3. $[b, c]$ aralığında $\mu_{\tilde{C}}(x) = 1$ (Normallik kısıtı)
4. $[c, d]$ aralığında monoton olarak azalan

5. $[d, \infty)$ aralığında $\mu_{\tilde{C}}(x) = 0$



Şekil 4.5: \tilde{C} kümesinin üyelik fonksiyonu

Herhangi bir üyelik fonksiyonunda a ve $b \rightarrow -\infty$ veya $a=b$ veya $b=c$ veya $c=d$ veya c ve $d \rightarrow \infty$ olabilir (Göğüş, 1997). Yukarıdaki şartları sağlayan herhangi bir fonksiyon, üyelik fonksiyonu olarak kullanılabilir, ancak uygulamada belirsizlikleri modellemedeki uygunluklarından ve basitliklerinden dolayı üçgen ($b=c$) ve yamuk üyelik fonksiyonları daha çok tercih edilmektedir.

4.5.2 Bulanık kümelerde temel kavramlar

Bulanık kümelere ait bazı tanımlar aşağıda verilmiştir.

Tanım 1: E evrensel bir küme ve $A \subseteq E$ ve boş olmayan bir küme iken

$$\forall x \in E \text{ için } \mu_A(x) \rightarrow [0,1]$$

şeklindeki fonksiyona A kümesinin üyelik fonksiyonu denir. A kümesi sonlu bir küme ise A kümesi sembolik olarak aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=x_i} \mu_A(x_i) \right\} \quad i = (1, \dots, n) \quad (4-4)$$

A kümesi sonlu bir küme değil ise A kümesinin elemanları sembolik olarak (4-5) no'lu eşitlik ile gösterilir:

$$A : \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \quad (4-5)$$

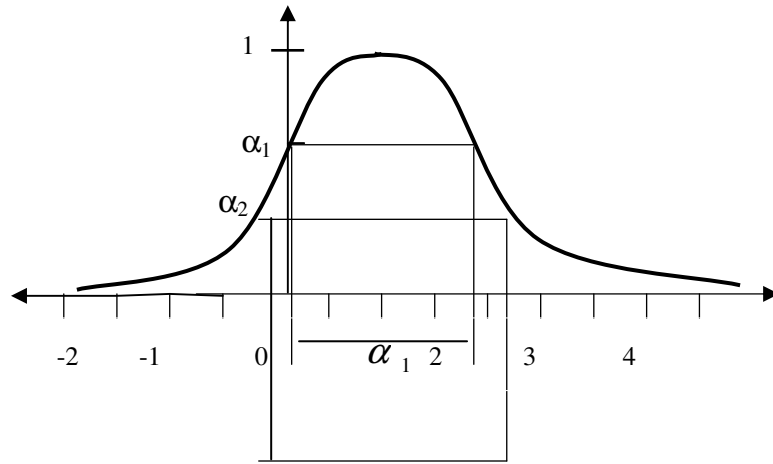
Tanım 2: A bulanık kümesinin en büyük üyelik derecesine o kümenin yüksekliği denir.

$$h(A) = \sup_{x \in X} A(x) \quad (4-6)$$

Tanım 3: A bulanık küme ve $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere ${}^\alpha A$ alt kümesine A kümesinin “ α -kesiti”, ve ${}^{\alpha+} A$ alt kümesine ise A kümesini “güçlü α -kesit” denir aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\begin{aligned} {}^\alpha A &= \{ x \mid A(x) \geq \alpha \} \\ {}^{\alpha+} A &= \{ x \mid A(x) > \alpha \} \end{aligned} \quad (4-7)$$

Bulanık bir A kümesinin α -kesimi, klasik X kümesinin A bulanık kümesi içerisindeki α sayısından büyük veya eşit üyelik fonksiyonuna sahip elemanlarının oluşturduğu klasik bir kümedir. α -kesimi ve kuvvetli α -kesimi kavramının önemli özelliklerinden biri, α 'nın artmasıyla beraber ona karşılık gelen α -kesim kümesinin küçülmesidir.



Şekil 4.6: Farklı α değerlerine karşılık gelen α -kesim kümeleri

4.5.3 Bulanık sayılar üzerinde temel işlemler

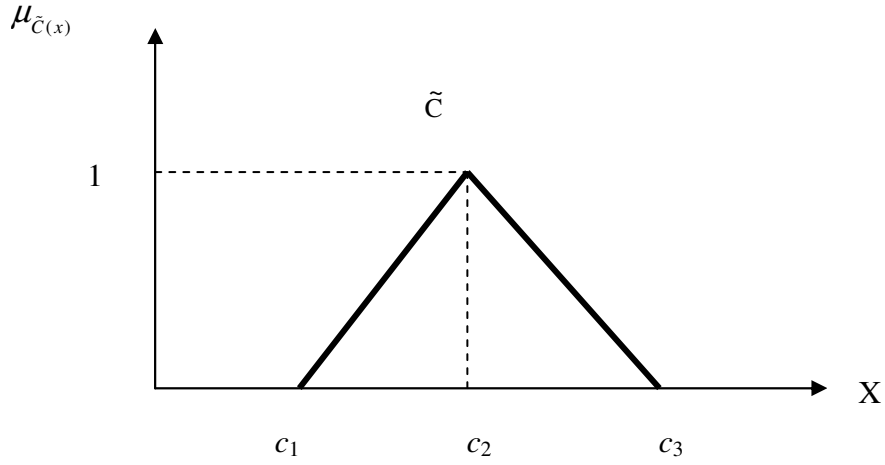
Bulanık sayı, basit olarak gerçek bir kümenin alt kümesi olan bulanık bir küme şeklinde tanımlanabilir (Göğüş,1997). Bulanık kümelerde kullanılan “Yaklaşık 5” ve “aşağı yukarı 9” gibi ifadeler basit bulanık sayılara örnek olarak verilebilir. Gerçek sayılar üzerinde yapılan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri bulanık sayılar üzerinde de yapılabilmektedir. Fakat bulanık sayılarla bahsedilen aritmetik işlemleri yapabilmek için bir bulanık sayının yukarıda açıklanan özelliklere sahip olması gereklidir.

Pratik uygulamalarda genellikle üçgensel ve yamuk bulanık sayılar tercih edilmektedir. Bu çalışmada da üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Bu nedenle buradaki açıklamalarda sadece üçgensel bulanık sayılar ve bu sayılar üzerinde yapılan temel işlemler ele alınacaktır.

Bir üçgensel bulanık sayı (c_1, c_2, c_3) şeklinde üç parametre ile ifade edilir. Burada c_1 alt değeri, c_2 orta değeri ve c_3 üst değeri göstermektedir. \tilde{C} üçgensel bir bulanık sayı iken, üyelik fonksiyonu (4-8) no’lu eşitlikteki gibi tanımlanabilir:

$$\mu_{\tilde{C}(x)} = \begin{cases} 0, & x < c_1 \\ \frac{x - c_1}{c_2 - c_1}, & c_1 \leq x \leq c_2 \\ \frac{c_3 - x}{c_3 - c_2}, & c_2 \leq x \leq c_3 \\ 0, & x > c_3 \end{cases} \quad (4-8)$$

\tilde{C} 'nin üyelik fonksiyonu, Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7: Üçgensel bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu (Şen, 2001)

$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ iki üçgensel bulanık sayı ve k sabit bir gerçek sayı iken bu iki üçgensel bulanık sayı üzerindeki bazı temel aritmetik işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Toplama işlemi

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (4-9a)$$

$$k + (a_1, a_2, a_3) = (k + a_1, k + a_2, k + a_3) \quad (4-9b)$$

Çıkarma işlemi

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad (4-10a)$$

$$k - (a_1, a_2, a_3) = (k - a_1, k - a_2, k - a_3) \quad (4-10b)$$

Çarpma işlemi

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad (4-11a)$$

$$k \times (a_1, a_2, a_3) = (ka_1, ka_2, ka_3) \quad (4-11b)$$

Bölme işlemi

$$\tilde{A} \phi \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \phi (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \div b_1, a_2 \div b_2, a_3 \div b_3) \quad (4-12a)$$

$$k \phi (a_1, a_2, a_3) = (k / a_1, k / a_2, k / a_3) \quad (4-12b)$$

İşaret değiştirme işlemi

$$-(a_1, a_2, a_3) = (-a_3, -a_2, -a_1) \quad (4-13)$$

Tersini alma işlemi

$$(a_1, a_2, a_3)^{-1} = (1/a_3, 1/a_2, 1/a_1) \quad (4-14)$$

4.6 Literatürde karşılaşılan bazı BAHP yöntemleri

BAHP'nin klasik AHP'den farkı, ikili karşılaştırmalarda gerçek sayılar yerine dilsel değişkenler ve bulanık sayıların kullanılmasıdır. Bulanık sayılar kullanıldığı için çözüm yöntemleri de farklılık göstermektedir. İkili karşılaştırmalarda genellikle üçgensel ve yamuk bulanık sayılar tercih edilmektedir.

Literatür araştırması sonucunda BAHP ile ilgili farklı yöntemlerin kullanıldığı değişik çalışmalara rastlanmıştır. Bir sonraki bölümde literatürde karşılaşılan bu yöntemler kısaca anlatılmıştır.

4.6.1 Chen (1996) tarafından önerilen yöntem

Chen (1996) BAHP yöntemini kullanarak üç silah sistemini değerlendirmek için bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde, probleme ait değerlendirme kriterleri ve seçenekleri tespit edildikten sonra kriterlerin ve her kritere göre seçeneklerin aldığı puanlar, Çizelge 4.4'te yer alan üçgensel bulanık sayılar kullanılarak ifade edilmektedir. Çizelge 4.4'te $\tilde{1}$ en düşük puanı gösterirken $\tilde{9}$ da en yüksek puanı göstermektedir. Elde edilen değerlendirmeler, Çizelge 4.5'te görülmektedir. Klasik AHP'de olduğu gibi (4-15) no'lu eşitlikten, kriterlerin öncelik değerleri ile seçeneklerin puanları çarpılarak, silah sistemlerin toplam bulanık puanları hesaplanır.

$$\begin{aligned}
 T(A) &= \tilde{W}_1 \otimes \tilde{F}_{1A} \oplus \tilde{W}_2 \otimes \tilde{F}_{2A} \oplus \dots \oplus \tilde{W}_n \otimes \tilde{F}_{nA} \\
 T(B) &= \tilde{W}_1 \otimes \tilde{F}_{1B} \oplus \tilde{W}_2 \otimes \tilde{F}_{2B} \oplus \dots \oplus \tilde{W}_n \otimes \tilde{F}_{nB} \\
 T(C) &= \tilde{W}_1 \otimes \tilde{F}_{1C} \oplus \tilde{W}_2 \otimes \tilde{F}_{2C} \oplus \dots \oplus \tilde{W}_n \otimes \tilde{F}_{nC}
 \end{aligned} \tag{4-15}$$

Çizelge 4.4: Üçgensel bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları (Chen, 1996)

| Üçgensel Bulanık Sayılar | Üyelik Fonksiyonları |
|--------------------------|----------------------|
| $\tilde{1}$ | (1, 1, 2) |
| $\tilde{2}$ | (1, 2, 3) |
| $\tilde{3}$ | (2, 3, 4) |
| $\tilde{4}$ | (3, 4, 5) |
| $\tilde{5}$ | (4, 5, 6) |
| $\tilde{6}$ | (5, 6, 7) |
| $\tilde{7}$ | (6, 7, 8) |
| $\tilde{8}$ | (7, 8, 9) |
| $\tilde{9}$ | (8, 9, 9) |

Çizelge 4.5: Sistemlerin değerlendirme sonuçları (Chen, 1996)

| KRİTER | AĞIRLIK | SİSTEM-A | SİSTEM-B | SİSTEM-C |
|--------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | \tilde{W}_1 | \tilde{F}_{1A} | \tilde{F}_{1B} | \tilde{F}_{1C} |
| 2 | \tilde{W}_2 | \tilde{F}_{2A} | \tilde{F}_{2B} | \tilde{F}_{2C} |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| n | \tilde{W}_n | \tilde{F}_{nA} | \tilde{F}_{nB} | \tilde{F}_{nC} |

Elde edilen toplam bulanık puanlardan anlamlı sonuçlar elde edebilmek için bulanık puanların gerçek sayılara dönüştürülmesi gereklidir. Bunun için α -kesim seviyelerinden ve iyimserlik katsayısı olan λ 'dan yararlanılır. İyimserlik katsayısı, karar vericinin yaptığı değerlendirmelerden memnuniyetini göstermektedir. En küçük λ , en fazla iyimserliği simgelerken en büyük λ , ise en düşük iyimserliği ifade etmektedir. Karar verici tarafından belirlenen her λ ve α -kesim seviyesine göre (4-16) no'lu eşitlik kullanılarak her seçeneğin gerçek sayı olarak puanları $D_{\alpha}^{\lambda}(A)$, $D_{\alpha}^{\lambda}(B)$, $D_{\alpha}^{\lambda}(C)$ hesaplanır.

$$\begin{aligned} D_{\alpha}^{\lambda}(A) &= \lambda a_{L}^{\alpha} + (1-\lambda) a_{R}^{\alpha} = p_1 \\ D_{\alpha}^{\lambda}(B) &= \lambda b_{L}^{\alpha} + (1-\lambda) b_{R}^{\alpha} = p_2 \\ D_{\alpha}^{\lambda}(C) &= \lambda c_{L}^{\alpha} + (1-\lambda) c_{R}^{\alpha} = p_3 \end{aligned} \quad (4-16)$$

$D_{\alpha}^{\lambda}(A)$, $D_{\alpha}^{\lambda}(B)$, $D_{\alpha}^{\lambda}(C)$ değerleri hesaplandıktan sonra sistemlerin öncelik değerlerinin bulunması için normalizasyon işlemi yapılır.

$$\begin{aligned} N_{\alpha}^{\lambda}(A) &= \frac{p_1}{p_1 + p_2 + p_3} \\ N_{\alpha}^{\lambda}(B) &= \frac{p_2}{p_1 + p_2 + p_3} \\ N_{\alpha}^{\lambda}(C) &= \frac{p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \end{aligned} \quad (4-17)$$

Bu değerler hesaplandıktan sonra en büyük $N_{\alpha}^{\lambda}(X)$ değerine sahip olan sistem, en iyi sistem olarak değerlendirilmektedir (Artuç, 2001).

Yöntem, çok fazla matematiksel işlemden oluştuğu için oldukça karmaşıktır ve seçenek sayısının fazla olduğu durumlarda zaman kaybına neden olmaktadır.

4.6.2 Entropi ağırlığına dayanan BAHP

4.6.2.1 Shannon Entropisi

En basit anlamıyla entropi, bir sistemdeki belirsizliği ifade etmektedir. Shannon Entropisi, mevcut bilgidaki belirsizlikle ilgilenme amacı taşıyan Klasik Bilgi Teorisinin temelini oluşturmakta olup rassal bir deneyde yer alan çıktıların tahminindeki ortalama belirsizliği ölçmeye yaramaktadır. Olasılık teorisine göre tanımlanan ifadelerin belirsizlik ölçüsü olan Shannon Entropisi şu fonksiyonla ifade edilebilir;

$$H(m) = -\sum_{i=1}^n m(\{x\}) \log_2 m(\{x\}) \quad (4-18)$$

Cheng, entropi değerlerini kullanarak sistemde var olan belirsizliği en küçükmeye ve bulanık sayılar kullanarak da sonucun daha doğru olmasını amaçlamıştır.

4.6.2.2 Cheng tarafından önerilen yöntem

Cheng, deniz taktik füzeleri değerlendirilmesinde Shannon Entropisinden yararlanarak bir yöntem geliştirilmiştir (Cheng, 1996).

Yöntemin adımları kısaca aşağıda açıklanmıştır:

1. Problemin yapısına uygun bir hiyerarşi oluşturulur.
2. Değerlendirilecek seçeneklere ait üyelik fonksiyonları elde edilir. (\tilde{x}_{nm} : n kritere göre n . seçeneğin üyelik fonksiyonu). Üyelik fonksiyonları kullanılarak seçenekler için yapılan değerlendirmeler bulanık sayılarla ifade edilir.
3. Kriterlerin öncelik değerlerini belirlemek için BAHP'den yararlanarak Entropi değerleri hesaplanır. Entropi değerleri kullanılarak son karar verilir.

Problem hiyerarşisi kurulduktan ve üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra, seçeneklerin üyelik fonksiyonundan elde edilen değer ile kriter öncelik değerlerinin çarpılmasıyla (4-19) no'lu eşitlikte gösterilen toplam değerlendirme matrisi elde edilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \times \tilde{x}_{11} & \tilde{w}_2 \times \tilde{x}_{12} & \dots & \dots & \tilde{w}_n \times \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{w}_1 \times \tilde{x}_{21} & \tilde{w}_2 \times \tilde{x}_{22} & \dots & \dots & \tilde{w}_n \times \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{w}_1 \times \tilde{x}_{n1} & \tilde{w}_2 \times \tilde{x}_{n2} & \dots & \dots & \tilde{w}_n \times \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix} \quad (4-19)$$

4. Elde edilen bulanık sayılarda aritmetik işlemleri kullanarak elde edilen α -kesim seviyeleriyle değerlendirme matrisi, (4-20) no'lu eşitlikteki formata dönüştürülür.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} [a_{11l}^\alpha, a_{11u}^\alpha] & \dots & \dots & [a_{1nl}^\alpha, a_{1nu}^\alpha] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [a_{n1l}^\alpha, a_{n1u}^\alpha] & \dots & \dots & [a_{nnl}^\alpha, a_{nnu}^\alpha] \end{bmatrix} \quad (4-20)$$

Karar verici tarafından α -kesim seviyesi belirlendikten sonra belli bir iyimserlik seviyesi λ için (4-21) no'lu eşitlik kullanılır ve bulanık değerler gerçek sayı değerlerine dönüştürülerek (4-22) eşitliğinde verilen değerlendirme matrisi elde edilir.

$$a_{ij}^\alpha = (a_{ijl}^\alpha, a_{iju}^\alpha) = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, (a_3 - a_2)\alpha + a_3] \quad her \alpha \in [0,1] \quad (4-21)$$

$$a_{ij}^\alpha = (1 - \lambda)a_{ijl}^\alpha + \lambda a_{iju}^\alpha$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}^\alpha & \tilde{a}_{12}^\alpha & \dots & \tilde{a}_{1n}^\alpha \\ \tilde{a}_{21}^\alpha & \tilde{a}_{22}^\alpha & \dots & \tilde{a}_{2n}^\alpha \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{n1}^\alpha & \tilde{a}_{n2}^\alpha & \dots & \tilde{a}_{nn}^\alpha \end{bmatrix} \quad (4-22)$$

Elde edilen \tilde{A} matrisi, gerçek değerlerden oluşan bir matristir. Bu değerlerden, (4-23) no'lu eşitlikte görülen frekans değerleri hesaplanır. Frekans değerleri, (4-24) no'lu eşitlikte gösterildiği üzere entropi değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{s_1} & \frac{a_{12}}{s_1} & \dots & \frac{a_{1n}}{s_1} \\ \frac{a_{21}}{s_2} & \frac{a_{22}}{s_2} & \dots & \frac{a_{2n}}{s_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{s_n} & \frac{a_{n2}}{s_n} & \dots & \frac{a_{nn}}{s_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (4-23)$$

(4-23) no'lu eşitlikte yer alan matriste s_k değeri, matrisin bir satır boyunca toplamını, f_{ij} frekans değerini göstermektedir. Frekans değeri (f_{ij}), her bir değerlendirilenin satır toplamına bölünmesiyle elde edilir.

$$\begin{aligned} H_1 &= -\sum_{j=1}^n (f_{1j}) \log_2(f_{1j}), \\ H_2 &= -\sum_{j=1}^n (f_{2j}) \log_2(f_{2j}), \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ H_n &= -\sum_{j=1}^n (f_{nj}) \log_2(f_{nj}) \end{aligned} \quad (4-24)$$

Bir sistemdeki belirsizliği ölçmek için üç önemli prensip bulunmaktadır. Bunlar; en büyük belirsizlik, en düşük belirsizlik ve bilginin korunumuna yönelik olan değişmez (invariance) belirsizliktir. Problemin yapısına göre kullanılacak prensip de farklılık göstermektedir. Cheng (1996) çalışmasında en büyük belirsizlik prensibiyle çalıştığı için entropi değeri (H_n) en yüksek seçeneğin en iyi seçenek olduğunu belirtmiştir. Yöntem, çok fazla matematik işlem gerektirmektedir.

4.6.3 Dilsel ağırlıklandırma yöntemi

Yukarıda bahsedilen yöntemler, Cheng ve diğ.(1999) tarafından bulanıklık ile verilerin kaybolmasına neden olduğu ve karar vermeyi zorlaştırdığı için zayıf bulunmuştur. Bu nedenle, Cheng ve diğ., dilsel ifadeler kullanarak sezgiselliği içeren bir yöntem geliştirmişlerdir. Performans puanlarını oluşturabilmek ve kullanılacak üyelik fonksiyonlarını tespit etmek için bir çok uzman görüşüne başvurmuşlar böylece, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerinden kaynaklanan hataların azaltılmasını amaçlamışlardır. Bu yöntem kısaca şu şekilde özetlenebilir

1. Probleme ait ana ve alt kriterleri ile seçenekleri gösteren hiyerarşik yapıyı gösteren bir diyagram oluşturulur.

2. Alt kriterlere ait performans puanları (g_i) hesaplanır. Kriterlere göre hesaplanan puanların tamamı toplanarak seçeneklerin toplam performans değerleri elde edilir. Performans puanlarını tespit etmek için iki yöntem önerilmiştir:

1. Uzman görüşleri alınarak (4-25) ve (4-26) no'lu eşitlikler kullanılarak üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi ve silah sistemlerinin performans değerlerini hesaplayabilmek için bu üyelik fonksiyonları kullanılabilir veya
2. Şekil 4.8'de ve Çizelge 4.6'da yer alan bulanık ifadeler kullanılarak toplam değerlerin hesaplanması.

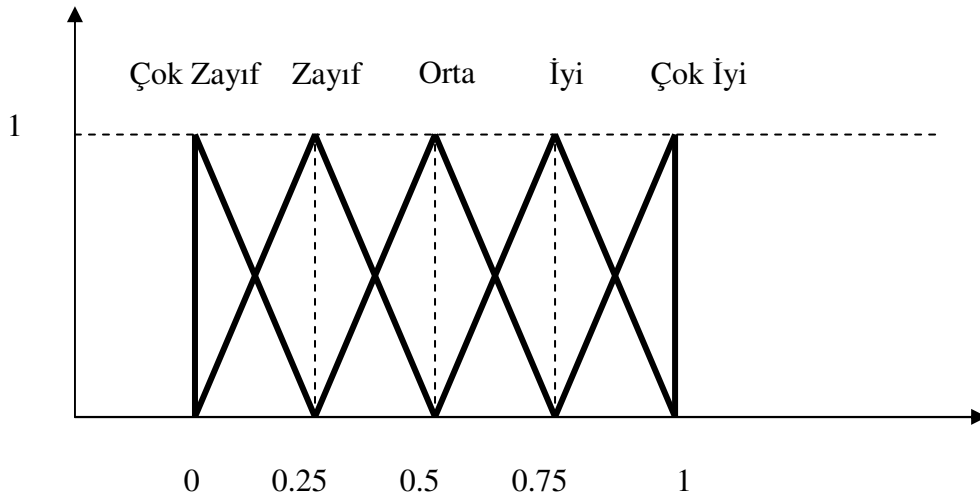
$$\begin{pmatrix} \frac{X_{11}}{t_1} & \dots & \frac{X_{1j}}{t_j} & \dots & \frac{X_{1n}}{t_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{X_{i1}}{t_1} & \dots & \frac{X_{ij}}{t_j} & \dots & \frac{X_{in}}{t_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{X_{m1}}{t_1} & \dots & \frac{X_{mj}}{t_j} & \dots & \frac{X_{mn}}{t_n} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1(X_1) & \dots & \mu_1(X_j) & \dots & \mu_1(X_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_i(X_1) & \dots & \mu_i(X_j) & \dots & \mu_i(X_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_m(X_1) & \dots & \mu_m(X_j) & \dots & \mu_m(X_n) \end{bmatrix} \quad (4-25)$$

$$t_n = \sum_{i=1}^m X_{ij} \quad (4-26)$$

(4-26) no'lu eşitlikte, X_j kriterleri; X_{ij} ise her bir kritere göre seçeneklerin aldığı performans puanlarını ifade etmektedir.

Çizelge 4.6: Bulanık ifadelerin üyelik fonksiyonları (Cheng ve diğ. 1999)

| BULANIK İFADE | ÜYELİK FONKSİYONU |
|---------------|-------------------|
| Çok iyi | 1 |
| İyi | 0.75 |
| Orta | 0.5 |
| Zayıf | 0.25 |
| Çok Zayıf | 0 |



Şekil 4.8: Bulanık ifadelerin üyelik fonksiyonları (Cheng ve diğ., 1999)

3. Her kriter için bütün toplam puanlar bulunarak normalize edilir.

4. Normalisasyon işleminden sonra karar verici, kriterlerin önem derecelerini belirler. Kriterlerin önem dereceleri, daralma ve genişleme adı verilen sözel eşiklerle belirlenir ve (4-27) no'lu eşitlikte gösterilen son kararın verilebileceği matris elde edilir.

$$\begin{bmatrix}
 \mu_{11}^{(w_1)} & \dots & \mu_{1j}^{(w_j)} & \dots & \mu_{1n}^{(w_n)} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \mu_{i1}^{(w_1)} & \dots & \mu_{ij}^{(w_j)} & \dots & \mu_{in}^{(w_n)} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \mu_{m1}^{(w_1)} & \dots & \mu_{mj}^{(w_j)} & \dots & \mu_{mn}^{(w_n)}
 \end{bmatrix} \quad (4-27)$$

Sözel eşikler (dilsel sınır veya düzenleyici), terimlerin anlamlarını düzenlemek olarak adlandırılmaktadır. Sözel eşikler sayesinde kelimelerin anlamları daraltılabilir veya genişletilebilir. Bulanık mantıkta kullanılan “takriben”, “yaklaşık”, “oldukça”, “biraz” ve daha başka bir çok kelime sözel eşikler yani dilsel düzenleyicilerdir. Kullanılan bu sözel eşiklerin amacı, sadece bulanık küme içinde yer alan üyelik fonksiyonlarını değiştirmektir. Sözel eşikler kullanılarak bulanık kümenin öge değerlerini değiştirmek söz konusu değildir.

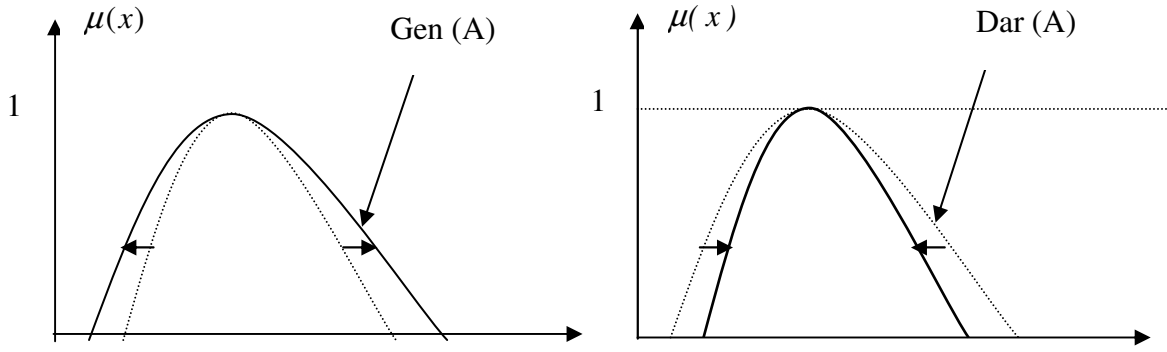
Sözel eşiklerle kullanılan iki tür kavramdan bahsetmek gereklidir. Bunlar daraltma ve genişlemedir. Bu kavramların matematiksel modelleri ise şu şekilde gösterilir:

$$\text{Daraltma: } \mu_{\text{con}(\tilde{A})}(u) = (\mu_{\tilde{A}}(u))^n, n > 1 \quad (4-28a)$$

$$\text{Genişleme: } \mu_{\text{Dil}(\tilde{A})}(u) = (\mu_{\tilde{A}}(u))^{\frac{1}{n}}, n > 1 \quad (4-28b)$$

Daraltma işlemi sonrasında, $n > 1$ olduğundan ve üyelik fonksiyonunun değeri 0 ile 1 arasında değer aldığından, yeni üyelik fonksiyonunun değerleri eski üyelik fonksiyonunun değerlerinden küçük olacaktır. Bir başka ifade ile yeni bulanık küme eski bulanık kümenin daraltılmış halidir.

Genişleme işlemi sonrasında, $1/n$ değeri 1’den küçük olduğundan yeni üyelik fonksiyonunun değerleri eskisinden büyük olacaktır. Şekil 4.9’da daraltma ve genişletme işleminden sonra üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Genişleme ve daralma işlemleri

5. Daralma ve genişlemeleri hesaplanan üyelik fonksiyonlarından (4-29) no'lu eşitlik kullanılarak en küçük üyelik fonksiyonları sahip seçenekler içinden en büyüğü seçilir.

$$\mu_{\bar{D}}(X_i) = \max_i(\min_j \mu^{(w_{ij})}_{ij}) \quad (4-29)$$

4.6.4 Genişletilmiş analiz yöntemi

BAHP yönteminin uygulandığı karar problemlerinin bir çoğunda Genişletilmiş Analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, α -kesim seviyelerine gerek duyulmamaktadır. Nihai değerlendirme için gerekli gerçek sayı öncelik değerleri, Zadeh tarafından önerilen Genişleme Prensibine dayanan yöntemden elde edilmektedir.

Tedarikçi seçimi probleminde değerlendirilecek tedarikçiler yani seçenekler, elemanları x_1, x_2, \dots, x_n olan bir nesne setini, elde olan tedarikçileri değerlendirmek için kullanılacak kriterler de elemanları u_1, u_2, \dots, u_m olan bir amaç seti olarak tanımlanmış iki küme olsun. Genişletilmiş Analiz yöntemine göre her bir tedarikçi (nesne) bir kriteri (amacı) gerçekleştirmek üzere ele alınır. "Genişletilmiş" ifadesi ile nesne setinde yer alan her bir nesnenin her bir amacı ne kadar gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. ÇKKV'de daha basit şekilde, her bir kritere göre seçeneklerin veya kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen değerlendirmeler olarak ifade edilebilir. Bu şekilde her bir amaç-nesne setinin ikili karşılaştırmasından m tane

genişletilmiş analiz değeri elde edilir. Genişletilmiş analiz değerleri, $M^{j_{gi}}$ ($j = 1, 2, \dots, m; i=1,2,\dots,n$) ile gösterilen üçgenel bulanık sayılardır.

Genişletilmiş Analiz Yöntemi şu adımlardan oluşmaktadır (Zhu ve diğ., 1999):

Probleme ait hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, hiyerarşide yer alan elemanların ikili karşılaştırmaları bulanık sayılar veya dilsel değişkenler kullanılarak yapılır. Karşılaştırmalarda dilsel değişkenler kullanılmışsa, bu değişkenler daha sonra bulanık sayılara atanarak işlemlere devam edilir. İkili karşılaştırmalarla matrislerin elde edilmesinden sonra aşağıda anlatılan yöntemin adımları sırasıyla uygulanarak çözüm elde edilir.

1. Kriterlerin ve seçeneklerin sentez değerleri (S_i), (4-30) no'lu eşitlikten hesaplanır. Bu işlem bir bakıma, klasik AHP yöntemindeki normalizasyon işlemine benzemektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (4-30)$$

Burada;

$$\sum_{j=i}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4-31)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4-32)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

2. Bulunan sentez değerleri karşılaştırılarak hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri belirlenir. Ancak sentez değerleri, üçgensel bulanık sayılar olduğu için karşılaştırmalar yapılırken aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekir.

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayı iken $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$ eşitliğinin olabilirlik derecesi, (4-33) no'lu eşitliğindeki gibi ifade edilmektedir.

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))] \quad (4-33)$$

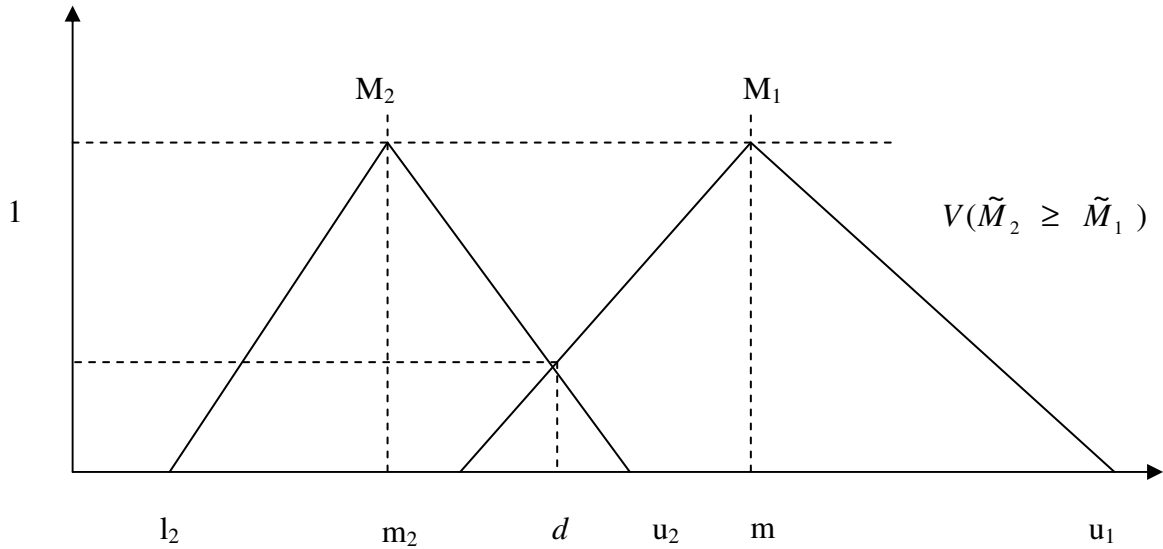
(4-33) eşitliği, $y \geq x$ eşitsizliğinin genişleme prensibine göre ifade edilmiş halidir. Eşitlik, $y \geq x$ ve $\mu_{\tilde{M}_1}(x) = \mu_{\tilde{M}_2}(y)$ gibi bir ilişki bulunan (x, y) sayı çiftinin aralarındaki büyüklük ilişkisini yani \tilde{M}_2 'nin \tilde{M}_1 'den büyük olma olabilirliğini gösteren değer $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = 1$ olduğunu belirtmektedir. Bu eşitlikte, \tilde{M}_2 'nin orta değeri, \tilde{M}_1 'in orta değerinden büyük ise, \tilde{M}_2 'nin \tilde{M}_1 'den büyük olabilirliği 1 değerini almaktadır. Aksi takdirde, olabilirlik hesabı (4-34) no'lu eşitlik kullanılarak yapılabilir. Ancak sadece, $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ değerini bilmek iki bulanık sayının karşılaştırılması için yeterli değildir. Ayrıca, $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ değerinin de hesaplanması gereklidir. İki bulanık sayının birbirinden büyük olabilirlikleri, grafiksel olarak da belirlenebilir. Şekil 4.10'da verilen \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 gibi iki bulanık sayıdan, \tilde{M}_2 'nin \tilde{M}_1 'den büyük olma olabilirliği, bu iki bulanık sayının kesişim noktasındaki üyelik fonksiyonunun değerine eşittir. $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ bulanık sayılar iken:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{hgt}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{\tilde{M}_2}(d) \quad (4-34)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

3. Bir bulanık sayının k tane bulanık sayıdan büyük olma olabilirliği hesaplanırken, (4-35) no'lu eşitlik kullanılır. Bulanık sayı çiftlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen değerlerden, her karar elemanına ait olan en küçük değer olan $d'(A_i)$ seçilir.

$$\begin{aligned}
 V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots (M \geq M_k)] \\
 &= \min V(M \geq M_i) \\
 i &= 1, 2, 3, \dots, k \\
 \forall k &= 1, 2, 3, \dots, k \\
 k &\neq i \text{ için}
 \end{aligned}
 \tag{4-35}$$



Şekil 4.10: \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 sayılarının büyüklüklerinin karşılaştırılması (Kahraman ve diğ., 2003)

4. $d'(A_i) = \min V(\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_k)$ varsayımı altında seçilen bu en küçük değerlerden elde edilen öncelik vektörü (4-36) no'lu eşitlikte gösterildiği gibidir.

$$\begin{aligned}
 W^l &= (d^l(A_1), d^l(A_2), \dots, d^l(A_n))^T \\
 A_i &(i = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned}
 \tag{4-36}$$

5. Normalisasyon işlemi yapıldıktan sonra elde edilen öncelik vektörü ise (4-37) no'lu eşitliğindeki gibidir ve W artık gerçek sayılardan oluşan bir öncelik vektörüdür.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad (4-37)$$

Yukarıda açıklanan yöntemlerden başka literatürde Yager (1978), öncelik değerlerinin hesaplanmasında ilk olarak üçgensel bulanık sayılar ve logaritmik regresyonu kullanan Laarhoven ve Pedrcyz (1983), bulanık matrislerden α -kesim seviyelerini kullanarak öz değer yöntemine göre öncelik değerlerini hesaplayan Cheng (1994) tarafından önerilen başka BAHP yöntemleri de mevcuttur. Ancak bu yöntemler çok fazla matematiksel işlem gerektirdiği, karar verme sürecinde bazı verilerin kaybolmasına neden olduğu, belirsizliği artırdığı ve yapılan değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığını kontrol etmediği için tez çalışmasında kullanılması uygun görülmemiştir.

4.7 BAHP ve tutarlılık

Klasik AHP'de olduğu gibi bulanık AHP'de de yapılan karşılaştırmaların birbirleriyle tutarlı olması gerekir. Ancak, literatür incelendiğinde, bulanık sayıların veya dilsel değişkenlerin kullanıldığı AHP uygulamalarında tutarlılık analizlerinin pek yapılmadığı görülmüştür. Literatür incelemesi sonucunda sadece Kwong ve Bai (2003)'nin yaptığı çalışmada tutarlılık analizi yapılmıştır. Kwong ve Bai, Genişletilmiş Analiz yöntemini kullanarak bir işletmedeki müşteri ihtiyaçlarının önceliklerini belirlemeye çalışmışlardır. İkili karşılaştırmalarda kullanılan üçgensel bulanık sayılar, (4-38) no'lu eşitlik kullanılarak gerçek değerlere dönüştürüldükten sonra klasik AHP'deki gibi tutarlılık analizi yapılmıştır. Bu çalışmada da tutarlılık analizi için benzer yöntem kullanılacaktır.

$$M = \frac{(4 \times m + l + u)}{6} \quad (4-38)$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

5.1 Giriş

Bu çalışma, Denizli İli'nde kurulu bulunan bir mermer-traverten işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletme, hem aracı hem de üretici firma olarak faaliyet göstermektedir. Müşterilerin istekleri doğrultusunda istenen malları mevcut pazardan tedarik edip ihracat yaparak aracı işletme görevini üstlenmekte, kendi ocaklarından ve farklı ocaklardan elde ettiği taşları işleyip müşteri isteklerine dönüştürerek üretici işletme rolü üstlenmektedir.

Mermer ve traverten sektöründe tedarikçi seçimi, oldukça kritik bir öneme sahip bir karardır. Tedarikçiler ile uzun süreli ilişkilerin sağlanması üretimin sürekliliğinin sağlanmasında büyük rol oynamaktadır. Diğer taraftan, doğal hammaddeler ile çalışıldığından gelen siparişin özelliklerine göre tedarikçilerin belirlenmesi gerekebilir. Bu nedenle, bu çalışmada bu iki durum dikkate alınmıştır. İlk olarak, işletmenin uzun süreli tedarikçi ilişkilerinin kurulmasında dikkat edilmesi gereken kriterler göz önünde bulundurularak, genel olarak tedarikçi seçimi incelenmiş, daha sonra gelen bir sipariş için özel kriterler belirlenerek, bu sipariş için tedarikçi seçimi ele alınmıştır.

Hammadde tedarikçilerinin ürettiği ürünler, blok travertenler olup traverten ocaklarından çıkarılmaktadır. İşletme son mamulün (traverten levhaların) düşük üretim fiyesiyle üretilmesini, yüksek kaliteli olmasını isterken aldığı hammaddenin de düşük fiyatlı olmasını istemektedir. Eğer yüksek kaliteli son mamul isteniyorsa, yüksek kaliteli hammadde seçilmelidir. Ama yüksek kaliteli hammadde her zaman düşük fireye sahip olmaz. Tedarikçi seçiminde dikkate alınacak kriterler, 5.3 alt başlığı altında detaylı olarak açıklanmıştır. Tedarikçileri değerlendirmek ve içlerinden en iyisinin seçilmesi için ÇKKV Yöntemlerinden biri olan AHP kullanılmıştır. Karar probleminde olan mevcut belirsizlikleri de dikkate alması ve AHP'nin bünyesinde yer alan eksiklikleri gidermek için BAHP ile bulanık sayılar kullanılmıştır.

5.2 Sektörde tedarikçi seçiminin zorlukları

Dünya'da doğal taşlara olan talebin sürekli artması ve mermercilik ve traverten sektörünü, en cazip sektörlerden biri haline getirmiştir. Ülkemiz doğal taş rezervleri açısından çok zengin kaynaklara sahiptir. Özellikle Denizli ve civarında zengin ve kaliteli mermer ve traverten rezervleri bulunmaktadır. Bu nedenle Denizli'de mermer ve traverten sektörü, son zamanlarda tekstilde yaşanan sorunlar nedeniyle, tekstil sektörüne alternatif olarak gelişmeye başlamıştır. Özellikle ABD'ye yapılan ihracatın artmasıyla birlikte bu yatırımlar daha da hızlanmıştır.

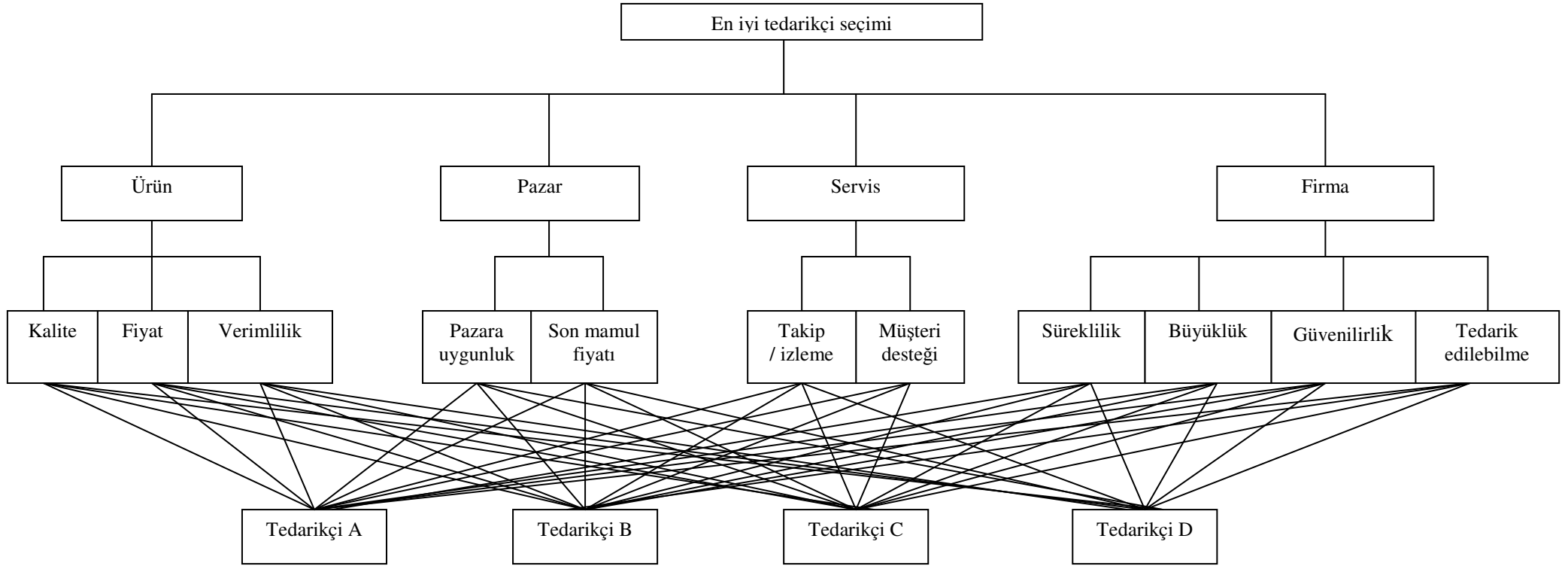
Sektörde yaşanan en büyük sorun, üretim için gerekli hammadde tedarikçidir. Denizli'deki mermer-traverten işletmeleri, gerekli hammaddeyi genellikle ilden ve yakın civardaki traverten-mermer ocaklarından temin etmektedirler. Artan talep karşısında mermer ve traverten üreten işletme sayısının artması, hammaddenin temininde sıkıntılar yaratmaya başlamıştır. Yeni ocakların bulunması ve işletilmesi büyük maliyetler gerektirmesi ve devletin bu konuda yeterince desteğinin bulunmaması nedeniyle sorun her geçen artarak devam etmektedir. Diğer bir konu, ürünlerde renk, kalite ve fiyat standartları oluşturulamamasıdır. Doğal taşlar ile çalışıldığından, ocaklardan elde edilen taşlarda belli standart tutturulamamakta ve ihracatın sürekliliğinin sağlanmasında zorluklar yaşanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, uygun tedarikçilerin bulunması daha da önem kazanmaktadır.

Sektörde standartların tam olarak oluşturulamaması, nedeniyle taş ocağı işleten tedarikçi firmalar ile uzun süreli anlaşmalara gidilememekte, anlaşma yapılması durumunda ise kalite standartları net olarak oluşturulmadığından düşük kaliteli taşlar satın alınmak zorunda kalmaktadır. Diğer taraftan sektördeki hızlı ilerlemelere paralel olarak, önceleri sadece işlenmemiş mermer ve traverten blokları temin eden tedarikçi firmalar, kendileri de işlenmiş mermer ve traverten imalatına başlamışlardır. Bu nedenle çıkarılan taşların kaliteli olanlarını kendi tesislerinde işlemek istemekteler ve kalitesiz olanlarını ise satmayı tercih etmektedirler. Büyüme bu şekilde devam eder ve yeni taş rezervleri bulunup, işleme açılmaz ise yakın bir zamanda traverten temininde büyük sıkıntılar yaşanacaktır.

Sonuç olarak mermer-traverten sektöründe hammadde tedarikçisi seçimi, yukarıda bahsedilen konular dikkate alındığında önemli bir problemdir. Mermer-traverten işletmeleri açısından en iyisi kendi ocağına sahip olmasıdır. İşletmeler bu yönde yatırım yapmaya da başlamışlardır.

5.3 Tedarikçi seçimi kriterleri

Mermer sektöründe, diğer tedarikçi seçimi problemlerinde olduğu gibi pek çok kriterin dikkate alınması gerekir. Bu çalışmada sektörün özellikleri dikkate alınarak, bir uzman ile yapılan görüşmeler sonucunda kriterler belirlenmiş ve bu kriterler dört ana başlık altında toplanmıştır. Kriterler belirlenirken işletmenin istekleri doğrultusunda, ocaklardan gelen blok özellikleri, pazarlanabilirliği, tedarikçi firmanın yapısı ve satış sonrası tedarikçi ile işletme arasındaki ilişkiler göz önünde bulundurulmuştur. İzleyen bölümde bu kriterler ve bu kriterlerin altındaki alt kriterler açıklanmaktadır. Şekil 5.1’de tedarikçi değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ve seçenekler hiyerarşik olarak gösterilmektedir. İşletme belirlenen kriterler doğrultusunda, dört tedarikçi firma arasında seçim yapmak istemektedir.



Şekil 5.1: Problemin hiyerarşik yapısı

5.3.1 Ürün ana kriteri

Büyük ölçüde ihracata dayalı olarak gelişen sektörde, en önemli girdiyi ocaklardan temin edilen traverten blokları oluşturmaktadır. Bu nedenle tedarikçi seçiminde traverten bloklarının fiziksel ve fiziksel olmayan özellikleri büyük önem taşımaktadır. Bu özellikler ürün kriteri altında incelenecektir. Ürün kriteri altında traverten blokları üç farklı açıdan değerlendirilecektir: kalite, fiyat ve verimlilik.

Kalite: Üretimin sürekliliğinin sağlanabilmesi için traverten bloklarının belli kalite özelliklerine sahip olması gerekir Traverten bloklarındaki renk çeşidinin az olması, sıkı yapıda olması ya da taş yoğunluğunun fazla olması istenen bir özelliktir. Ayrıca, satın alınan traverten bloklarının çatlak, gözenekli olmaması ve homojen yapıya sahip olması tercih edilmektedir.

Fiyat: Daha önce belirtildiği gibi ihracata dayanan sektörde yoğun bir rekabet yaşanmaktadır. Bütün sektörlerde olduğu gibi Çin, bu sektörde de düşük fiyatlı mallar pazara sunarak rekabeti zorlamaktadır. Bu nedenle fiyat, tedarikçi seçiminde en önemli kriterlerden bir tanesidir. Toplam maliyet içinde işlenmemiş traverten bloklarının maliyeti, yaklaşık olarak %35 dolaylarındadır.

Verimlilik: Kaliteyle ilgili olan fakat, ayrıca değerlendirilmesi gereken bir olgu da üretim sırasında meydana gelen fireler veya bloğun verimliliğidir. Doğal malzemelerle çalışıldığı için tedarikçiden alınan bloğun fiziksel özelliklerinden dolayı üretim sırasında fireler oluşmaktadır. Fire oranının düşük olması, işletmede kullanılan ifade ile blok veriminin yüksek olması maliyetlerin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu üç kriter içinde fiyat ile kalite ve verimlilik kriterleri arasında doğal olarak bir çelişme söz konusudur. Fiyat düştükçe taşın kalitesi azalmakta ve üretim sırasında daha fazla fire ile karşılaşmaktadır.

5.3.2 Pazar ana kriteri

Tedarikçilerden satın alınan hammaddelerin işlenip son mamul haline getirilmesinden sonra pazar talebiyle ilgili olan bir kriterdir. Genellikle pazarda istenilen özellikteki mamulleri üretebilmek önemlidir. Bu ana kriterin içinde, son mamullerin özelliklerini ölçen, pazara uygunluk ve son mamul fiyatı alt kriterleri bulunmaktadır.

Pazara Uygunluk: Tedarikçilerden alınan blokların işlenip pazara sunulduğunda talep edilmesi, tedarikçileri değerlendirme ve seçmede kullanılabilecek diğer bir kriterdir. Satın alınan traverten bloklarından elde edilecek son mamullerin pazarda yer alan müşteri isteklerine uygun olması istenmektedir.

Son Mamul Fiyatı: Son mamul fiyatı, işletmenin pazarlama yeteneğiyle ilgilidir. Üretimi tamamlanıp pazara sunulan son mamulün pazarda satılacağı fiyat yani son mamul fiyatı da tedarikçi seçiminde önemli bir kriterdir. Bunu, son mamulün işletmeye getireceği kârlılık olarak algılamak gereklidir. Tedarikçiler değerlendirilirken son mamulde yüksek kâr oranı getirecek taşların tedarik edilebileceği tedarikçiler değerlendirmeye alınmalıdır.

5.3.3 Servis ana kriteri

Tedarikçi firmanın hammaddeleri sattıktan sonra işletme ile ilişkilerini ölçen ana kriterdir.

Takip/İzleme: Müşterileri her konuda bilgilendirme ve müşteri tatmini sağlama amaçlarını taşıyan bir alt kriterdir. Tedarikçinin, işletmenin satın almak istediği bloklar konusunda bilgi sahibi olması ve bunun hakkında geri bildirim sağlamasıdır. İşletmenin üretimine uygun blokların elde edilmesi halinde tedarikçinin işletmeye bu konuda haber vermesi bir geri bildirim örneği olarak verilebilir. Bu alt kriterle tedarikçilerin bu yetenekleri değerlendirilmeye alınmakta ve karşılaştırılmaktadır.

Müşteri Desteği: Satın alınan bloklar, doğal bir malzeme olması nedeniyle bazen işletmenin isteklerine uygun özelliklere sahip olmayabilir. İşletme tarafından satın

alınırken bu durum görülemeyebilir. Üretim sürecinde karşılaşılan bu tip sorunlarda, tedarikçiden destek gelmesi işletme tarafından beklenmektedir. Örneğin, satın alınan bir bloğun içinde çatlak olması sonucu üretimde kullanılmayan bloğun yerine tedarikçi tarafından yeni bloğun daha düşük fiyata satılması gibi. Bu alt kriterle tedarikçiler bu yönden de değerlendirmeye alınmaktadır.

5.3.4 Firma ana kriteri

Hammadde tedarikçisinin sürekli olması ve müşteri isteklerinin zamanında karşılanabilmesi için tedarikçinin özellikleri büyük önem taşımaktadır. Tedarikçi firmaların büyüklük, kapasite, güvenilirlik ve ulaşılabilirlik açısından değerlendirilmesini sağlayan ana kriterlerdir.

Süreklilik: İstenen özelliklerdeki taşın istenen miktarlarda temin etmek üretimin sürekliliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir. Bu nedenle tedarikçi firmanın kapasitesi işletmenin taleplerini karşılayabilecek büyüklükte olması gerekir. Daha çok süreklilik ile anlatılmak istenen tedarikçi firmanın kapasitesidir (mermer ocağının rezervi). Özellikle, büyük bir sipariş alındığında tedarikçinin sürekliliği büyük önem arz etmektedir. İstenilen anda istenilen miktarda hammadde verebilme kabiliyeti olarak da tanımlanabilir.

Büyüklik: Tedarikçi firmaların büyüklüğü, yine sürekliliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Tedarikçinin, sektörde uzun süredir faaliyette bulunması ve finansal açıdan güçlü olması seçimde göz önünde bulundurulması gerekir.

Güvenilirlik: Bu kriter altında istenilen hammaddeyi zamanında, istenen kalitede ve ödeme koşulları altın teslim etmesi incelenmektedir. Geçmiş tecrübelerden yararlanarak tedarikçilerin belirtilen konularda ne kadar güvenilir olduklarına göre değerlendirilmektedir.

Tedarik edilebilme: Taşıma maliyetlerini düşürmek ve tedarik süresini kısaltmak için işletme tedarikçilerin işletmeye yakın yerlerde bulunmasını istemektedir.

5.4 Uygulanan yöntem

Tedarikçi seçimi problemleri birbirleriyle çelişen birden fazla kriteri içerdiği için ÇKKV problemleri sınıfında yer almaktadır. Problemin çözümünde ÇKKV Yöntemlerinden sıkça kullanılan AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP, kullanım kolaylığı, basitliği ve hem sayısal hem de sayısal olmayan kriterleri dikkate alındığından tedarikçi seçim problemlerinin çözümünde iyi sonuçlar vermesinden dolayı tercih edilmiştir. Fakat klasik AHP’de yer alan gerçek sayılardan oluşan önem ölçeği insan yargılarındaki belirsizliği dikkate almadığı için verilecek karar bundan çok etkilenmektedir (Büyüközkan, 2004). Ayrıca, daha önce açıklandığı gibi klasik AHP yöntemindeki bazı dezavantajlar da sonucu etkilemektedir.

Bu nedenle seçim problemine çözüm bulmak amacıyla bulanık sayılar ve BAHP’de Genişletilmiş Analiz Yöntemi (Chang, 1996) kullanılmıştır. Uygulamalarına sıkça rastlanıldığı için üçgensel bulanık sayılar tercih edilmiştir. Uygulamada öncelikle karar verici, seçenekleri klasik AHP ile değerlendirmiş, yapılan değerlendirmeler daha sonra bulanık verilere dönüştürülmüş ve Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile problem çözülmüştür. Daha sonra karar vericiden seçenekleri ve kriterleri dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi istenmiştir. Dilsel değişkenler daha sonra bulanık sayılara atanmış ve problem Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile tekrar çözülmüştür. Bulunan sonuçlar ise daha sonra karşılaştırılmıştır. Karar vericinin değerlendirmeleri yaparken kullandığı formlar ve yaptığı ikili karşılaştırmalara ait matrisler Ekler bölümünde verilmektedir.

5.5 Klasik AHP ile problemin çözümü

Problemde öncelikle ana kriterlerin karşılaştırmaları ile başlanarak hiyerarşinin alt düzeylerine inilmiştir. Ana kriterlerin ikili karşılaştırması uzman tarafından Çizelge 5.1’de gösterildiği gibi belirtilmiştir. Probleme ilişkin karar verici tarafından doldurulan diğer ikili karşılaştırma matrisleri, Ek 2 ve Ek 3’te verilmiştir.

Çizelge 5.1: Ana kriterler için yapılan ikili karşılaştırma matrisi

| | Ürün | Firma | Servis | Pazar |
|--------|------|-------|--------|-------|
| Ürün | 1 | 5 | 7 | 1/3 |
| Firma | 1/5 | 1 | 3 | 1/5 |
| Servis | 1/7 | 1/3 | 1 | 1/7 |
| Pazar | 3 | 5 | 7 | 1 |

Expert Choice paket programı kullanılarak ana kriterlerin öncelik değerleri sırasıyla (0.311, 0.097, 0.048, 0.544) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi işletmenin tedarikçi seçiminde en önem verdiği kriter, pazar kriteridir. Daha sonra sırasıyla, ürün, tedarikçi firma ve servis olanakları gelmektedir. Ana kriterlere ait öncelik değerleri bulunduktan sonra hiyerarşinin ikinci düzeyinde bulunan alt kriterlerin her birine göre seçeneklerin ikili karşılaştırmaları yapılmış ve her birinin öncelik değerleri Expert Choice paket programı yardımıyla bulunmuştur.

Elde edilen tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları hesaplanmış ve bütün matrislerin tutarlı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde tedarikçiler tüm alt kriterler dikkate alınarak karşılaştırılarak öncelik değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Belirlenen öncelikler birleştirilerek her bir tedarikçinin toplam öncelik değerleri sırasıyla (0.153, 0.199, 0.348, 0.299) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre 0.348 toplam öncelik değeri ile en iyi tedarikçinin C tedarikçisi olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.2: Tüm hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | TO | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler | TO | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|------|---------------------------|---------------------|-------------|-------|------|
| Ürün | 0.311 | Fiyat | 0.547 | 0.05 | Tedarikçi C | 0.574 | 0.09 | | |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.282 | | | |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.092 | | | |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.052 | | | |
| | | Kalite | 0.109 | | | | Tedarikçi D | 0.508 | 0.07 |
| | | | | | | | Tedarikçi B | 0.265 | |
| | | | | | | | Tedarikçi C | 0.152 | |
| | | | | | | | Tedarikçi A | 0.075 | |
| | | Verimlilik | 0.345 | | | | Tedarikçi A | 0.558 | 0.05 |
| | | | | | | | Tedarikçi D | 0.279 | |
| | | | | | | | Tedarikçi B | 0.113 | |
| | | | | | | | Tedarikçi C | 0.050 | |
| Firma | 0.097 | Süreklilik | 0.548 | 0.06 | Tedarikçi C | 0.574 | 0.09 | | |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.282 | | | |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.092 | | | |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.052 | | | |
| | | Büyüklik | 0.117 | | | | Tedarikçi A | 0.544 | 0.09 |
| | | | | | | | Tedarikçi D | 0.311 | |
| | | | | | | | Tedarikçi B | 0.097 | |
| | | | | | | | Tedarikçi C | 0.048 | |
| | | Güvenilirlik | 0.147 | | | | Tedarikçi C | 0.584 | 0.06 |
| | | | | | | | Tedarikçi A | 0.216 | |
| | | | | | | | Tedarikçi B | 0.154 | |
| | | | | | | | Tedarikçi D | 0.046 | |

Çizelge 5.2: Tüm hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri devamı

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | TO | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler | TO |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|----|---------------------------|---------------------|------|
| Firma | 0.097 | Tedarik Edilebilirlik | 0.188 | | Tedarikçi C | 0.643 | 0.09 |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.209 | |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.097 | |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.051 | |
| Pazar | 0.544 | Pazara uygunluk | 0.500 | | Tedarikçi D | 0.560 | 0.08 |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.261 | |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.115 | |
| | | | | | Tedarikçi C | 0.064 | |
| | | Son mamul fiyatı | 0.500 | | Tedarikçi C | 0.537 | 0.09 |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.288 | |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.117 | |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.058 | |
| Servis | 0.048 | Müşteri desteği | 0.500 | | Tedarikçi C | 0.556 | 0.09 |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.259 | |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.136 | |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.049 | |
| | | Takip/izleme | 0.500 | | Tedarikçi C | 0.500 | 0.09 |
| | | | | | Tedarikçi A | 0.277 | |
| | | | | | Tedarikçi B | 0.159 | |
| | | | | | Tedarikçi D | 0.064 | |
| TO | 0.09 | | | | | | |

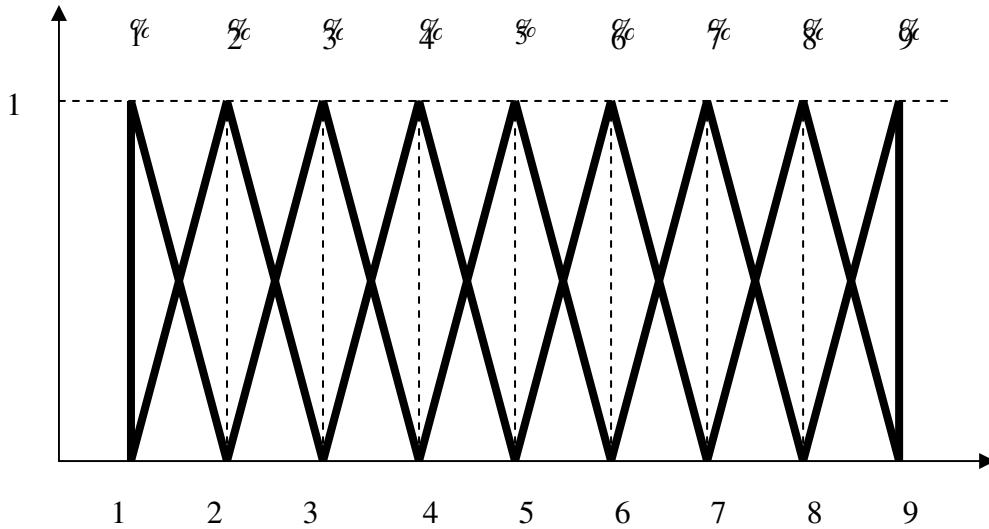
5.6 BAHP ile problemin çözümü

Bu bölümde klasik AHP ile çözülen problemdeki matrisler bulanıklaştırılıp probleme Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile çözüm aranmıştır. Tüm matrislerin tutarlılıkları önceden kontrol edildiği için matrislerin yeniden tutarlılık bakımından kontrol edilmesine gerek yoktur.

Matrislerde yer alan sayılar göre Çizelge 5.3'e göre bulanık hale getirilmiştir. Bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları Şekil 5.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3: Üçgensel bulanık sayı dönüştürme cetveli (Chen 1996)

| | Üçgensel Bulanık Sayı | Üçgensel Bulanık Sayının Tersisi |
|---|-----------------------|----------------------------------|
| 1 | (1, 1, 2) | (1/2, 1, 1) |
| 2 | (1, 2, 3) | (1/3, 1/2, 1) |
| 3 | (2, 3, 4) | (1/4, 1/3, 1/2) |
| 4 | (3, 4, 5) | (1/5, 1/4, 1/3) |
| 5 | (4, 5, 6) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| 6 | (5, 6, 7) | (1/7, 1/6, 1/5) |
| 7 | (6, 7, 8) | (1/8, 1/7, 1/6) |
| 8 | (7, 8, 9) | (1/9, 1/8, 1/7) |
| 9 | (8, 9, 9) | (1/9, 1/9, 1/8) |



Şekil 5.2: Önem derecesini belirten üçgensel bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları
(Chen, 1996)

Çizelge 5.4: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilmiş ikili karşılaştırma matrisi

| | Ürün | Firma | Servis | Pazar |
|---------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| Ürün | $\tilde{1}$ | $\tilde{5}$ | $\tilde{7}$ | $\tilde{3}$ |
| Firma | $(\tilde{5})^{-1}$ | $\tilde{1}$ | $\tilde{3}$ | $(\tilde{5})^{-1}$ |
| Servis | $(\tilde{7})^{-1}$ | $(\tilde{3})^{-1}$ | $\tilde{1}$ | $(\tilde{7})^{-1}$ |
| Pazar | $(\tilde{3})^{-1}$ | $\tilde{5}$ | $\tilde{7}$ | $\tilde{1}$ |

Probleme ilişkin diğer ikili karşılaştırma matrisleri Ek 4'te ve ana kriterlere ait öncelik değerlerinin hesaplanma şekli aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.5: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilmiş ikili karşılaştırma matrisi

| | Ürün | Firma | Servis | Pazar |
|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Ürün | (1, 1, 1) | (4, 5, 6) | (6, 7, 8) | (2, 3, 4) |
| Firma | (1/6, 1/5, 1/4) | (1, 1, 1) | (2, 3, 4) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| Servis | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1, 1, 1) | (1/8, 1/7, 1/6) |
| Pazar | (1/4, 1/3, 1/2) | (4, 5, 6) | (6, 7, 8) | (1, 1, 1) |

Dördüncü bölümde anlatılan Genişletilmiş Analiz Yöntemi'ne göre öncelikle sentez değerlerinin bulunması gereklidir. Ana kriterlere ait sentez değerleri (4-30) no'lu eşitliğe göre şu şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned}
S_{\dot{U}} &= (11.25, 13.33, 15.5) \otimes (1/41.83, 1/35.346, 1/29.083) = (0.269, 0.377, 0.533) \\
S_F &= (3.33, 4.4, 5.5) \otimes (1/41.83, 1/35.346, 1/29.083) = (0.080, 0.124, 0.189) \\
S_S &= (1.5, 1.616, 1.833) \otimes (1/41.83, 1/35.346, 1/29.083) = (0.036, 0.046, 0.063) \\
S_P &= (13, 16, 19) \otimes (1/41.83, 1/35.346, 1/29.083) = (0.311, 0.453, 0.653)
\end{aligned} \tag{5-1}$$

Elde edilen bu değerler (4-34) no'lu eşitlik kullanılarak bulanık sayıların karşılaştırılması yapılır ve

$$\begin{aligned}
V(\dot{U} \geq F) &= 1, \\
V(\dot{U} \geq S) &= 1, \\
V(\dot{U} \geq P) &= 0.746, \\
V(F \geq \dot{U}) &= 0, \\
V(F \geq S) &= 0, \\
V(F \geq P) &= 0, \\
V(S \geq \dot{U}) &= 0, \\
V(S \geq F) &= 0, \\
V(S \geq P) &= 0, \\
V(P \geq \dot{U}) &= 1, \\
S(P \geq F) &= 1, \\
S(P \geq S) &= 1.
\end{aligned} \tag{5-2}$$

değerleri elde edilir. (4-35) no'lu eşitlik uygulanarak öncelik değerleri elde edilir.

$$\begin{aligned}
d'(\dot{U}) &= \min(1, 1, 0.746) = 0.746 \\
d'(F) &= \min(0, 0, 0) = 0 \\
d'(S) &= \min(0, 0, 0) = 0 \\
d'(P) &= \min(1, 1, 1) = 1
\end{aligned} \tag{5-3}$$

Elde edilen öncelik değerleri $W' = (0.746, 0, 0, 1)$ vektörünü oluşturmaktadır. Bu değerlerin normalisasyonu sonucunda ana kriterlere ait öncelik değerleri $(0.427, 0, 0, 0.573)$ şeklinde elde edilir.

Öncelik değerleri incelenecek olursa klasik AHP'de elde edilen öncelik sırasıyla aynı olduğu görülmektedir. Klasik AHP'deki gibi BAHP'de de en önemli kriter pazar kriteri olmakta ve bu kriteri ürün kriteri izlemektedir. Bu sonuçlara bakıldığında firma ve servis kriterlerinin değerlendirmeye alındığı halde öncelik değerlerinin sıfır çıkması

ise şaşırtıcıdır. Tüm hiyerarşi için yapılan hesaplamalar sonucunda birinci, ikinci ve üçüncü düzey karar elemanlarına ait öncelik değerleri Çizelge 5.6'da görülmektedir. Çizelge 5.6'da yer alan değerler birleştirilerek sonuç elde edilir. Buna göre tedarikçilerin sıralanışı ve her bir tedarikçiye ait öncelik değerleri sırasıyla (0.289, 0.098, 0.547, 0.066) şeklindedir. Bu değerlere göre 0.547 öncelik değeri ile C tedarikçisi en iyi tedarikçidir.

Çizelge 5.6: Tüm hiyerarşi için elde edilen öncelik değerleri

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Ürün | 0.427 | Fiyat | 0.563 | Tedarikçi C | 0.736 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.264 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | Kalite | 0 | Tedarikçi D | 0.606 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.329 |
| | | | | Tedarikçi C | 0.065 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | Verimlilik | 0.437 | Tedarikçi A | 0.644 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.356 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi C | 0 |
| Firma | 0 | Süreklilik | 1 | Tedarikçi C | 0.736 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.264 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | Büyüklik | 0 | Tedarikçi A | 0.573 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.427 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi C | 0 |
| | | Güvenilirlik | 0 | Tedarikçi C | 0.899 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.101 |

Çizelge 5.6: Tüm hiyerarşi için elde edilen öncelik değerleri devamı

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Firma | 0 | Güvenilirlik | 0 | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | | | | |
| | | Tedarik Edilebilirlik | 0 | Tedarikçi C | 1 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | | | | |
| Pazar | 0 | Pazara uygunluk | 0.500 | Tedarikçi D | 0.799 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.201 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi C | 0 |
| | | Son mamul fiyatı | 0.500 | Tedarikçi C | 0.573 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.427 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | | |
| Servis | 0.573 | Müşteri desteği | 0.500 | Tedarikçi C | 0.538 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.341 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.121 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | Takip/izleme | 0.500 | Tedarikçi C | 0.752 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.248 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |

5.7 Dilsel değişkenlerle problemin çözümü

Çalışmanın bu kısmında işletmedeki uzmandan tedarikçilerin genel değerlendirmesini dilsel değişkenlerle yapmaları istenmiştir. Dilsel değişkenlerle ikili karşılaştırmaları oluşturmanın daha kolay olacağı düşünüldüğü için uygulamada bu

değişkenlere de yer verilmiş ve sonucun değişip değişmeyeceği incelenmiştir. Öncelikle işletmedeki uzmandan Ek 6'da gösterilen formu doldurması istenmiştir. Bu formlar doldurulurken uzman, dilsel değişkenleri kullanmıştır. Kullanılan dilsel değişkenler daha sonra bulanık sayılara atanmıştır (Kahraman ve diğ., 2003). Çizelge 5.7'de dilsel değişkenler ve atandıkları bulanık sayılar görülmektedir. Bir önceki bölümde bulanık sayılar arasındaki aralık 1 olarak alındığı için bu kısımda sonuçlarda değişme olup olmadığını görmek amacıyla bulanık sayılar arasındaki fark 1/2 olarak alınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen matrisler öncelikle 4.7'de anlatıldığı gibi durulaştırılmış ve tutarlılıkları kontrol edilmiştir. Tüm matrislerin yapılan hesaplamalar sonucu tutarlı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.7: Değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık değerler

| | |
|----------------------------|---------------|
| Eşit önemli (EÖ) | (1, 1, 1) |
| Zayıf derecede önemli (ZÖ) | (2/3, 1, 3/2) |
| Güçlü derecede önemli (GÖ) | (3/2, 2, 5/2) |
| Çok önemli (ÇÖ) | (5/2, 3, 7/2) |
| Mutlak önemli (MÖ) | (7/2, 4, 9/2) |

Çizelge 5.8: Ana kriterlere ilişkin dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmalar matrisi

| | Ürün | Firma | Pazar | Servis |
|--------|------|-------|-------|--------|
| Ürün | | GÖ | ZÖ | GÖ |
| Firma | | | | ZÖ |
| Pazar | | GÖ | | GÖ |
| Servis | | | | |

Çizelge 5.9: Ana kriterlerin bulanık sayılarla ifade edilen ikili karşılaştırma matrisi

| | Ürün | Firma | Pazar | Servis |
|--------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Ürün | (1, 1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| Firma | (2/5, 1/2, 2/3) | (1, 1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) |
| Pazar | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1, 1, 1) | (3/2, 2, 5/2) |
| Servis | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (1, 1, 1) |

Ana kriterlere ait öncelik değerlerini bulabilmek için öncelikle sentez değerlerinin elde edilmesi gereklidir. (4-30) no'lu denkleme göre hesaplanan sentez değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
S_{\ddot{U}} &= (4.667, 6, 7.5) \otimes (1/22.668, 1/18, 1/14.268) = (0.206, 0.333, 0.526) \\
S_F &= (2.467, 3, 3.834) \otimes (1/22.668, 1/18, 1/14.268) = (0.109, 0.167, 0.269) \\
S_P &= (4.667, 6, 7.5) \otimes (1/22.668, 1/18, 1/14.268) = (0.206, 0.333, 0.526) \\
S_S &= (2.467, 3, 3.834) \otimes (1/22.668, 1/18, 1/14.268) = (0.109, 0.167, 0.269)
\end{aligned} \tag{5-4}$$

Bu sentez değerlerinden öncelik değerlerini elde edebilmek için ikili karşılaştırmaları gereklidir. Buna göre;

$$\begin{aligned}
V(\ddot{U} \geq F) &= 1, \\
V(\ddot{U} \geq S) &= 1, \\
V(\ddot{U} \geq P) &= 1, \\
V(F \geq \ddot{U}) &= 0.274, \\
V(F \geq S) &= 1, \\
V(F \geq P) &= 0.274, \\
V(S \geq \ddot{U}) &= 0.274, \\
V(S \geq F) &= 1, \\
V(S \geq P) &= 0.274, \\
V(P \geq \ddot{U}) &= 1, \\
V(P \geq F) &= 1, \\
V(P \geq S) &= 1.
\end{aligned} \tag{5-5}$$

$$\begin{aligned}
d'(\ddot{U}) &= \min(1, 1, 1) = 1 \\
d'(F) &= \min(0.274, 0.274, 1) = 0.274 \\
d'(S) &= \min(0.274, 1, 0.274) = 0.274 \\
d'(P) &= \min(1, 1, 1) = 1
\end{aligned} \tag{5-6}$$

Elde edilen öncelik değerleri $W' = (1, 0.274, 0.274, 1)$ vektörünü oluşturmaktadır. Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda ana kriterlere ait öncelik değerleri (0.392, 0.108, 0.108, 0.392) şeklinde elde edilir.

Bu sonuçlara göre işletmenin tedarikçi seçiminde en önem verdiği kriterler ürün ve pazar kriterleridir. Dilsel değişkenlerle yapılan karşılaştırmalar sonucunda firma ve servis kriterlerinin aynı öncelik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Tüm hiyerarşi için yapılan hesaplamalar sonucunda birinci, ikinci ve üçüncü düzey karar elemanlarına

ait öncelik değerleri Çizelge 5.10'de görülmektedir. Çizelge 5.10'da yer alan değerler birleştirilerek sonuç elde edilir. Buna göre tedarikçilerin sıralanışı ve her bir tedarikçiye ait öncelik değerleri sırasıyla (0.150, 0.260, 0.330, 0.260) şeklinde bulunmuştur. Dilsel değişkenlere göre yapılan ikili karşılaştırmalara göre en iyi tedarikçi 0.330 öncelik değeri ile C tedarikçisidir.

Çizelge 5.10: Tüm hiyerarşi için öncelik değerleri

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|-------------|-------|
| Ürün | 0.392 | Fiyat | 0.470 | Tedarikçi C | 0.605 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.395 | | |
| | | | | Tedarikçi D | 0 | | |
| | | | | Tedarikçi A | 0 | | |
| | | Kalite | 0.060 | Tedarikçi D | 0.517 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.272 | | |
| | | | | Tedarikçi C | 0.157 | | |
| | | | | Tedarikçi A | 0.054 | | |
| | | Verimlilik | 0.470 | Tedarikçi A | 0.479 | | |
| | | | | Tedarikçi D | 0.395 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.126 | | |
| | | | | Tedarikçi A | 0 | | |
| | | Firma | 0.108 | Süreklilik | 0.655 | Tedarikçi C | 0.605 |
| | | | | | | Tedarikçi B | 0.395 |
| | | | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | | | Tedarikçi D | 0 |
| Büyüklik | 0.008 | | | Tedarikçi A | 0.495 | | |
| | | | | Tedarikçi D | 0.495 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.010 | | |
| | | | | Tedarikçi C | 0 | | |
| Güvenilirlik | 0.080 | | | Tedarikçi C | 0.610 | | |
| | | | | Tedarikçi A | 0.195 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.195 | | |
| | | | | Tedarikçi D | 0 | | |
| Tedarik Edilebilirlik | 0.260 | | | Tedarikçi C | 0.864 | | |
| | | | | Tedarikçi B | 0.136 | | |

Çizelge 5.10: Tüm hiyerarşi için öncelik değerleri devamı

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Firma | 0.108 | Tedarik Edilebilirlik | 0.260 | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | | Tedarikçi D |
| Pazar | 0.392 | Pazara uygunluk | 0.500 | Tedarikçi D | 0.512 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.332 |
| | | | | Tedarikçi C | 0.115 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.041 |
| | | Son mamul fiyatı | 0.500 | Tedarikçi C | 0.378 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.379 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.177 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.066 |
| Servis | 0.108 | Müşteri desteği | 0.500 | Tedarikçi C | 0.470 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.300 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.230 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | Takip/izleme | 0.500 | Tedarikçi C | 0.381 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.310 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.310 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |

5.8 Alınan bir siparişe göre tedarikçi seçimi

Bu kısımda, yukarıda genel olarak tedarikçi değerlendirilmesi yapılan işletmenin aldığı bir sipariş için hammadde alınacak tedarikçinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. İşletme, 45.7×45.7 dolgulu-honlu klasik traverten ürünü üretebilmek için hangi tedarikçiyle çalışacağına karar verememektedir. Sektörde yukarıda da bahsedilen tedarikçi seçim zorlukları ve hammaddenin işlenmesinden sonra ortaya çıkan fire, yan

ölçüler ve yan renk oranları işletmenin bu konudaki kararını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu problemde söz konusu olan ürünün hammaddesinin hangi tedarikçiden alınması gerektiği belirlenmiştir. Problemde ele alınan kriterler “Maliyet, Ürün ve Firma” olmak üzere üç ana başlık altında toplanmıştır. Genel tedarikçi değerlendirilmesi yapılırken ele alınan kriterler bir ürün bazında seçim yapılacağı için daha detaylı olarak problem hiyerarşisinde yer almıştır. Problemin hiyerarşisi Şekil 5.3'te görülmektedir. Problemde ürün ana kriteri altındaki alt kriterler farklılık gösterdiği için bu alt kriterler aşağıda açıklanmıştır. Bu problemde, ürün ana kriteri satın alınan hammaddelerin üretim ve son mamul haline geldikten sonraki davranışlarıyla ilgilidir.

Fire oranı: Mermer ocaklarından gelen hammaddeler üretime girebilecek hale sokulduktan sonra istenen boyutlara ve şekle getirilmesi sırasında bir kısım hammaddenin kaybolduğu gözlenmektedir. Aynı zamanda üretim taş firesi, üretim sürecinde kırılmalar, parçalanmalar yoluyla kullanılamayan taşların yüzde oranını ifade etmektedir. İşletme, fire oranı en düşük olan hammaddelerle çalışmak istemektedir.

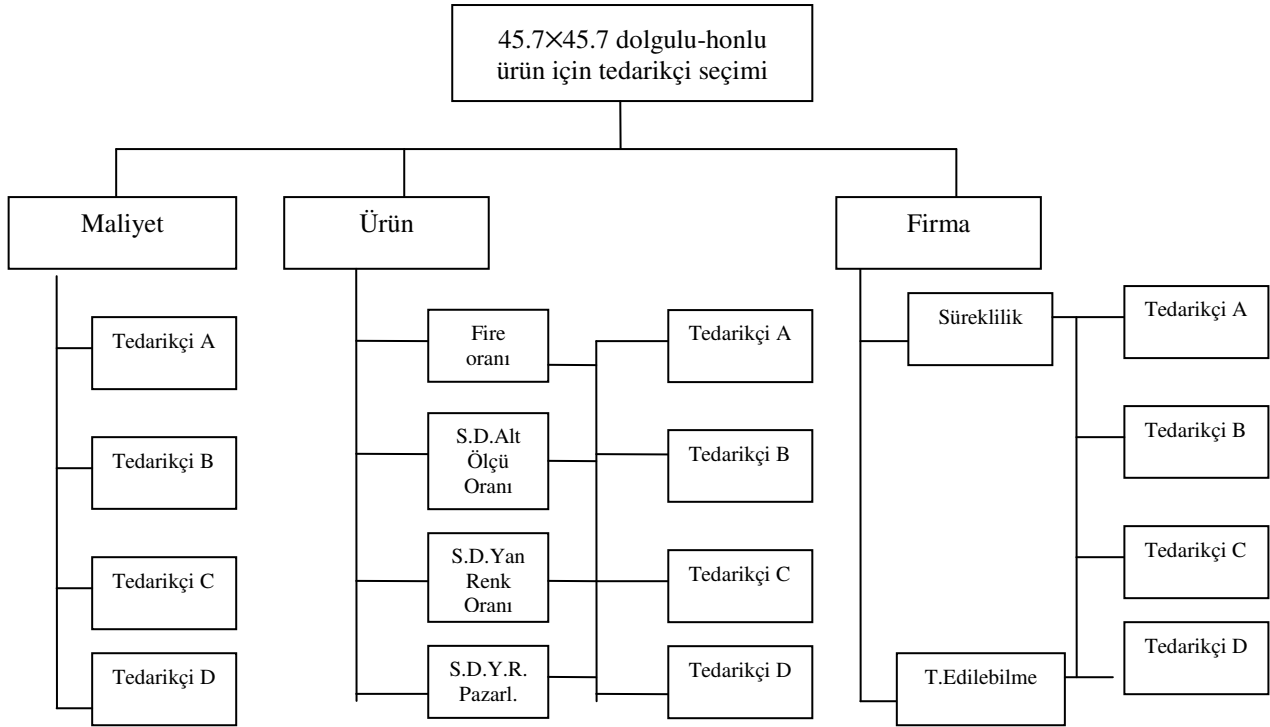
Sipariş dışı çıkan alt ölçü oranı: Üretim sırasında yer alan işlemler, taşlarda birtakım şekil değişikliklerine neden olabilmektedir. Örneğin taşların kenarı kırılmakta veya taşın yapısında olan çatlaklar nedeniyle taşın o ölçüde müşteriye gönderilmemesi tercih edilmemektedir. Bu nedenle taşlar, bir alt ölçüye getirilmekte ve bu ölçülerde işlemlere devam edilmektedir. Örneğin, 45.7×45.7 ölçülerinde bir ürünün üretimi sırasında 40.6×40.6 ve 30.5×30.5 ölçülerinde ürünler elde edilebilmektedir. Bu kriterle de geçmiş tecrübeler göz önünde bulundurularak, tedarikçilerden alınan hammaddelerden ortaya çıkabilecek alt ölçü oranları karşılaştırılmaktadır.

Sipariş dışı çıkan yan renk oranı: Doğal hammaddelerle çalışıldığı için alt ölçüler haricinde üretim sırasında farklı renklerle taşlar elde etmek mümkün olmaktadır. Bu elde edilen sipariş dışı ürünler, üretimi yavaşlatmaktadır.

Sipariş dışı çıkan yan renk pazarlanabilirliği: Sipariş dışı çıkan yan renklerin pazarlanabilirliği de tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçiminde kullanılacak bir kriterdir. Ortaya çıkan yan renklerin de pazarda talep edilen ürünler olması işletme

açısından iyi olacaktır. Aksi halde işletmenin elinde çok fazla stok oluşacak bu da stok maliyetlerine yol açacaktır. Bu nedenle işletme yan renk oranı en düşük veya ortaya çıkan yan renk pazarlanabilirliği yüksek hammaddeleri satın alabileceği tedarikçilerle çalışmayı her zaman tercih edecektir.

Problemin çözümünde karar vericiye olan bağımlılığı azaltmak amacıyla BAHP ve ikili karşılaştırmalardaki kullanım kolaylığı sebebiyle dilsel değişkenler kullanılmıştır. Üç ana kriter bazında işletmedeki uzmanın yaptığı ikili karşılaştırmalar Çizelge 5.11’de görülmektedir.



Şekil 5.3: 45.7x45.7 dolgu-horlu ürün tedarikçi seçimi problemi hiyerarşik yapısı

Çizelge 5.11: Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların dilsel değişkenlerle ifade edilmesi

| | Maliyet | Ürün | Firma |
|---------|---------|------|-------|
| Maliyet | | ZÖ | GÖ |
| Ürün | | | GÖ |
| Firma | | | |

Elde edilen dilsel değişkenler daha sonra Çizelge 5.7'e göre bulanık sayılara atanmıştır. İkili karşılaştırmaların bulanık sayılarla ifade edilmiş hali Çizelge 5.12'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.12: Ana kriterler arasındaki ikili karşılaştırmaların bulanık sayılarla ifade edilmesi

| | Maliyet | Ürün | Firma |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Maliyet | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| Ürün | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | (3/2, 2, 5/2) |
| Firma | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/5, 1/2, 2/3) | (1, 1, 1) |

Ana kriterlere ait öncelik değerlerini bulabilmek için öncelikle sentez değerlerinin elde edilmesi gereklidir. (4-30) no'lu denkleme göre hesaplanan sentez değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 S_M &= (3.667, 4, 5) \otimes (1/12.33, 1/10, 1/8.13) = (0.257, 0.400, 0.615) \\
 S_U &= (3.667, 4, 5) \otimes (1/12.33, 1/10, 1/8.13) = (0.257, 0.400, 0.615) \\
 S_F &= (1.8, 2, 2.33) \otimes (1/12.33, 1/10, 1/8.13) = (0.146, 0.200, 0.287)
 \end{aligned} \tag{5-7}$$

Bu sentez değerlerinden öncelik değerlerini elde edebilmek için ikili karşılaştırmaları gereklidir. Buna göre;

$$\begin{aligned}
 V(\ddot{U} \geq M) &= 1, \\
 V(\ddot{U} \geq F) &= 1, \\
 V(F \geq \ddot{U}) &= 0.131, \\
 V(F \geq M) &= 0.131, \\
 V(M \geq F) &= 1, \\
 V(M \geq \ddot{U}) &= 1.
 \end{aligned} \tag{5-8}$$

$$\begin{aligned}
 d'(\ddot{U}) &= \min(1, 1) = 1 \\
 d'(F) &= \min(0.131, 0.131) = 0.131 \\
 d'(M) &= \min(1, 1) = 1
 \end{aligned} \tag{5-9}$$

Elde edilen öncelik değerleri $W' = (1, 0.131, 1)$ vektörünü oluşturmaktadır. Bu değerlerin normalisasyonu sonucunda ana kriterlere ait öncelik değerleri (0.469, 0.061,

0.469) şeklinde elde edilir. Bu sonuçlara bakıldığında işletmenin, 45.7×45.7 dolgulu-honlu klasik traverten ürününün hammadde tedarikçileri arasında seçim yaparken maliyet ve ürüne çok önem verdikleri saptanmıştır.

Tüm hiyerarşi için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen birinci, ikinci ve üçüncü düzey karar elemanlarına ait Çizelge 5.13'te yer alan öncelik değerleri birleştirilerek sonuç elde edilir. Buna göre tedarikçilerin sıralanışı ve her bir tedarikçiye ait öncelik değerleri sırasıyla (0.161, 0.294, 0.400, 0.145) şeklindedir. Dilsel değişkenlere göre yapılan ikili karşılaştırmalara göre en iyi tedarikçi, 0.400 öncelik değeri ile C tedarikçisidir.

Çizelge 5.13: 45,7×45,7 dolgulu-honlu ürünün tedarikçi seçimi probleminde tüm hiyerarşide yer alan karar elemanlarının öncelik değerleri

| En iyi tedarikçi seçimi | 1. Düzey Öncelikler | 2. Düzey Karar Elemanları | 2. Düzey Öncelikler | 3. Düzey Karar Elemanları | 3. Düzey Öncelikler |
|-------------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Ürün | 0.469 | Fire Oranı | 0.316 | Tedarikçi A | 0.566 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.434 |
| | | | | Tedarikçi C | 0 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| | | Sipariş dışı çıkan alt ölçü oranı | 0.247 | Tedarikçi A | 0.379 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.243 |
| | | | | Tedarikçi C | 0.189 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.189 |
| | | Sipariş dışı çıkan yan renk oranı | 0.200 | Tedarikçi C | 0.351 |
| | | | | Tedarikçi A | 0.351 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.248 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.050 |
| | | Sipariş dışı çıkan yan renk pazarlanabilirliği | 0.237 | Tedarikçi B | 0.427 |
| | | | | Tedarikçi D | 0.427 |
| | | | | Tedarikçi C | 0.146 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| Firma | 0.062 | Süreklilik | 0.500 | Tedarikçi C | 0.605 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.395 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |
| | | T.edilebilirlik | 0.500 | Tedarikçi C | 0.864 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.136 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi B | 0 |
| Maliyet | 0.469 | | | Tedarikçi C | 0.605 |
| | | | | Tedarikçi B | 0.395 |
| | | | | Tedarikçi A | 0 |
| | | | | Tedarikçi D | 0 |

5.9 Yöntemlerden elde edilen sonuçlar

Çalışmada yer alan problem, ilk önce klasik AHP ile çözülmüş ve sonuçta mevcut tedarikçiler içinde en iyisinin C tedarikçisi olduğu görülmüştür. C tedarikçisini sırasıyla D, B ve A tedarikçileri izlemiştir.

Bir sonraki bölümde ise klasik AHP ile elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinde yer alan gerçek sayılar bulanık sayılara dönüştürülmüş, problem BAHP’de kullanılan bir yöntem olan Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre en iyi tedarikçi C tedarikçisi olmuştur. C tedarikçisini sırasıyla A, B ve D tedarikçileri izlemiştir.

İkili karşılaştırmaları yaparken dilsel değişkenler kullanarak karşılaştırma yapmak daha kolay olacağı düşüncesiyle problemde yer alan karar elemanlarının ikili karşılaştırmaları, işletmedeki uzman tarafından dilsel değişkenler kullanılarak yapılmış ve karar problemi tekrar Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile çözülmüştür. Dilsel değişkenleri kullanarak elde edilen karşılaştırmalar sonucu C tedarikçisi yine en iyi tedarikçisi olurken C tedarikçisini B, D ve A tedarikçileri izlemiştir.

Çizelge 5.14: Genel değerlendirmede elde edilen sonuçlar

| Tedarikçiler | Klasik AHP | BAHP | Dilsel değişkenler kullanılarak elde edilen çözüm |
|---------------------|-------------------|-------------|--|
| A | 0,153 | 0,289 | 0,145 |
| B | 0,199 | 0,098 | 0,265 |
| C | 0,348 | 0,547 | 0,330 |
| D | 0,299 | 0,066 | 0,260 |

Yapılan tüm ikili karşılaştırmalar ve hesaplar sonucunda en iyi tedarikçinin C tedarikçisi olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, işletmedeki uzman tarafından dilsel değişkenler kullanılarak ikili karşılaştırma yapmanın daha kolay olduğu belirtilmiştir.

SipariŖe göre tedarikçi seçim problemine bakıldığında ise iŖletmedeki uzmanın, dilsel deđiŖkenlerle karŖılaŖtırma yapmanın daha kolay olduğunu söylenmesi üzerine bu deđiŖkenler kullanılarak çözüme ulaŖılmıŖtır. BAHF ve dilsel deđiŖkenler yardımıyla söz konusu sipariŖ için en uygun tedarikçinin yine C tedarikçisi olduğu sonucu ortaya ıkmıŖtır.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1 Sonuç

Tez çalışmasında, bir mermer-traverten işletmesi için uzun süreli tedarikçi ilişkilerinin kurulmasında dikkat edilmesi gereken kriterler göz önünde bulundurularak, genel olarak tedarikçi seçim problemi daha sonra, gelen bir sipariş için özel kriterler belirlenerek, bu sipariş için tedarikçi seçim problemi incelenmiştir.

Çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi karar verme aracı olarak kullanılmış, klasik AHP'nin bünyesinde yer alan bazı kısıtlamaları ortadan kaldırmak, sonucu karar vericiden bağımsız kılabilmek amacıyla bulanık sayılar ile BAHP kullanılmıştır.

Çizelge 5.14'te yer alan sonuçlar incelendiğinde klasik AHP'deki ikili karşılaştırmalarda yer alan gerçek sayıların bulanık sayılara dönüştürülmesiyle elde edilen çözümün diğer çözümlere göre daha açık bir sonuç verdiği görülmektedir. Böyle bir sonuç elde edilmesinin, bulanık sayı aralık değerinin 1 olarak alınması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Dilsel değişkenlerle yapılan ikili karşılaştırmalar daha sonra bulanık sayılara atanırken sayı aralık değeri 1/2 olarak alınmıştır. Bulanık sayı aralığının büyük olması, bulanıklığın artmasına sebep olduğu için bazı verilerin kaybolmasına ve öncelik değerlerinin daha büyük çıkmasına, bulanık sayılar arasındaki aralık değerinin küçük olması, bulanıklığın azalmasına dolayısıyla da tedarikçiler arasındaki farkın az çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde mevcut tedarikçileri değerlendirmede AHP'nin iyi bir yöntem olduğu ancak klasik AHP'nin karar vericiye çok bağımlı olması nedeniyle dilsel değişkenler kullanılarak elde edilen BAHP çözümünün daha açık ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Fakat yine de BAHP ile elde edilen sonuçların da en iyi tedarikçinin C tedarikçisi olduğunu garanti etmesi beklenemez.

İşletmeler için stratejik öneme sahip olan tedarikçi seçimi problemlerinde tedarikçiler değerlendirilirken ve seçimi yapılırken pek çok kriterin dikkate alınması gereklidir. Bu kriterler, sayısal verilerle ifade edilebildiği gibi sayısal verilerle ifade edilemeyen kriterler de olabilir. Bu kriterlerin “İyi”, “Daha iyi” gibi dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmesi daha pratik ve doğru sonuçlar verirken, karar vericinin de karşılaştırmaları daha kolay yapmasını sağlamaktadır. Özetle, BAHP'nin mevcut tedarikçileri değerlendirme ve seçme aşamasında iyi sonuçlar verebileceği rahatlıkla söylenebilir.

Tezin çalışmasının hem akademik hem de sektörel bazda önemli katkılar sağladığı düşünülmektedir. Çalışma, tedarikçi seçimi problemini açıklayıp, bu probleme uygun bir çözüm yolu önermesi açısından bu konuda çalışmak isteyen araştırmacılar için bir yol gösterici niteliği taşımaktadır. Tamamen tecrübe ve sezgilere dayanarak yapılan tedarikçi seçimine bilimsel bir yöntem altında çözüm bulunmaya çalışılması ile sektöre de önemli bir katkıda bulunulduğu düşünülmektedir.

6.2 Öneriler

Karar vermenin zor olması, karar vericinin karşısında birden fazla seçeneğin olması ve bu seçeneklerden her birinin karar vericiye farklı katkılarının olmasından kaynaklanmaktadır. Zor olan karar verme sürecinde verilecek kararın sağlıklı ve doğru bir karar olabilmesi için problemde tüm seçeneklerin ve değerlendirme kriterlerinin yer alması gerekmektedir. Bu nedenle, karar problemlerinin konusunda uzman kişiler eşliğinde değerlendirilmesi ve problemlere çözüm aranması gerekmektedir. Karar verme problemlerinde birden fazla kriteri ve seçeneği dikkate alan pek çok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri de literatürde çok fazla uygulama alanına sahip olan AHP'dir. Tez çalışmasında da bir mermer-traverten işletmesinin tedarikçileri değerlendirilip içlerinden en iyisi AHP yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

Tedarikçileri değerlendirme ve seçme aşamalarında pek çok farklı yöntem kullanılabilir. Üstünlük yöntemlerinden ELECTRE, ideal çözümden en yakın uzaklığa dayanan TOPSIS ve mevcut tedarikçilerin etkinliklerini bulmak amacıyla

kullanılan Veri Zarflama Analizi bu yöntemler arasındadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu yöntemlerin sonuçları bulanık ortamda incelenip, elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir. AHP, kriterler ve seçenekler arasındaki etkileşimi dikkate almayan bir yöntemdir. Halbuki tedarikçi seçimi problemlerinde birbirini etkileyen kriterler de mevcuttur. Bu nedenle problem kriterler ve seçenekler arasındaki etkileşimi dikkate alan Analitik Serim Süreci (ANP) yöntemi kullanılarak çözülebilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir.

Çalışmada kullanılan Genişletilmiş Analiz Yönteminin uygulamada karşılaşılan eksikliği bulunmaktadır. Bu yönetime göre, hiyerarşide yer alan bazı karar elemanlarının öncelik değerleri sıfır çıkabilmektedir. Bu da yöntemin büyük bir dezavantajıdır. Bu nedenle, ileriki çalışmalarda bulanık mantığın daha çok irdelenmesiyle yöntemin bu eksikliği giderilebilir.

KAYNAKLAR

- Albino, V., Garavelli, A.C., A neural network application to subcontractor rating in construction firms, *International Journal of Project Management*, Volume 16, p. 9-14, 1998.
- Altınöz, C., *Supplier Selection in Textiles: A Fuzzy Approach*, Graduate Faculty of North Carolina State University, Doctor of Philosophy, 163 s., 2001.
- Artuç, A., *Askeri Telsiz Sistemlerinin Performansının Bulanık Karar Ortamında Değerlendirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 116 s., 2001.
- Atsan N., Kuruüzüm A., *Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları*, Akdeniz İ.İ.B.F.Dergisi (1), s. 83-105, 2001.
- Barbasoğlu, G., Yazgaç, T., *An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem*, *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, p. 14-21, 1997.
- Bayraktar, D., Vural, M., Altuntaş, B.M., *Tedarikçi Değerlendirme ve Seçimi İçin Bir Uzman Sistem Yaklaşımı*, IV. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Konya, s. 585-591, 2004.
- Bhutta, K. S., Huq, F., *Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches*, *Supply Chain Management*, Volume 7, p. 126-135, 2002.

- Boer, de L., Wegen, van der L., Telgen J., Outranking methods in support of supplier selection, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 4, p. 109–118, 1998.
- Boer, de L., Labro, E., Morlacchi, P., A review of methods supporting supplier selection, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 7, p. 75–89, 2001.
- Boer, de L., Wegen, van der L.L.M., Practice and promise of formal supplier selection: a study of four empirical cases, *Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 9, p. 109–118, 2003.
- Bozdağ, C., Kahraman, C., Ruan, D., Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems, *Computers in Industry*, Volume 51, p. 13-29, 2003.
- Büyüközkan, G., Multi-criteria decision making for e-market selection, *Internet Research*, Volume 14, p. 139-154, 2004.
- Chang, D.Y., Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, Volume 95, No. 3, p. 649-655, 1996.
- Cheng, C.H., Mon, D.L., Evaluating weapon system by Analytical Hierarchy Process based on fuzzy scales, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 63, p. 1-10, 1994.
- Cheng, C.H., Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function, *European Journal of Operational Research*, Volume 96, p. 343-350, 1996.
- Cheng, C.H., Yang, K.L., Hwang, C.H. Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight, *European Journal of Operational Research*, Volume 116, p. 423-435, 1999.

- Chen, S.M., Evaluating Weapon Systems using fuzzy arithmetic operations, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 77, p. 265-276, 1996.
- Çebi, F., Bayraktar, D., An Integrated Approach for Supplier Selection, *Logistics Information Management*, Volume 16, p. 395-400, 2003.
- Dağdeviren, M., Eren, T., Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, *Gazi Üniversitesi Mim.Muh.Fak.Dergisi*, 16C, s. 41-52, 2001.
- Deng, H., Multi criteria analysis with pairwise comparison, *International Journal of Approximate Reasoning*, Volume 21, p. 215-231, 1999.
- Dickson, G.W., An Analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing*, Volume 2, p. 5-17, 1966.
- Doğan, İ., Şahin, U., Supplier selection using activity-based costing and fuzzy present worth techniques, *Logistics Information Management*, Volume 16, p. 420-426, 2003.
- Enea, M., Piazza, T., Project Selection by Constrained Fuzzy AHP, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, Volume 3, p 39-62, 2004.
- Engelkiran, M., Fuzzy Çoklu Kriterlere Göre Karar Vermenin İnsan Kaynaklarına Uygulaması, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 91 s., 2001.
- Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *International Journal of Production Economics*, Volume 56-57, p 199-212, 1998.

- Göğüş, M., Fuzzy Multi-Criteria Decision Making, Graduate Program in University of New Jersey , Doctor of Philosophy, 349 p., 1997.
- Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R., Melnyk, S. A., Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Volume 141, p. 70–87, 2002.
- Holt, G. D., Which contractor selection methodology?, *International Journal of Project Management* , Volume 16, p. 153-164, 1998.
- Humphreys, P.K., Wong, Y.K., Chan, F.T.S., Integrating environmental criteria into the supplier selection process, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 138, p. 349-356, 2003.
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Ulukan Z., Multi-criteria supplier selection using Fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, Volume 16, p. 382-394, 2003.
- Kahraman, C., Ruan, D., Doğan, İ., Fuzzy group decision-making for facility location selection, *Information Sciences*, Volume 157, p. 135-153, 2003.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., Multi-attribute of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, Volume 87, p. 171-184, 2004.
- Karpak, B., Kumcu, E., Kasuganti, R., An Application of Visual Interactive Goal Programming: A Case in Vendor Selection Decisions, *Journal of Multi-Criteria Analysis*, Volume 8, p. 93-105, 1999.
- Kulak, O. ve Kahraman, C., Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach, *International Journal of Production Economics*, Volume 95, p. 415-424, 2004.

- Kulak, O. ve Kahraman, C., Fuzzy Multi-Attribute Transportation Company Selection Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process, *Information Sciences*, Volume 170, p. 191-210, 2005.
- Kuo, R.J., Kao, S.C., Chi, A. A Decision Support System for locating Convenience Store through Fuzzy AHP, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 37, p. 323-326, 1997.
- Kwong, C.K., Bai, H., Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with an extent analysis approach, *IIE Transactions*, Volume 35, p. 619-626, 2003.
- Laarhoven, P.J.M., Pedrycz, W. A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory, *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 11, p. 229-241, 1983.
- Leenders, M. R., Fearon, H. E., *Purchasing and Supply Management (11th Edition)*, McGraw Hill Co., New York, p.669, 2000.
- Mandal, A., Deshmukh, S.G., Vendor Selection Using Interpretive Structural Modelling (ISM), *International Journal of Operations & Production Management*, Volume 14, p. 52-59, 1994.
- Mızrak, P., Supplier Selection Problem- An Application of Goal Programming In A Firm, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 126 s., 2003.
- Min, H., International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Volume 24, p. 24-33, 1994.
- Muralidharan, C., Anantharaman, N., Deshmukh, S.G, Vendor rating in purchasing scenario: A confidence interval approach, *International Journal of Operations & Production Management*, Volume 21, p. 1305-1325, 2001.

Narasimhan, R., An Analytical Approach to Supplier Selection , Journal of Purchasing and Materials, Volume 19, No:1, p. 27-32, 1983.

Öz, E., Baykoç, Ö.F., Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı, Gazi Üniversitesi Mim.Muh.Fak.Dergisi, 19C, s. 275-286, 2004.

Ross, T.J., Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill Inc., ISBN 0-07-053917-0, 600 s., 1995.

Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.

Saaty, T.L., Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, Management Science, Volume 32, p. 841-855, 1986.

Saaty, T.L., How to make A Decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, Volume 48, p. 9-26, 1990.

Saaty, T.L., How to make A Decision: The Analytic Hierarchy Process, Interfaces, Volume 24-6, November-December, p. 19-43, 1994.

Sağır Özdemir, M., AHP Kullanılarak Performans Değerlendirme Sistemi Tasarımı, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Haziran, No:2: s. 2-11, 2002.

Sağır Özdemir, M., Karmaşık Ortamlarda Karar Verme: Analitik Hiyerarşi ve Serim Süreçleri, IV. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı Bildiriler Kitabı, Denizli, s. 205-213, 2003.

Shamsuzzaman, M., Ullah, Sharif, A.M.M., Bohez, Erik, L.J., Applying linguistic criteria in FMS Selection fuzzy-set-AHP approach, Integrated Manufacturing Systems, Volume 14, No 3, p. 247- 254, 2003.

- Şen, Z., Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri (1.Basım), Bilge Kültür Sanat Yayınları 172 s., İstanbul, 2001.
- Uncu, S., Customized International Investment Decisions: An Exploration into the Textile and Apparel Decision Making Process, Graduate Faculty of North Carolina State University, Degree of Doctor of Philosophy, North Carolina State, p. 245, 2003.
- Vaidya, O.S., Kumar, S., Analytic hierarchy process: An Overview of Applications, European Journal of Operational Research, Article In Press, 2004.
- Vargas, Luis G., An Overview of the AHP& Its Applications, European Journal of Operational Research, Volume 48, p. 2-8, 1990.
- Verma, R., Pullman, E.M., Omega, International Journal of Management Science, Volume 26, No 6, p. 739-750, 1998.
- Yager, R.R., Fuzzy Decision making including unequal objectives, Fuzzy Sets and Systems, Volume 1, p. 87-95, 1978.
- Yang, Z.Y., Chen, Y.H., Sze, W.S., Using AHP and fuzzy sets to determine the build orientation in layer-based machining, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Volume 16, p. 398-408, 2003.
- Wang, G., Product-Enabled and evaluation of Manufacturing Supply Chain: An Integrated Multi-Criteria Decision-Based Methodology, The University of Toledo, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering, p. 173., 2001.
- Wang, G., Huangb S.H., Dismukes J.P., Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology, International Journal of Production Economics, Volume 91, p. 1-15, 2004.

Wu, F.G., Lee, Y.J., Lin, M.C., Using the fuzzy analytic hierarchy process on optimum spatial allocation, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 33, p. 553-569, 2004.

Zadeh, L. 1965, Fuzzy Sets, *Information Control*, Volume 8, p. 338-353, 1965.

Zhu, K.J, Jing, Y., Chang, D.Y., A Discussion on Extent Analysis Method and applications of Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, Volume 116, p. 450-456, 1999.

EKLER

Ek 1: İkinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) ikili karşılaştırmaları

Bu matriste ürün, pazar, servis ve firma ana kriterlerinin alt kriterlerinin önem derecelerinin bulunabilmesi için birbirleri ile karşılaştırmalar yapılacaktır. İkili karşılaştırmalar yapılırken Çizelge 4.1’de gösterilen ölçek kullanılacaktır. Her bir satırda bulunan kriterin sütunda bulunan kriterden ne kadar iyi olduğu sorusu cevaplanarak kriterlerin birbirlerine üstünlükleri bu ölçek yardımıyla belirlenecektir. Örneğin, satır elemanı sütundakinden biraz daha fazla önemli ise kesişim hüccresine 3, eğer sütundaki eleman satırdakinden biraz daha fazla önemli ise 1/3 yazılacaktır. Satır ve sütun elemanı aynı kriter ise 1 yazılacaktır.

| ÜRÜN | Kalite | Fiyat | Verimlilik |
|-------------------|---------------|--------------|-------------------|
| Kalite | | | |
| Fiyat | | | |
| Verimlilik | | | |

Ek 2: İkinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) ikili karşılaştırmaları

| PAZAR | Pazara uygunluk | Son mamul fiyatı |
|------------------|-----------------|------------------|
| Pazara uygunluk | 1 | 5 |
| Son mamul fiyatı | 1/5 | 1 |

| SERVİS | Müşteri desteği | Takip/izleme |
|-----------------|-----------------|--------------|
| Müşteri desteği | 1 | 1 |
| Takip/izleme | 1 | 1 |

| ÜRÜN | Kalite | Fiyat | Verimlilik |
|------------|--------|-------|------------|
| Kalite | 1 | 1/5 | 1/5 |
| Fiyat | 5 | 1 | 1 |
| Verimlilik | 5 | 1 | 1 |

| FİRMA | Süreklilik | Büyükük | Güvenilirlik | Tedarik Edilebilirlik |
|-----------------------|------------|---------|--------------|-----------------------|
| Süreklilik | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Büyükük | 1/7 | 1 | 1/7 | 1/7 |
| Güvenilirlik | 1 | 7 | 1 | 1 |
| Tedarik Edilebilirlik | 1 | 7 | 1 | 1 |

Ek 3: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları

| KALİTE | A | B | C | D |
|--------|-----|---|---|-----|
| A | 1 | 5 | 3 | 1/5 |
| B | 1/5 | 1 | 1 | 1/7 |
| C | 1/3 | 1 | 1 | 1/5 |
| D | 5 | 7 | 5 | 1 |

| FİYAT | A | B | C | D |
|-------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1/3 | 1/5 | 3 |
| B | 3 | 1 | 1/5 | 5 |
| C | 5 | 5 | 1 | 7 |
| D | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 1 |

| VERİMLİLİK | A | B | C | D |
|------------|-----|-----|---|-----|
| A | 1 | 5 | 7 | 3 |
| B | 1/5 | 1 | 3 | 1/3 |
| C | 1/7 | 1/3 | 1 | 1/5 |
| D | 1/3 | 3 | 5 | 1 |

| SÜREKLİLİK | A | B | C | D |
|------------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1 | 1/7 | 5 |
| B | 1 | 1 | 1/7 | 5 |
| C | 7 | 7 | 1 | 9 |
| D | 1/5 | 1/5 | 1/9 | 1 |

| TEDARİK EDİLEBİLİRLİK | A | B | C | D |
|-----------------------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1 | 1/7 | 3 |
| B | 1 | 1 | 1/3 | 5 |
| C | 7 | 3 | 1 | 7 |
| D | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 1 |

| BÜYÜKLÜK | A | B | C | D |
|----------|-----|-----|---|-----|
| A | 1 | 3 | 7 | 3 |
| B | 1/3 | 1 | 5 | 1 |
| C | 1/7 | 1/5 | 1 | 1/5 |
| D | 1/3 | 1 | 5 | 1 |

| GÜVENİLİRLİK | A | B | C | D |
|--------------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1 | 1/5 | 7 |
| B | 1 | 1 | 1/5 | 7 |
| C | 5 | 5 | 1 | 9 |
| D | 1/7 | 1/7 | 1/9 | 1 |

Ek 3: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları devamı

| SON MAMUL FİYATI | A | B | C | D |
|------------------|---|-----|-----|-----|
| A | 1 | 1/3 | 1/5 | 1/5 |
| B | 3 | 1 | 1/5 | 1/3 |
| C | 5 | 5 | 1 | 3 |
| D | 5 | 3 | 1/3 | 1 |

| PAZARA UYGUNLUK | A | B | C | D |
|-----------------|---|-----|-----|-----|
| A | 1 | 1/5 | 1/3 | 1/7 |
| B | 5 | 1 | 3 | 1/3 |
| C | 3 | 1/3 | 1 | 1/5 |
| D | 7 | 7 | 5 | 1 |

| TAKİP İZLEME | A | B | C | D |
|--------------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1 | 1/5 | 7 |
| B | 1 | 1 | 1/5 | 5 |
| C | 5 | 5 | 1 | 8 |
| D | 1/7 | 1/5 | 1/8 | 1 |

| MÜŞTERİ DESTEĞİ | A | B | C | D |
|-----------------|-----|-----|-----|---|
| A | 1 | 1 | 1/5 | 5 |
| B | 1 | 1 | 1/7 | 5 |
| C | 5 | 7 | 1 | 9 |
| D | 1/5 | 1/5 | 1/9 | 1 |

Ek 4: Ana kriterlere ait ikili karşılaştırmaların bulanık sayılarla ifade edilişi

| PAZAR | Pazara uygunluk | Son mamul fiyatı | SERVİS | Müşteri desteği | Takip/izleme |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Pazara uygunluk | (1, 1, 1) | (4, 5, 6) | Müşteri desteği | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Son mamul fiyatı | (1/6, 1/5, 1/4) | (1, 1, 1) | Takip/izleme | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

| ÜRÜN | Kalite | Fiyat | Verimlilik |
|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Kalite | (1, 1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| Fiyat | (4, 5, 6) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Verimlilik | (4, 5, 6) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

| FİRMA | Süreklilik | Büyükük | Güvenilirlik | Tedarik Edilebilirlik |
|-----------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------------|
| Süreklilik | (1, 1, 1) | (6, 7, 8) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Büyükük | (1/8, 1/7, 1/6) | (1, 1, 1) | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/8, 1/7, 1/6) |
| Güvenilirlik | (1, 1, 1) | (6, 7, 8) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Tedarik Edilebilirlik | (1, 1, 1) | (6, 7, 8) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

Ek 5: Alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrislerinin bulanık sayılarla ifade edilişi

| KALİTE | A | B | C | D |
|---------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (4, 5, 6) | (2, 3, 4) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| B | (1/6, 1/5, 1/4) | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/8, 1/7, 1/6) |
| C | (1/4, 1/3, 1/2) | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| D | (4, 5, 6) | (6, 7, 8) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) |

| FİYAT | A | B | C | D |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | (1,1, 1) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1/6, 1/5, 1/4) | (2, 3, 4) |
| B | (2, 3, 4) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (4, 5, 6) |
| C | (4, 5, 6) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) | (6, 7, 8) |
| D | (1/4, 1/3, 1/2) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/8, 1/7, 1/6) | (1,1, 1) |

| VERİMLİLİK | A | B | C | D |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (4, 5, 6) | (6, 7, 8) | (2, 3, 4) |
| B | (1/6, 1/5, 1/4) | (1,1, 1) | (2, 3, 4) | (1/4, 1/3, 1/2) |
| C | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| D | (1/4, 1/3, 1/2) | (2, 3, 4) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) |

| BÜYÜKLÜK | A | B | C | D |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (2, 3, 4) | (6, 7, 8) | (2, 3, 4) |
| B | (1/4, 1/3, 1/2) | (1,1, 1) | (4, 5, 6) | (1, 1, 1) |
| C | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| D | (1/4, 1/3, 1/2) | (1, 1, 1) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) |

Ek 5: Alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrislerinin bulanık sayılarla ifade edilişi devamı

| GÜVENİLİRLİK | A | B | C | D |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (6, 7, 8) |
| B | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (6, 7, 8) |
| C | (4, 5, 6) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) | (8, 9, 9) |
| D | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/9, 1/9, 1/8) | (1,1, 1) |

| TEDARİK EDİLEBİLİRLİK | A | B | C | D |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/8, 1/7, 1/6) | (2, 3, 4) |
| B | (6, 7, 8) | (1,1, 1) | (1/4, 1/3, 1/2) | (4, 5, 6) |
| C | (6, 7, 8) | (2, 3, 4) | (1,1, 1) | (6, 7, 8) |
| D | (1/4, 1/3, 1/2) | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/8, 1/7, 1/6) | (1,1, 1) |

| PAZARA UYGUNLUK | A | B | C | D |
|------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1/8, 1/7, 1/6) |
| B | (4, 5, 6) | (1,1, 1) | (2, 3, 4) | (1/4, 1/3, 1/2) |
| C | (2, 3, 4) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| D | (6, 7, 8) | (2, 3, 4) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) |

| SON MAMUL FİYATI | A | B | C | D |
|-------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/6, 1/5, 1/4) |
| B | (2, 3, 4) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/4, 1/3, 1/2) |
| C | (4, 5, 6) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) | (2, 3, 4) |
| D | (4, 5, 6) | (2, 3, 4) | (1/4, 1/3, 1/2) | (1,1, 1) |

Ek 5: Alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrislerinin bulanık sayılarla ifade edilişi devamı

| MÜŞTERİ DESTEĞİ | A | B | C | D |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (4, 5, 6) |
| B | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/8, 1/7, 1/6) | (4, 5, 6) |
| C | (4, 5, 6) | (6, 7, 8) | (1,1, 1) | (8, 9, 9) |
| D | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/9, 1/9, 1/8) | (1,1, 1) |

| TAKİP İZLEME | A | B | C | D |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| A | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (6, 7, 8) |
| B | (1,1, 1) | (1,1, 1) | (1/6, 1/5, 1/4) | (4, 5, 6) |
| C | (4, 5, 6) | (4, 5, 6) | (1,1, 1) | (7, 8, 9) |
| D | (1/8, 1/7, 1/6) | (1/6, 1/5, 1/4) | (1/9, 1/8, 1/7) | (1,1, 1) |

Ek 6: İkinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları devamı

| En iyi tedarikçi seçimi | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|------------------|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Pazara uygunluk | | | | | | X | | | | Son mamul fiyatı |

| En iyi tedarikçi seçimi | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|-----------------|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Takip /izleme | | | | | X | | | | | Müşteri desteği |

| FİRMA | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|--------------|--|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|------------------|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Süreklilik | | | X | | | | | | | Büyüklik |
| Süreklilik | | | X | | | | | | | Güvenilirlik |
| Süreklilik | | | X | | | | | | | T. edilebilirlik |
| Büyüklik | | | | | | X | | | | Güvenilirlik |
| Büyüklik | | | | | | | X | | | T. edilebilirlik |
| Güvenilirlik | | | | | X | | | | | T. edilebilirlik |

Ek 6: İkinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları devamı

| En iyi tedarikçi seçimi | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|------------------|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Pazara uygunluk | | | | | | X | | | | Son mamul fiyatı |

Ek 7: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları devamı

| Servis- Takip/İzlem e | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | X | | | | B |
| A | | | | | | X | | | C |
| A | | | X | | | | | | D |
| B | | | | | | X | | | C |
| B | | X | | | | | | | D |
| C | | X | | | | | | | D |

| Servis- Müşteri Destegi | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | X | | | | A |
| A | | | | | | X | | | A |
| A | | | X | | | | | | A |
| B | | | | | | | X | | B |
| B | | | X | | | | | | B |
| C | | X | | | | | | | C |

| Ürün-Kalite | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|-------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | X | A |
| A | | | | X | | | | | A |
| A | | | | | | | X | | A |
| B | | | X | | | | | | B |
| B | | | | | | | X | | B |
| C | | | | | | | X | | C |

| Ürün-Fiyat | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | | | X | | A |
| A | | | | | | | | X | A |
| A | | | | X | | | | | A |
| B | | | | | X | | | | B |
| B | | | X | | | | | | B |
| C | | X | | | | | | | C |

Ek 7: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) dilsel değişkenler kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları devamı

| Pazar-Son m.fiyatı | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | | | | A |
| A | | | | | | | | X | | | A |
| A | | | | | | | | | X | | A |
| B | | | | | | | | X | | | B |
| B | | | | | X | | | | | | B |
| C | | | | X | | | | | | | C |

| Pazar-Pazara Uygunluk | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | X | | | A |
| A | | | | | | | X | | | | A |
| A | | | | | | | | X | | | A |
| B | | | | | X | | | | | | B |
| B | | | | | | X | | | | | B |
| C | | | | | | | | X | | | C |

Ek 8: İkinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) yapılan ikili karşılaştırmalarının bulanık sayılarla ifade edilişi

| PAZAR | Pazara uygunluk | Son mamul fiyatı | SERVİS | Müşteri desteği | Takip/izleme |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Pazara uygunluk | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | Müşteri desteği | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Son mamul fiyatı | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | Takip/izleme | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

| ÜRÜN | Kalite | Fiyat | Verimlilik |
|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Kalite | (1, 1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| Fiyat | (3/2, 2, 5/2) | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) |
| Verimlilik | (3/2, 2, 5/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) |

| FİRMA | Süreklilik | Büyükük | Güvenilirlik | Tedarik Edilebilirlik |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Süreklilik | (1, 1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| Büyükük | (2/5, 1/2, 2/3) | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| Güvenilirlik | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| Tedarik Edilebilirlik | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

Ek 9: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları

| KALİTE | A | B | C | D |
|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| B | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| C | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| D | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) |

| FİYAT | A | B | C | D |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| VERİMLİLİK | A | B | C | D |
|-------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| C | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/7, 1/3, 2/5) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) |

| BÜYÜKLÜK | A | B | C | D |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| C | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/7, 1/3, 2/5) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (5/2, 3, 7/2) | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) |

Ek 9: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları devamı

| GÜVENİLİRLİK | A | B | C | D |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| TEDARİK EDİLEBİLİRLİK | A | B | C | D |
|------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| SÜREKLİLİK | A | B | C | D |
|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

Ek 9: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları devamı

| MÜŞTERİ DESTEĞİ | A | B | C | D |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| TAKİP İZLEME | A | B | C | D |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| PAZARA UYGUNLUK | A | B | C | D |
|------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| B | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| C | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/7, 1/3, 2/5) |
| D | (3/2, 2, 5/2) | (2/3, 1, 3/2) | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) |

| SON MAMUL FİYATI | A | B | C | D |
|-------------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) |
| C | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) |
| D | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) |

Ek 10: Siparişe göre tedarikçi seçim problemine ait ikinci seviye karar elemanlarının (alt kriterlerin) ikili karşılaştırmaları

| ÜRÜN | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|---|---|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Fire oranı | | | | X | | | | | | Sipariş dışı çıkan alt ölçü oranı |
| Fire oranı | | | X | | | | | | | Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon oranı |
| Fire oranı | | | | | X | | | | | Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon pazarlanabilirliği |
| Sipariş dışı çıkan alt ölçü oranı | | | | X | | | | | | Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon oranı |
| Sipariş dışı çıkan alt ölçü oranı | | | | X | | | | | | Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon pazarlanabilirliği |
| Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon oranı | | | | | | X | | | | Sipariş dışı çıkan yan seleksiyon pazarlanabilirliği |

| FİRMA | Bir kriterin diğer kritere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | | |
|------------|---|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| Süreklilik | | | | X | | | | | | Tedarik edilebilirlik |

Ek 11: Siparişe göre tedarikçi seçim problemine ait ikinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları

| Firma-Süreklilik | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|------------------|--|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | X | B |
| A | | | | | | | | X | C |
| A | | | | X | | | | | D |
| B | | | | | X | | | | C |
| B | | X | | | | | | | D |
| C | | X | | | | | | | D |

| Firma-Tedarik Edilebilirlik | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | X | B |
| A | | | | | | | | X | C |
| A | | | | X | | | | | D |
| B | | | | | X | | | | C |
| B | | | X | | | | X | | C |
| B | | | X | | | | | | D |
| C | | X | | | | | | | D |

| Fiyat | Bir kriterin diğer kriterlere göre tercih veya önem derecesi | | | | | | | | |
|-------|--|---------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Kriter | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Kriter |
| A | | | | | | | | X | B |
| A | | | | | | | | X | C |
| A | | | | X | | | | | D |
| B | | | | | X | | | | C |
| B | | | X | | | | | | D |
| C | | X | | | | | | | D |

Ek 11: Siparişe göre tedarikçi seçim problemine ait ikinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmaları devamı

| Kriter | Ürün- Fire Oranı | | | | | | | | | |
|--------|------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | X | | | | | | | B |
| A | | X | | | | | | | | C |
| A | | | | | X | | | | | D |
| B | | | | X | | | | | | C |
| B | | | | | | | X | | | D |
| C | | | | | | | | X | | D |

| Kriter | Ürün- S.D.Ç.Y .S.Oranı | | | | | | | | | |
|--------|------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | | | | X | | | | B |
| A | | | | | | | X | | | C |
| A | | | X | | | | | | | D |
| B | | | | X | | | | | | C |
| B | | | | | X | | | | | D |
| C | | | | | | | X | | | D |

| Kriter | Ürün- S.D.Ç.Alt Ö.Oranı | | | | | | | | | |
|--------|-------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | X | | | | | | | B |
| A | | | | X | | | | | | C |
| A | | | | | X | | | | | D |
| B | | | | | | X | | | | C |
| B | | | | | | | X | | | D |
| C | | | | | | | | X | | D |

| Kriter | Ürün- S.D.Ç.Y.P. Oranı | | | | | | | | | |
|--------|------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|--------|
| | Mutlak önemli | Çok önemli | Güçlü derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Eşit derecede önemli | Zayıf derecede önemli | Güçlü derecede önemli | Çok önemli | Mutlak önemli | Kriter |
| A | | | | | | X | X | | | B |
| A | | | | | | | | X | | C |
| A | | | | | | | | | X | D |
| B | | | X | | | | | | | C |
| B | | | | | X | | | | | D |
| C | | | | | | X | | | | D |

Ek 12: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) yapılan ikili karşılaştırmalarının bulanık sayılarla ifade edilişi

| | | |
|------------------------|-------------------|------------------------|
| FİRMA | Süreklilik | T.Edilebilirlik |
| Süreklilik | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) |
| T.Edilebilirlik | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) |

| | | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| ÜRÜN | Fire Oranı | S.D.Ç.A.O. | S.D.Ç.Y.S.O. | S.D.Ç.Y.S.P. |
| Fire Oranı | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1, 1, 1) |
| S.D.Ç.A.O. | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| S.D.Ç.Y.S.O. | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |
| S.D.Ç.Y.S.P. | (1, 1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (1, 1, 1) | (1, 1, 1) |

Ek 13: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmalarının bulanık sayılarla ifade edilişi

| FİYAT | A | B | C | D |
|-------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| FİRE ORANI | A | B | C | D |
|------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) |
| B | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| C | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) |
| D | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) |

| S.D.Ç.A.Ö.O. | A | B | C | D |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (3/2, 2, 5/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) |
| C | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) |

| S.D.Ç.Y.S.O. | A | B | C | D |
|--------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) |
| C | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) |
| D | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) |

Ek 13: İkinci seviye karar elemanlarında (alt kriterlerde) seçeneklerin (tedarikçilerin) ikili karşılaştırmalarının bulanık sayılarla ifade edilişi devamı

| S.D.Ç.Y.S.P. | A | B | C | D |
|---------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/3, 1, 3/2) | (2/7, 1/3, 2/5) |
| B | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) |
| C | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) |
| D | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) |

| SÜREKLİLİK | A | B | C | D |
|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (5/2, 3, 7/2) | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

| T.EDİLEBİLİRLİK | A | B | C | D |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| A | (1,1, 1) | (2/3, 1, 3/2) | (2/7, 1/3, 2/5) | (2/3, 1, 3/2) |
| B | (2/3, 1, 3/2) | (1,1, 1) | (2/5, 1/2, 2/3) | (3/2, 2, 5/2) |
| C | (5/2, 3, 7/2) | (3/2, 2, 5/2) | (1,1, 1) | (5/2, 3, 7/2) |
| D | (2/3, 1, 3/2) | (2/5, 1/2, 2/3) | (2/7, 1/3, 2/5) | (1,1, 1) |

ÖZGEÇMİŞ

- Adı, Soyadı : Hacer GÜNER
- Ana Adı : Ayşe
- Baba Adı : Arda
- Doğum Yeri ve Tarihi : Çine, 1980.
- Lisans Eğitimi ve Mezuniyet Tarihi : Dokuz Eylül Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2002.
- Çalıştığı Yer : Pamukkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Bildiği Yabancı Dil, Aldığı Belgeler : İngilizce, TOEFL 223, KPDS 79. Almanca.
- Mesleki Etkinlikleri : TMMOB üyeliği.