

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

**YAPAY SİNİR AĞI TEMELLİ BULANIK ANALİTİK
AĞ PROSESİ YAKLAŞIMI İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

DOKTORA TEZİ

Kerim GÖZTEPE

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Semra BORAN

HAZİRAN 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

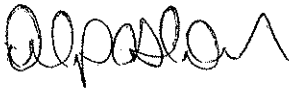
YAPAY SİNİR AĞI TEMELLİ BULANIK ANALİTİK AĞ
PROSESİ YAKLAŞIMI İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

DOKTORA TEZİ

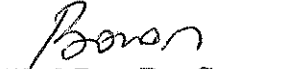
Kerim GÖZTEPE

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez .. / .. /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Alpaslan
FİĞLALI
Jüri Başkanı



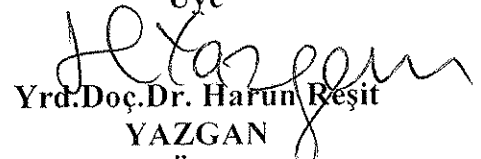
Yrd.Doç.Dr. Semra
BORAN
Üye



Doç.Dr. Cemil
ÖZ
Üye



Yrd.Doç.Dr. Kasım
BAYNAL
Üye



Yrd.Doç.Dr. Harun Reşit
YAZGAN
Üye

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca benden desteğini esirgemeyen ve büyük sabır gösteren eőim Melike'ye, kızım Elife ve aileme, çalıőmalarımı yönlendiren ve değerli zamanını benim için ayıran kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Semra BORAN'a, bu çalışmanın gerçekteőmesi için çaba sarf eden Yrd. Doç. Dr. Harun Reşit YAZGAN'a en içten teőekkürlerimi sunarım.

Kerim GÖZTEPE

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| TEŞEKKÜR..... | ii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... | vi |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | vii |
| TABLolar LİSTESİ..... | viii |
| ÖZET..... | ix |
| SUMMARY..... | x |
| | |
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ..... | 1 |
| | |
| BÖLÜM 2. | |
| LİTERATÜR ÇALIŞMASI..... | 3 |
| 2.1. Tedarikçi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla İlgili Çalışmalar..... | 4 |
| 2.2. Tedarikçi Seçiminde Bulanık Mantık Yaklaşımıyla İlgili Çalışmalar..... | 6 |
| 2.3. Tedarikçi Seçiminde Yapay Sinir Ağları (YSA) Çalışmaları..... | 7 |
| | |
| BÖLÜM 3. | |
| TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİ..... | 10 |
| 3.1. Tedarikçi Seçimi..... | 10 |
| 3.2. Tedarikçi Seçimi Türleri..... | 12 |
| 3.3. Problemin Tanımlanması ve Çalışmanın Amacı..... | 14 |

BÖLÜM 4.

| | |
|--|----|
| ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE YAKLAŞIMLAR..... | 18 |
| 4.1. Analitik Ağ Prosesi..... | 18 |
| 4.2. Bulanık Mantık Kavramı..... | 25 |
| 4.2.1 Bulanık mantık üyelik fonksiyonu..... | 26 |
| 4.2.2. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler..... | 27 |
| 4.3. Bulanık Analitik Ağ ProsesiYöntemi | 28 |
| 4.3.1 Chang'in derece analizi yöntemi..... | 30 |
| 4.4. Yapay Sinir Ağının Tanımı..... | 33 |
| 4.4.1. Yapay sinir ağının özellikleri..... | 33 |
| 4.4.2. Yapay sinir ağının yapısı..... | 35 |
| 4.4.2.1. Aktivasyon fonksiyonu..... | 36 |
| 4.4.2.2. Sigmoid fonksiyonu | 36 |
| 4.4.3. Yapılarına göre ysa çeşitleri..... | 37 |
| 4.4.3.1. İleri beslemeli ağlar | 37 |
| 4.4.3.2. Geri beslemeli ağlar..... | 39 |
| 4.4.4. Yapay sinir ağlarında öğrenme..... | 40 |

BÖLÜM 5.

| | |
|--|----|
| ÖNERİLEN TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ..... | 41 |
| 5.1. Tedarikçi Seçimi Problemi..... | 41 |
| 5.1.1.Ağı oluşturan küme, kriter, alt kriter ve alternatiflerin tanımlanması..... | 43 |
| 5.1.1.1. Genel performans kümesi..... | 47 |
| 5.1.1.2. Tedarikçi özellikleri kümesi | 49 |
| 5.1.1.3.Yönetim kümesi..... | 52 |
| 5.1.2. Ağın tasarlanması..... | 54 |
| 5.1.3.Bulanık ikili karşılaştırmalarda kullanılacak değerlerin belirlenmesi..... | 59 |
| 5.1.4. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması..... | 59 |
| 5.1.5.Bulanık değerlerin hesaplanması ve normalize edilmiş ağırlık vektörünün elde edilmesi..... | 60 |
| 5.1.6. Yapay sinir ağı yaklaşımının modelde uygulanması..... | 62 |

| | |
|---|------------|
| 5.1.7. Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin elde edilmesi | 67 |
| 5.1.8. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin elde edilmesi..... | 68 |
| 5.1.9. Limit süpermatrisin elde edilmesi..... | 69 |
| 5.1.10. Alternatiflerin değerlendirilmesi..... | 70 |
| 5.1.11. Model sonuçlarının doğrulanması..... | 71 |
| 5.1.11.1. Bulanık analitik ağ prosesi ve yapay sinir ağı için hipotez testi..... | 75 |
| | |
| BÖLÜM 6. | |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 78 |
| | |
| KAYNAKLAR..... | 82 |
| EKLER..... | 92 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 115 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|-------------|--|
| AHP | : Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process) |
| AAP (ANP) | : Analitik Ağ Prosesi (Analytic Network Process) |
| BAAP | : Bulanık Analitik Ağ Prosesi |
| YSA (ANN) | : Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network) |
| TOPSIS | : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution |
| x | : Girdi |
| w | : Ağırlık |
| λ | : Sigmoid fonksiyon parametresi |
| d_i | : YSA çıktı değeri |
| O_i | : Gerçek çıktı değeri |
| f | : Transfer fonksiyonu |
| a_{ij} | : A matrisinin i. satır, j. sütun elemanı |
| \tilde{M} | : Bulanık sayı |
| $\mu_A(x)$ | : A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu |
| w' | : Normalize edilmemiş ağırlık vektörü |
| w | : Normalize edilmiş ağırlık vektörü |
| S_i | : Bulanık sentetik derece değeri |
| U | : Hedef kümesi |
| X | : Nesne kümesi |
| \otimes | : Bulanık sayılarda çarpma işlemi |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 4.1. | : AHP ve AAP temel yapısı | 19 |
| Şekil 4.2. | : AAP çözüm safhaları [Saaty (1996)'den adapte edilmiştir]..... | 20 |
| Şekil 4.3. | : İkili karşılaştırma matrisi örneği..... | 23 |
| Şekil 4.4. | : Klasik ve Bulanık mantık (Vrusias,2009)..... | 26 |
| Şekil 4.5. | : Bulanık üçgen sayı (l, m, u)..... | 27 |
| Şekil 4.6. | : Bulanık sayılar (M_1 ve M_2) arasındaki kesişme (d) | 32 |
| Şekil 4.7. | : Yapay Nöron (McCulloch-Pitts,1943)..... | 35 |
| Şekil 4.8. | : Sigmoid(tanh) aktivasyon fonksiyonu..... | 37 |
| Şekil 5.1. | : Modelin akış diyagramı | 43 |
| Şekil 5.2. | : Küme etkileşim yapısı..... | 45 |
| Şekil 5.3. | : Genel performans kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı.... | 57 |
| Şekil 5.4. | : Tedarikçi özellikleri kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı | 57 |
| Şekil 5.5. | : Yönetim kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı..... | 58 |
| Şekil 5.6. | : Bulanık ikili karşılaştırma matrisinin görünümü | 63 |
| Şekil 5.7. | : Ağırlık değerleri elde edilmesinde YSA kullanımı | 64 |
| Şekil 5.8. | : YSA ile ağırlık değerlerinin elde edilmesi uygulaması | 64 |
| Şekil 5.9. | : Öğrenim eğrisi grafiği..... | 65 |
| Şekil 5.10. | : Örnek model yapısı..... | 74 |
| Şekil 5.11. | : BAAP ve YSA modellerinin sonuç kıyaslaması | 75 |
| Şekil 5.12. | : Verilerin histogram grafikleri..... | 76 |

TABLolar LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Tablo 2.1. | :Tedarikçi seçimi problemi ile ilgili literatürde yer alan çalışma örnekleri..... | 9 |
| Tablo 4.1. | :Önem skala değerleri ve tanımları [Saaty (1996)'den adapte edilmiştir]..... | 22 |
| Tablo 4.2. | :İkili karşılaştırma matrisi..... | 23 |
| Tablo 4.3. | :Rassallık indeksi..... | 24 |
| Tablo 4.4. | :Bulanık AAP-AHP metodları ve karşılaştırılması | 29 |
| Tablo 5.1. | : Modeli oluşturan küme, kriter, alt kriter, ve alternatifler | 46 |
| Tablo 5.2. | : Modelin etkileşim yapısı..... | 56 |
| Tablo 5.3. | : Bulanık ikili karşılaştırmalarda kullanılacak değerler [Chang (1992)'den adapte edilmiştir]..... | 59 |
| Tablo 5.4. | :Genel performans kümesi lojistik kriterine göre bulanık ikili karşılaştırma matrisi..... | 60 |
| Tablo 5.5. | :YSA model bilgileri..... | 63 |
| Tablo 5.6. | : Model verileri (3x3 Matris) | 66 |
| Tablo 5.7. | :Model testinde kullanılan veriler,ağırlık değerleri ve ağırlık değerleri farkları..... | 67 |
| Tablo 5.8. | : Ağırlıklandırılmamış matris..... | 68 |
| Tablo 5.9. | : Ağırlıklandırılmış matris..... | 69 |
| Tablo 5.10. | : Limit matris..... | 69 |
| Tablo 5.11. | : Finansal durum alt kriterleri limit matrisi..... | 70 |
| Tablo 5.12. | : Sonuç tablosu..... | 70 |
| Tablo 5.13. | : Kıyaslama..... | 71 |
| Tablo 5.14. | : Ağırlık değerleri istatistiksel hesaplamaları..... | 73 |
| Tablo 5.15 | : BAAP ve YSA değerleri kullanan iki modelin sonuçları..... | 74 |
| Tablo 5.16 | : Sonuçların değerlendirilmesi..... | 74 |

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tedarikçi seçimi, Bulanık Analitik Ağ Prosesi, Yapay Sinir Ağları

Sahip olunan kaynakların en verimli şekilde değerlendirilmesi, üretim veya kâr amaçlı malzeme satın alımında malzemelerin en iyi piyasa fiyatından alınması, firmalar için hayati bir konudur.

Bu çalışma, bir firmanın veya kurumun tedarikçi seçimi için bir “karar modeli” ortaya koymaktadır. Çalışmanın temel amacı, tedarikçi seçeneklerini (alternatiflerini) belirli prosesleri kullanarak değerlendirmek ve en uygun alternatife karar vermektir. Bu amaçla Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi (BAAP) kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme problemlerinde sıkça kullanılan Analitik Ağ Prosesi, hem objektif hem de sübjektif değerlendirme kriterlerini dikkate alan ve yaygın olarak kullanılan bir teknik olmakla birlikte, karar vericinin kararları ile mevcut problemin belirsizliğinin açıklanması ve sayılara dökülmesi konusunda yetersiz kaldığından, belirsizlik ortamları için daha iyi yaklaşımlar ortaya koyan BAAP, tedarikçi seçiminde kullanılmıştır. BAAP ikili karşılaştırma çözüm yöntemi olarak Chang’ın derece analiz metodu kullanılmıştır.

Tedarikçi seçimi karar modeli oluşturulurken, bulanık ikili karşılaştırmalar yapılması safhasında, tedarikçi seçimi konusunda uzman grubun veya karar vericilerin görüşlerinin alınması gerekmektedir. Ancak kriterlerde, tedarikçiler ve tedarikçi seçimini etkileyen şartlarda meydana gelen her değişiklikte uzman grubun toplanması gerekmekte bu da çeşitli problemlere neden olmaktadır. Bu zorluğu ortadan kaldırmak amacıyla, uzman grubun görüşlerini yansıtan bulanık ikili karşılaştırmaların verileri, değişik YSA modellerinde kullanılmış ve modeller eğitilmiştir. Bu sayede ikili karşılaştırma matris değerlerinin değişmesi durumunda uzmanlara danışma zorunluluğuna gerek kalmamaktadır.

Tedarikçi seçimi problemi çözümünde YSA kullanımının bir diğer faydası YSA’ların öğrenme özelliğinin getirdiği kolaylıklardır. Bu model, kriterlerin aynı kalması şartıyla, bir başka seçim problemine uygulandığında Chang’ın yaklaşımına gerek kalmadan, sadece YSA kullanılarak ağırlık değerlerinin elde edilmesine imkân vermektedir. Modelin sağladığı bir başka kolaylık ise, karar vericilerin ikili karşılaştırma matrisleri üzerinde değişiklik yapmaları halinde yeni ağırlık değerlerinin YSA tarafından çok daha hızlı bulunmasıdır. Bu durum, karar vericilerin büyük modellerde hesaplama zamanı endişesi taşımadan karar vermelerine imkân tanımaktadır.

SUPPLIER SELECTION USING NEURAL NETWORK BASED ON FUZZY ANALYTIC NETWORK PROCESS

SUMMARY

Key words: Supplier selection, Fuzzy Analytic Network Process, Artificial Neural Network

Utilizing resources in the most productive way possible and purchasing goods and services at the lowest price available are two vital topics for companies.

This study proposes a supplier selection “decision model” for a company or corporation. The main purpose of this study is to evaluate supplier alternatives with respect to identified processes and hence to determine the best supplier. For this purpose, Artificial Neural Networks (ANN) and Fuzzy Analytic Network Process (FANP) were used in this study. Although Analytic Network Process, which is commonly used for multi criteria decision making problems, takes into consideration both objective-subjective criteria and is a widely used technique, it is not sufficient in illustrating the decision maker’s judgment and accounting for and quantifying the uncertainty in the problem. Therefore, FANP was utilized in compensating for the issue of uncertainty. Chang’s extend analysis method was used for fuzzy pairwise comparison matrix solution.

During the development of the supplier selection model, in the phase of forming fuzzy pairwise comparison matrices, we need supplier selection experts’ or decision makers’ opinions. However, if some change occurs in the model criteria, available suppliers, or the conditions that affect supplier selection, experts have to reconvene for decision making, and this causes some problems. In order to remove this problem fuzzy pairwise comparison matrix data that indicates experts opinions was used in different ANN models and also the data was used in the learning stage. Thus even if there is a change in pairwise comparison values, there is no need to re-consult the experts.

One advantage of using ANN for supplier selection problems is the neural network’s learning ability. When this model is applied for a different selection problem (it is assumed that the model has same criteria), it is possible to determine the criteria weights using ANN without any need to apply Chang’s approach. In case a change made by the decision makers on pairwise comparison matrices, new weights are found in a very short time and this is another benefit that the model provides. This feature provides the decision makers the opportunity to make decisions without the need to worry about computation time in complex models.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kurum veya işletmelerde karşılaşılan karar problemleri, birçok faktörden dolayı karmaşık bir yapıdadır. Bu karışıklık, kurumun hızlı ve sağlıklı kararlar alma başarısını etkilemektedir. Günümüzde çok miktarda bilgiyi toplayıp, işlemek yeterli değildir. Bilginin gelişmiş karar verme yöntemleri ile değerlendirilerek karar verme sürecine enjekte edilmesi gerekmektedir.

Özellikle büyük kurumlarda, karar sürecini etkileyen bazı nedenler vardır; karar sonuçlarının birçok kişiyi ilgilendirmesi, karar sonucunun hayati önem taşıması, verilecek yanlış bir kararın maddi kaybının fazla olması, oluşan bu kaybın telafisinin zaman alması ve karar süreçlerine birçok kişinin dâhil olması bu nedenlerden sayılabilir.

Karar süreçlerinin öneminin artması ile birlikte, birçok etkin yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan yöntemler birçok ana kriteri ve bunlara ait alt kriterleri değerlendirebilmekte ayrıca sayısal olmayan bazı konularında değerlendirilmesine imkân tanımaktadır.

Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Prosesi (AAP), karar verme sürecini en iyi değerlendiren yöntemlerdendir (Saaty, 1980).

Lütfi Zadeh (1965) tarafından ortaya atılan bulanık mantık (fuzzy logic) yaklaşımının AAP ile entegre edilerek kullanılması, karar verme sürecinde daha isabetli ve etkin sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bir işletmenin üretimi için gerekli ürün veya hizmeti temin ettiği tedarikçileri seçmek için gelişmiş bir karar verme süreci ve modeli ortaya

koymaktır. Tedarikçi seçimi sürecinde sadece maliyet, kalite, ulaşım, teslimat süresi vb. temel kriterlerin kullanılması yeterli değildir. Uygun tedarikçi seçimi ayrıntılı biçimde tespit edilmiş konulara ait birçok kriterin değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tedarikçi seçimi karar modeli kurulması esnasında her kriterle ilgili uzmanların veya teknik personelin (karar grubu) fikirlerine ihtiyaç vardır. Bu görüşler bulanık ikili karşılaştırmaların oluşturulması sırasında kullanılmıştır. Ancak kriterlerde, tedarikçiler ve tedarikçi seçimini etkileyen şartlarda meydana gelen her değişiklikte, uzman kişileri toplama gücü her zaman karşılaşılabilen bir durumdur ve bu durum karar verme aşamasında problemlere neden olmaktadır. Bu tür durumların meydana getireceği karar verme zorluğunu ortadan kaldırmak amacıyla, tedarikçi seçiminde uzman kişilerin görüşlerini yansıtan bulanık ikili karşılaştırmaların verileri, değişik YSA modellerinde kullanılmış ve modeller eğitilmiştir. Bu sayede her karar değişikliğinde, uzmanlara danışma zorunluluğuna gerek kalmamaktadır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Günümüzde işletmeler arası rekabet yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu rekabet ortamı sadece işletmelerle sınırlı değildir. İşletmelerin kendileri için uygun tedarikçileri seçme konusunda da artarak devam eden bir rekabet yaşanmaktadır. Tedarikçi seçiminin artan öneminden dolayı konuyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Literatürde yer alan tedarikçi seçimi bu çalışmaları farklı şekillerde sınıflandırıldığı görülmektedir. Bu sınıflandırmaların birkaçı aşağıdaki gibidir:

Boer ve diğ. (2001), tedarikçi seçimi probleminin çözümü için geliştirilen modelleri dört grupta toplamıştır:

- Doğrusal ağırlıklandırma modelleri,
- Maliyete dayalı modeller,
- Matematiksel modeller,
- İstatistiksel modeller.

Degraeve ve diğ. (2000) ise çalışmasında tedarikçi seçim modellerini bir ürünün ve birden fazla ürünün tedariki şeklinde iki sınıfta toplamaktadır. Tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılan teknik dikkate alınarak yapılan diğer sınıflandırmaya göre tedarikçi seçiminde uygulanan modeller;

- Çok kriterli karar verme teknikleri,
- Matematiksel programlama,
- Yapay zeka ve uzman sistemler,
- Çok değişkenli istatistiksel analiz olmak üzere dört grupta toplanmıştır (Sönmez, 2006).

Tedarikçi seçimi yöntemiyle ilgili bir diğer çalışmada ise tedarik için kullanılan kaynak sayısı dikkate alınarak, tek kaynaklı ve çok kaynaklı modeller şeklinde sınıflandırma yapılmıştır (Aissouri ve diğ., 2006).

Bu çalışmada ise literatürde yer alan tedarikçi seçim çalışmaları, kullanılan metodlar esas alınarak,

- Çok kriterli karar verme yöntemleri,
- Bulanık mantık yaklaşımı,
- Yapay sinir ağları olmak üzere üç sınıfta toplanmıştır

2.1.Tedarikçi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İlgili Çalışmalar

Tedarikçi seçim probleminde, karar vericiler için seçim kararını zorlaştıran bazı faktörler vardır. Tedarikçi seçiminde ölçülebilen yapıdaki sayısal kriterler ile ölçülemeyen yapıdaki sayısal olmayan çok sayıdaki kriter birlikte kullanılmaktadır. En uygun tedarikçinin alternatifler arasından seçiminde çok sayıda kriterden yararlanıldığından, tedarikçi seçme problemi Çok Kriterli Karar Verme problemi olarak ele alınmaktadır.

Literatürde tedarikçi seçim probleminin çözümü için Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin ve özellikle Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminin kullanıldığı çok sayıda çalışma yer almaktadır. AHP yönteminin kullanıldığı çalışmaların bazıları, Barbarasoğlu ve Yazgaç (1997), Hill ve Nydick (1992), Narasimhan (1983), Tam ve Tummala (2001), Yurdakul ve İç (2001), Dağdeviren ve Eren (2001), Bhutta ve Huq (2002), Hanfield ve diğ. (2002), Muralidharan ve diğ. (2001) dir.

Bazı çalışmalarda ise AHP yöntemi diğer farklı yöntemlerle birlikte kullanılmıştır. Örneğin Xia ve Wu (2007) çalışmalarında AHP yöntemiyle birlikte çok amaçlı tam sayılı programlamadan yararlanmıştır. Gnanasekaran ve diğ.(2008), Gri teori ile AHP yaklaşımını entegre ederek geliştirdikleri modelin, bir otomotiv firması için tedarikçi seçiminde kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Kokangül ve Susuz (2008) ise

AHP ile doğrusal olmayan tamsayı programlama tekniğini entegre etmişlerdir. Vahdani ve diğ. (2008), çok amaçlı karar modelini kullanarak tedarikçi seçimi yapmak için, AHP ve Dengeleme-Derecelendirme yöntemini kullanmıştır. Bello (2003) çalışmasında ISO 9000 sertifikalı tedarikçilerin seçiminde AHP yöntemini kullanmıştır. Stokkedal (2006) çalışmasında, tedarikçi seçimini AHP ve Veri Zarflama yöntemleriyle yapmıştır.

AAP tedarikçi seçimi konusu literatüründe farklı yaklaşımlarla birlikte kullanılmıştır. Üstün ve Demirtaş (2008), AAP ile çok amaçlı tam sayılı programlama yaklaşımını entegre ederek, Tchebycheff prosedürü doğrultusunda tedarikçi seçimi yapmıştır. Gupta (2006), AAP'nin yapmış olduğu derecelendirme değerlerini, hedef programlamanın girdileri olarak kullanarak, tedarikçi firmayı seçmeye ve seçilen bu firmaya verilecek sipariş miktarını tespit etmeye çalışmıştır.

AHP ve AAP yöntemlerinin dışında, çok kriterli karar verme tekniğinden yararlanılarak yapılan bir çalışma da Sanayei ve diğ., (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada çok amaçlı fayda teorisi ve doğrusal programlama yöntemi kullanılarak en iyi tedarikçi seçimi ve seçilen tedarikçiye verilmesi gereken optimum sipariş hedeflenmiştir. Sanayei ve diğ., (2010) tarafından yapılan bir başka çalışmada, tedarik zinciri sistemi içerisinde tedarikçi seçimi yapmak amacıyla çok kriterli karar verme tekniğiyle birlikte VIKOR tekniğini kullanmışlardır (VIKOR Sırpça: VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje, İngilizce: multi-criteria optimization and compromise solution, Türkçe: çok kriterli optimizasyon ve uzlaşma çözümü). Chen ve Yang (2003), tedarikçiler ve satınalma kararları için maliyet etkinliğini temel alan bir performans değerlendirme sistemi önermişlerdir. Boer ve diğ. (1998) de, tedarikçi seçiminin işletmeler için stratejik bir karar olduğunu belirterek, tedarikçi seçiminde sıralama yöntemlerini kullanmanın doğru bir seçim olacağını ifade etmişlerdir; bu nedenle yaptıkları çalışmada ELECTRE I sıralama yöntemini, hem nitel hem de nicel kriterleri kullanabilen sayısal bir karar verme aracı olarak önermektedirler. Lasch ve Janker (2005), tedarikçi seçimi ihtiyaçlarına uygun ve tedarikçi yönetimindeki pek çok faaliyet için, etkili yeni bir tedarikçi puanlama sistemi tasarlamışlardır. Talluri ve Sarkis (2002), tedarikçi performansını değerlendirmek için pek çok performans kriterini göz önüne alan yeni

bir “çok kriterli değerlendirme modeli” yapmışlardır. Liu ve diğ. (2000) ise, çok kriterli sistemleri değerlendirmede kullanışlı olduğu ve bu sistemlerde geliştirme hedefleri sağladığı için Veri Zarflama Analizini (Data Envelopment Analysis-DEA) tedarikçi değerlendirme probleminde kullanmışlardır.

2.2. Tedarikçi Seçiminde Bulanık Mantık Yaklaşımıyla İlgili Çalışmalar

AHP ve AAP yönteminde kullanılan 1 ile 9 arasında numaralandırılmış ölçeklendirme sisteminin kullanımı basit olmasına rağmen, bazı tutarsızlıkları bulunmaktadır. Karar vericiler genel olarak aralıklı karar vermeyi (‘doğru’, ‘yanlış’; ‘çok doğru’, ‘çok yanlış’; ‘çok çok doğru’, ‘çok çok yanlış’; ‘yaklaşık olarak doğru’; ‘yaklaşık olarak yanlış’, vb.), sabit değerli karar vermeye göre (doğru-yanlış şeklinde) daha rahat bulmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem, karar vericinin kararları ile belirsizliğin açıklanması ve sayılara dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Chang, düşünme şeklini daha iyi yansıtmak amacıyla “‘Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesini” geliştirmiştir (Chang, 1992; 1996). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi (BAAP) yöntemlerinin, klasik AHP ve AAP yöntemlerindeki ikili karşılaştırmalarda oluşan belirsizliği (subjektifliği) ortadan kaldırması nedeniyle tedarikçi seçimi problemlerinde yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir.

BAHP yönteminin kullanıldığı tedarikçi seçimi çalışmalardan bazıları Altınöz (2001), Chan ve diğ. (2008), Ghodsypour ve O’Brien (1998), Akman ve Alkan (2006), Zaim ve diğ. (2003), Canbolat (2005) dir.

Güneri ve diğ. (2009) ise, çalışmalarını bulanık-doğrusal programlama yaklaşımını kullanarak yapmıştır. Seçimde kullanılan kriterler doğrusal olarak modellenmiş ve hesaplamalarda üçgensel bulanık mantık kullanılmıştır. Kaya ve Kahraman (2010) karar verme probleminde kullanmak amacıyla bulanık mantık tabanlı “İşlem Doğruluk İndeksi” üzerinde çalışmışlar ve tedarikçi seçimi yapmışlardır. Keskin ve diğ. (2010) tedarikçi değerlendirme ve seçimi için “Bulanık Rezonans Uyarılma Teorisini (Fuzzy Adaptive Resonance Theory) kullanmışlardır. Gerçek bir uygulama üzerinde yapılan çalışma ile benzer tedarikçiler sınıflandırılmıştır.

Lee ve diğ. (2009) Taiwan'daki televizyon üreticileri için, TFT-LCD tedarikçilerini değerlendiren bulanık-çok amaçlı hedef programlama yaklaşımını kullanmıştır. Ayrıca çalışmalarında, karar vericilerin görüşlerinin analiz edilmesi aşamasında BAHP yöntemini de kullanmışlardır. Hsu ve diğ. (2010) LCD dokunmatik ekran tedarikçileri seçimi için "kalite tabanlı tedarikçi seçimi" yaklaşımını uygulamış ve bulanık kalite verileri kullanmıştır. Lee (2009), Taiwan'daki TFT-LCD üreticilerinin dünya pazarlarındaki yoğun rekabet ile başa çıkabilmesi için, fayda, fırsat, maliyet ve risk kriterleri ışığında, BAHP kullanarak tedarikçi seçimi çalışması yapmıştır. Chou ve Chang (2008) bulanık basit çok amaçlı derecelendirme yöntemini kullanarak, tedarik zinciri yönetimi değerleri ışığında tedarikçi seçimi üzerinde çalışmıştır. Chamodrakas ve diğ. (2010) çalışmalarında elektronik market tedarikçileri seçimi için BAHP yaklaşımını tercih etmişlerdir. Chen ve diğ. (2006) tedarik zinciri yönetiminde, tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi için bulanık mantık yaklaşımı üzerinde çalışmıştır. Wang ve diğ.(2009), tedarikçi seçimi probleminde BAHP ve TOPSIS metodlarını kıyaslamıştır. Lin (2008) çalışmasında tedarikçi seçimi ve sipariş yönetiminde BAAP ve çok kriterli doğrusal programlama metodlarının entegre edilmesi üzerinde durmuştur. Önüt ve diğ.(2009), bir GSM firması için tedarikçi seçimi çalışmasında BAAP ve Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada BAAP kullanılarak elde edilen ağırlık değerlerini Bulanık TOPSIS yönteminde veri olarak kullanmışlardır. Wang ve diğ. (2009), çalışmasında Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak tedarikçi seçimi yapmıştır. Yang ve diğ. (2008) ise, çalışmasında bulanık çok kriterli karar verme tekniğini, fuzzy integral ile adapte ederek tedarikçi seçiminde kullanmıştır.

2.3 Tedarikçi Seçiminde Yapay Sinir Ağları (YSA) Çalışmaları

Tedarikçi seçme problemi, tedarikçi seçiminin öneminin artması ve işletmelerin birçok kriter ve alternatifi değerlendirmek istemesiyle karmaşık bir hale gelmiştir. Yapay Sinir Ağları'nın sahip olduğu öğrenme kabiliyeti, kolaylıkla farklı problemlere uyarlanabilirliği, daha az bilgiye gereksinim duyması, genelleme yapabilme yeteneği, hızlı işlem yapabilmeleri ve zor matematiksel modelleri oldukça hızlı çözebilmeleri sebebiyle araştırmacılar tarafından tedarikçi seçimi problemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmalardan biri Çelebi ve Bayraktar (2008) tarafından yapılmıştır. Çalışmada, değerlendirme kriterlerinin eksik olduğu bir tedarikçi seçimi problemine YSA yaklaşımı ve veri zarflama analizi ile birlikte çözüm üretilmiştir. Guosheng (2008) YSA' lardaki bazı eksiklikleri gideren bir teknik olan SVM (Destek Vektör Makinesi) kullanarak tedarikçi seçimi üzerinde çalışmıştır. Çevre bilincinin artması nedeniyle Kuo ve diğ. (2010) çalışmalarında YSA ve Çok Kriterli Karar Verme tekniklerini kullanarak çevreye saygılı tedarikçi seçimi konusu işlemişlerdir.

Wu (2009), veri zarflama analizi, karar ağacı ve YSA yaklaşımlarını entegre ederek tedarikçi seçiminde kullanmıştır. Carrera (2007), YSA-AAP yaklaşımını kullanarak bir karar verme metodolojisi geliştirmiş ve tedarikçi seçiminde uygulamıştır. Lee ve Ou-Yang (2009), işletmenin tedarikçileriyle görüşme yapmasından önce tedarikçilerin teklif edeceği muhtemel fiyatları tahmin etmeye yönelik bir model üzerinde çalışmışlardır.

Bu çalışmada literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak, bulanık analitik ağ prosesi ikili karşılaştırma ağırlık değerleri, derece analiz metodu yerine Yapay Sinir Ağları tarafından bulunmakta ve tedarikçi seçimi modelinde kullanılmaktadır. Literatür çalışması ile ilgili özet bir derleme Tablo 2.1'de verilmiştir.

BÖLÜM 3. TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİ

3.1. Tedarikçi Seçimi

Tedarik fonksiyonu, yeterli kalite ve miktarda, uygun fiyata, uygun bir teslimatla hammaddenin, teçhizatın ve malzemenin tedariki olarak tanımlanmaktadır (Tam ve Tummala, 2001). Tedarikçi ise, bir işletmenin üretim faaliyetinde bulunabilmesi veya hizmet üretebilmesi için ihtiyaç duyduğu mal ve hizmetin temin edildiği birimdir (Harding, 2001). İşletmelerde, yetkili kısımlar tarafından hazırlanan ihtiyaç listelerinin satın alınmasından tedarik departmanı sorumludur. Tedarik departmanlarının amacı firmanın ihtiyaç duyduğu malzeme ve hizmetleri istenilen kalitede, en uygun maliyetle, doğru zamanda ve miktarda, en iyi kaynaktan temin etmektir (Şen, 2007). Bu gereksinimlerin karşılanabilmesi için tedarikçi seçme ve değerlendirme çalışmalarının çok dikkatli yapılması gereklidir.

Tüketicilerin, daha yüksek kalite ve servis hizmetleri talep etmesi sonucu, işletmelerin tedarikçilerine bakışı da değişme göstermiştir. İşletmeler tedarikçilerini artık satın alma işlemlerini gerçekleştirdikleri birer şirket gibi görmemekte, tedarikçileriyle olan ilişkilerini yeni ürün geliştirme aşamasına kadar ilerleterek, onları birer iş ortağı olarak değerlendirmektedirler. Tedarikçilerle maliyet odaklı ilişki yerine, uzun dönemli stratejik ilişkiler geliştirmektedirler. Bu durum, işletmenin rekabet etme gücünü ve pazar konumunu güçlendirmesinde etkili olmaktadır.

Rekabetin çok yoğun yaşandığı günümüz pazarlarında, işletmelerin başarılarında en uygun tedarikçiklerin seçimi büyük önem taşımaktadır (Weber ve diğ., 2000). Uygun tedarikçiler ile çalışmak, işletmenin rekabet edebilirliğini, dolayısıyla pazar paylarını önemli ölçüde etkilemektedir. Birçok işletmede, tedarik edilen hammadde ve yarı mamullerin maliyeti, toplam maliyetin %70'ine kadar çıkmaktadır

(Ghodsypour ve O'Brien, 1998). Bu nedenle tedarikçi seçiminde yapılacak yanlışlıklar kalitesiz ürün üretimine, siparişlerin iptal edilmesi veya yetiştirilememesine, üretim bandı aksaklıklarına ve sonuç olarak maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca üretim sürecinin sürekli artan karmaşıklığı da tedarikçi seçiminin önemini arttırmaktadır.

Tedarikçi seçimin amacının, işletmelerin ihtiyaç duyduğu hizmet veya ürünleri, sürekli ve sorunsuz olarak temin edecek en nitelikli tedarikçilerin tespit edilmesi olduğunu söylemek olasıdır (Fox ve diğ., 1992; Benyoucef ve diğ., 2003).

Tedarikçi seçiminde ve seçilen tedarikçilerin değerlendirilmesinde ortak değerlendirme kriterleri kullanmasına rağmen, değerlendirme yöntemlerinde işletmelerin ihtiyaç ve isteklerinin farklı olmasından dolayı bazı farklılıklar görülmektedir (Boer ve diğ., 2001).

Tedarikçi seçiminde, seçimi etkileyen çok sayıda unsurun olması, tedarikçi seçim kararını zorlaştırmaktadır. Kararı etkileyen unsurlardan bazıları şunlardır (Weber ve diğ., 2000):

Tedarikçi seçim kararının stratejik bir karar olması: Tedarikçi seçim kararı, işletmenin farklı departmanlarının birlikte çalışmalarını isteyen bir karardır (Chan ve diğ., 2008). İşletmenin doğru seçim kararı vermesi, uzun dönemde işletmenin performansını etkileyecektir. Tedarikçi seçimi, hayati öneme sahip olması nedeniyle, işletmelerin stratejileriyle de uyumlu olmalıdır (Muralidharan ve diğ., 2001).

Tedarikçi seçiminin çok sayıda alternatif arasından yapılması: Üretim olanaklarının artması ve sermayenin küreselleşmesi sonucu tedarikçi sayısı artış göstermiştir. Özellikle Çin, Hindistan, Taiwan ve Kore gibi Uzakdoğu ülkelerinde ucuz ve nitelikli iş gücünün artması sonucu her sektörde tedarikçi rekabeti artmıştır (Min, 1994; Lee, 2009).

Tedarikçi seçiminde çok sayıda kriterin dikkate alınması: Karar vericiler tedarikçi seçimi yaparken çok sayıda kritere göre değerlendirme yaparlar (Sarkis ve

Meade, 1998; Gencer ve Gürpınar, 2007; Hsu ve Hu, 2009; Pearson ve Ellram, 1995). Tedarikçi seçiminde sayısal (nicel-ölçülebilir) kriterlerle, sayısal olmayan (nitel-ölçülemeyen) kriterler birlikte kullanılmaktadır. Sayısal olmayan kriterlerin ifade edilmeleri, net bir ölçüm yapılamaması nedeniyle oldukça güçtür (Benyoucef ve diğ., 2003). Tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin sayısı, ürün ve satın alma durumunun özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Keskar, 2004).

Tedarikçilerin performansının kriterlere göre değişmesi: Tedarikçilerin farklı kriterler için farklı performans göstermeleri, tedarikçi seçimini karmaşık hale getiren bir başka nedendir (Verma ve Pulman, 1998). Kalite kriterini karşılama yüzdesi çok iyi olan bir tedarikçinin, fiyat kriteri iyi olmayabilir.

Tedarikçi seçimi sürecine çok sayıda karar vericinin katılımının gerekmesi: Tedarikçi seçim kararı, işletmenin finans, satın alma, üretim, planlama gibi farklı bölümlerini ilgilendirmektedir (Benyoucef ve diğ., 2003). Ayrıca tedarikçi seçimi kriterlerinin belirlenmesinde, ilgili departmanların uzman görüşlerine ihtiyaç duyulur. Bu durum, seçim sürecine birden fazla karar vericinin katılımını gerektirir. Karar vericiler, kendi departmanlarının ihtiyaçlarını göz önüne alarak seçim yaparlar (Talluri ve Sarkis, 2002).

3.2. Tedarikçi Seçimi Türleri

İşletme yapısı içinde farklı işlevlere hitap eden tedarikçi seçimi, çok sayıda niceliksel ve niteliksel tedarikçi değerlendirme kriterinin yer aldığı, çok kriterli karar problemi olarak ele alınmaktadır (Sarkis ve Meade, 1998; Kannan ve Tan, 2002; Pearson ve Ellram, 1995). Genel olarak tedarikçi seçimi problemleri aşağıda açıklandığı gibi; tedarikçi sayısına, işletmeyle yapılan işbirliğinin süresine, yapısına ve ürüne göre sınıflandırılmaktadır.

Tedarikçi sayısına göre tedarikçi seçimi: İşletme ve kurumlar, yeni bir tedarikçi seçiminde veya mevcut tedarikçileri değerlendirirken tek tedarikçi veya birden fazla tedarikçi olma durumunu esas alırlar (Ghodsypour ve O'Brien, 1998). Tek tedarikçinin yetersiz kalması, kapasitesinin ihtiyacı karşılayamaması nedeniyle aynı

nitelikte talep edilen ürün veya hizmetlerin birden fazla tedarikçiden temin edilmesi çok kaynaklı tedarikçi problemidir. Ancak çok kaynaklı tedarikçi kullanımı; maliyet, ürün uyumsuzluğu, kontrol, aynı kalitede ürün v.b konularda deavantajlara yol açmaktadır. İşletmeler, mevcut tek tedarikçinin fiyat, talep, kalite, ürün niteliği ve teslimat gibi kriterleri karşılayamaması nedeniyle, taleplerini birden fazla tedarikçiden karşılamak zorunda kalabilirler; böyle bir durumda, işletmeler tarafından çok kaynaklı tedarikçi seçimi yapılmaktadır. Tek kaynaklı tedarikçi seçiminin avantajları aşağıda verilmiştir (Leenders ve Fearon, 2000).

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

İşbirliğinin süresi ve yapısına göre tedarikçi seçimi: Tedarikçi seçimi, işbirliğinin süresi (kısa, orta, uzun dönem) ve yapısı dikkate alınarak, statik ve dinamik tedarikçi seçimi problemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. 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 (Leenders ve Fearon, 2000).

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

- Yeni bir ürün
- Mevcut ürün
- Ürün değişikliği

İşletme, yeni bir ürün üretmek, tedarik etmek veya yeni bir hizmet almak istediğinde daha önce bilmediği veya çalışmadığı tedarikçiler ile işbirliği yapmak zorunda kalmaktadır. Bu tip tedarikçi seçim problemlerinde belirsizlik en yüksek düzeydedir.

Mevcut ürüne göre tedarikçi seçiminde, işletme ürün veya hizmet aldığı tedarikçileri belirli dönemlerde, performanslarına göre yeniden değerlendirmek isteyebilir. İşletme, tedarikçileri hakkında gerekli bilgileri ve tedarikçilerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterleri bilmektedir. Belirlenen dönem sonunda yapılan değerlendirme sonucunda, performans değerlerine göre tedarikçiyle çalışıp çalışılmayacağı kararı verilebilir (Boer ve diğ., 2001).

Ürün değişikliği nedeniyle tedarikçi seçiminde, işletmenin çalıştığı tedarikçiyi değiştirmesi gerekebilir veya başka nedenlerden dolayı (fiyat, daha iyi ürün alma isteği, kalite, mevcut tedarikçisinin durumunun değişmesi vb.) yeni bir tedarikçi ile çalışmak isteyebilir. Bu tür bir durumda işletmenin satın almak istediği ürünü daha önce üretmiş olan tedarikçiler piyasada yer aldığı için, tedarikçiler hakkında bilgisi vardır. Tedarikçiler hakkında belirsizlik bulunmakla birlikte, geçmişe ait bilgi ve tedarikçi seçiminde kullanılacak değerlendirme kriterleri mevcuttur.

3.3. Problemin Tanımlanması ve Çalışmanın Amacı

Bir işletmenin yönetiminde en uygun tedarikçi veya tedarikçilerin seçilmesi işletmenin özellikle finans dengeleri açısından son derece önemli bir problemdir. Küreselleşen dünya düzeni ile birlikte müşteri öncelikleri değişmekte ve bu durum satınalma kararlarının daha karmaşık hale gelmesine sebep olmaktadır. Bu gelişmeler, satınalma kararlarının verilmesi ve tedarikçi seçiminde daha sistematik ve detaylı yaklaşımların kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Aissaoui ve diğ., 2006; Chan ve diğ., 2008; Carrera, 2007).

Tedarikçi seçimi karar verme sürecinde, stratejik ve organizasyonel faktörler ile ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok, kriter ve alt kriter yer almaktadır (Benyoucef ve diğ., 2003). Tedarikçi seçimi, tüm bu kriterlerin dikkate alınmasını ve karar verme sürecine birçok departman yöneticisinin veya karar vericinin dahil edilmesini gerektiren, zor bir karar problemidir (Choy ve diğ., 2002; Fox ve diğ., 1992; Şen,

2007). Tedarikçi seçimine gerekli önem verildiği takdirde tedarikçilerle sadece tedarik edilen ürünün fiyatına bağlı olmayan, uzun süreli ilişkilerin geliştirilmesi sağlanabilir. Bu durum uzun dönemde işletmenin rekabet etme gücünü olumlu yönde etkileyecektir.

Günümüzde tedarikçilerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler işletmeden işletmeye farklılık gösterse de ulaşılmak istenen ortak amaç, ürünü veya hizmeti tedarik etme olasılığı yüksek tedarikçileri saptamak ve bunlardan en iyisini seçebilmektir (Kahraman ve diğ., 2003). Bu yüzden tedarikçi seçimi problemi çözümlenmesi zor olan problemler sınıfında yer almaktadır. Bunun üç temel nedeni vardır (Muralidharan ve diğ., 2001):

- Problemi oluşturan kriterleri (firma bilinirliği, maliyet, kalite vb.), tedarikçi seçimi probleminde kullanılabilir hale getirmenin oldukça zor olması ve bu kriterlerin bazılarının nitel, bazılarının da nicel olarak ifade edilmesi,
- Seçim aşamasında, bazen birbiriyle çelişen veya birbirini tamamlayan kriterlerin olması,
- Çok sayıda tedarikçinin olması.

Tedarikçi seçiminde kullanılan Doğrusal-Ağırlıklandırma modelleri nicelik faktörlerini; bir diğer yöntem olan Matematiksel Programlama modelleri ise nitelik faktörlerini içermemektedir (De Boer ve diğ., 1998; Ghodsypour ve O'Brien, 1998).

Bulanık Analitik Ağ Prosesi hem nitelik hem nicelik kriterlerini dikkate alan ve bunları sayısallaştırabilen bir özelliğe sahiptir. BAAP'nin bu özelliği çalışmada sayısal olmayan bilgilerinde sayısallaştırılarak kullanılmasına imkân vermiştir.

Tedarikçi seçimi kararlarının, işletme veya kurumların mali dengeleri açısından sahip olduğu önem nedeniyle çalışmada, tedarikçi seçimi literatüründe sıklıkla geçen ve kabul görmüş çok sayıda kriter ve alt kriter kullanılmıştır. Bu kriter ve alt kriterler arası bağlantılar son derece detaylı ilişkilendirilmiştir.

Çalışmada, karar verme problemlerinin doğasında var olan belirsizlikleri ortadan kaldırmak ve klasik AHP yönteminin hiyerarşik yapı dezavantajlarını (Mikhailov, 2003a; 2004) gidermek amacıyla Bulanık Analitik Ağ Prosesi tercih edilmiştir. Ayrıca Bulanık Analitik Ağ Prosesinin, klasik AHP ve AAP'ye göre bir diğer üstün yönü olan ikili karşılaştırmalardaki belirsizliği ortadan kaldırma özelliği; bu çalışmada Bulanık Analitik Ağ Prosesinin tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur. Kıyaslama prosesinin bulanık doğasından dolayı karar vericiler ikili kıyaslamalarını sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde dilsel değişkenlerle ifade etmeyi tercih etmektedirler. Dilsel değişkenlerle ikili karşılaştırmaları oluşturmanın karar vericiler açısından daha kolay ve anlaşılır olacağı değerlendirildiği için çalışmada dilsel değerler kullanılmıştır. Kullanılan dilsel değişkenler daha sonra bulanık sayılara atanmıştır.

Literatürde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi (BAAP) yöntemleri için geliştirilmiş çok sayıda yaklaşım vardır, ancak bu yöntemler fazla miktarda hesaplama ihtiyacı duymaktadır. Kesin sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duyması bu yaklaşımların dezavantajıdır. Bu çalışmada Chang'ın derece analiz metodunun seçilmesinin nedeni, hesaplamaların bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle yapılması ve bu nedenle yukarıda bahsedilen dezavantajın yaşanmamasıdır (Çanlı ve Kandakoğlu., 2007).

Ancak çalışmada, BAAP ikili karşılaştırmalarının çözümünde kullanılan derece analiz metodu (Chang, 1992; 1996), avantajlarına rağmen bulanık ikili karşılaştırmaların çözümünde kullanıldığında işlem miktarı artmaktadır. Bu problemi gidermek ve tasarlanan tedarikçi seçimi modelinin diğer seçim problemlerine uygulanabilmesini sağlamak amacıyla Yapay Sinir Ağlarından (YSA) faydalanılmıştır. Yapay Sinir Ağlarının diğer algoritmaların sahip olmadığı öğrenen bir yapıya sahip olması, öğrenmeden sonra kendisine gösterilen problemi hızlı çözmesi ve işlem sayısını azaltması gibi özelliklerinden dolayı, bulanık ikili karşılaştırmaların çözümünde YSA kullanılmıştır. Bu sayede derece analiz metodunun, bulanık ikili karşılaştırmaların çözümü için çok fazla işlem gerektirmesi dezavantajının ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Tedarikçi seçimi için BAAP modeli oluşturulurken çok sayıda uzman görüşüne ihtiyaç duyulmakta, etkili ve gerçekçi sonuç alınması için bu görüşlerin geometrik ortalama gibi yöntemlerle tek bir değere indirilmesi gerekmektedir (Mikhailov, 2004; Aczel, 1983). Ayrıca tedarikçi seçimi modeli yeni bir işletme için uygulanmak istendiğinde, yeni bir uzman grubunu oluşturulması ve bunların yargılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan modelde ise BAAP ikili karşılaştırma matrisleri için uzman görüşleri alınarak, herbir matris için oluşturulan YSA' da girdi ve çıktı verisi olarak kullanılmış ve eğitilmiştir.

BAAP modeli oluşturulduktan sonra elde edilen eğitilmiş YSA modelleri, modelde meydana gelebilecek değişikliklerde çok sayıda uzman görüşü gerektirmeksizin, bir uzman kişiden elde edilecek verileri dikkate alarak, BAAP ikili karşılaştırma matrislerinin ağırlık değerlerini kolaylıkla elde edecektir. Bu sayede pek çok karar vericiden veya uzman kişiden elde edilen ikili karşılaştırmaların değerlendirilmesi için gerekli işlem sürecine ihtiyaç kalmayacaktır. Bunun yanı sıra model için tek bir karar vericinin sözkonusu olduğu durumda, yapılacak ikili karşılaştırmalar sonucunda oluşacak belirsiz yargılardan modelin etkilenmesi problemi ortadan kaldırılmış olacaktır.

Tedarikçi seçimi başlığı altında bahsedildiği gibi; bu tez çalışmasında kullanılan model, ürün değişikliği nedeniyle meydana gelen tedarikçi seçimi göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Alternatif tedarikçiler hakkında bilgi mevcuttur. Tedarikçi seçiminde işletmenin bir kısım kriterleri daha önceden bildiği ve uyguladığı değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan karar kriterleri uzun süreli bir ortaklık düşünülerek seçildiğinden, bu çalışma bir statik tedarikçi seçimi problemidir. Tedarikçinin takibi, zaman ve kaynak kullanımı, maliyet, teslimat v.b. konular tek kaynaklı tedarikçi kullanımının avantajlarıdır. Çalışmada yer alan problem tek kaynaklı tedarikçi seçimi problemidir ve “ürün değişikliği” konusu ışığında ele alınmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada ele alınan tedarikçi seçimi; statik, tek kaynaklı, ve ürün değiştirme problemidir.

BÖLÜM 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM ve YAKLAŞIMLAR

4.1. Analitik Ağ Prosesi

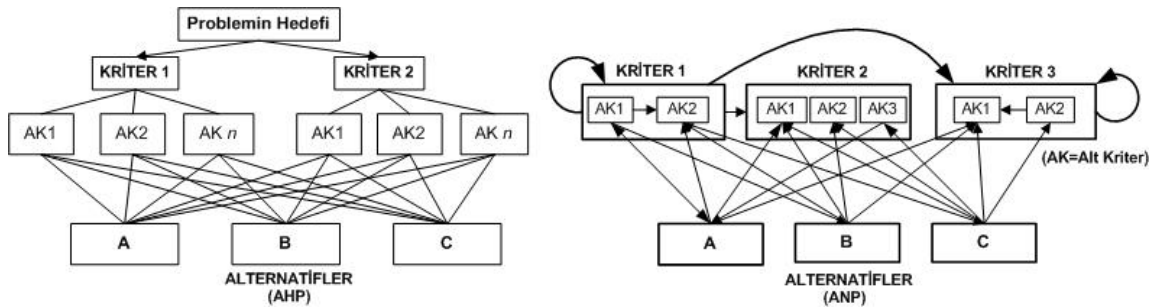
Gruplara ve bireylere karar verme sürecindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı veren, güçlü ve kolay anlaşılır bir Çok Nitelikli Karar Verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas L. Saaty tarafından 1970'li yıllarda geliştirilmiştir. AHP etkili bir karar verme yöntemidir. AHP'nin özelliklerinden biri, bir karar verme problemini hiyerarşik bir yapıya dönüştürebilmesidir. Bu yöntemde karar vericilerin deneyim ve bilgilerine önem verilir. AHP gerçek hayatta çok amaçlı kararları etkileyecek kriterler kümesini ve bu kriterlerin verilecek karardaki göreceli önemlerini, uzmanların değerlendirmelerine dayanarak belirler. Böylece sistematik bir yaklaşımla sayısal performans ölçümleri, subjektif değerlendirmeler ile birleştirilerek sağlıklı sonuçlar elde edilir (Tektaş, 2003; Forman ve diğ., 2001).

AHP, problemin kriterleri arasındaki bağlantıları hiyerarşik olarak modeller. Ancak gündelik hayatta karşılaşılan pek çok karar problemi, daha karmaşık bir yapıdadır. Ulaşılmak istenen hedefi etkileyen faktörler, alt faktörler ve alternatifler arasında karşılıklı etkileşimler ve geri bildirimler var olabilir. Bu tür durumlarda problemi hiyerarşik olarak modellemek, problemin çözümü için yeterli değildir. Problemin çözümü için modelin ağ halinde yapılandırılması gerekecektir. Ağ temelli modellerde sadece faktörlerin önemi, alternatiflerin önemini belirlemez; alternatiflerin önemi de faktörlerin önemini belirleyebilir (Saaty, 2005). Modeli oluşturan tüm kriterler arasında karşılıklı yatay veya dikey etkileşimler olduğundan, problemin çözümü için Saaty tarafından Analitik Ağ Prosesi (AAP) olarak adlandırılan yöntem geliştirilmiştir (Saaty, 1996).

AAP başka bir ifadeyle; "karmaşık ve yapısal olmayan bir durumu temel parçalarına ayırmak veya bu parçaları ya da değişkenleri etkileşimli bir düzen

içine oturtmak, her bir değişken için yapılan bağlantılı belirsiz değerlendirmeleri sayısal değerlere çevirmek, bu belirsiz değerlendirmeleri değişkenlerden hangilerinin söz konusu durumun sonuçlarını etkileyeceğini ve en yüksek önceliğe sahip olduğunu saptayabilmek amacıyla, inceleme işlevlerini içeren bir karar verme yöntemi” olarak belirtilebilir (Saaty, 2001).

AAP'nin problem çözme algoritması AHP'den farklı değildir, yalnızca AHP'nin çok genel bir formudur. AHP'de kullanılan genel esaslar, kriterler ve kıyaslama mantığı AAP için de kullanılmaktadır. AHP'de kriterlerin birbirinden etkilenmediği varsayılır ve kriterler yukarıdan aşağıya doğru olacak şekilde hiyerarşik olarak seviyelendirilir. AAP yatay ve dikey karşılıklı etkileşime izin verdiği için herhangi bir seviyelendirme yapmak zorunlu değildir (Saaty, 1999; 2005). AHP ve AAP'nin temel yapılarının basit birer örneği Şekil 4.1.'de görülmektedir.



Şekil 4.1. AHP ve AAP temel yapısı

AAP, bünyesinde küme, kriter, alt kriter ve bunların etkileşim yapısını barındırmaktadır. Kriter AAP'nde kullanılan bir faktörü temsil etmektedir ve alt kriterlere sahip olabilir. Aynı katogoride değerlendirilen kriterler ise kümeyi oluştururlar. Mesela bir AAP modelinde finansla ilgili tüm kriterler finans kümesini oluşturur. Kümeler arasındaki oklar iki küme arasındaki etkileşimi göstermektedir. Şekil 4.1. deki okların yönü, etkileşimin yönünü belirtmektedir. Kümelerin arasındaki okların ifade ettiği anlam “dış bağımlılık” olarak adlandırılırken, kümenin içindeki kriterler arasındaki etkileşimde “iç bağımlılık” olarak adlandırılır. İç bağımlılık, grubun kendisinden çıkıp tekrar kendisine dönen bir okla gösterilir. Bir gruptaki öğelerin tümünün bir başka gruptaki öğeyi etkilemesi zorunlu değildir.

Kriterler veya alt kriterlerin kendi aralarında bir etkileşim yok ise etkileşim olmayan öğelerin değeri sıfır kabul edilir (Saaty, 1999).

AAP yöntemi, özel bir toplamsal ağırlıklandırma prosedürüdür (Saaty, 1996). Aynı zamanda nitelikli karar problemleri için bir yapılandırma, ölçüm ve sentezleme yöntemidir (Saaty, 2001). Bununla birlikte yöntemin pratik doğası gereği; finansal tahmin, yazılım seçimi, performans yönetimi, üretim planlama ve kontrol, personel seçimi, ürün alımı vb. çok çeşitli alanlardaki çalışmalarda da AAP yöntemi uygulanmıştır .

AAP metodu yedi temel adımdan oluşmaktadır (Şekil 4.2);



Şekil 4.2. AAP çözüm safhaları [Saaty (1996)'den adapte edilmiştir]

Şekil 4.2'de tanımlanan adımların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Adım 1 ve 2: Problemin tanımlanması ve yapının oluşturulması

Problemin ayrıştırılarak AAP ağ yapısının oluşturulması yöntemin ilk aşamasıdır. Bir sistemin analiz işlemi için esas olan, sistemi oluşturan kriter, alt kriter ve alternatiflerin sayısı, bunların birbiri ile ilişkilerini ele almak ve ayrıca model içerisindeki birbirinden farklı karşılaştırmaların, karar vericiler tarafından anlaşılabilmesini sağlamaktır (Saaty, 1996). Bunu sağlamak için, sistem daha küçük alt sistemlere ayrılır; örneğin bir organizasyon şematik olarak alt sistemlere ayrılabilir ve her alt sistemin de kendine ait bir sistemi olabilir (Saaty, 1980; 1996).

Bu aşamada karar vericiyi sonuca götürecek kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenir. Bu kriterler arasında hiyerarşik bir yapı yerine karşılıklı etkileşim vardır. Kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin belirlenmesinden sonra, modeli oluşturan tüm unsurların birbirleriyle etkileşimini gösteren ağ yapısının oluşturulması

gerekmektedir. Ağ yapısı oluşturulmadan önce bir kontrol ögesinin belirlenmesi gerekebilir. Tedarikçi seçimi çalışmasında kullanılan kontrol ögesi “fayda” olarak kabul edilmiştir. Kriterlerin ikili karşılaştırmaları genel olarak “hangi kriter tedarikçi seçimi için daha faydalıdır?” sorusuna göre yapılır. Tedarikçi seçimi ağ yapısı, uzman grubu fikirleri alınarak oluşturulur. Uzman grubu, tedarikçi seçimi konusunda değerlendirmeler yapabilecek farklı uzmanlık alanlarındaki personelden teşkil edilir. Ayrıntılı bir AAP modeli tasarımı için belirlenmesi gereken noktalar şunlardır (Saaty, 1996):

- Karar vericinin, amacını gerçekleştirmede kullanacağı kriterlerin belirlenmesi,
- Her bir kriterin alt kriterlerinin belirlenmesi,
- Konuyla ilgili karar verici veya karar vericilerin belirlenmesi,
- Sonuçların ya da alternatiflerin belirlenmesi,
- En fazla tercih edilen sonucu veren kararın verilmesinin veya verilmemesinin getireceği yarar ve maliyetlerin karşılaştırılması.

Kriter ve alt kriterlerin miktarı problemin yapısına göre değişebilir. AAP yapısının oluşturulması esnasında kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesinde anket çalışmasına veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir (Dağdeviren ve diğ., 2004). Problemin özelliğine göre karar seçenekleri tek kritere göre değerlendirilebileceği gibi daha fazla kriter de söz konusu olabilir.

Adım 3: Kriterlere göre ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Alternatifler, kriter ve alt kriterler tespit edildikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmalıdır. Bu aşamada temel amaç, kriterlerin ve alt kriterlerin göreceli önemlerinin tespiti ve bu önemlerin, alternatiflerin seçimine olan etkisinin belirlenmesidir (Saaty, 1980; 1996). Karşılaştırmaların yapılmasında Saaty tarafından önerilen 1-9 skalası kullanılır. Bu skala Tablo 4.1’de görülmektedir (Saaty, 1990). Problem için eldeki veriler sayısal değilse, problemi sayısal hale getirebilmek için yine Tablo 4.1’deki skala kullanılır.

Tablo 4.1. Önem skala değerleri ve tanımları [Saaty (1996)'den adapte edilmiştir].

| Değeri | Tanım | Açıklama |
|---------|---------------------|---|
| 1 | Eşit önemli | İki seçenekte eşit derecede öneme sahip |
| 3 | Biraz önemli | Bir kriterin diğerine karşı biraz daha üstün olduğu durum |
| 5 | Fazla önemli | Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır |
| 7 | Çok fazla önemli | Bir kriterin diğerine karşı oldukça üstün sayılmıştır. |
| 9 | Aşırı derece önemli | Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu çok nettir. |
| 2,4,6,8 | Ara değerler | Ardışık iki değerlendirme arasında ki ara değerleri belirtir. |

Karşılaştırma prensibi, kriterlerin veya alt kriterlerin göreceli önceliğini veren ikili karşılaştırma matrisini oluşturmada uygulanır. Bu matrisin esas özvektörü kriterlerin önceliklerini verir (Saaty, 1980; 1996).

İkili karşılaştırmalar yapılırken değerler ve ağırlıklar ayrı ayrı atanıp, toplanmazlar. Bunun yerine, modelde yer alan tüm kriter, alt kriter ve alternatifler; ilişkili oldukları kriter, alt kriter ve alternatiflerle ikili olarak karşılaştırılırlar. Böylece karar vericiden, her elemanı (n adet) modelin bir diğer elemanına göre önemli gördüğünü gösteren "tercihlerin yoğunluğu" yargıları ($\frac{n(n-1)}{2}$ adet) elde edilir. Elde edilen veriler, bir elemanın diğerine tercih edilmesini ve bu tercihin yoğunluğunu gösterirler. Dolayısıyla, alternatifler için elde edilen sonuç değerleri de oran skalasında tanımlıdır. Tüm bu değerler ve ağırlıklar genel olarak "öncelikler" (priorities) olarak adlandırılabilir (Belton, 1986).

Elemanların, Tablo 4.2'de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmaları yapılarak, matrisler elde edilir. Matrislerde a_{ij} i'nci özellik ile j'nci özelliğin ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, a_{ij} değeri $1/a_{ji}$ eşitliği ile elde edilir (Saaty, 1980). Özvektörle ilgili olarak; eğer " a_{ij} ", "i" alternatifinin "j" alternatifi üzerindeki önemini, " a_{jk} " da "j" alternatifinin "k" alternatifi üzerindeki önemini belirtir ise " a_{ik} "; "i" alternatifinin "k" alternatifi üzerindeki önemini belirtir. Bu durumda "i" alternatifinin "k" alternatifi üzerindeki önemi " $a_{ij}.a_{jk}$." olur. Örnek bir ikili karşılaştırma Şekil 4.3'te olduğu gibidir.

Tablo 4.2. İkili karşılaştırma matrisi

| | Eleman 1 | Eleman 2 | Eleman 3 | | Eleman n |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|----------|
| Eleman 1 | 1 | a_{12} | a_{13} | | a_{1n} |
| Eleman 2 | $a_{21} = 1/a_{12}$ | 1 | a_{23} | | a_{2n} |
| Eleman 3 | $a_{31} = 1/a_{13}$ | $a_{32} = 1/a_{23}$ | 1 | | a_{3n} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Eleman n | $a_{n1} = 1/a_{1n}$ | $a_{n2} = 1/a_{2n}$ | $a_{n3} = 1/a_{3n}$ | | 1 |

$$A_{3 \times 3} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} & \rightarrow & \begin{pmatrix} 1 & 5 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Şekil 4.3. İkili karşılaştırma matrisi örneği.

Adım 4: Matrislerin öncelik vektörlerinin hesaplanması

Matrislerin ikili karşılaştırmaları tamamlandıktan sonra, karşılaştırılan her elemanın önceliğinin (görelî öneminin) hesaplanması safhasına geçilir. Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Matrislerin öncelik vektörlerinin belirlenmesi aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir (Saaty, 1980). Sonuçta $Aw = \lambda_{\text{enb}} \cdot w$ denklemi elde edilir. Denklem kullanılarak lokal öncelik vektörü bulunur.

Adım 5: Tutarlılığın kontrolü

Karar vericinin kriterler arasında karşılaştırmaları yaparken tutarlı olup olmadığını görmek üzere her bir matris için “tutarlılık oranı” bulunur. Bulunan bu tutarlılık oranının 0,10 veya daha düşük olması yeterli görülmektedir (Saaty, 1980). Tutarlılığın kontrolü aşamaları aşağıda verilmiştir.

- İkili karşılaştırmalar matrisi ile bu matrise ait öncelik vektörü çarpıldıktan sonra elde edilen vektöre, ağırlıklandırılmış toplam vektörü denir.
- Elde edilen ağırlıklandırılmış toplam vektörünün her bir elemanı buna karşılık gelen öncelik vektörüne bölünür.
- Elde edilen değerlerin ortalaması alınır ve buna en büyük özdeğer denir Bu değer λ_{emb} simgesi ile gösterilir.
- Tutarlılık İndeksi (T.İ) = $\frac{(\lambda_{emb} - n)}{n - 1}$ (4.1)
- n burada karşılaştırılan eleman sayısını ifade eder
- Tutarlılık Oranı = Tutarlılık İndeksi (Tİ)/ Rassallık İndeksi (Rİ) (4.2)

Rassallık indeksi değerleri Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.3.Rassallık indeksi (Rİ)

| Rassallık İndeksi | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Matris Boyutu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Tesadüfîlik göstergesi | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Adım 6: Limit süpermatris oluşturma

Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin oluşturulması limit süpermatrisi için ilk adımdır. Süpermatris yapısı itibariyle Markov Zinciri Prosesine benzer (Saaty, 1996). Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için lokal öncelik vektörleri ağırlıklandırılmamış (unweighted) süpermatris olarak bilinen matrisin sütunlarına tahsis edilerek yazılır. Süpermatris, yapısı nedeniyle parçalı bir matristir ve yapıdaki her bir matris bölümü, sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir (Saaty, 1996).

İkinci adımda ağırlıklandırılmış süpermatris oluşturulur. Ancak oluşturulan bu süpermatris, stokastik değildir. Sütun toplamları birden büyüktür (stokastik matris=sütun toplamları bir olan matris). Süpermatrisin stokastik olmasını sağlamak için bileşenler, her bir bloklar sütunu üzerindeki etkilerine göre ağırlıklandırılırlar. Bunu sağlamak için, bir sütunun bloğunda sıfırdan farklı elemanlara sahip satır bileşenleri, o sütundaki bileşen üzerindeki etkilerine göre karşılaştırılırlar. Daha sonra her bir blok, o satırdaki bileşenlere karşılık gelen özvektör katsayısı ile

çarpılarak, ağırlıklandırılmış (weighted) süpermatris elde edilir. Bu şekilde elde edilen süpermatrisin kolonlarının her birinin toplamı bir olur (Saaty, 1996).

Son adım limit süpermatrisin elde edilmesidir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin $(2k+1)$. kuvveti alınır, burada k rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süpermatris olarak isimlendirilir (Saaty, 1996).

Adım 7: En iyi alternatifin seçilmesi

Limit süpermatris sayesinde, alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenir. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif, en iyi alternatiftir. Kriterlerin değerlendirildiği bir ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan kriter, karar sürecini etkileyen en önemli faktördür.

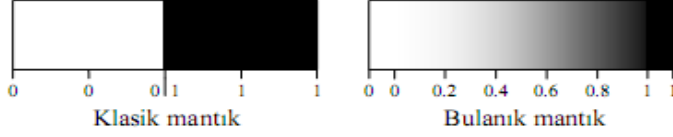
4.2 Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık, insan düşüncesinin ortaya koyduğu sözel bilgileri matematiksel verilere çevirmekte ve bunları bulanık küme teorisi ile ifade edebilmektedir (Zadeh, 2008; Dubois ve Prade, 1998).

Klasik küme kuramında bir eleman, o kümenin ya elemanıdır ya da değildir ve hiçbir zaman kısmi üyesi olamaz. Nesnenin üyelik değeri "1" ise nesne o kümenin elemanı; nesnenin üyelik değeri "0" ise nesne o kümenin elemanı değildir (Zadeh, 1965; Dubois ve Prade, 1998). Klasik kümelerin aksine bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında, sonsuz sayıda değişebilir. Bunlar, üyeliğin derecelerinin devamlı ve aralıksız bütünüyle bir kümedir.

Klasik (ikili) ve bulanık mantıkla ilgili Şekil 4.4'teki örneği incelediğimizde siyah-beyaz arasındaki tüm gri tonlar bulanık mantığı ifade ederken, klasik küme teorisi sadece siyah ve beyazı kabul eder (Vrusias, 2009). Gri tonlar yoktur. İkili mantık, küme üyeliğini tanımlarken 0 veya 1 gibi ikili sayı sistemini (Binary digit)

kullanırken, bulanık mantık 0 ve 1 arasındaki sürekli değerleri, yani bulanık sayıları (Fuzzy digit) kullanmaktadır.



Şekil 4.4: Klasik ve Bulanık mantık (Vrusias, 2009)

A, X nesnelere uzayında bir bulanık küme olarak tanımlansın. Eğer A bulanık kümesinin elemanları kesikli ise,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x \in A \\ 0 & \text{eğer } x \notin A \end{cases} \quad (4.3)$$

sürekli ise,

$$A = \int_x \mu_A(x) / x \quad (4.4)$$

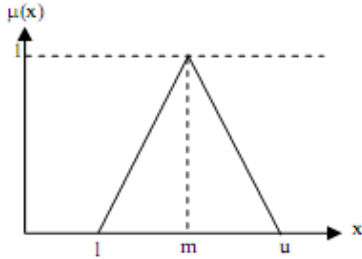
şeklinde ifade edilir. Yukarıdaki formüllerde kullanılan sigma ve integral işaretleri matematiksel bir anlam belirtmez.

4.2.1 Bulanık mantık üyelik fonksiyonu

Bulanık küme teorisinde, üyelik fonksiyonlarının değer aralığı $[0,1]$ değerleri arasında yer alır. $\mu_A(x)$; A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonudur. Bu fonksiyonun alacağı değere, x elemanının A bulanık kümesindeki üyelik değeri denir ve $\mu_A(x) \rightarrow 0,1$ şeklinde gösterilir (Zimmermann, 1994). Bir bulanık kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren fonksiyona “üyelik fonksiyonu” denir (Dubois ve Prade, 1998). Bulanık küme teorisi literatüründe birçok üyelik fonksiyonu vardır. Bu üyelik fonksiyonlarından biri olan Üçgensel Bulanık Sayıyla ilgili özellikler aşağıda verilmiştir.

Üçgensel Bulanık Sayı: Bir üçgen bulanık sayı (triangular fuzzy number -TFN) $(l | m, m|u)$ veya (l, m, u) şeklinde gösterilir (Chang, 1996). Bir bulanık olay için l, m ve

u parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün olan en büyük değeri temsil eder. Şekil 4.5.'de örnek olarak bir bulanık üçgen sayı verilmiştir.



Şekil 4.5. Bulanık üçgen sayı (l,m,u)

Bir üçgen bulanık sayınının lineer gösterimi sol ve sağ taraf şeklinde aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Chang, 1996) :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{(x-l)(m-l)}{(m-l)(m-l)} & l \leq x < m \\ \frac{(u-x)(u-m)}{(u-m)(u-m)} & m \leq x < u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (4.5)$$

4.2.2. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

Belirli güven aralıklarında tanımlanmış, A ve B sayıları için bulanık sayıların aritmetiği aşağıda ifade edilmiştir (Kaufmann, 1988).

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ A & a_1 & a_2 & a_3 \\ B & b_1 & b_2 & b_3 \end{matrix} \quad (4.6)$$

olmak üzere;

Toplama:

$$a_1 \oplus b_1 \quad a_2 \oplus b_2 \quad a_3 \oplus b_3 \quad (4.7)$$

Çıkarma:

$$a_1 \ominus b_1 \quad a_2 \ominus b_2 \quad a_3 \ominus b_3 \quad (4.8)$$

Çarpma:

$$\left[\frac{a_1}{a_3}, \frac{a_1}{a_3} \right] \otimes \left[\frac{b_1}{b_3}, \frac{b_1}{b_3} \right] = \left[\frac{a_1 b_1}{a_3 b_3}, \frac{a_1 b_1}{a_3 b_3} \right] \quad (4.9)$$

Bölme: $a_1 \leq 0 \leq a_3$ haricindeki tüm değerler için,

$$\left[\frac{a_1}{a_3}, \frac{a_1}{a_3} \right] \oslash \left[\frac{b_1}{b_3}, \frac{b_1}{b_3} \right] = \left[\frac{a_1}{a_3} \wedge \frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_1} \vee \frac{a_3}{a_3} \right] \quad (4.10)$$

Ters alma: $a_1 \leq 0 \leq a_3$ haricindeki tüm değerler için,

$$a_1, a_3^{-1} = \left[\frac{1}{a_1} \wedge \frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_1} \vee \frac{1}{a_3} \right] \quad (4.11)$$

En küçük:

$$a_1, a_3 (\wedge) b_1, b_3 = a_1 \wedge b_1, a_3 \wedge b_3 \quad (4.12)$$

En büyük:

$$a_1, a_3 (\vee) b_1, b_3 = a_1 \vee b_1, a_3 \vee b_3 \quad (4.13)$$

4.3. Bulanık Analitik Ağ Prosesi Yöntemi

AAP yöntemi, karar vericinin kararları ile belirsizliğin net olarak ortaya konması ve sayılara dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır (Promentilla ve diğ., 2007; Dağdeviren ve diğ., 2007). Bulanık AAP, insanoğlunun düşünme şeklini daha iyi yansıtmaktadır. Bilim adamları tarafından geliştirilmiş çeşitli bulanık AAP ve AHP metodları mevcuttur (Tablo 4.4). Çalışmada, Cheng (1992) tarafından geliştirilen bir BAAP yöntemi olan “Derece Analiz Yöntemi” kullanılmıştır.

Tablo 4.4. Bulanık AAP-AHP metodları ve karşılaştırılması (Üzgün,2006)

| Kaynak | Metodun özellikleri | Olumlu (+) ve Olumsuz (-) Özellikleri |
|--|--|--|
| Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) | Saaty'nin AHP metodunun (Saaty,1980) üçgen bulanık sayılar | (+) Birden fazla karar vericinin düşünceleri karşılıklı(reciprocal) matrislerde modellenilebilir. (-) Küçük bir problem için bile çok fazla matematiksel işlem gerektirir. (-)Sadece üçgen bulanık |
| Buckley (1985) | Saaty'nin AHP metodunun yamuk bulanık sayılar kullanılarak Geometrik ortalama kullanarak bulanık ağırlıkları ve performans | (+) Bulanık duruma genişletmek kolaydır (+) Tek bir sonucu garanti eder (-) Hesap gereksinimi çok fazladır |
| Boender et al. (1989) | Van Laarhoven ve Pedrycz'in metodunun geliştirilmiş halidir. Yerel önceliklerin normalizasyonu için daha sağlam bir yaklaşım sunar. | (+) Birden fazla karar vericinin düşünceleri (-)Hesap gereksinimi çok fazladır |
| Chang (1996) | Sentetik derece değerleri Seviye basit sıralaması Karma toplam sıralama | (+) Hesap gereksinimi daha azdır (+)Klasik AHP'nin adımlarını izler. İlave işlem (-) Sadece üçgen bulanık sayılar kullanılabilir |
| Cheng (1997) | Bulanık standartlar oluşturur Performans skorlarını üyelik Toplam ağırlıkları hesaplamak için | (+) Çok fazla hesap gerektirmez (-)Olasılık dağılımı bilindiğinde entropi kullanılır. |
| Mikhailov ve Singh (2003) | Karar vericilerin modele etkilerini maksimize etmeyi hedefler Metodun arkasındaki | (+) Yazılım destekli olduğundan hesaplamalar kolaydır. (-) Sadece üçgen bulanık sayılar kullanılabilir |

Bu metotlar, hiyerarşik yapı analizleri ve bulanık grup teorisini temel alarak karar vermede (alternatiflerin değerlendirilmesinde) kullanılmaktadır. Bazı AHP-ANP yöntemleri ise çok fazla cebirsel hesaplama kullanarak, problemdeki bulanık değerlerle daha çok ilgilenmektedir. Bu yöntemlerin bir diğer olumsuz özelliği de kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duymalarıdır. Chang'ın yaklaşımında ise, bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle hesaplamalar

yapıldığı için, yukarıda bahsedilen dezavantajlar geçerli değildir (Çanlı ve Kandakoğlu, 2007).

4.3.1. Chang'in derece analizi yöntemi

Chang'ın (1992, 1996) derece analiz yöntemi aşağıda anlatılmıştır.

$X = x_1, x_2, \dots, x_n$ nesnelere kümesi ve $U = u_1, u_2, \dots, u_m$ de bir amaç kümesi olsun. Chang'ın derece analiz yöntemine (Extent Analysis Method) göre, her bir nesne alınır ve her bir amaç için derece analizi sırasıyla uygulanır. Bu yüzden her bir nesne için aşağıda gösterildiği gibi “m” adet genişletilmiş analiz değeri elde edilir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4.14)$$

Burada, tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri parametreleri “l”, “m” ve “u” olan üçgen bulanık sayıdır (Chang, 1992).

Chang'ın derece analiz yönteminin adımları aşağıda olduğu gibidir;

Adım1: Bulanık yapay büyüklük değeri, “i.” nesneye göre aşağıda olduğu gibi tanımlanır;

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4.15)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, “m” değerleri üzerinde bulanık toplama işleminin belirli bir matris için aşağıdaki gibi yapılması,

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_j l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4.16)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]$ ifadesini elde etmek için $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerler üzerinde bulanık toplama işleminin yapılması,

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right] = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4.17)$$

ardından Eşitlik 4.17 denklemindeki vektörün tersini hesaplamak gerekir (Chang,1992; 1996).

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

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi;

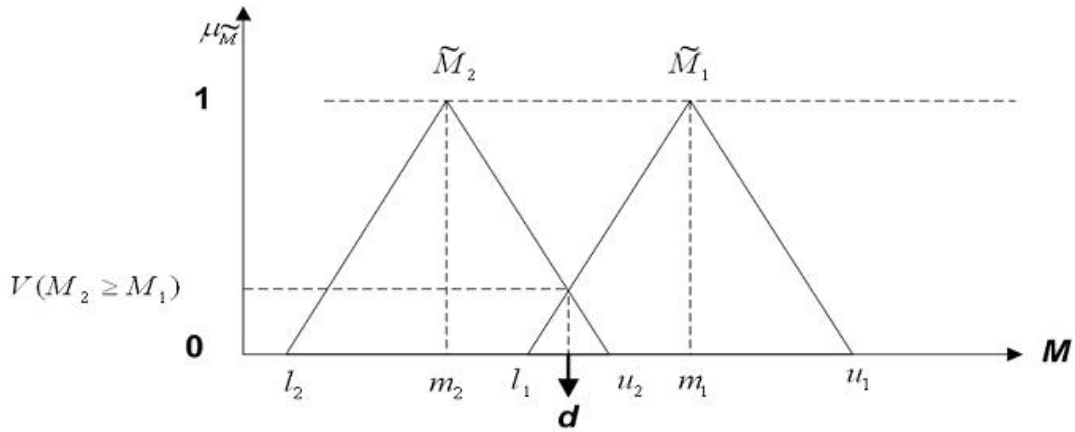
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (4.19)$$

$x \geq y$ ve $\mu_{M_1} = \mu_{M_2}$ olacak şekilde bir (x,y) çifti olduğunda $V(M_2 \geq M_1) = 1$ 'dir.

M_1 ve M_2 konveks bulanık sayılardır. Bir diğer ifade ile;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0 & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer hallerde,} \end{cases} \quad (4.20)$$

şeklinde tanımlanır. Burada d, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan “d”nin ordinatıdır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Bulanık sayılar (M_1 ve M_2) arasındaki kesişme (d)

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırabilmek için $V = (M_1 \geq M_2)$ ve $V = (M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisi de gereklidir.

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin “k” konveks bulanık sayıdan $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$ daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (4.21)$$

Burada $k = 1, \dots, n$; $k \neq i$ için;

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (4.22)$$

olduğu düşünülürse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

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

Burada $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ elemandan oluşur.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri;

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

olarak bulunur. Burada, “w” ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.

4.4. Yapay Sinir Ağının Tanımı

Yapay Sinir Ağları (YSA), insandaki sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiştir (McCulloch, 1943). YSA, insan beyninin en önemli özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, öğrendiği bilgileri kullanarak yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmiş bir metodolojidir. Kısaca YSA, insan beyninin “tecrübelerini kullanarak problem çözme” yeteneğini ve yapısını modellemeye çalışan bir sistemdir. Geleneksel programlama yöntemleri ile öğrenme ve öğrenilen bilgileri kullanma işlemini gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. Bu nedenle YSA'nın, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş, adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir hesaplama yöntemi olduğu söylenebilir.

YSA, birbirleri ile paralel bağlantılı çok sayıda işlem elemanından oluşan ve gerçek hayattaki örneklerle etkileşim kuran hiyerarşik bir yapıdadır (Kohonen, 2001). YSA beyne iki yönüyle benzemektedir. Birincisi, bilgiyi öğrenerek elde eder. İkincisi ise nöronlar (sinir hücresi) arası ağırlıklar; bilgiyi saklamak için kullanılır. (Haykin, 1999). YSA'ların sahip olduğu öğrenme kabiliyeti, kolaylıkla farklı problemlere uyarlanabilirliği, öğrenme işleminden sonra daha az bilgiye gereksinim duyması, genelleme yapabilme yeteneği, paralel yapılarından dolayı hızlı işlem yapabilmeleri ve zor matematiksel modelleri oldukça hızlı çözebilmeleri gibi sahip oldukları özellikleri nedeniyle birçok farklı alanda; örüntü tanıma (Salama ve Bartnikas, 2002), soya fasulyesi üretimi çalışması (Elizondo ve diğ., 1994), yün üretim tekniği (Hong ve diğ., 2000) veri madenciliği (Lu ve diğ., 1996) v.b çalışma alanlarında başarıyla uygulanmıştır.

4.4.1. Yapay sinir ağının özellikleri

YSA, insan beyninin çalışma yapısından hareketle oluşturulmuş, gerçek örnekler ile girdi-çıkı ilişkisini öğrenen bir sistemdir. YSA, örneklere ait bilgiyi saklama ve kullanma özelliği olan, paralel çalışma özeliğine sahip bir bilgi işlemcidir. Sistemi oluşturan sinirler (nöron) eş zamanlı olarak çalışır ve fonksiyonun sonucu, çok

sayıda küçük nöron aktivitesinin bir araya gelmesi ile oluşur. YSA'nın sahip olduğu bu özelliğin en önemli faydası, zaman içerisinde ağ yapısındaki herhangi bir nöronun işlev dışı kalması durumunda dahi, ağın ürettiği sonuçların nerdeyse hiç etkilenmeyecek olmasıdır (Haykin, 1994).

YSA'ların genelleme yeteneği vardır. Ağ yapısı, eğitim esnasında kullanılan nümerik bilgilerden, eşleştirme esnasında kullanılan bilgileri çıkarır ve bu sayede eğitim esnasında kullanılmayan girdiler için de anlamlı sonuçlar üretir.

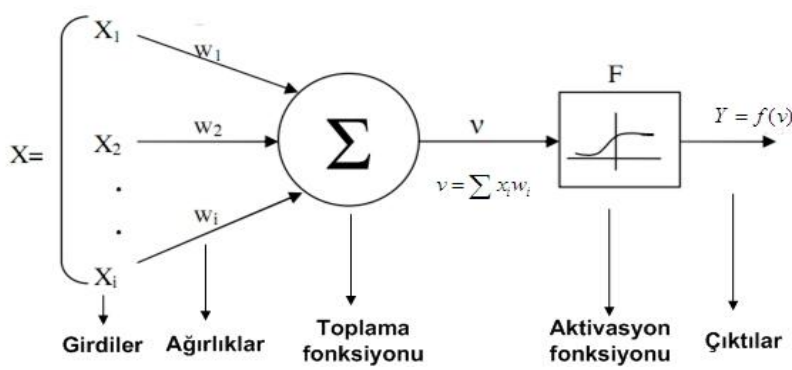
YSA'ların bir başka özelliği ise ağ fonksiyonunun doğrusal olmama (nonlineer) özelliğidir. YSA'lar, öğrenebilme yetenekleri sayesinde doğrusal olmayan problemlerin çözümünde klasik yöneylem metodlarından daha hızlı ve etkin çözümler sunar. Yapay sinir ağlarının karakteristik özellikleri, uygulanan ağ modeline göre değişmekle birlikte en temel özellikler şunlardır:

- Yapay sinir ağları, makina öğrenmesi gerçekleştirirler ve kendisine verilen datayı saklarlar.
- YSA modeline gösterilen örnek veriyi kullanarak öğrenirler.
- YSA, nitel ve nicel verilerin birlikte kullanılabilmesine veya bu verilerle işlem yapılabilmesine imkan verir (Maren ve diğ., 1990; Pham ve diğ., 1995).
- Doğru sonuçlara ulaşıldığından emin olmak için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir.
- Genelleme özelliği sayesinde YSA modeli, kendisine gösterilmemiş örnek veri hakkında bilgi üretebilir.
- Modele eksik veri girilse dahi çalışabilir.
- YSA'ya uygulanan girişler, diğer katmanlar boyunca paralel olarak işlenebilir. Bu özelliğinden dolayı YSA'lar klasik yöntemlere göre daha kısa sürede işlemleri gerçekleştirebilirler (Jin ve diğ., 1991; Narendra ve diğ., 1990).
- YSA, kapalı bir kutudur. İçeride ne olduğu bilinmemektedir. Bu da sonuca hangi değişkenin, ne kadar etki ettiğinin ve çözümün en iyi çözüm olup olmadığının bilinmemesine neden olur (Schalkof, 1997)
- Çoğu YSA için kararlılık analizi yapılamaz.
- YSA'ların her matematiksel modele veya sisteme uyarlanabilme özelliği yoktur.
- Örneklerin belirlenmesinde herhangi bir kural söz konusu değildir.

- Bulunan çözümün en uygun çözüm olduğunu söylemek mümkün değildir.
- Örneklerin bulunmasının zor olduğu ya da doğru örnekler elde edilemediği durumlarda, sağlıklı çözüm üretilememektedir.

4.4.2. Yapay sinir ağının yapısı

McCulloch-Pitts (1943) tarafından geliştirilen yapay sinir hücreleri (nöron), YSA'nın çalışmasının temelini oluşturan en küçük bilgi işleme birimidir. Şekil 4.7'de görülen bu operatörün birçok giriş verisi ve bir çıkış verisi bulunmaktadır. McCulloch-Pitts yapay nöronu; girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere toplam beş bileşenden oluşur.



Şekil 4.7. Yapay Nöron (McCulloch-Pitts, 1943)

Yapay nöron tarafından bu veriler üzerinde iki temel işlem gerçekleştirilir. İlk işlem, girdi verilerininin ağırlık eklenmiş toplamının bulunmasıdır. Elde edilen bu değere fonksiyonel transform uygulanarak, toplam çıkış verisine gönderilir. Sonraki işlemde ise toplama fonksiyonunun çıktısı aktivasyon fonksiyonuna gönderilir. Bu fonksiyon, aldığı değeri bir algoritma ile gerçek bir çıktıya dönüştürür.

4.4.2.1. Aktivasyon fonksiyonu

Girdilere karşılık gelen ağırlık değerleriyle (w) girdilerin (x_i) çarpımlarının toplamı

$$net = \sum_1^i x_i w_i \quad (4.25)$$

ifadesi ile gösterilir. Toplama fonksiyonu bir nörona gelen net girdiyi hesaplamada kullanılır. Ağırlıklar ve giriş vektörünün doğrusal toplamlarıyla nöronun toplam potansiyeli (net) bulunur.

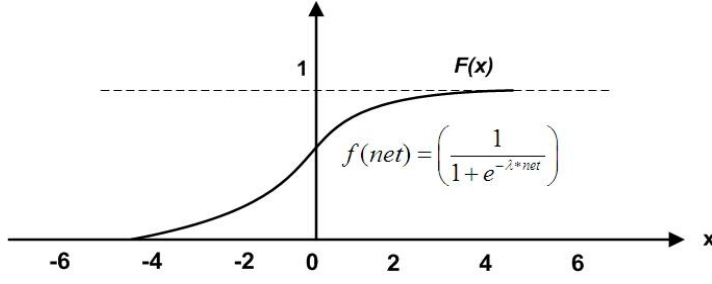
$$net = \sum_1^i w_i x_i = w_1 w_2 \dots w_i \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \end{bmatrix} = WX^T \quad (4.26)$$

Nöronun toplam potansiyeli (net) bir çıktı değeri (Y) üretmek üzere (f) aktivasyon fonksiyonundan geçirilir. Aktivasyon fonksiyonu toplam fonksiyonunu kullanarak hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları eşik, sigmoid, hiperbolik ve tanjant fonksiyonlardır (Zurada, 1992; Haykin, 1999).

4.4.2.2. Sigmoid fonksiyonu

Sigmoid fonksiyonu türevi alınabilir, sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Bu özelliği nedeni ile doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan YSA'larında tercih edilir. Sigmoid(tanh) fonksiyonu Eşitlik 4.27'de, grafiği ise Şekil 4.8'de verilmiştir.

$$f(x) = \left(\frac{1}{1 + e^{-x}} \right) \quad (4.27)$$



Şekil 4.8. Sigmoid(tanh) aktivasyon fonksiyonu

Fonksiyondaki “s” şeklindeki eğrinin ayarlanması için kullanılan λ parametresi geçiş alanındaki sigmoidin şeklini belirler. λ büyüdükçe sigmoid lineer eşik fonksiyonuna yaklaşır. λ , 1 değerine yaklaştıkça fonksiyon düz bir çizgi halini alır. Kısaca λ parametresi, fonksiyonun eğimini ifade etmektedir. $f(net)$ fonksiyonu ise $[0,1]$ aralığında bir değer alır. Sigmoid fonksiyonu, daha doğru hata ölçümü sağlayan sürekli bir fonksiyondur (Haykin, 1999).

4.4.3. Yapılarına göre YSA çeşitleri

Yapay sinir ağları, ağıın yapısına göre; ileri beslemeli (feed-forward) ve geri beslemeli (feed-back) olarak ikiye, öğrenme kuralına göre; Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen olmak üzere dörde, öğrenme algoritmasına göre; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli olmak üzere üçe, uygulamaya göre ise; off-line ve on-line olmak üzere ikiye ayrılabilir (Gülbağ, 2006).

YSA’larda hücreler birbirleriyle değişik şekillerde bağlanabilir ve eğitim sırasında kullanılan öğrenme ve genelleme kuralları farklılık gösterebilir. Bunun yanında YSA’larda kullanılan toplama ve transfer fonksiyonlarına göre YSA’lar çeşitli yapıda olabilirler (Haykin, 1999).

4.4.3.1. İleri beslemeli ağlar

İleri beslemeli ağlara Çok Katmanlı Algılayıcılar da (Multi-layer Perception) denmektedir. İleri beslemeli ağlarda işlem elemanları ardarda sıralanır. Nöronların, yalnızca bir sonraki katmanda bulunan nöronlar ile bağlantısı vardır. Önceki

katmanlar veya aynı katmandaki diğer nöronlar ile bağlantısı bulunmamaktadır. Bu tür yapıdaki bir ağ, sinaptik ağırlıklarını ayarlayarak girdi çıktı ilişkisini öğrenmeye çalışır. Nöronlardan en az birisi, daha gerideki nörona girdi oluşturuyorsa geri beslemeden bahsedilebilir. Bu ağlara örnek olarak; Hopfield, Elman ve Jordan ağları gösterilebilir (Zurada, 1992; Haykin, 1999). İleri beslemeli ağda giriş ve çıkış katmanları arasına eklenen bir veya daha fazla gizli katman sayesinde, iki katmanlı YSA modelinde var olan doğrusal olmayan problemleri çözememe sorununu ortadan kaldırmıştır. İleri beslemeli ağda en az üç katman bulunur; bunlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır. İleri beslemeli ağlarla ilgili detaylı bilgi Haykin (1999), Haykin (1994), Maren (1990), Simpson'nın (1990) çalışmalarında görülebilir. İleri beslemeli ağlarda yer alan katmanların özellikleri aşağıda anlatılmıştır.

Giriş katmanı: Giriş katmanında giriş veri grupları ağa sunulur. Bu tabakadaki nöron sayısı, giriş veri sayısı kadardır ve her bir giriş nöronu bir veri alır. Burada veri, bir sonraki katman olan gizli katmana geçer (Simpson, 1990; Zurada, 1992; Haykin, 1999).

Gizli katman: Ağın temel işlevini görür. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla gizli katman bulunabilir. Gizli katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı sabit değildir. Probleme göre değişebilir. Bu durum ağı tasarlayan kişinin kontrolündedir ve onun tecrübesine bağlıdır. Bu tabaka, girdi tabakasından aldığı ağırlıklandırılmış veriyi probleme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki tabakaya iletir. Gizli katmanda gereğinden az sayıda nöron kullanılması, giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine sebep olur. Aynı şekilde, gerektiğinden daha çok sayıda nöron kullanılması durumunda aynı ağda yeni tip veri gruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkar (Haykin, 1999).

İleri beslemeli YSA'nın gizli katman sayısı, uygulanacak yöntemi etkilemez. Birden fazla gizli katmanı olan ağlarda aynı hesaplama yöntemi izlenir. Gizli katmanın birden fazla olduğu ağlarda, hata değerleri n'inci gizli katmandan sonra (n-1)'inci gizli katmana geri beslenerek optimum hata oranı aranır (Haykin, 1999).

Çıkış katmanı: Ağın son katmanıdır. Saklı tabakadan aldığı veriyi ağın kullandığı fonksiyonla işleyerek çıktısını verir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu tabakadan elde edilen değerler, yapay sinir ağının söz konusu problem için çıkış değerleridir (Haykin, 1999).

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, gizli ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu sayede ileri beslemeli YSA'nın, gizli katmanında yeterli sayıda nörona sahip olması şartıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir (Haykin, 1999). Aktivasyon fonksiyonları, bir YSA'da nöronun çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler çoğunlukla $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır. Ayrıca, yapay sinir ağına bir kutuplama (bias) değeri uygulanarak, aktivasyon fonksiyonu arttırılabilir. YSA'larda kullanılacak olan fonksiyonların türevi alınabilir; ancak fonksiyonların süreklilik arz etmesi gerekmektedir.

4.4.3.2 Geri beslemeli ağlar

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ileri beslemeli olanların aksine bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir nörona girdi olarak bağlanabilir.

Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, en az bir işlemci elemanın çıktısı, kendisine ya da diğer işlemci elemanlara girdi olarak verilmekte ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır.

Geri besleme, bir katmandaki işlemci elemanlar arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki işlemci elemanlar arasında da olabilmektedir. Geri beslemeli yapay sinir ağları dinamik bir hafızaya sahiptir ve herhangi bir zamandaki çıktı hem o andaki

hem de daha önceki girdileri yansıtır. Karmaşık bir çalışma sistemine sahip olan geri beslemeli yapay sinir ağları, dinamik hafızaları nedeniyle değişik uygulamalarda başarılı sonuçlar verirler (Haykin, 1999)).

4.4.4. Yapay sinir ağlarında öğrenme

Yapay sinir ağları, kendisine verilen örnek veriyle eğitilir. Bir YSA problemi iyi tanımlanan ne kadar çok örnekle eğitilirse benzer problemleri çözme yeteneği artacaktır. Eğitim, kabul edilebilir bir hata ile yapılır. Bir yapay sinir ağında öğrenme, ağırlık matrisinde değişme olarak düşünülür. YSA'da öğrenme genel olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır.

Bunlar;

- Öğreticili öğrenme
- Öğreticisiz öğrenme'dir (Haykin, 1999).

Öğreticili öğrenme, giriş vektörlerinin veri setini ve ağı eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabını kullanır. Ağırlık matrisi, toplam ağ hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olması durumunda güncelleştirilir. Örneğe ait çıkış değeri ile ağ çıkış değeri karşılaştırılarak ağın hatası bulunur. Bu hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar, yapay sinir ağı, nöronlar arasındaki ağırlıkları değiştirerek iterasyona devam eder. Ağın eğitilmesinde kullanılan veri setine "eğitim seti" denir.

Öğreticisiz öğrenmede, ağa sadece giriş değerleri verilir, çıkış değerleri verilmez. Ağdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlıklarla düzenlemesi istenir (Haykin, 1999). Öğreticisiz öğrenmeli ağlar, henüz çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Öğreticisiz öğrenmeye kendi kendine öğrenme veya adaptasyon da denmektedir. Bir çocuğun kendisine sadece bisiklet verilerek sürmeyi öğrenmesi, bir öğreticisiz öğrenmedir. Bu tür öğrenmede, ağ sadece girdilere sahiptir, çıktıları bilinmemektedir.

BÖLÜM 5: ÖNERİLEN TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ

5.1. Tedarikçi Seçimi Modeli

Tedarikçi seçimi problemi birçok firma veya kurum için öncelikli bir konudur. Bilgi eksikliğinden veya üzerinde çalışılmadan verilecek yanlış bir satın alma kararı telafisi mümkün olmayan sonuçlara sebep olabilir.

Tedarikçi seçimi için geliştirilen model bu bölümde detaylı olarak ele alınmıştır. Öncelikle tedarikçi seçimini etkileyen küme, kriter, alt kriter ve tedarikçi alternatifleri tanımlanmıştır. Tanımlamalar yapılırken tedarikçi seçimi konusunda daha önce yapılan çalışmalardan bahsedildiği ikinci bölümden (literatür çalışması) faydalanılmıştır. Tanımlama aşamasından sonra model tasarlanmıştır. Bu adımda tanımlanan tüm model unsurlarının (kriter, alt kriter ve alternatiflerin) birbirleriyle olan etkileşimi ortaya konmuştur (Tablo 5.1).

Bulanık ikili karşılaştırmalarda kullanılacak değerlerin belirlenmesi adımımda, modelde kullanılan kriter veya alt kriterlerle ilgili yargıların ifade edilebilmesi için beş aşamalı üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Bu sayılar bulanık AAP ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu adımdan sonra modelde kullanılacak ikili karşılaştırma matrisleri yapılmıştır. İkili karşılaştırma matrisleri Excel ortamında geliştirilen matris hesaplama tablolarında çözülmüştür.

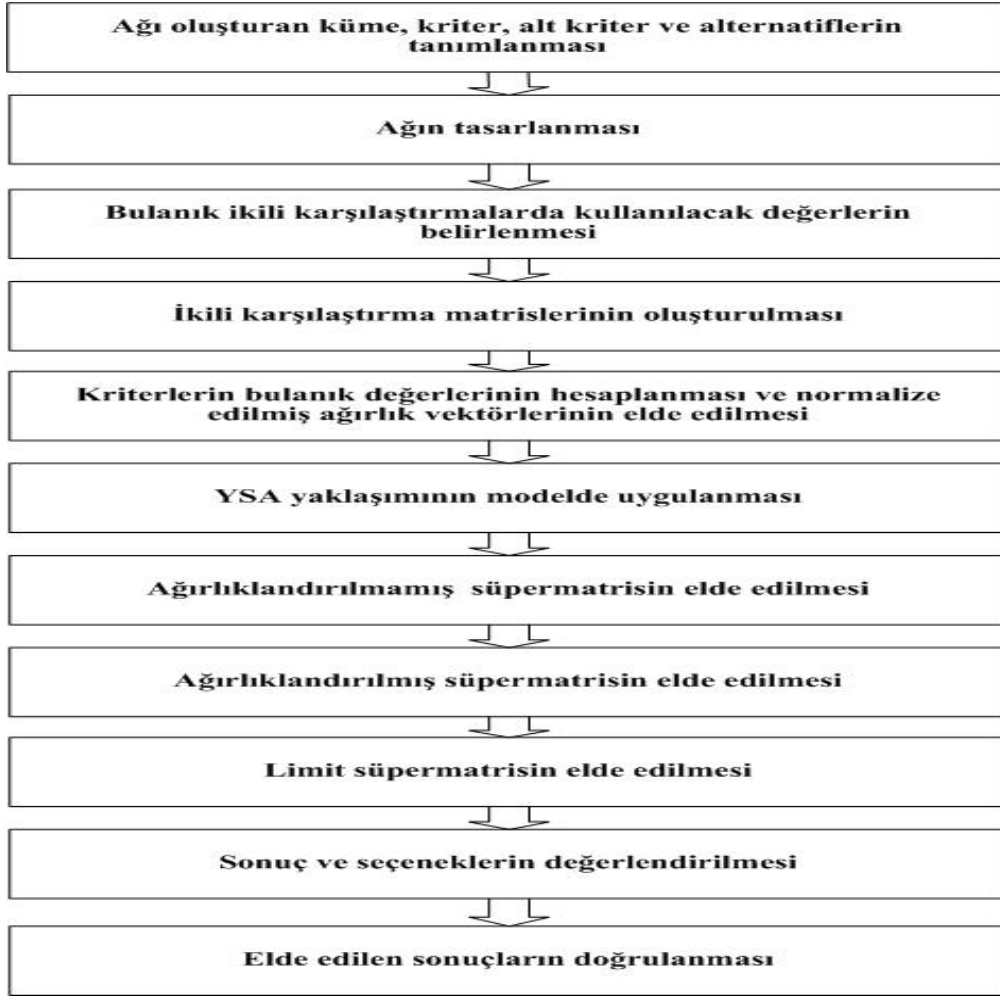
Bulanık değerlerin hesaplanması ve normalize edilmiş ağırlık vektörünün elde edilmesi adımımda “derece analiz metodu” kullanılmıştır .

YSA yaklaşımının modelde uygulanması adımımda, ağırlık değerlerinin YSA kullanılarak elde edilmesi amacıyla YSA modeli kurulmuş ve BAAP ikili karşılaştırma matrisleri için uzman görüşlerinden elde edilen veriler YSA’da

kullanılmıştır. YSA kullanarak ağırlık vektörlerinin elde edilmesi adımımda ise BAAP ikili karşılaştırma ve çözüm değerleri YSA' nın girdi-çıkıtı verisini sağlamaktadır. YSA eğitimi ve ağırlık değerlerinin elde edilmesi için Matlab YSA modülünden faydalanılmıştır.

Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin elde edilmesinde YSA kullanılarak elde edilen ikili karşılaştırma ağırlık değerleri, ağırlıklandırılmamış süpermatrisin girdisini oluşturmaktadır. Bu adımdan sonra ağırlıklandırılmış matris ve limit matris elde edilmiştir.

En uygun tedarikçinin belirlenmesi, rakip tedarikçilerin aldığı değerler ve tedarikçilerin sıralanması sonuç ve alternatiflerin değerlendirilmesi adımımda ifade edilmiştir. Elde edilen model sonuçlarının doğrulanması ise son adımda anlatılmıştır. Bu adımda doğrulamada kullanılan istatistiksel yöntemler ve bu yöntemlerle elde edilen kıyaslama ve sonuçlar gösterilmiştir. Tedarikçi seçim modelinin safhaları Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Modelin akış diyagramı

5.1.1. Ağı oluşturan küme, kriter, alt kriter ve alternatiflerin tanımlanması

Ağ yapısının oluşturulması, AAP’de karar vericinin amacı doğrultusunda kriterlerin ve bu kriterlere ait olan alt kriterlerin belirlenmesi sureti ile yapılması gereken ilk işlemdir. Tedarikçi seçimi problemi için karar verme modelini kurarken, göz önüne alınması gereken çok miktarda kriter ve alt kriter tasarlanmıştır. Tedarikçi seçimi sürecinin, aynı zamanda tedarik zinciri, lojistik ve servis hizmetleri ile ortak yönleri olduğundan model kurulurken bu ortak kriterler de değerlendirmeye alınmıştır. Modeli oluşturan küme ve kriterlere karar verilirken, tedarikçi seçimi sürecinde mutlaka olması gereken kriterler (finansal özellikler, stok yönetimi, lojistik bilgiler vb.) ve daha önce yapılmış olan çalışmalarda yer alan kriterler esas alınmıştır (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Carrera, 2007; Ravi ve diğ., 2005)

Bununla birlikte AAP'de alternatifler belirlenir ve bu alternatiflerin seçimini etkileyen kriterler ortaya konur. Daha sonra kriterler ve alternatifler göz önüne alınarak, model içindeki karşılıklı etkileşimler belirlenir. Sonuçta karar için etkileşimli bir yapı oluşturulmuş olur. Bu çalışmada önerilen modelde yer alan BAAP ikili karşılaştırmalarının matris değerleri için karar verici uzman grubu oluşturulmuş ve her bir uzmanın yargıları dikkate alınmıştır.

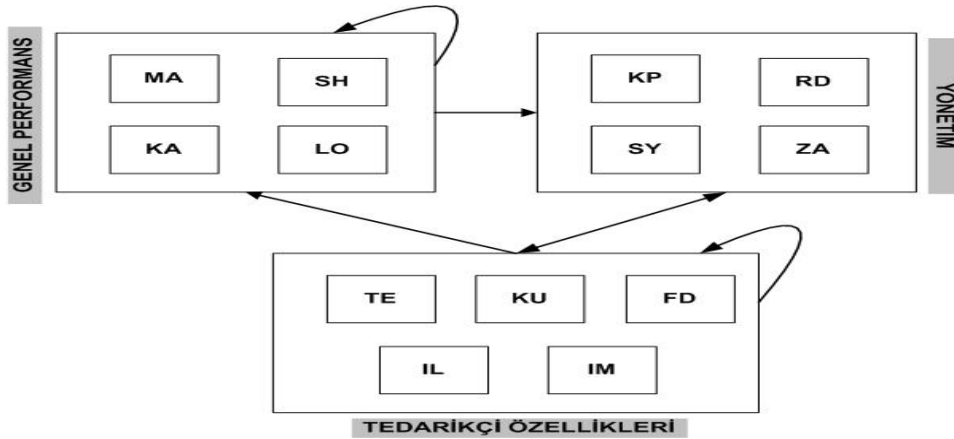
AAP'de bir karar problemi modellenirken, problemin gösteriminde ayrıntılı yapıların kullanılması önemlidir. Modelin çözüm sürecinde verilen kararın geçerliliği, kullanılan çözüm yöntemine bağlı olduğu kadar, oluşturulan AAP yapısına, bu yapıdaki ilişkilerin zenginliğine, gerçekliğine ve doğruluğuna da bağlıdır. AAP'de sorunlar ağ biçiminde yapılandırılır. AAP'de, karar bileşenlerini, elemanlarını ve aralarındaki etkileşimleri göstermek üzere, bağlantıların belirlenmesi ve bir diyagram ile gösterilmesi gereklidir (Saaty, 1996). Bu amaçla çizgeler kullanılmaktadır. Çizge, üstünlüklere dayanan karar sorunlarının yapılandırılmasında kullanılan geometrik yapıdır. Bu geometrik yapı içerisinde küme, kriter, alt kriter ve bunların birbirleri ile bağlantılarını ifade eden işaretler yer almaktadır.

Ağ yapısı seçilen tedarikçi ile uzun süreli işbirliği düşünülerek tasarlanmıştır. Tedarikçi seçimi kriterleri, statik tedarikçi seçimine uygun olacak şekilde detaylı olarak ele alınmıştır.

Tedarikçi seçimi AAP modeli karar verme hiyerarşisinde, kriter ve alt kriterlerin oluşturduğu üç ana küme tasarlanmıştır. Bunlar; Genel Performans, Tedarikçi Özellikleri ve Yönetim Yeteneği kümesidir. Genel performans kümesinde Maliyet, Servis hizmetleri, Kalite ve Lojistik olarak tanımlanan beş kriter kullanılmıştır. Maliyet ve Servis hizmetleri kriterinde ikişer alt kriter; Kalite kriterinde dört, Lojistik kriterinde üç alt kriter yer aldığı Genel Performans kümesi toplam on bir alt kriter sahibidir. Tedarikçi özellikleri kümesinde Teknoloji, Kültür, Finansal Durum, İlişkiler ve İmalat kriterleri olmak üzere beş kriter yer almaktadır. Teknoloji kriterinde üç, Kültür kriterinde dört, Finansal Durum kriterinde dört, İlişkiler kriterinde üç, İmalat kriterinde dört olmak üzere, Tedarikçi özellikleri kümesinde toplam on yedi alt kriter bulunmaktadır. Yönetim Yeteneği kümesinde Kalite Planlama, Risk Durumu, Stok

Yönetimi ve Zamanlama olarak tanımlanan dört kriter ve bu kriterlere ait on üç alt kriter yer almaktadır. Bu alt kriterlerin dağılımı; Kalite Planlamada üç, Risk Durumunda üç, Stok Yönetiminde dört, Zamanlamada üç alt kriter olarak tasarlanmıştır. Değerlendirmeye alınacak tedarikçi adayları ise alternatifler kümesini oluşturmaktadır.

Tedarikçi seçimi modelinin tamamını incelediğimizde; model, dört küme, kümelere ait on üç kriter ve bu kriterlere ait kırk bir alt kriterden oluşmaktadır. Alternatifler kümesinde ise A, B ve C olarak tanımlanan ve tedarikçi seçimi için değerlendirilecek üç tedarikçi bulunmaktadır (Tablo 5.1). Modeli oluşturan kümelerin etkileşim şeması Şekil 5.2'de verilmiştir. Her kümenin detaylı gösterimi ise Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Küme etkileşim yapısı

Tablo 5.1. Modeli oluşturan küme, kriter, alt kriter ve alternatifler

| Küme | Kriterler | Alt kriterler |
|-----------------------|----------------------|--|
| Genel Performans | Maliyet (MA) | Ürün fiyatı (UF) |
| | | |
| | | Hatalı Ürün (HU) |
| | Lojistik (LO) | Ödeme (OD) Üretim miktarı (UM) |
| Tedarikçi Özellikleri | Teknoloji (TE) | Teknoloji Kullanma (TK) İmalat Yeteneği (IY) |
| | | |
| | | Sertifikalar (SE) Altsigma (AS) Yalın İmalat (YI) |
| | Finansal Durum (FD) | Gelir (GE) Karlılık (KR) |
| | | Firmaya Olan Güvenilirlik (GU) Referanslar (RE) Haberleşme (HA) |
| | İmalat (IM) | İşlem İyileştirme (II) Makina ve İşlem Kapasitesi (MK) Geliştirme (GM) İmalat Süresi (IS) |
| Yönetim | Kalite Planlama (KP) | Tasarım ve Test Yeteneği (TT) |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Alternatifler | A | |
| | B | |
| | C | |

5.1.1.1. Genel performans kümesi

Genel performans, tüm organizasyonların kendi durumlarını takip ve analiz etmek için kullandığı ölçüm kriterlerini ifade etmektedir. Genel performans kümesi kriterleri ve bu kriterlere ait alt kriterlerle ilgili etkileşim yapısı, Şekil 5.3'te, tanım ve bilgiler ise aşağıda verilmiştir.

Maliyet (MA): Seçilecek tedarikçinin iş gücü giderleri, servis harcamaları, faiz giderleri, üründen elde ettiği kar gibi unsurların toplamını ifade etmektedir (Carrera, 2007; Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Langley ve diğ, 2003, Sarkis, 2003). Maliyet kriteri, “ürün fiyatı” ve “maliyet düşürme” olarak tanımlanan iki alt kriterden oluşmuştur.

Ürün Fiyatı (UF): Tedarikçinin sattığı ürünün fiyatını ifade eden kriterdir. Bu kriter değerlendirilirken diğer üretici firmaların ve ürünün piyasadaki genel fiyatı kıyaslanır (Meade ve Sarkis, 1998; Carrera, 2007).

Maliyet Düşürme (MD): Tedarikçinin satışını yaptığı ürünlerin maliyetini, ilk üretimden şimdiki zamana kadar, düşürme çalışmalarını belirtir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Meade ve Sarkis, 1998; Carrera, 2007). Ürettiği ürünün maliyetini belirli zamanlarda aşağı çekebilen bir firma için, maliyet düşürmeye yönelik çalışmalar yaptığı söylenebilir. Bu müşterilerin tercih ettiği bir durumdur.

Servis Hizmetleri (SH) : Tedarikçi firmanın, ürünü müşterinin istek ve ihtiyaçlarına göre teslim edebilme kabiliyetini belirtmektedir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Meade ve Sarkis, 1998; Carrera, 2007). İki alt kriterden oluşmaktadır; “Servis yeteneği” ve “Müşteri memnuniyeti”.

Servis Yeteneği (SY) : Tedarikçi firmanın satış sonrası, ürünleri için verdiği servis hizmetinin yaygınlığını tanımlamaktadır (Carrera, 2007). Yaygın servis hizmeti veremeyen bir tedarikçiden alınan ürün için servis ve yedek parça maliyeti artacaktır.

Müşteri Memnuniyeti (MM): Tedarikçinin ürettiği ürünün veya ürün parçalarının, en az hata ile alıcıya teslimatını ifade eder (Ravi ve diğ., 2005; Carrea, 2007; Meade

ve Sarkis, 1998). Taşıma, yerleştirme veya ürünü müşterinin istediği yerde faaliyete geçirme hizmetlerini iyi yapan tedarikçi firma, tercih sebebidir.

Kalite (KA): Müşteri, tedarikçinin ürettiği standart ürün dışında, üzerinde bazı değişiklikler yapılmış ürünü talep edebilir. KA, müşterinin istediği özellikleri ürüne yansıtabilme imkân ve kabiliyetinin derecesini ifade etmektedir (Sarkis, 2003; Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Meade ve Sarkis, 1998). Kalite kriterinin sahip olduğu dört alt kriter aşağıda tanımlanmıştır.

Hatalı Ürün (HU): Tedarikçinin üretim tesislerinde, üretim aşamasında ortaya çıkan hatalı ürün yüzdesini tanımlamaktadır (Carrera, 2007).

İşlem Yeteneği (IN): Tedarikçi firmanın imalat işlemini, işletme verimliliğini ve makine etkinliğini artıracak uygulamalara (istatistiksel ve yönetsel) sahip olup olmadığını ifade etmektedir (Meade ve Sarkis, 1998; Carrera, 2007).

Düzeltilme İşlemleri (DI): İmalat aşamasında kaliteyi artırmaya yönelik düzeltme çalışmalarını yapabilme yeteneğini ifade etmektedir (Carrera, 2007).

Kalite Seviyesi (KS): Üretim hattına gelen hatalı parçaların ilgili departmanlar tarafından tespit edilip geri gönderilme yüzdesini belirtir.

Lojistik (LO): Lojistik, hem tedarikçi seçimi hem de tedarik zinciri yönetiminde önemli bir konu olup, firmanın ürün ve hammadde akışını planlamasını ve kontrol etmesini tanımlamaktadır (Meade ve Sarkis, 1998; Carrera, 2007; Jharkhariaa ve Shankar, 2005). “Ödeme”, “Üretim miktarı” ve “Paketleme” alt kriterlerine sahiptir.

Ödeme (OD): Müşterinin esnek ödeme talebinin karşılanabilmesini belirtmektedir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005). Mali gücü zayıf tedarikçiler ödemenin kendi istedikleri tarihte yapılmasını temenni edebilirler.

Üretim Miktarı (UM): Tedarikçinin belirtilen ürün miktarını karşılayabilmesini tanımlamaktadır.

Paketleme (PA): Ürün teslimatının, tedarikçi firma tarafından istenen paketleme özelliklerinde yapılabilmesini ifade etmektedir (Meade ve Sarkis, 1998; Ravi ve diğ, 2005).

5.1.1.2. Tedarikçi özellikleri kümesi

Ürünün satın alınacağı tedarikçinin özelliklerini tanımlayan kriterleri belirlerken finansal ve finansal olmayan değerlerle birlikte; tedarikçinin ünü, ürün kalitesi gibi değerlendirilmesi gereken kriterler, tedarikçi özellikleri kümesinde tanımlanmıştır. Tedarikçi özellikleri kümesinde Teknoloji, Kalite, Finansal Durum, İlişkiler ve İmalat olarak beş kriter tanımlanmıştır. Tedarikçi özellikleri küme yapısı Şekil 5.4’de verilmiştir.

Teknoloji (TE): Piyasanın ve müşterilerin üründe görmek istediği yeni teknolojileri firmanın ürüne yansıtabilme ve yeni teknolojileri bünyesine adapte edebilme imkânını ifade eden kriterdir (Meade ve Sarkis, 1998, Lynch, 2000) . “Teknoloji kullanma”, “imalat yeteneği” ve “teknolojik yeteneği” olarak tanımlı üç alt kritere sahiptir.

Teknoloji Kullanma (TK): Üretim aşamasında ve kargo hizmetlerinde teknolojiyi kullanma becerisi (üründe bar-kod kullanımı), tam zamanında üretim yeteneği vb. kriterlerle değerlendirilmektedir (Carrera, 2007).

İmalat Yeteneği (IY): Müşterinin istediği ürünü imal edebilecek son teknoloji imalat cihazlarına sahip olma alt kriterini tanımlamaktadır (Meade ve Sarkis, 1998; Jharkhariaa ve Shankar, 2005).

Teknolojik Yeteneği (TY): Bilgisayarda tasarlanmış -Bilgisayar Destekli Tasarım, Computer Aided Design (CAD)- ürünleri imal edebilecek teknolojik alt yapıyı ifade etmektedir.

Kültür (KU): Tedarikçinin tüm personelinin sahip olduğu ortak değerler, hedefler, firmanın var olma felsefesi ve bu değerleri personele öğretmeye yönelik eğitim programları bu kriterde değerlendirilmektedir (Carrera, 2007). Uzmanlık seviyesi, sertifikalar, altısigma, ve yalın imalat, kalite kriterinin alt kriterlerini oluşturmaktadır.

Uzmanlık Seviyesi (US): Tedarikçinin kendi alanındaki uzmanlık durumunu belirtir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005, Meade ve Sarkis, 1998).

Sertifikalar (SE): Tedarikçinin sahip olduğu kalite standardı belgelerini tanımlar ISO 9000, QS 9000 vb (Carrera, 2007).

Altısigma (AS): Kalite bitmeyen bir yarışır. Altısigma hedefi olan ve bunu kendisine vizyon edinmiş tedarikçi firma, rakiplerinden avantajlıdır.

Yalın İmalat (YI): Yalın imalat tekniğini kullanabilme alt kriteridir.

Finansal Durum (FD): Ürünün satın alınacağı tedarikçinin finansal durumunun, satın alma kararlarında önemli bir yeri vardır (Carrera, 2007; Ravi ve diğ, 2005; Yang ve Chen, 2006). Finansal durumu zayıf, riskli veya şüpheli tedarikçi firmalar tercih edilmemelidir. Finansla ilgili temel kriterler bu kümede ele alınmıştır. Finansal durum kriteri aşağıda açıklanan dört alt kritere sahiptir.

Gelir (GE): Tedarikçinin yıllık geliri bu alt kriterle değerlendirilir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005, Meade ve Sarkis, 1998). Tedarikçi firmanın yüksek gelire sahip olması, kendi alanında iyi bir pazar payına sahip olduğunun bir işaretidir.

Karlılık (KR): Tedarikçinin satışlardan elde ettiği kar durumunu tanımlamaktadır (Carrera, 2007).

Pazar Payı (PP): Tedarikçinin pazar payının değerlendirildiği kriterdir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005). Pazar payı tedarikçi üretici için aynı zamanda bir göstergedir. Alım yapılacak tedarikçi firmanın pazar payının yüksek olması firma için avantajdır.

Yatırım Fonları (YF): Müşteri memnuniyetinin artırılmasına yönelik tedarikçi firmanın harcayabileceği uzun veya kısa dönem fonları ifade etmektedir (Carrera, 2007).

İlişkiler (IL): Tedarikçi firmanın, organizasyonlar (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği vb.), firmalar ve diğer kurumlarla olan ilişkilerini ifade etmektedir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005). İlişkiler kriteri üç alt kritere sahiptir.

Firmaya Olan Güvenilirlik (GU): Tedarikçi firmaya piyasanın ve müşterilerin güvenini tanımlar.

Referanslar (RE): Daha önce yaptığı işleri, iş dünyasındaki konumunu ifade eder. Referanslara bakarak firmanın ürünleri hakkında bilgi edinilebilir.

Haberleşme (HA): Tedarikçinin kendi departmanları arasındaki iletişim kanallarının etkin olup olmadığını ifade eder (Meade ve Sarkis, 1998; Yang ve Chen, 2006). Kendi bünyesinde iletişimi zayıf olan firmalarda problem çıkma riski fazladır.

İmalat (IM): Tedarikçi firmanın, ürünü istenen nitelik ve miktarda üretebilme yeteneğini belirtmektedir (Meade ve Sarkis, 1998, Jharkhariaa ve Shankar, 2005) . İstenilen malzemeyi, belirtilen süreye kadar üretmek ve teslim etmek satın alma sürecinde önemlidir. Firmanın talep edilen ürünü imal etmesi yeterli değildir. İmalat kriteri içinde aşağıda açıklanan dört alt kriter değerlendirilmiştir.

İşlem İyileştirme (II): İmalat aşamasında firmanın uyguladığı verimlilik artırıcı önlemleri tanımlar. Bu tür önlemleri uygulayabilmek, firmanın teknolojik yeterliliğinin de bir göstergesidir.

Makine ve İşlem Kapasitesi (MK): Tedarikçi firmanın imalat aşamasında tüm işlem ve makineleri değerlendirebilecek bir ölçme yeteneğine sahip olup olmadığını belirtir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Yang ve Chen, 2006). Bu tür bir değerlendirme yeteneğine sahip olmayan firma, yüksek hatalı üretim yüzdesi ile karşı karşıya kalacaktır.

Geliştirme (GM): Planlanan ve gerçekleşen faaliyetlerin, firma için ne kadar uygun ve başarılı olduğunu tanımlar (Meade ve Sarkis, 1998). Gerçekleştirmek istediği faaliyette başarısız olması, firma içi sorunlara işaretir.

İmalat Süresi (IS): Siparişin alınmasından teslimata kadar olan süreyi tanımlar (Carrera, 2007). Taahhüt edilen sürede ürünün tamamını teslim edebilme yeteneği,

tedarikçi firmanın değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir. Zamanında teslim edilemeyen ürün, müşteriyi ciddi biçimde etkiler.

5.1.1.3. Yönetim kümesi

Yeni bir ürün geliştirmek için projeler üretmek ve kendi alanındaki endüstriyel gelişmeleri takip etmek tedarikçi firmanın üzerinde durması gereken konulardandır. Yönetim kümesinde Kalite Planlama, Stok Yönetimi, Zamanlama ve Risk Durumu olmak üzere dört kriter tanımlanmıştır. Kümede kalite planlama üç, risk durumu üç, stok yönetimi dört, zamanlama üç olmak üzere toplam on üç alt kriter belirlenmiştir. Kriter ve alt kriterlere ait tanımlar aşağıda, etkileşim yapısı Şekil 5.5’de verilmiştir.

Kalite Planlama (KP): Tedarikçi firmanın kaliteyi yayma tekniklerini tüm departmanlarına uygulayabilme özelliğini ifade etmektedir. Tasarım ve test yeteneği performans ölçümü, kullanıcı uygunluğu olarak tanımlanan üç alt kritere sahiptir

Tasarım ve Test Yeteneği (TT): Tedarikçinin kendine ait tasarım ve test departmanlarının olup olmadığını değerlendirir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Carrera, 2007) . Bu departmanlara sahip firma müşteri isteklerini hızlı ve etkin bir biçimde imalat sürecine uyarlayabilir.

Performans Ölçümü (PO): Tedarikçi firmanın ürettiği ürünün istenen niteliklere ulaştığını görmek amacı ile kullanılan kriterdir (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Kannan ve Tan, 2002). Firma, ürününün müşterinin istediği vasıflara ulaştığını ölçebilmelidir.

Kullanıcı Uygunluğu (KU): Ergonomi artık ürün tasarımında ve imalatında önemli bir konudur (Meade ve Sarkis, 1998). Firmanın son kullanıcıyı gözeterek üretim yapabilme yeteneğini ifade eder.

Risk Durumu (RD): Tedarikçi seçimi sürecinde risk analizi yapılması gereken bir değerlendirmedir. Her tedarikçinin yüz yüze kaldığı riskler bulunmaktadır. Risk

durumu kriterinde tedarikçi seçimi sürecini etkileyecek üç alt kriter değerlendirilmiştir.

Firmanın Ünü (FU): Tedarikçi firmanın bilinirliğini ifade etmektedir (Jharkhariaa ve Shankar; Carrera, 2007). Piyasaya yeni çıkmış veya zayıf referanslı firmaların güvenilirliği daha zayıftır.

Çalışan Memnuniyeti (CM): Çalışan memnuniyeti ürünün teslim alınması açısından önemlidir (Langley ve diğ., 2002). Çalışanları ile problemi olan firmalarda alınacak grev kararı ürünün teslimatını etkiler.

Risk Yönetimi (RY): Ekonomi dünyasında öngörülemeyen krizler çıkabilir. Firmanın, bu tür durumlara hazırlıklı olma ve krizleri yönetebilme kabiliyetini tanımlar (Jharkhariaa ve Shankar; Carrera, 2007; Meade ve Sarkis, 1998)

Stok Yönetimi (SY): Tedarikçiden satın almayı yapan firma, sipariş edilen ürünün tamamını aynı anda almak istemeyebilir. Bu durumda tedarikçinin, faal bir stok yönetimine sahip olması beklenir. Stok yönetimi ile ilgili alt kriterler bu kriter içinde değerlendirilmiştir. Dört alt kritere sahiptir.

Tam Zamanında Üretim Durumu (TZ): Tam Zamanında Üretim (TZÜ) (Just in Time-JIT), üretim planlama tekniklerindedir (Carrera, 2007). TZÜ tekniği kullanılarak üretim hattındaki zaman kayıplarını en aza indirmek için çaba sarf edilir. TZÜ felsefesini kullanan tedarikçi firma, seçim sürecinde avantajlıdır.

Esnek İmalat (EI): Tedarikçinin, ürünün imalat aşamasında müşteriden gelebilecek ürün üzerindeki değişiklik taleplerini karşılayabilme özelliğini ifade etmektedir.

Esnek Dağıtım (ED): Ürünün dağıtımında yapılabilecek esnekliği tanımlamaktadır. Müşterinin ürün dağıtımını ile ilgili taleplerini tedarikçi karşılayabilmelidir (Langley ve diğ., 2002; Jharkhariaa ve Shankar, 2005).

Malzeme Temini (MT): İmalat aşamasında hammadde sıkıntısı ortaya çıktığında tedarikçinin bu problemi aşma gücünü ifade etmektedir (Carrera, 2007).

Zamanlama (ZA): Üretim ve teslimat ile ilgili zaman kriterlerinin değerlendirilmesi bu kümede yapılmıştır. Proje tamamlama, ilk teslimat ve teçhizat durumu zamanlama kriteri alt kriterlerini oluşturmaktadır.

Proje Tamamlama (PT): Tedarikçi firmanın aldığı projelerin, projenin onayından itibaren dağıtıma kadar geçen sürede bitirilme zamanını belirtir.

İlk Teslimat (IT): İlk teslimatı yapabileceği süreyi ifade eder (Jharkhariaa ve Shankar, 2005).

Teçhizat Durumu (TD): Sipariş edilen ürünü imal edebilmek için gerekli ek makineleri tedarik etme süresini belirten alt kriterdir (Carrera, 2007).

5.1.2. Ağın tasarlanması

“Etki”, AAP’de temel kavramdır. Geri besleme ağındaki okların yönleri bağımlılığı ortaya koyar. Ok yönü, etkileyen bileşenden etkilenen bileşene doğrudur. AAP yaklaşımında, bileşenler ve elemanları arasında karşılıklı bağımlılıklar bulunabilir. Bu nedenle grafiksel gösterimde bileşenler arasında iki yönlü oklar olabilir. Eğer bir bileşenin veya elemanlarının kendi içlerinde bağımlılıkları söz konusu ise, bu durum bileşenden çıkan bir okun yine aynı bileşene dönmesi ile gösterilir (Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5).

Modeli oluşturan küme, kriter ve alt kriterler belirlendikten sonra, modelin bileşenleri arasındaki ilişki tanımlanır. Modelde kullanılan çift yönlü oklar karşılıklı ilişki olduğunu ifade etmektedir. Kümeden çıkıp tekrar kümeye dönen oklar, küme içindeki faktörlerin birbirlerini etkilediğini, kümeden çıkan tek yönlü oklar ise tek yönlü bir etkileşim olduğunu belirtir (Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5).

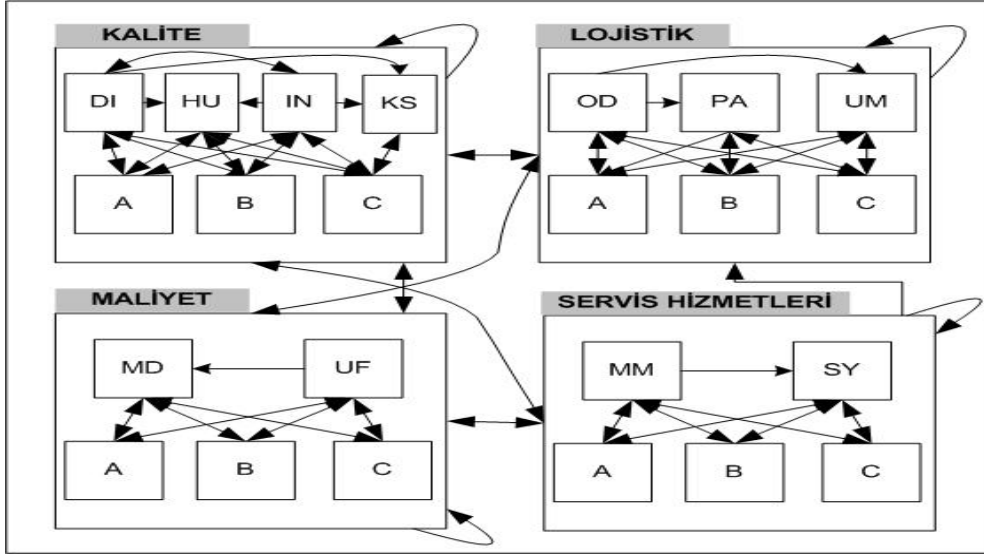
Örneğin tedarikçi özellikleri kümesi, yönetim kümesi kriterlerinden etkilenmektedir. Aynı şekilde yönetim kümesi de tedarikçi özellikleri kümesi kriterlerinden etkilenmektedir. Bu karşılıklı etkileşim çift yönlü okla gösterilmiştir. Bununla birlikte yönetim kümesi, genel performans kümesinden, genel performans kümesi tedarikçi özellikleri kümesinden etkilenmektedir. Bu etkileşim ise tek taraflı okla

gösterilmiştir (Şekil 5.2). Buna göre tedarikçi özellikleri kümesinin, yönetim kümesi üzerindeki etkisi hesaplanırken hangi kriterin yönetim kümesi kriterleri üzerinde en çok etkiye sahip olduğu bulunur.

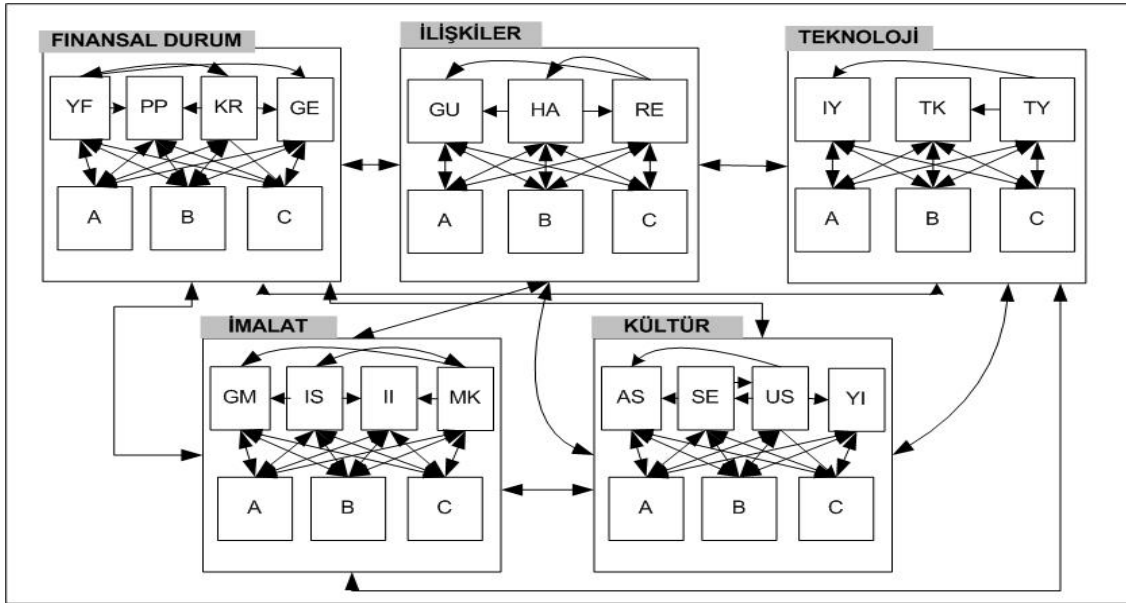
Genel performans kümesi ve tedarikçi özellikleri kümesi kriterlerinin kendi aralarında etkileşim içinde oldukları, kümeden çıkıp tekrar kümeye dönen oklarla belirtilmektedir. Kriterlerin kendi aralarındaki etkileşimi tedarikçi seçimi modelinin tüm aşamalarında dikkate alınmıştır. Modeli oluşturan küme, kriter, alt kriterler, alternatifler ve modelin etkileşim yapısı Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. Modelin etkileşim yapısı

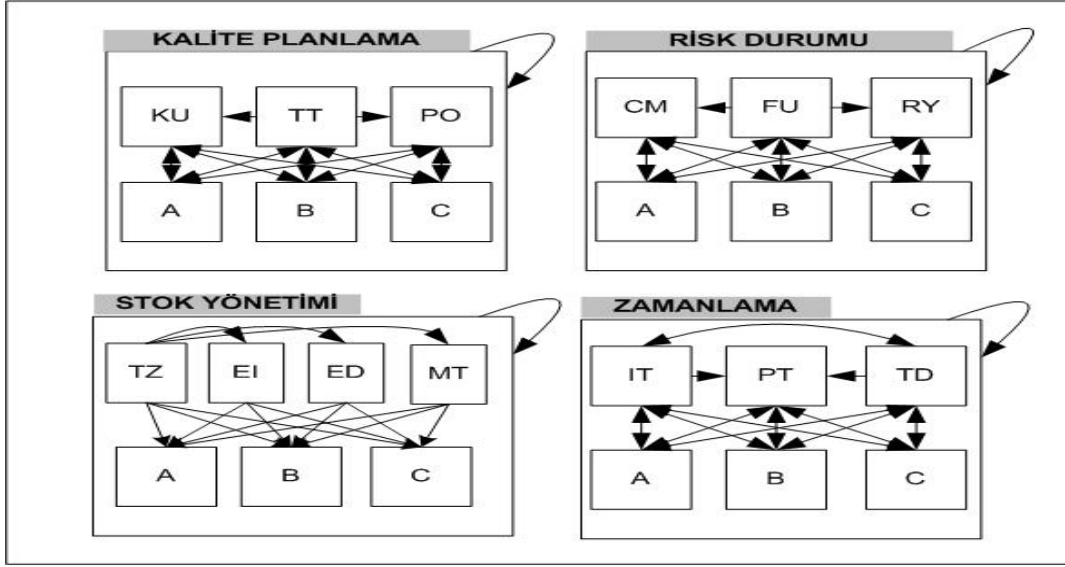
| Küme | Etkilenen | | | Etkileyen | | |
|---|-----------|------------|---|---|-------------------|---------------|
| | Kriter | Alt Kriter | Seçenekler | Kriter | Alt Kriter | Alternatifler |
| GENEL PERFORMANS | MA | **** | **** | (KA,LO,SH); (KP,RD,SY,ZA) | **** | **** |
| | **** | UF | **** | **** | (UF,MD) | (A,B,C) |
| | **** | MD | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | SH | **** | **** | (KA,LO,MA); (KP,RD,SY,ZA) | **** | **** |
| | **** | SY | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | MM | **** | **** | (SY,MM) | (A,B,C) |
| | KA | *** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA) | **** | **** |
| | **** | HU | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | IN | **** | **** | (HU,DI,KS) | (A,B,C) |
| | **** | DI | **** | **** | (HU,IN,DI,KS) | (A,B,C) |
| | **** | KS | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | LO | **** | **** | (KA,LO,MA); (KP,RD,SY,ZA) | **** | **** |
| | **** | OD | **** | **** | (OD,UM,PA) | (A,B,C) |
| | **** | UM | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| **** | PA | **** | **** | **** | (A,B,C) | |
| TEDARİKÇİ ÖZELLİKLERİ | TE | **** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA); (FD,IL,IM,KU) | **** | **** |
| | **** | TK | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | IY | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | TY | **** | **** | (TY,TK,IY) | (A,B,C) |
| | KU | **** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA); (FD,IL,IM,TE) | **** | **** |
| | **** | US | **** | **** | (US,SE,AS,YI) | (A,B,C) |
| | **** | SE | **** | **** | (US,SE,AS) | (A,B,C) |
| | **** | AS | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | YI | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | FD | **** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA); (IL,IM,KU,TE) | **** | **** |
| | **** | GE | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | KR | **** | **** | (GE,PP,YF) | (A,B,C) |
| | **** | YF | **** | **** | (GE,KR,PP,YF) | (A,B,C) |
| | **** | PP | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | IL | **** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA); (FD,IM,KU,TE) | **** | **** |
| | **** | GU | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | RE | **** | **** | (GU,RE,HA) | (A,B,C) |
| | **** | HA | **** | **** | (GU,RE,HA) | (A,B,C) |
| IM | **** | **** | (KA,LO,MA,SH); (KP,RD,SY,ZA); (FD,IL,KU,TE) | **** | **** | |
| **** | II | **** | **** | **** | (A,B,C) | |
| **** | IS | **** | **** | (IS,II,MK,GM) | (A,B,C) | |
| **** | MK | **** | **** | (IS,II,GM) | (A,B,C) | |
| **** | GM | **** | **** | **** | (A,B,C) | |
| YÖNETİM | KP | **** | **** | (FD,IL,IM,KU,TE) | **** | **** |
| | **** | TT | **** | **** | (TT,PO,KU) | (A,B,C) |
| | **** | PO | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | KU | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | RD | **** | **** | (FD,IL,IM,KU,TE) | **** | **** |
| | **** | CM | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | FU | **** | **** | (FU,CM,RY) | (A,B,C) |
| | **** | RY | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | SY | **** | **** | (FD,IL,IM,KU,TE) | **** | **** |
| | **** | EI | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | **** | TZ | **** | **** | (EI,TZ,ED,MT) | (A,B,C) |
| | **** | ED | **** | **** | (EI,TZ,MT) | (A,B,C) |
| | **** | MT | **** | **** | **** | (A,B,C) |
| | ZA | **** | **** | (FD,IL,IM,KU,TE) | **** | **** |
| **** | PT | **** | **** | **** | (A,B,C) | |
| **** | IT | **** | **** | (PT,IT,TD) | (A,B,C) | |
| **** | TD | **** | **** | (PT,IT) | (A,B,C) | |
| ALTERNATİFLER | **** | **** | A | **** | Tüm alt kriterler | **** |
| | **** | **** | **** | **** | **** | **** |
| | **** | **** | B | **** | Tüm alt kriterler | **** |
| | **** | **** | **** | **** | **** | **** |
| **** | **** | C | **** | Tüm alt kriterler | **** | |
| **** | **** | **** | **** | **** | **** | |
| TÜM ALT KRİTERLER: UF,MD,SY,MM,HU,IN,DI,KS,OD,UM,PA, TY,TK,IY,US,SE,AS,YI,GE,KR,PP,YF,GU,RE,HA,IS,II,MK,GM,TT,PO,KU,FU,CM,RY,EI,TZ,ED,MT,PT,IT,TD | | | | | | |



Şekil 5.3. Genel performans kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı



Şekil 5.4. Tedarikçi özellikleri kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı



Şekil 5.5. Yönetim kümesi kriter ve alt kriterleri model yapısı

Tablo 5.2’de etkilenen ve etkileyen olarak ifade edilen iki ana sütun tanımlanmıştır. Her iki sütun kriter, alt kriter ve alternatifler bölümlerinden oluşmaktadır. Tablonun sol tarafındaki bölmelerde kriter ve alt kriterlerin ait olduğu küme belirtilmiştir. Bir kriterin model içindeki etkileşim yapısı görmek için tablo içinde “etkilenen” bölümünde kriterin yer aldığı satır bulunur. “Etkileyen” sütunundan kritere etki eden kriter ve alternatifler görülebilir. Örneğin Genel Performans kümesindeki Maliyet (MA) kriterine etki eden kriter ve alternatifleri görmek istediğimizde MA kriterinin yer aldığı satır bulunur (en üst satır). Satırı incelediğimizde MA kriteri KA,LO,SH ve KP,RD,SYZA kriterlerinden etkilenmektedir.

Alt kriterler ait olduğu kriterin bir satır altında ve sağında “Alt Kriter” bölümünde tanımlanmışlardır. MA kriterine ait bir alt kriterin etkileşimini görmek istediğimizde “etkilenen” sütunundaki “Alt Kriter” bölümüne bakılır. UF alt kriterini incelediğimizde UF ve MD alt kriterleri ile A,B,C alternatiflerinden etkilendiği görülmektedir. Tablonun en alt kısmında alternatiflerin model içindeki etkileşim yapısı ifade edilmiştir. A seçeneği için etkileşim yapısını incelediğimizde tüm alt kriterlerden etkilendiği görülmektedir.

5.1.3. Bulanık ikili karşılaştırmalarda kullanılacak değerlerin belirlenmesi

Karar vericilerin veya uzmanların modelde kullanılan kriter veya alt kriterlerle ilgili yargılarını ifade edebilmeleri için beş aşamalı üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Bulanık AAP algoritmasındaki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için kullanılan bulanık üçgensel sayılar (Chang, 1992) Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3. Bulanık ikili karşılaştırmalarda kullanılacak değerler [Chang (1992)’den adapte edilmiştir]

| Karşılaştırma Tablosu | | | Bulanık Üçgen Sayılar | |
|-----------------------|---------------------|---|-----------------------|---------------|
| Değer | Tanım | Açıklama | Sayı | Eşleniği |
| 1 | Eşit önemli | İki seçenekte eşit derecede öneme sahip | (1,1,1) | (1,1,1) |
| 3 | Biraz önemli | Bir kriterin değerine karşı biraz daha üstün olduğu durum | (2/3,1,3/2) | (2/3,1,3/2) |
| 5 | Fazla önemli | Bir kriter değerine göre üstün sayılmıştır | (3/2,2,5/2) | (2/5,1/2,2/3) |
| 7 | Çok fazla önemli | Bir kriterin değerine karşı oldukça üstün sayılmıştır. | (5/2,3,7/2) | (2/7,1/3,2/5) |
| 9 | Aşırı derece önemli | Bir kriterin değerinden üstün olduğunu çok nettir. | (7/2,4,9/2) | (2/9,1/4,2/7) |

Bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin değerleri, Tablo 5.3’de verilen bulanık üçgen sayılar kullanılarak hesaplanacaktır.

5.1.4. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Bulanık ikili karşılaştırma matrisleri değerlerinin, tedarikçi seçimi modeli için Microsoft Excel ortamında geliştirilen çalışma ortamına girilmesi, bu safhada yapılmıştır.

Bu çalışmada önerilen modelde, BAAP ikili karşılaştırmalarının matris değerleri, tedarikçi seçimi için oluşturulan karar verici uzman grubundaki her kişinin yargıları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Verilerin yeterliliğini sağlamak amacıyla, tedarikçi seçimi, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik konularında uzman ve karar verici konumda bulunan kişilerin değerlendirmeleri göz önüne alınmıştır.

Küme, kriter, alt kriter ve alternatiflerin karşılıklı bağımlılıklarının ve kriterlerin birbirlerine göre önem derecelendirilmesinin, küme içindeki kriterler ve diğer kümelerdeki kriterlere göre belirlenmesinden sonra, Excel ortamında bulanık ikili karşılaştırma matrisleri yapılmıştır. Kriterlerin ve alt kriterlerin, Tablo 5.3’deki dilsel ifade sistemine göre belirlenen değerleri, Excel ortamında oluşturulan matrislere girilmiştir. Bulanık Analitik Ağ Prosesi matrislerini çözmek için geliştirilen bu

çalışma ortamı, Chang'ın (Chang, 1992) Derece Analiz yönteminine göre tasarlanmıştır. Tablo 5.4'de verilen örnek bulanık ikili karşılaştırma matrisi, Tablo 5.3'deki dilsel ifade kullanılarak oluşturulmuştur. Genel Performans kümesi içindeki Lojistik kriterinin diğer Genel Performans kriterleriyle olan ilişkisinin sayısal olarak ifade edilebilmesi için “ Lojistik kriteri Genel Performans kümesi içindeki diğer kriterlere göre ne kadar önemlidir?” sorusunun cevaplanması gereklidir. Soruya verilen cevapların sayısal ifadesi Tablo 5.4'de verilmiştir. Bu soru diğer alt kriterler için de sorularak bulanık sayısal matris elde edilir.

Tablo 5.4. Genel performans kümesi lojistik kriterine göre bulanık ikili karşılaştırma matrisi

| GP | KA | LO | MA |
|----|-------------|-------------|---------------|
| KA | (1,1,1) | (1,1,1) | (2/5,1/2,2/3) |
| LO | (1,1,1) | (1,1,1) | (2/3,1,3/2) |
| MA | (3/2,2,5/2) | (2/3,1,3/2) | (1,1,1) |

5.1.5. Bulanık değerlerin hesaplanması ve normalize edilmiş ağırlık vektörünün elde edilmesi.

Uzman grubundan elde edilen görüşler doğrultusunda oluşturulan ikili karşılaştırmaların, Excel tablosunda işlendikten sonra elde edilen değerleri, normalize edilmiş ağırlık vektörüdür ve “w” harfiyle isimlendirilmiştir. Burada “w” bulanık bir sayı değildir. Sayısal örnekte lojistik kriteri kullanılmıştır. Eşitlik 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18 kullanılarak, aşağıdaki işlemler sonucu lojistik kriterine ait " S_1, S_2, S_3 " sentetik derece değerleri elde edilir.

$$S_1 = [(1,1,1) \oplus (1,1,1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3)] \otimes \left[\frac{1}{11,16667}, \frac{1}{9,5}, \frac{1}{8,2333} \right]$$

$$S_1 = (2.4, 2.5, 2.6667) \otimes \left[\frac{1}{11,16667}, \frac{1}{9,5}, \frac{1}{8,2333} \right]$$

$$S_1 = (0.214925, 0.263158, 0.323887)$$

Yukarıdaki işlemler uygulanarak S_2 ve S_3 elde edilir.

$$S_2 = (2.6666, 3, 3.5) \otimes \left[\frac{1}{11.16667}, \frac{1}{9.5}, \frac{1}{8.2333} \right] = (0.238886, 0.315789, 0.425101)$$

$$S_3 = (3.1666, 4, 5) \otimes \left[\frac{1}{11.16667}, \frac{1}{9.5}, \frac{1}{8.2333} \right] = (0.283582, 0.421053, 0.607287)$$

Sentetik derece değerlerinin hesaplanmasından sonra olabilirlik derecesi Eşitlik 4.19 ve 4.20 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V(S_2 \geq S_1) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_1) = 1$$

$$V(S_2 \geq S_3) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_2) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_1) = 1$$

$$V(S_2 \geq S_1) = 1$$

Eşitlik 4.21, 4.22 ve 4.23 kullanılarak aşağıdaki değerler elde edilir.

$$V(S_2 \geq S_1) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_1) = 1$$

$$V(S_2 \geq S_3) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_2) = 1$$

Ağırlık vektörleri Eşitlik 4.24 kullanılarak normalize edildiğinde KA, LO ve MA kriterleri için "w" ağırlık vektörü

$$w = (0.14 \ 0.33 \ 0.53)^T$$

$$w_{KA} = 0.14$$

$$w_{LO} = 0.33$$

$$w_{MA} = 0.53 \quad \text{dergahlıdır.}$$

5.1.6. YSA yaklaşımının modelde uygulanması

Karar verme problemlerinde grup kararı, her zaman için çeşitli zorluklara sahiptir. Literatürde, grup kararından tek bir karara ulaşmak için, geometrik ortalama, aritmetik ortalama, doğrusal homojenlik, anlaşma ve pareto optimalliği gibi çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Her ne kadar bunlar uygulanabilir yöntemler olsa da her yeni karar vermede yeni grup oluşturmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

YSA'nın tedarikçi seçimi probleminde uygulanabilmesi için öncelikle YSA modelinde kullanılacak verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Grup yargılarını en iyi şekilde yansıtabilen verileri elde etmek amacıyla, BAAP ikili karşılaştırma matrisleri için tedarikçi seçimi uzmanlarının görüşleri alınmıştır. YSA eğitiminde, tedarikçi seçiminde belirsiz olabilecek tek bir kişinin ikili karşılaştırma değerleri yerine, tedarikçi seçimi uzmanlarından elde edilen ikili karşılaştırma matris değerleri girdi verisi olarak kullanılmıştır. Çıktı verisi ise bu matrislerin çözümü sonucu elde edilen ağırlık değerleridir. Verilerin, oluşturulan ağlardan uygun olanında kullanılması sonucunda, ağ bize tedarikçi seçimi uzman grubu kararını en iyi ifade eden çıktıları üretecektir. Bu sayede tek kişinin verileriyle oluşacak sonuçlardaki belirsizlik ortadan kaldırılmış olacaktır. Bunun sonucunda, tedarikçi seçimiyle ilgili herhangi bir karar değişikliğinde, uzman grubu oluşturmaya ihtiyaç olmayacak, zaman ve maliyet tasarrufu sağlanacaktır. Yöntemin detaylı anlatımı aşağıda verilmiştir.

BAAP ikili karşılaştırma matrislerinin çözümü için Excel ortamında geliştirilen hesap tablolarından elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matris değerleri, YSA modellerinin girdi verisini; yine aynı ortamdan elde edilen ağırlık değerleri ise YSA modellerinin çıktı verisini oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullanılan dört farklı ikili karşılaştırma matrisi vardır. Bu matrisler 2x2,3x3,4x4 ve 5x5 boyutundadır. Bu nedenle her farklı matris için bir YSA modeli geliştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan YSA modelleri ile ilgili matris boyutu, girdi-çıkıtı matris boyutu bilgileri, modelde oluşturan katman sayıları ve her katmanda yer alan hücre miktarıyla ilgili tüm bilgiler Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. YSA Model bilgileri

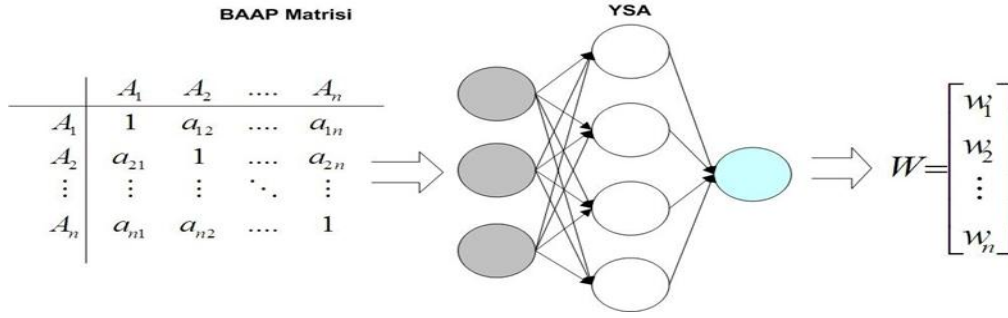
| | Model 1 | Model 2 | Model 3 | Model 4 |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Matris boyutu | 2x2 | 3x3 | 4x4 | 5x5 |
| Girdi verileri boyutu | 6x6 | 36x9 | 48x12 | 60x15 |
| Çıktı verileri boyutu | 6x1 | 36x1 | 48x1 | 60x1 |
| YSA Modeli Katman Sayısı | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Girdi katmanı (Hücre sayısı) | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Gizli katmanı (Hücre sayısı) | 4 | 9 | 10 | 12 |
| Çıktı katmanı (Hücre sayısı) | 1 | 1 | 1 | 1 |

Modellerde kullanılan veriyle ilgili ayrıntılı bilgiler ise Ek-A’da yer almaktadır. Ek-A incelendiğinde, YSA modeli kurmak için gerekli olan girdi değerleri “Girdi Değerleri” sütununda, çıktı değerleri ise sol tarafta “Çıktı Değerleri” sütununda yer almaktadır. Aşağıda örnek bir bulanık ikili karşılaştırma matrisi ve Ek-A’da ki görünümü verilmiştir (Şekil 5.6).

| Bulanık ikili karşılaştırma matrisi | | | | | | | | | | Ağırlık değerleri |
|-------------------------------------|-------------|-------------|---------------|----------|---|----------|-----|----------|--------|-------------------|
| | S1 | S2 | S3 | | | | | | | |
| S1 | (1,1,1) | (1,1,1) | (2/5,1/2,2/3) | | | | | | | 0,1144 |
| S2 | (1,1,1) | (1,1,1) | (2/3,1,3/2) | | | | | | | 0,3227 |
| S3 | (3/2,2,5/2) | (2/3,1,3/2) | (1,1,1) | | | | | | | 0,5628 |
| ↓ ↓ | | | | | | | | | | ↓ ↓ |
| Girdi değerleri | | | | | | | | | | Çıktı değerleri |
| | S1 | S2 | S3 | | | | | | | |
| S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,1144 | |
| S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3227 | |
| S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 0,5628 | |

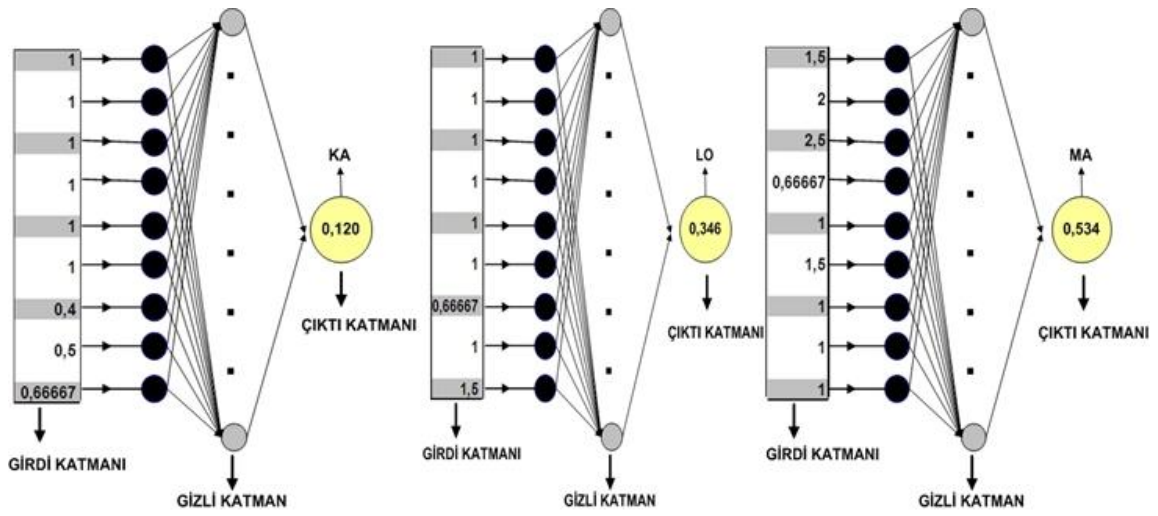
Şekil 5.6. Bulanık ikili karşılaştırma matrisinin görünümü

Modeller, Levenberg-Marquardt (TRAINLM) algoritması kullanılarak eğitilmişlerdir. YSA’nın, BAAP ikili karşılaştırma matrisleri ağırlık “w” değerlerini elde etme safhasındaki kullanımı Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7. Ağırlık değerleri elde edilmesinde YSA kullanımı

Tablo 5.4’de kullanılan örnek bulanık ikili karşılaştırma matrisinin ağırlık değerlerinin YSA kullanılarak elde edilmesi işlemi Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Şeklin son tarafında yer alan girdi katmanına genel performans kümesi lojistik kriterine ait BAAP ikili karşılaştırma verileri eğitilen YSA modeline girilmiş ve sağ tarafta yer alan çıktı değerleri (KA, LO, MA ağırlık değerleri) elde edilmiştir.



Şekil 5.8. YSA ile ağırlık değerlerinin elde edilmesi uygulaması

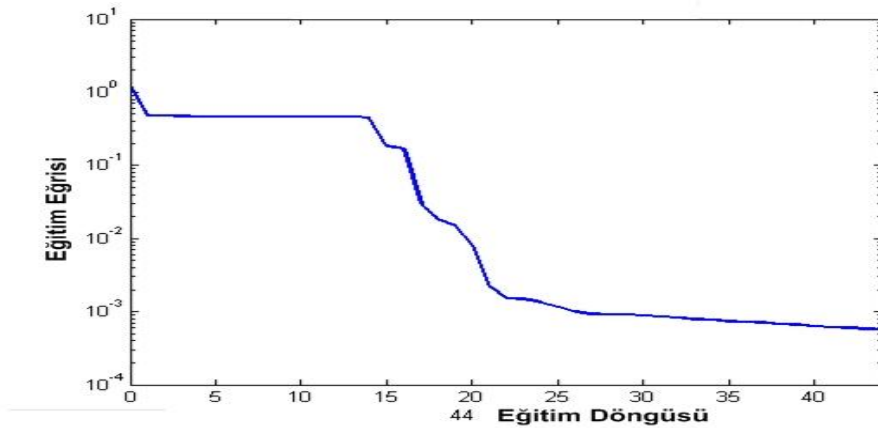
YSA eğitimi ve ağırlık değerlerinin elde edilmesinde kullanılan modelle ilgili detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

YSA model bilgileri: Tedarikçi seçiminde kullanılan YSA yaklaşımıyla ilgili örnek bir 3x3 matris değerleri (Tablo 5.4) ve matris ağırlıklarının YSA tarafından elde edilme uygulaması (Şekil 5.8) daha önce verilmişti. Bu kısımda ise YSA modelinin detayları anlatılmıştır.

3x3 boyutundaki BAAP ikili karşılaştırma matrisleri çözümünde kullanılan Matlab Neural Network modeli eğitim parametreleri aşağıda olduğu gibidir.

Epochs (eğitim döngüsü miktarı) 35, mu_dec (mu için azaltma faktörü) 0.2, mu_inc (mu için çoğaltma faktörü) 11, show (gösterilen epochs sayısı) 25, min_grad (minimum performans eğimi) 1e-010, Mu ("mean"-ortalama) 0.001

Model girdi katmanında (input layer) 9 girdi hücresi, bir gizli katmanda (hidden layer) 9 hücre ve çıktı katmanında 1 çıktı hücresi olmak üzere 3 katmandan oluşmuştur. Modelin eğitiminde TRAINLM fonksiyonu kullanılmıştır. Model için $(36 \times 9)^T$ büyüklüğünde girdi matrisi, $(36 \times 1)^T$ büyüklüğünde çıktı matrisi ve 3 farklı (9×3) büyüklüğünde test verisi kullanılmıştır. Modelin öğrenim eğrisi grafiği Şekil 5.9' da verilmiştir.



Şekil 5.9. Öğrenim eğrisi grafiği

YSA modeli girdi katmanına gerekli verileri sağlamak için uzman görüşlerinden elde edilen BAAP ikili karşılaştırma matrisleri kullanılmıştır. Model içindeki kriterlere ait 12 ikili karşılaştırma matrisinden 36 (12x3) ağırlık değeri (w) elde edilir. Bu matrislerin, Excel ortamında geliştirilen tablodaki çözümünden elde edilen ağırlık değerleri ile YSA'dan (Matlab Neural Network) elde edilen ağırlık ve hata değerleri Tablo 5.6'da verilmiştir. Tabloda, BAAP ile YSA'dan elde edilen ağırlık değerlerinin karşılaştırması detaylı olarak incelenebilir.

Tablo 5.6. Model verileri (3x3 Matris)

| | BAAP Ağırlık Değerleri (Excel) | YSA Ağırlık Değerleri (MATLAB) | Hata Değerleri |
|-----------|---|---|---------------------------|
| 1 | 0,11445 | 0,11445 | 2,39E-08 |
| | 0,32275 | 0,32804 | -0,0052941 |
| | 0,56281 | 0,50675 | 0,056055 |
| 2 | 0,22559 | 0,18584 | 0,039747 |
| | 0,32372 | 0,31758 | 0,0061377 |
| | 0,4507 | 0,50675 | -0,056055 |
| 3 | 0,4507 | 0,4507 | 5,25E-08 |
| | 0,32372 | 0,31758 | 0,0061377 |
| | 0,22559 | 0,18584 | 0,039746 |
| 4 | 0,70781 | 0,70781 | -9,64E-09 |
| | 0,14609 | 0,14609 | 2,88E-09 |
| | 0,14609 | 0,18584 | -0,039747 |
| 5 | 0,43374 | 0,43374 | -5,79E-08 |
| | 0,36276 | 0,36276 | -4,04E-08 |
| | 0,20351 | 0,1748 | 0,028707 |
| 6 | 0,047879 | 0,047879 | 9,55E-08 |
| | 0,66257 | 0,66257 | 1,61E-08 |
| | 0,28955 | 0,31144 | -0,02189 |
| 7 | 0,33333 | 0,33333 | -4,64E-08 |
| | 0,33333 | 0,32804 | 0,005294 |
| | 0,33333 | 0,32804 | 0,0052939 |
| 8 | 0,66257 | 0,66257 | -2,04E-07 |
| | 0,28955 | 0,31758 | -0,028028 |
| | 0,047879 | 0,047879 | -7,28E-08 |
| 9 | 0,32275 | 0,32804 | -0,0052941 |
| | 0,56281 | 0,56281 | 7,96E-08 |
| | 0,11445 | 0,11445 | 1,04E-07 |
| 10 | 0,14609 | 0,14609 | 9,96E-08 |
| | 0,70781 | 0,70781 | 1,13E-07 |
| | 0,14609 | 0,1748 | -0,028706 |
| 11 | 0,14609 | 0,18584 | -0,039746 |
| | 0,14609 | 0,14609 | 2,82E-08 |
| | 0,70781 | 0,70782 | -3,58E-07 |
| 12 | 0,33333 | 0,33333 | -5,65E-08 |
| | 0,33333 | 0,31758 | 0,015752 |
| | 0,33333 | 0,31144 | 0,02189 |

BAAP değerleri ile YSA tarafından tahmin edilen değerlerin yorumlanması için hipotez testi bölüm 5.1.11'de yapılmıştır.

Modelin testi: YSA'nın eğitiminden sonra, modelin test edilerek tutarlı olup olmadığı kontrol edilir. BAAP ikili karşılaştırma çözümü için oluşturulan YSA

modelini test etmek için 3 farklı BAAP ikili karşılaştırma matrisi, test verisi olarak kullanılmıştır. Kullanılan test verileri ve her iki ortamdan elde edilen ağırlık değerleri Tablo 5.7’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en fazla sayısal farklılığın Test 1’de S2’nin ağırlık değerinde, Test 2’de S3’ün ağırlık değerinde, Test 3’te ise S2’nin ağırlık değerinde olduğu görülmektedir. YSA diğer ağırlık değerlerini tahmin etmede oldukça başarılı olmuştur. Modellerin eğitim parametreleri değiştirildiğinde sonuçlarda iyileşmeler görülebilir.

Tablo 5.7. Model testinde kullanılan veriler, ağırlık değerleri ve ağırlık değerleri farkları

| Test1 | | | | | | | | | | Ağırlık değerleri | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---|-----|---------|---|-----|-------------------|---------|-------------|
| | S1 | | | S2 | | | S3 | | | BAAP | YSA | Fark |
| S1 | 1 | 1 | 1 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 0,66257 | 0,66257 | 2,22112E-06 |
| S2 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 0,28955 | 0,31758 | 0,028027085 |
| S3 | 0,28571 | 0,33333 | 0,4 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,04788 | 0,04788 | -3,0578E-07 |
| Test2 | | | | | | | | | | Ağırlık değerleri | | |
| | S1 | | | S2 | | | S3 | | | BAAP | YSA | Fark |
| S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,70781 | 0,70781 | -4,8539E-06 |
| S2 | 0,4 | 0,5 | 0,66667 | 1 | 1 | 1 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 0,14609 | 0,14609 | -2,5813E-06 |
| S3 | 0,4 | 0,5 | 0,66667 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,14609 | 0,18584 | 0,039747435 |
| Test 3 | | | | | | | | | | Ağırlık değerleri | | |
| | S1 | | | S2 | | | S3 | | | BAAP | YSA | Fark |
| S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,5478 | 0,54588 | -0,00191538 |
| S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 0,28198 | 0,32804 | 0,046055083 |
| S3 | 0,4 | 0,5 | 0,66667 | 0,66667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,17022 | 0,18584 | 0,0156203 |

5.1.7. Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin elde edilmesi

İkili karşılaştırmalardan elde edilen göreceli önem ağırlıkları, ağırlıklandırılmamış matrisin girdisini oluşturur. Ortaya çıkan bu süpermatris ağırlıklandırılmamış süpermatristir ve bloklarının her birinin sütun toplamı bir olmasına rağmen süpermatrisin kendisi stokastik değildir (Tablo 5.8). Yani sütun toplamları birden büyüktür (Saaty, 1996; Saaty, 2005).

YSA kullanılarak bulanık ikili karşılaştırmalar için elde edilen her ağırlık değeri (vektör) süpermatrisin sütunlarının bir parçasını oluşturur. Bu vektörler aynı grubun ya da başka bir gruba ait tek bir öğenin üzerindeki etkisini temsil eder. Süpermatris aslında parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki grup arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

YSA kullanılarak elde edilen ağırlık değerleri Super Decisions programına yüklenir. Yükleme bittikten sonra elde edilen işlem görmemiş ilk matris ağırlıklandırılmamış

matristir. Genel Performans kümesindeki Lojistik kriterine ait bulanık ikili karşılaştırma matrisinin YSA kullanılarak elde edilen ağırlık değerlerinin “ağırlıklandırılmamış” matristeki yeri siyah çerçeve içinde görülmektedir (Tablo 5.8).

Tablo 5.8. Ağırlıklandırılmamış matris

| | KA | LO | MA | SH | FD | IL | IM | KU | TE | KP | RD | SY | ZA |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| KA | 0,18072 | 0,12013 | 0,33263 | 0,72822 | 0,25025 | 0,24773 | 0,40941 | 0,42743 | 0,42657 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LO | 0,09137 | 0,34562 | 0,19412 | 0,17738 | 0,24227 | 0,24773 | 0,26727 | 0,15616 | 0,23177 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MA | 0,27008 | 0,53425 | 0 | 0,0944 | 0,31705 | 0,12991 | 0,31832 | 0,18819 | 0,19281 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SH | 0,45783 | 0 | 0,47324 | 0 | 0,19043 | 0,37462 | 0,005 | 0,22823 | 0,14885 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,17183 | 0,24925 | 0,25519 | 0,19204 | 0,11924 | 0,30312 | 0,20534 | 0,37196 |
| IL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05545 | 0 | 0,24424 | 0,42631 | 0,23582 | 0,24102 | 0,20858 | 0,26181 | 0,12464 |
| IM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,51583 | 0,34465 | 0 | 0,15925 | 0,42388 | 0,28445 | 0,23002 | 0,23717 | 0,23564 |
| KU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,14654 | 0,37762 | 0,18418 | 0 | 0,14826 | 0,07946 | 0,15887 | 0,13142 | 0,05355 |
| TE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,28218 | 0,1059 | 0,32232 | 0,15925 | 0 | 0,27583 | 0,09942 | 0,16427 | 0,21422 |
| KP | 0,36916 | 0,14143 | 0,17732 | 0,17732 | 0,16951 | 0,10663 | 0,38739 | 0,34865 | 0,3755 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RD | 0,34229 | 0,29889 | 0,39632 | 0,39632 | 0,42928 | 0,37426 | 0,18619 | 0,23077 | 0,25896 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SY | 0,17711 | 0,2989 | 0,30814 | 0,30814 | 0,27784 | 0,17304 | 0,31632 | 0,21379 | 0,25896 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ZA | 0,11144 | 0,26078 | 0,11822 | 0,11822 | 0,12337 | 0,34607 | 0,11011 | 0,20679 | 0,10657 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5.1.8. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin elde edilmesi

Matrisin bileşenleri, Süpermatrisin stokastik olmasını sağlamak amacıyla, her bir blok sütunu üzerindeki etkilerine göre ağırlıklandırılırlar. Ağırlıklandırılmamış süpermatristeki küme kesişimlerinde bulunan hücreler, küme ağırlık matrisindeki ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış matris elde edilir. Başka bir ifadeyle her bir blok bulunduğu satırdaki bileşenlere karşılık gelen özvektör katsayısı ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir (Tablo 5.9). Böylece elde edilen süpermatrisin kolonlarının her birinin toplamı bire eşit olur (Saaty, 1996).

Tablo 5.9. Ağırlıklandırılmış matris

| | KA | LO | MA | SH | FD | IL | IM | KU | TE | KP | RD | SY | ZA |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| KA | 0.09036 | 0.06007 | 0.16632 | 0.36411 | 0.08342 | 0.08258 | 0.13647 | 0.14248 | 0.14219 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LO | 0.04568 | 0.17281 | 0.09706 | 0.08869 | 0.08076 | 0.08258 | 0.08909 | 0.05205 | 0.07726 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MA | 0.13504 | 0.26713 | 0 | 0.04720 | 0.10568 | 0.04330 | 0.10611 | 0.06273 | 0.06427 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SH | 0.22892 | 0 | 0.23662 | 0 | 0.06348 | 0.12487 | 0.00167 | 0.07608 | 0.04962 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.05728 | 0.08308 | 0.08506 | 0.06401 | 0.11924 | 0.30312 | 0.20534 | 0.37196 |
| IL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01848 | 0 | 0.08142 | 0.14210 | 0.07861 | 0.24102 | 0.20858 | 0.26181 | 0.12464 |
| IM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.17194 | 0.11488 | 0 | 0.05308 | 0.14129 | 0.28445 | 0.23002 | 0.23717 | 0.23564 |
| KU | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04885 | 0.12587 | 0.06139 | 0 | 0.04942 | 0.07946 | 0.15887 | 0.13142 | 0.05355 |
| TE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.09406 | 0.03530 | 0.10744 | 0.05308 | 0 | 0.27583 | 0.09942 | 0.16427 | 0.21422 |
| KP | 0.18458 | 0.07071 | 0.08866 | 0.08866 | 0.05651 | 0.03555 | 0.12913 | 0.11622 | 0.12517 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RD | 0.17114 | 0.14944 | 0.19816 | 0.19816 | 0.14309 | 0.12475 | 0.06206 | 0.07692 | 0.08632 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SY | 0.08856 | 0.14945 | 0.15407 | 0.15407 | 0.09261 | 0.05768 | 0.10544 | 0.07126 | 0.08632 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ZA | 0.05572 | 0.13039 | 0.05911 | 0.05911 | 0.04112 | 0.11536 | 0.03670 | 0.06893 | 0.03553 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5.1.9. Limit süpermatrisin elde edilmesi

Alternatifler ve kriterlerin son ağırlık değerleri limit süpermatris ile elde edilir. Limit süpermatriste, tüm sütunlar aynı değerdedir. Bu değerler, ağırlıklandırılmış süpermatris elde edildikten sonra matrisin kuvvetleri alınarak bulunur. Her kriterin son değeri (tabloda) karşısındaki yatay satırın değeridir (Tablo 5.10). Aşağıda yer alan limit matris Super Decisions programı kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 5.10. Limit matris

| | KA | LO | MA | SH | FD | IL | IM | KU | TE | KP | RD | SY | ZA |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| KA | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 | 0.09589 |
| LO | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 | 0.06059 |
| MA | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 | 0.06623 |
| SH | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 | 0.06300 |
| FD | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 | 0.09338 |
| IL | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 | 0.08731 |
| IM | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 | 0.11073 |
| KU | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 | 0.05899 |
| TE | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 | 0.07816 |
| KP | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 | 0.07276 |
| RD | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 | 0.09349 |
| SY | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 | 0.07377 |
| ZA | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 | 0.04570 |

Satırlardaki değerler durağanlaşınca kadar matrisin kuvveti alınarak yakınsak öncelikler elde edildiğinde, “İmalat (IM)” kriterinin satın alma ve karar verme modelinde tedarikçi seçimini 0,11073 değeriyle, en fazla etkileyen kriter olduğu görülmektedir. Bu kriteri 0,09589 değeriyle “Kalite (KA)” ve 0,09349 değeriyle “Risk Durumu (RD)” kriteri takip etmektedir. Bunun yanında “Zamanlama (ZA)” ve tedarikçi firmanın sahip olduğu “şirket kültürünü” ifade eden Kültür “KU” kriteri, 0,04540 ve 0,05899 değerleriyle tedarikçi seçimini en az etkileyen kriterlerdir.

Alternatiflerin ağırlık değerlerinin elde edilmesi için alt kriterlerle olan etkileşim yapısına bakılır. Finansal Durum kriterinin alt kriterlerine ait limit matrisi (Tablo 5.11) incelediğimizde A, B ve C tedarikçileri sırasıyla 0,2295; 0,1003 ve 0,0904 değerlerini almıştır. Gelir, Karlılık, Pazar Payı ve Yatırım Fonların alt kriterlerinin ağırlık değerleri aşağıdadır. Tüm alt kriterlere ait limit matrisler Ek-E’de verilmiştir.

Tablo 5.11. Finansal durum alt kriterleri limit matrisi

| | A | B | C | GE | KR | PP | YF |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A | 0.22953 | 0.22953 | 0.22953 | 0.22953 | 0.22953 | 0.22953 | 0.22953 |
| B | 0.10032 | 0.10032 | 0.10032 | 0.10032 | 0.10032 | 0.10032 | 0.10032 |
| C | 0.09045 | 0.09045 | 0.09045 | 0.09045 | 0.09045 | 0.09045 | 0.09045 |
| GE | 0.14991 | 0.14991 | 0.14991 | 0.14991 | 0.14991 | 0.14991 | 0.14991 |
| KR | 0.17070 | 0.17070 | 0.17070 | 0.17070 | 0.17070 | 0.17070 | 0.17070 |
| PP | 0.11099 | 0.11099 | 0.11099 | 0.11099 | 0.11099 | 0.11099 | 0.11099 |
| YF | 0.14810 | 0.14810 | 0.14810 | 0.14810 | 0.14810 | 0.14810 | 0.14810 |

5.1.10. Alternatiflerin değerlendirilmesi

Modelin son aşaması, en uygun tedarikçinin belirlenmesidir. Sonuçlar incelendiğinde “A” seçeneğinin en yüksek değeri aldığı görülmektedir. Ham değerlerin normalizasyonu sonucu, normal değerler elde edilir. “A” alternatifi için bu işlem yapıldığında $(0,831)/(0,831+0,687+0,818)=0,356$ sonucu elde edilir. Aynı yöntem “B” ve “C” alternatiflerine uygulandığında, 0,294 ve 0,350 değerleri bulunur. Son aşamada $(0,356)/(0,356);(0,294)/(0,356);(0,350)/(0,356)$ işlemleri yapılır ve sırasıyla 1; 0,827 ve 0,984 değerleri elde edilir. Bu sonuçlara göre “A” tedarikçisi en iyi alternatiftir. (Tablo 5.12).

Tablo 5.12. Sonuç tablosu

| Tedarikçiler | Sonuç | Normal değerler | Ham değerler |
|--------------|-------|-----------------|--------------|
| A | 1 | 0,356 | 0,831 |
| B | 0,827 | 0,294 | 0,687 |
| C | 0,984 | 0,350 | 0,818 |

5.1.11. Model sonuçlarının doğrulanması

Ağırlık değerleri sonuçlarıyla ilgili hesaplamalar: Çalışmada kullanılan YSA yaklaşımının etkinliğini göstermek amacıyla, aşağıda verilen tabloda örnek bir 3x3 bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen ağırlık değerleri ile bu ağırlık değerlerini tahmin etmek için oluşturulan üç farklı YSA modelinden elde edilen ağırlık değerleri kıyaslaması yapılmıştır. Kıyaslamalar için üç farklı YSA kullanılmıştır. YSA(M1) modeli 9 girdi hücresi, 9 gizli hücre ve 1 çıktı hücresi; YSA(M2) modeli 9 girdi hücresi, 6 gizli hücre, 1 çıktı hücresi; YSA(M3) modeli 9 girdi hücresi, 13 gizli hücre ve 1 çıktı hücresi katmanından oluşmuştur. Tablo 5.13'ün ilk satırı 3x3 bulanık ikili karşılaştırma matrisine ait ağırlık değerlerini, diğer satırlar ise üç farklı YSA'dan elde edilen ağırlık değerlerini göstermektedir.

Tablo 5.13. Kıyaslama

| | Ağırlık Değerleri | | |
|---------|-------------------|--------|--------|
| | w1 | w2 | w3 |
| BAAP | 0,6626 | 0,2896 | 0,0479 |
| YSA(M1) | 0,6594 | 0,3269 | 0,0487 |
| YSA(M2) | 0,6626 | 0,3176 | 0,0479 |
| YSA(M3) | 0,6303 | 0,3210 | 0,0524 |

YSA tarafından tahmin edilen değerlerin gerçekleşen (BAAP değerleri) değerlere ne kadar yaklaştığını ölçmek için aralarındaki sapma ($y_t - \hat{y}_t$) kullanılarak bulunur. Çalışmada “ y_t ” BAAP değerini, “ \hat{y}_t ” YSA değerini tanımlamaktadır. Ortalama hata (Mean Error, ME) için ise aşağıdaki formül kullanılır.

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t \quad (5.1)$$

Ortalama Hata Kareleri (Mean Square Error, MSE), Ortalama Hata Kareleri Kökü (Root Mean Square Error, RMSE) ve Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation, MAD) hesaplamalarında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir (Mendenhall ve diğ., 1993).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t^2 \quad (5.2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t - \hat{y}_t^2} = \sqrt{MSE} \quad (5.3)$$

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t| \quad (5.4)$$

Hata yüzdesi kavramı tahmin edilen değerlerin gerçekleşen değerlere ne kadar yaklaştığını ölçmek için kullanılabilecek bir diğer yöntemdir. Bu yöntem; Ortalama Yüzde Hata (Mean Percent Error, MPE), Ortalama Yüzde Hata Kareleri (Mean Square Percent Error, MSPE), Ortalama Yüzde Hata Kareleri Kökü (Root Mean Square Percent Error, RMSPE) ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percent Error, MAPE) hesaplamalarını içerir. Formülleri aşağıda olduğu gibidir.

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \quad (5.5)$$

$$MSPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2 \quad (5.6)$$

$$RMSPE = \sqrt{MSPE} \quad (5.7)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| (100\%) \quad (5.8)$$

Tablo 5.13' deki kıyaslama tablosu verileri için yapılan işlemler aşağıda olduğu gibidir.

Ağırlık değeri w_1 için ortalama hata;

$$ME = \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 y_t - \hat{y}_t = \frac{1}{3} x [0,6626 - 0,6594 + (0,6626 - 0,6626) + (0,6626 - 0,6303)] = 0,0118$$

olarak elde edilir. Eşitlik 5.2 için,

$$MSE = \frac{(0,0032)^2 + 0 + (0,0323)^2}{3} = \frac{0,00001024 + 0,001043}{3} = 0,000351;$$

eşitlik 5.3 için,

$$RMSE = \sqrt{MSE};$$

eşitlik 5.4 için,

$$MAD = \frac{1}{3} \sum |0,6626 - 0,6524| + |0,6626 - 0,6626| + |0,6626 - 0,6303| = 0,0118$$

olarak elde edilir. Ağırlık değeri “w1” için hata yüzdesi hesaplamaları ise aşağıda verilmiştir. Eşitlik 5.5 için,

~~$$MAD = \frac{1}{3} \sum |0,6626 - 0,6524| + |0,6626 - 0,6626| + |0,6626 - 0,6303| = 0,0118$$~~

eşitlik 5.6 için,

~~$$MAD = \frac{1}{3} \sum |0,6626 - 0,6524| + |0,6626 - 0,6626| + |0,6626 - 0,6303| = 0,0118$$~~

eşitlik 5.7 için,

~~$$MAD = \frac{1}{3} \sum |0,6626 - 0,6524| + |0,6626 - 0,6626| + |0,6626 - 0,6303| = 0,0118$$~~

eşitlik 5.8 için,

$$MAPE = \left(\frac{|0,0048| + 0 + |0,0487|}{3} \right) = \frac{0,0535}{3} = 0,0178 = \%1,78 \text{ sonucu elde edilir. Bu}$$

verilere göre “w1” ağırlık değeri YSA tarafından %1,78 lik hata değeri ile tahmin edilmektedir. Ağırlık değerleri için yapılan hesaplamaların tamamı Tablo 5.14’de verilmiştir.

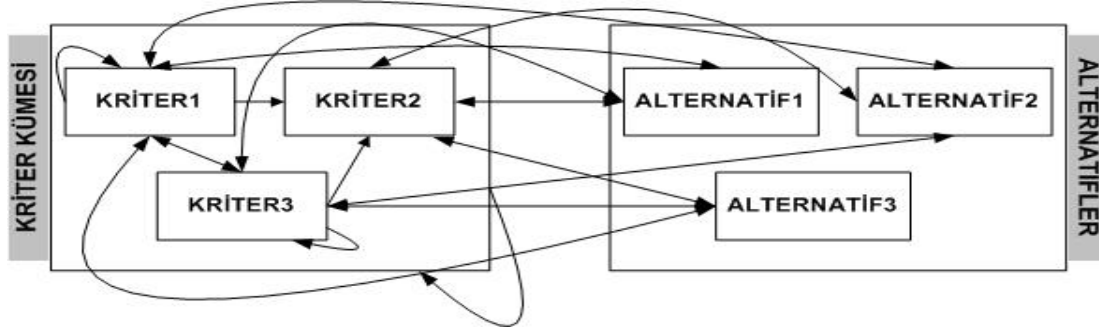
Tablo 5.14. Ağırlık değerleri istatistiksel hesaplamaları

| Ağırlık | ME | MSE | RMSE | MAD | MPE | MSPE | RMSPE | MAPE |
|---------|----------|-----------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| w1 | 0,0118 | 0,000351 | 0,01873 | 0,0118 | 0,0178 | 0,000797 | 0,0282 | 1,78% |
| w2 | -0,0329 | 0,003275 | 0,05722 | 0,0329 | 0,1136 | 0,0129 | 0,1135 | 11,36% |
| w3 | -0,00176 | 0,0000069 | 0,00262 | 0,0018 | -0,036 | 0,003 | 0,054 | 3,60% |

Tablo 5.14 değerleri incelendiğinde en iyi tahminin w1 için olduğu ve YSA’nın BAAP ağırlık değerini %1,78 hata ile tahmin ettiği görülmektedir. Ağırlık değeri w2 %11.36 lik hata, ağırlık değeri w3 ise %3,6 lik hata ile tahmin etmiştir. Kıyaslamada kullanılan YSA modellerine ait bilgiler EK-B’de verilmiştir.

Örnek bir modelin değerlendirilmesi: Çalışmada önerilen yöntemin bir başka modelde etkilerini görmek amacıyla iki değişik BAAP modeli tasarlanmıştır (Veriler EK-C’de verilmiştir). BAAP modellerinden birisinin ağırlık değerlerini bulanık ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen ağırlık değerleri, diğerinin ise YSA kullanılarak elde edilen ağırlık değerleri oluşturmuştur. Örnek modellerde

ALTERNATİF1, ALTERNATİF2, ve ALTERNATİF3 olarak tanımlanan üç alternatif değerlendirilmiştir (Tablo 5.15). Her iki modelde KRİTER1, KRİTER2 ve KRİTER3 olarak tanımlanan üç farklı kriter kullanılmıştır. Modellerin etkileşim yapısı Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Örnek model yapısı

BAAP ikili karşılaştırma matrislerinin verileriyle kurulan ilk model ve YSA kullanılarak elde edilen verilerle kurulan ikinci model ayrı ayrı çözülmüştür. Çözüm sonuçları Tablo 5.15'de verilmiştir.

Tablo 5.15. BAAP ve YSA değerleri kullanılan iki modelin sonuçları

| SONUÇ | BAAP | YSA |
|-------------|--------|--------|
| ALTERNATİF1 | 0,4835 | 0,5263 |
| ALTERNATİF2 | 1 | 1 |
| ALTERNATİF3 | 0,8964 | 0,6855 |

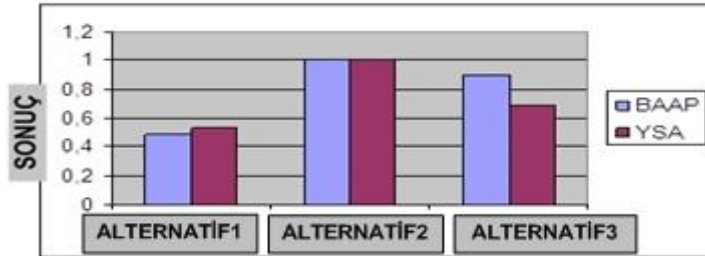
YSA ağırlık değerleri kullanılan örnek model sonuçlarının BAAP sonuçlarına ne kadar yaklaştığını göstermek amacıyla yapılan hesaplamalar Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16. Sonuçların değerlendirilmesi

| | ME | MSE | RMSE | MAD | MPE | MSPE | RMSPE | MAPE |
|-------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|
| SONUÇ | 0,05603 | 0,01543 | 0,1242 | 0,0845 | 0,04888 | 0,021 | 0,1449 | 10,79% |

Ham değerlerin normalizasyonu sonucu "sonuç" sütunlarına ait değerler elde edilmiştir (Şekil 5.11). BAAP modelinin çözümü sonucu, en yüksek değeri "ALTERNATİF2" alternatifi almış ve sıralama "ALTERNATİF2 > ALTERNATİF3

> ALTERNATİF1” şeklinde olmuştur. Sonuçların değerlendirildiği tabloyu (Tablo 5.16) incelediğimizde YSA verilerini kullanan modelin sonuçlarının, BAAP modeli sonuçlarını %10,79 hata oranı ile (MAPE) tahmin ettiği ve sıralamanın değişmediği görülmektedir. Ortalama mutlak sapma (MAD) 0,0845 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5.11. BAAP ve YSA modellerinin sonuç kıyaslaması

5.1.11.1. Bulanık analitik ağ prosesi ve yapay sinir ağı için hipotez testi

Birçok mühendislik uygulaması veriye dayalı olarak sonuçlar çıkarmayı gerektirir. Hipotez testi bu tür uygulamalarla ilgili istatistiki çıkarım yapmada çok yararlı bir araçtır. Hipotez testinde doğruluğuna inanılan hüküm veya sonuç bir hipotez (H_o), bu hipoteze karşıt hipotez ise (H_a) olarak ifade edilir ve toplanan verilerden elde edilen bilgiler sayesinde bu hipotezin geçerliliği sınanır (Mendenhall ve diğ., 1993)

BAAP ve YSA ağırlık değerleri arasında fark olup olmadığı bilgisini elde etmek için BAAP-YSA verileriyle ilgili hipotez testi yapılmıştır. Hipotez testinde kullanılan veriler BAAP ve YSA’ndan elde edilen ağırlık değerleridir. 3x3 boyutunda bir ikili karşılaştırma matrisinden 3 ağırlık değeri (w) elde edilmektedir. Bu şekilde model içindeki kriterlere ait 12 ikili karşılaştırma matrisinden 36 (12x3) ağırlık değeri (w) elde edilmiş olacaktır. Hesaplama kullanılan veriler Tablo 5.6’da verilmiştir.

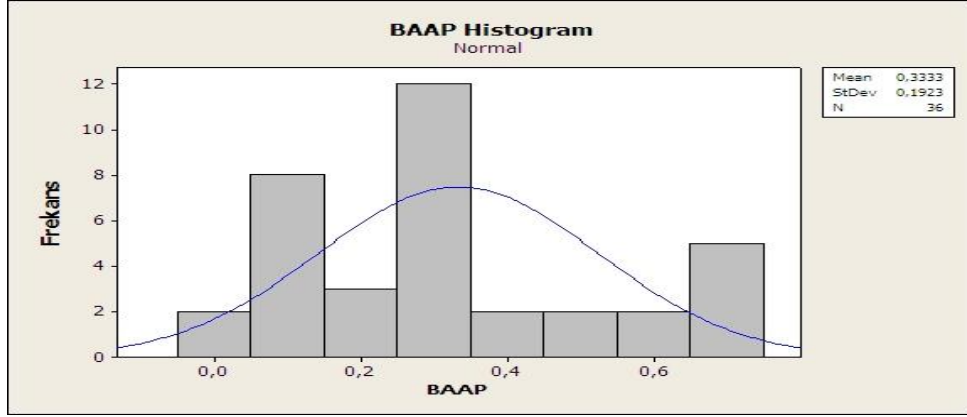
H_o hipotezinde BAAP ve YSA ağırlık değerlerinin ortalamalarının sıfıra eşit olduğu, H_a hipotezinde ise sıfıra eşit olmadığı iddia edilmiştir. Hipotez aşağıda verilmiştir.

$$H_o : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Karar kuralı: Eğer test istatistiği (z) $> z_{\alpha/2}$ veya $z < -z_{\alpha/2}$ ise H_o ’ı reddet

BAAP ve YSA verileri için örneklem hacmi $n=36$ 'dır. Verilerin normal dağılıma uygunluğunun kontrolü için normallik testi yapılmıştır. Normallik testi için histogram kullanılmıştır. Histogram grafiğine göre veriler normal dağıldığından “z” testi uygulanmıştır. Histogram grafiği Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.12. Verilerin Histogram grafikleri

İki ortalama farkının aynı olduğunu ölçmek için standartlaştırılmış “z” değişkeni kullanılır. “z” burada standartlaştırılmış test istatistiği olarak ifade edilir. Eşitlik 5.9’da test istatistiği formülü verilmiştir.

$$\text{Test istatistiği: } z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - D_o}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - D_o}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (5.9)$$

Çalışmada H_o hipotezinin reddedilmesi olasılığı $\alpha_1 = 0,05$ ve $\alpha_2 = 0,1$ olarak seçilmiştir, her iki durum için test yapılmıştır. Bu durumda H_o hipotezinin kabul bölgesinin oransal büyüklüğü (güven aralığı) $\alpha_1 = 0,05$ için $1 - \alpha_1 = 0,95$ ve $\alpha_2 = 0,1$ için $1 - \alpha_2 = 0,90$ ’dur. Red bölgeleri, ortalamanın örnekleme dağılımının her iki kuyruğunda tanımlandığı için, red bölgelerinin her birinin oransal büyüklüğü $\alpha_1 = 0,05$ için $\alpha_2/2 = 0,025$; $\sigma = 0,1$ için $\alpha_2/2 = 0,05$ ’ dir.

Hipotez iki yönlü bir test olduğu için red bölgesi bu dağılımın her iki kuyruğunda tanımlanmıştır ve oransal büyüklükleri $\alpha_1/2 = 0,025$ ve $\alpha_2/2 = 0,05$ ’dir. Bu durumda, dağılımın sol tarafında tanımlanan red bölgesinin sınır değerleri

$-z_{0,025} = -1,96$ ve $-z_{0,05} = -1,645$, sağ tarafında tanımlanan red bölgesinin sınır değerleri $z_{0,025} = 1,96$ ve $z_{0,05} = 1,645$ olacaktır.

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - D_o}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \Rightarrow \frac{(0,3333 - 0,3330) - 0}{\sqrt{\frac{0,0370}{36} + \frac{0,0366}{36}}} = 0,00663$$

Sonucu incelediğimizde $\alpha_1 = 0,05$ (%95 güven aralığında) test istatistiği $z=0,00663$ için $0,00663 > 1,96$ olmadığından H_o (iki ortalamanın aynı olduğu) hipotezi kabul edilmiştir. Aynı şekilde $\alpha = 0,1$ (%90 güven aralığında) test istatistiği $z=0,00663$ için $0,00663 > 1,645$ olmadığından hipotez kabul edilmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tedarikçi seçimi problemi süreci firma veya kurumlar için gittikçe artan önemi nedeniyle araştırmacıların her zaman dikkatini çekmektedir. Tedarikçi seçimi kavramı; uluslararası rekabetin her zamankinden daha fazla olması, firmaların maliyetlerini azaltmak için yoğun çaba sarfetmesi, satın alma kararlarının firma için yüksek maliyetli oluşu gibi nedenlerden dolayı, firma ve kurumlar açısından hayati bir konudur.

Günümüzde, endüstriyel bir işletme için satınalma oldukça önemlidir. Değişen üretim düzeni ile beraber müşteri öncelikleri değişmekte ve bu durum tedarikçi seçimi kararlarının karmaşıklığını artırmaktadır. Tüm bu nedenler, özellikle tedarikçi seçiminde daha sistematik, etkin, gerçekçi ve şeffaf yaklaşımların oluşturulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Literatürde yer alan çalışmalarda, tedarikçi seçimi problemleri için gerçekçi ve problemin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilecek vasıflara sahip yeteri kadar kriter kullanılmadığı veya etkin bir biçimde ilişkilendirilmediği görülmektedir (Chan, 2008; Gencer ve Gürpınar, 2007; Hsu ve Hu, 2009). YSA gibi doğrusal olmayan problem çözme tekniklerinin gelişmesi, bu çalışmada birçok kriterin kullanılmasına ve etkileşimli olarak değerlendirilmesine imkan tanımıştır. Bu sayede tedarikçi seçimi için önemli olan birçok kriter bu modelde kullanılmıştır.

Tedarikçi seçimi işleminde, birçok farklı kriterin yer aldığı üç ana küme kullanılmıştır. Bunlar; “Tedarikçi Özellikleri”, “Genel Performans” ve “Yönetim Yeteneği”dir. Bu kümeler içinde yer alan tüm kriterler detaylı bir araştırma sonucunda belirlenmiştir. Bunların dışında kalan ancak günümüzde tedarikçi seçiminde kullanılması gerektiği düşünülen kriterlerde modele eklenmiştir. (Jharkhariaa ve Shankar, 2005; Chan, 2008; Gencer ve Gürpınar, 2007, Carrera, 2007, Ravi ve diğ.,2005)

Tedarikçi seçimi için BAAP modeli oluşturulurken uzman grubu görüşlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca tedarikçi seçimi modeli, farklı bir işletme için uygulanmak istendiğinde, yeni bir uzman grubunu oluşturulması ve bunların yargılarının değerlendirilmesi ihtiyacı vardır. Bu çalışmada tasarlanan modelde ise, BAAP ikili karşılaştırma matrisleri için uzman görüşleri alınarak, herbir matris için oluşturulan YSA'da girdi ve çıktı verisi olarak kullanılmış ve eğitilmiştir.

BAAP modeli oluşturulduktan sonra elde edilen eğitilmiş YSA'ları, modelde meydana gelebilecek değişikliklerde uzman grubu yargılarını gerektirmeksizin, BAAP ikili karşılaştırma matrisleri ağırlık değerlerini kolaylıkla elde edecektir. Bu sayede pek çok karar vericiden veya uzman kişiden elde edilen ikili karşılaştırmaların değerlendirilmesi için gerekli işlem sürecine ihtiyaç kalmayacaktır. Bunun yanı sıra modelin, tek karar vericinin yapacağı bir ikili karşılaştırma sonucu oluşacak belirsiz (subjektif) yargılardan etkilenmesi problemini ortadan kaldırılmış olacaktır.

YSA'nın tedarikçi seçimi problemine uygulaması safhasında Matlab™ Neural Network modülü kullanılmıştır. Bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin çözümü için çok sayıda işlem yapılması gerekmektedir. YSA kullanılarak herbir matris için geliştirilmiş modeller (3x3 matris gibi) eğitilmiştir. Eğitilen modele test verisi olarak ikili karşılaştırma matris değerleri verildiğinde, ağırlık "w" değeri elde edilmiştir. Klasik metotla yüzlerce hesap işlemi gerektiren matrislerin çözümü, YSA sayesinde hızlı bir şekilde yapılmıştır.

Tedarikçi seçimi problemi çözümünde YSA kullanımının bir diğer faydası, YSA'ların öğrenme özelliğinin getirdiği kolaylıklardır. Bu model, kriterlerin aynı kalması şartıyla, başka seçime uygulanıldığında, sadece YSA kullanılarak ağırlık değerlerinin elde edilmesine imkan vermektedir. Modelin sağladığı başka kolaylık ise, karar vericilerin ikili karşılaştırma matrisleri üzerinde değişiklik yapmaları durumunda yeni ağırlık değerlerinin, uzman grubunun toplanmasına gerek kalmadan YSA tarafından hızlı bir şekilde bulunmasıdır. Bu durum karar vericilerin büyük modellerde, hesaplama zamanı endişesi taşımadan karar vermelerine imkân tanımaktadır.

Bulanık ikili karşılaştırmaların Chang'ın derece analiz yöntemiyle manuel yapılması ve ağırlıklarının bulunması, modelin büyüklüğü nedeniyle çok zordur ve oldukça zaman alıcıdır. Excel ortamında hazırlanan, bulanık ikili karşılaştırma tablolarıyla bu süreç kısaltılmıştır (Bkz. Ek-D). Excel ortamına girilen bulanık ikili karşılaştırma değerleri vasıtasıyla elde edilen ağırlık değerleri YSA modellerine öğretilmiş ve modeller eğitilmiştir. Bu sayede yeni ikili karşılaştırma ihtiyacı olduğunda, bulanık ikili karşılaştırmalar süratle yapılacak ve ağırlık değerleri bulunacaktır.

Aynı zamanda bu çalışmayla, kriter yapısı benzer olan farklı bir tedarikçi seçim problemi modelinin ikili karşılaştırmalarında, derece analiz metodunu kullanma zorunluluğunun ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. YSA kullanılarak geliştirilen Bulanık Analitik Ağ Prosesi ikili karşılaştırma modellerinin kullanılması, ikili karşılaştırmaların bölüm 5.1.11'de görüldüğü gibi kısa sürede yapılmasına imkan tanımıştır.

Yapay Sinir Ağlarının öğrenen bir yapıya sahip olması; bulanık ikili karşılaştırma matrisleri içindeki ikili karşılaştırma değerleri girdi verisi, ağırlık değerleri çıktı verisi olacak şekilde tasarlanan modelleri öğrenmesinden sonra kendisine gösterilen bulanık ikili karşılaştırma matrislerini hızlı bir şekilde çözebilmesi gibi özelliklerinden dolayı, YSA bulanık ikili karşılaştırmaların çözümünde kullanılmıştır. Bu sayede:

- Tedarikçi seçimiyle ilgili herhangi bir karar değişikliğinde bu değişikliği modele yansıtmak için uzman grubu oluşturma ihtiyacına;
- Uzman (veya karar) grubu oluşturmak için harcanacak zaman ve maliyetin azaltılması problemine;
- Grup kararının tek bir karara indirilebilme zorluğunun ortadan kaldırılmasına;
- Derece analiz metodunun, bulanık ikili karşılaştırmaların çözümü için çok fazla işlem gerektirmesi problemine;
- Karar vericilerin tedarikçi seçimi modeli üzerinde değişiklik yaptıkları takdirde, yeni yapılan bulanık ikili karşılaştırmaların hesaplanması problemine;

- Modelin kurulması ve bulanık ikili karşılaştırmaların yapılması aşamasında yapısal, finansal v.b durumların aday tedarikçilerde meydana getireceği olumlu veya olumsuz durumları, karar vericilerin süratle model ağırlıklarına entegre edebilmesi problemine çözüm üretilmiştir.

Sonuç olarak tedarikçi seçimi problemi için Yapay Sinir Ağı kullanılarak geliştirilen Bulanık Analitik Ağ Prosesi modeli, güçlü, etkili ve bulanık problemlere uygulanabilir, çok kriterli bir karar verme metodolojisidir.

KAYNAKLAR

- [1] ACZEL, J., SAATY, T. L. Procedures for synthesizing ratio judgments. *Journal of Mathematical Psychology*, 27, 93–102, 1983.
- [2] AISSAOUI, N., HAOUORI, M., HASSINI, E., Supplier Selection and Order Lot Sizing Modelling:A Review *Computers & Operations Research*, 2006.
- [3] AKMAN, G., ALKAN, A., Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Ahp Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* Yıl: 5 Sayı: 9 Bahar s.23-46, 2006.
- [4] ALTINÖZ, C., Supplier Selection in Textiles: A Fuzzy Approach, North Carolina State University, A dissertation submitted to the Graduate faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 2001.
- [5] AMİR SANAYEİ, A., MOUSAVİ, S.F., YAZDANKHAH, A., Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications* 37, 24-30, 2010.
- [6] BARBARASOĞLU, G., YAZGAÇ, T., "An Application of The Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem", *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 14-21, 1997.
- [7] BELLO, M. J.S., A Case Study Approach To The Supplier Selection Process, University Of Puerto Rico, Mayagüez Campus, 2003.
- [8] BELTON, V., "A Comparison of The Analytic Hierarchy Process and a Simple Multi-attribute Value Function", *European Journal of Operational Research*, 26, ss. 7-21, 1986.
- [9] BENYOUCEF L., DING H., XIE X., "Supplier Selection Problem: Selection Criteria and Methods", *INRIA, Rapport De recherche* no 4726, 2003.
- [10] BHUTTA, K. S. VE HUQ, F., Supplier Selection Problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An Int. Jou.*, 7(3), pp. 126-135, 2002.

- [11] BORAN, S., GÖZTEPE, K., YAVUZ E., “A Study on Election of Personnel Based on Performance Measurement By Using Analytic Network Process (ANP)”, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.8, No.4,pp 333-339, April, 2008.
- [12] BORAN, S., GOZTEPE, K., Development of A Fuzzy Decision Support System For Commodity Acquisition Using Fuzzy Analytic Network Process, *Expert Systems with Applications*, 2010.
- [13] BUCKLEY, J.J., Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 17, 233–247, 1985.
- [14] BÜYÜKÖZKAN, G., KAHRAMAN, C., RUAN, D.,A fuzzy multi-criteria decision approach for software development strategy selection. *International Journal of General Systems*, Taylor & Francis 33 (2-3), 259-280, 2004.
- [15] CANBOLAT, M. S., Supplier Selection in E- Procurement Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Canada, 2005
- [16] CARRERA, D.A., Qualitative Inference System for The Decision Making Process: A Neuro-Fuzzy Analytical Network Approach, University of Regina, 2007.
- [17] CHAMODRAKAS, I., BATIS, D., MARTAKOS, D., Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP, *Expert Systems with Applications* 37, 490-498, 2010.
- [18] CHAN, FELIX T. S., KUMAR, N., TIWARI, M. K., LAU, H. C. W., CHOY, K. L. Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach, *International Journal of Production Research*;, Vol. 46 Issue 14, p3825-3857, Jul, 2008.
- [19] CHANG, D.Y.,Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research* 95, 649-655,1996.
- [20] CHANG, D.Y., Extent Analysis and Synthetic Decision, *Optimization Techniques and Applications*, Vol. 1. World Scientific, Singapore, p. 352, 1992.
- [21] CHEN, C-T., LIN, C-T., HUANG, S-F A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *Int. J. Production Economics* 102,289-301, 2006.
- [22] CHENG, C.H., Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research* 96, 343-350, 1997.
- [23] CHOY, K. L., LEE, W.B., LO, V., Design of an intelligent supplier relationship management system: a hybrid case based neural network approach, *Expert Systems with Applications* 24, 225-237, 2003.

- [24] CHOY, K. L., LEE, W. B., AND LO, V., Development of a Case Based Intelligent Customer-Supplier Relationship Management System”, Expert System with Applications, Vol. 23, No. 3, pp. 281-297, 2002.
- [25] CHOU, S-Y., CHANG, Y-H., A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach, Expert Systems with Applications, 34, 2241-2253, 2008.
- [26] CHOUDHURY, A.K., TIWARI, M. K., and MUKHOPADHYAY, S. K., Application of an analytical network process to strategic planning problems of a supply chain cell: case study of a pharmaceutical firm Production Planning & Control, Vol. 15, No. 1,13-26, January, 2004.
- [27] ÇANLI, H., KANDAKOĞLU, A., “Hava Gücü Mukayesesi İçin Bulanık AHP Modeli”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Cilt 3 Sayı 1, 71–82, 2007.
- [28] ÇELEBİ, D., BAYRAKTAR, D., An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information, Expert Systems with Applications 35,1698-1710, 2008.
- [29] DAĞDEVİREN, M., AKAY, D., VE KURT, M., “İş değerlendirme sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve uygulaması”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2): 131-138, 2004.
- [30] DAĞDEVİREN, M., YÜKSEL, İ., KURT, M., A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system, Safety Science, 2007.
- [31] DAĞDEVİREN, M., EREN, T., Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(1-2), 41-52, 2001.
- [32] DE BOER, L., WEGEN, L., AND TELGEN, J., Outranking Methods in Support of Supplier Selection, European Journal of Purchasing and Supply Management, Vol. 4, pp. 109-118, 1998.
- [33] DEGRAEVE, Z., ROODHOOFT, F., VAN DOVEREN, B., The use of total cost of ownership for strategic procurement: a company-wide management information system, Journal of the Operational Research Society, 56, 1, 2005.
- [34] DEMİRTAŞ, E. A., ÜSTÜN, Ö., An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation, International Journal of Management Science, 2008.
- [35] DUBOIS ,D., PRADE,H., An introduction to fuzzy systems Clinica Chimica Acta 270,3-29, 1998.

- [36] ELIZONDO, D. A., MCCLENDON, R. W., HOOGENBOOM, G., Neural network models for predicting flowering and physiological maturity of soybean. *Transactions of the ASAE*, 37, 981-988, 1994.
- [37] ENEA, M., PIAZZA, T., Project Selection by Constrained Fuzzy AHP, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 3: 39-62, 2004.
- [38] FOX, M., CHIONGLO, J. VE BARBUCEANU, M., "The Integrated Supply Chain Management System", Technical Report, Enterprise Integration Laboratory, Dept. of Industrial Engineering, 1992.
- [39] GENCER, C., GURPINAR, D., Analytic network process in supplier selection: a case study in an electronic firm, *Appl. Math. Modell.* 31, 2475-2486, 2007.
- [40] GHODSYPOUR, S.H VE O'BRIEN, C.O., A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *Int. J. of Production Econ.*, 56, pp. 199-212, 1998.
- [41] GUOSHENG, H., GUOHONG, Z., Comparison on neural networks and support vector machines in suppliers' selection, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol. 19, No. 2, pp.316–320, 2008
- [42] GNANASEKARAN, S., VELAPPAN, S., SIVASANGARI, A., Development of a Supplier Selection System by Combining Analytic Hierarchy Process and Grey Relational Analysis: An Automobile Industry Case Study, *The Icfai University Journal of Supply Chain Management*, Vol. V, No. 4, 2008
- [43] GUPTA, S. M., NUKALA, S., Supplier selection in a closed-loop supply chain network: an ANP-goal programming based methodology *Proceedings of the SPIE, International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing VI*, Boston, Massachusetts, pp. 130-138, October 1-3, 2006.
- [44] GÜLBAG, A., Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Mantık Tabanlı Algoritmalar ile Uçucu Organik Bileşiklerin Miktersal Tayini, *Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi*, 2006.
- [45] GÜNERİ, A.F., YÜCEL, A., AYYILDIZ, G., An integrated fuzzy-1p approach for a supplier selection problem in supply chain management, *Expert Systems with Applications*, 36, 9223-9228, 2009.
- [46] 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.
- [47] HARDING, M., and HARDING, M. L., *Purchasing*, New York: Barrons's Business Library, s.V., 2001.

- [48] HAYKIN, S., *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, New York, USA, Macmillan College Publishing Company, 1994.
- [49] HILL, R.P., NYDICK, R.J., "Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31-36, 1992.
- [50] HONG, F., TAN, J., MCCALL, D. G., Application of neural network and time series techniques in wool growth modeling. *Transactions of the ASAE*, 43(1), 139-144, 2000.
- [51] HSU, C-W., HU, A. H., Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process, *Journal of Cleaner Production* 17, 255-264, 2009.
- [52] HSU, B-M, CHIANG, C-Y., SHU, M-H., Supplier selection using fuzzy quality data and their applications to touch screen, *Expert Systems with Applications*, 37, 6192-6200, 2010
- [53] JHARKHARIAA, S., SHANKAR, R., Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach, *The International Journal of Management Science*, 2005.
- [54] JIN, Y., PIPE, T., Neural Net Versus Control Theory, *Int. J. Control*, 12, 1991.
- [55] KAHRAMAN, C., RUAN, D., DOĞAN, I., 2003. Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences* 157, 135-153, 2003.
- [56] KANNAN, V. R., TAN, K. C., Supplier Selection and Assessment, Their Impact on Business Performance, *The Journal of Supply Chain Management*, 2002.
- [57] KAUFMANN, A., GUPTA, M. M., *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands, 1988.
- [58] KAYA, İ., KAHRAMAN, C., Development of fuzzy process accuracy index for decision making problems, *Information Sciences*, 180, 861-872, 2010.
- [59] KESKİN, A.G., İLHAN, S., ÖZKAN, C., The Fuzzy ART algorithm: A categorization method for supplier evaluation and selection, *Expert Systems with Applications* 37, 1235-1240, 2010.
- [60] KOHONEN, T., *Self-Organizing Maps (Third Edition)*, London, Springer, 2001.
- [61] KOKANGUL, A., SUSUZ, Z., Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount, *Applied Mathematical Modelling*, 33, 1417-1429, 2009.

- [62] KUO, R.J., WANG, Y.C., TIEN, F.C., Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2010.03.020, 2010.
- [63] LANGLEY, C. J., ALLEN, G. R., TYNDALL, G. R., Third-party logistics study 2003: results and findings of the eighth annual study, 2003.
- [64] LANGLEY, C. J., ALLEN, G.R., TYNDALL, G. R., Third-party logistics study 2002:results and findings of the seventh annual study. Illinois, USA: Council of Logistics Management; 2002.
- [65] LASCH, R. and JANKER, C.G., Supplier selection and controlling using multivariate analysis. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*: 409-425, vol. 35, no. 6. , 2005.
- [66] LEE, A. H.I., KANG, H-Y., CHANG, C-T., Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers, *Expert Systems with Applications*, 36, 6318-6325, 2009.
- [67] LEE, A. H.I., A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks, *Expert Systems with Applications* 36, 2879-2893, 2009.
- [68] LEE, C. C., OU-YANG, C., A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process, *Expert Systems with Applications*, 36,2961-2970, 2009.
- [69] LEENDERS, M. R., FEARON, H. E., *Purchasing and Supply Management* (11th Edition), McGraw Hill Co., New York, p.669, 2000.
- [70] LIN, R-H., An integrated FANP–MOLP for supplier evaluation and order allocation, *Applied Mathematical Modelling*,2008.
- [71] LIU, J., DING, F. Y., LALL, V., Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management: An International Journal*: 143-150, vol. 5, no.3.,2000.
- [72] LU, H., SETIONO, R., LIU, H., Effective data mining using neural networks, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 8 (2), 957-961, 1996
- [73] LYNCH, C. F., *Logistics outsourcing: a management guide*, Illinois, USA: Council of Logistics Management Publications; 2000.
- [74] MAREN, A., HARSTON, C., PAP, R., *Handbook of Neural Computing Applications*, (Academic Press, London) ISBN 0-12-471260-6, 1990.

- [75] MCCULLOGH, W. S. VE PITTS, W., "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity", *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133,1943.
- [76] MEADE, L.M., SARKIS, J.,"Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain Management Systems Using The Analytical Network Process" *Transpn Res.-E (Logistics and Transpn Rev.)*, Vol. 34, No. 3, 201-215,1998.
- [77] MENDENHALL, W., REINMUTH, J. E., BEAVER, R. J., *Statistics for Management and Economics*, ISBN 0-534-93299-1,Wadsworth, Inc., 1993.
- [78] MIKHAILOV, L., A fuzzy approach to deriving priorities from interval pairwise comparison judgments. *European Journal of Operational Research* 159, 687–704, 2004.
- [79] MIKHAILOV, L., Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments. *Fuzzy Sets and Systems*, 134 (3), 365–385, 2003.
- [80] MIN, H., "International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Volume 24, No.5; 24-33,1994.
- [81] MURALIDHARAN, C., ANANTHARAMAN, N., DESHMUKH, S.G, Vendor rating in purchasing scenario: A confidence interval approach, *International Journal of Operations and Production Management*, Volume 21, p. 1305-1325, 2001.
- [82] NARASIMHAN, R., "An Analytical Approach to Supplier Selection", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(4), 27-32, 1983.
- [83] NARENDRA, K. S., PARTHASARATHY, K., Identification and Control Of Dynamical Systems Using Neural Networks, *IEEE Transaction On Neural Networks*, 1, 1, pp.4-26, 1990.
- [84] NIEMIRA , M. P., SAATY, T. L., An Analytic Network Process model for financial-crisis forecasting *International Journal of Forecasting*, 20, 573-587, 2004.
- [85] ÖNÜT, S., Kara, S.S., IŞIK, E., Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company *Industrial Engineering, Expert Systems with Applications*, 36, 3887-3895, 2009.
- [86] PHAM, D.T., LIU, X. *Neural Networks for Identification, Prediction and Control*, Springer-Verlag, London, 1995.
- [87] PROMENTILLA, M. A. B.,T. FURUICHI, K. ISHII, N. TANIKAWA, A fuzzy analytic network process for multi-criteria evaluation of contaminated site remedial countermeasures, *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2007.03.013, 2007.

- [88] RAVI, V., SHANKAR, R., TIWARI, M.K., Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach, *Computers & Industrial Engineering*, 48,327-356, 2005.
- [89] ÜSTÜN, Ö., DEMİRTAŞ, E. A., An integrated multi-objective decision-making process for multi-period lot-sizing with supplier selection, *International Journal of Management Science*, 509-521, 2008.
- [90] ÜZGÜN, T., Bulanik Analitik Hiyerarşi Prosesi , Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul , 2006.
- [91] SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburg,1990.
- [92] SAATY, T.L., Decision Making With Dependence And Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1996.
- [93] SAATY, T.L., Fundamentals of The Analytic Network Process, ISAHP 1999, Kobe, Japan, 1999.
- [94] SAATY, T.L., The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision making.In: Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds.), *Multicriteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer International Series in Operations Research and Management Science, 2005.
- [95] SAATY, T. L., "Decision Making for Leaders", RWS Publications, 3. baskı, Pittsburgh, s.5, 2001.
- [96] SAATY, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [97] SALAMA, M.M.A., BARTNIKAS, R., Determination of neural-network topology for partial discharge pulse pattern recognition, *IEEE Trans. Neural Networks* 13 (2) ,446-456, 2002.
- [98] SANAYEİ, A., MOUSAVİ, F. S., ABDİ, M.R., MOHAGHAR, A., An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming *Journal of the Franklin Institute*, 345,731-747, 2008.
- [99] SANAYEİ, A., MOUSAVİ, S.F., YAZDANKHAH, A., Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications* 37, 24-30, 2010.
- [100] SARKIS, J., Quantitative models for performance measurement systems alternate considerations, *Int. J. Production Economics* 86, 81-90, 2003.

- [101] SIMPSON, P.K. , Artificial Neural Systems, (Pergamon Press, Oxford), 1990.
- [102] STOKKEDAL, R., Supplier Selection-A Study of the Supplier Selection Process within the Sporting Goods Manufacturing Industry, Vaxjo University, 2006.
- [103] ŞEN, S., Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi Sistemine Ait Bir Karar Destek Modeli Geliştirilmesi ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [104] TALLURI, S., SARKIS, J., A Model for Performance Monitoring of Suppliers, Internatioanal Journal Of Production Research, 40, 16, 2002.
- [105] TAM, M.C.Y., TUMMALA, V.M.R., "An Application of The AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System", OMEGA, 29(2), 171-182, 2001.
- [106] TEKTAŞ, A., HORTAÇSU, A., "Karar vermede etkinliği artıran yöntem:Analitik hiyerarşi süreci ve mağaza seçimine uygulanması", İktisat İşletme ve Finans Dergisi, 18: 52-61, 2003.
- [107] VAHDANI, B., ZANDIEH, M., ALEM, A., Supplier selection by balancing and ranking method, Journal of Applied Sciences 8 (19):3467-3472, 2008.
- [108] VAN LAARHOVEN, P.J.M., PEDRYCZ, W., A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets and Systems 11, 229–241,1983.
- [109] VERMA R., PULMAN M.E., An anlysis Of Supplier Selection Process, OMEGA, 26, 1998.
- [110] VRUSIAS, L.B., Fuzzy Logic. Artificial Intelligence Lectures Notes, London.<http://portal.surrey.ac.uk/portal/>, 2009.
- [111] WANG, J-W.,CHENG, C-H., KUN-CHENG, H., Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection, Applied Soft Computing 9,377-386, 2009.
- [112] WEBER, C. A., CURRENT, J. DESAI, A., An optimization approach to determining the number of vendors to employ, Supply Chain Management: An Internatioanl Journal, Vol. 5, Number 2, 2000.
- [113] WU, D., Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network, Expert Systems with Applications, 36, 9105-9112, 2009.
- [114] XIA, W., WU, Z., Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments, International Journal of Management Science, 35,494-504, 2007.
- [115] YANG, L. Y., CHIU, N. H., TZENG, G-H.,RUEY HUEI YEH, R. H.,Vendor selection by integrated fuzzy MCDM techniques with independent and interdependent relationships, Information Sciences, 178, 4166-4183, 2008.

- [116] YANG, C-C., AND CHEN, B-S., Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol.17, No.7, 2006.
- [117] YAZGAN, H. R., BORAN, S., GOZTEPE, K., An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach, *Expert Systems with Applications*,36, 9214-9222, 2009.
- [118] YURDAKUL, M., İÇ Y.T., "AHP ve Hedef Programlama Yöntemlerinin Sağlayıcı Seçimi Probleminde Kullanılması", XXII. Ulusal YA/EM Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001.
- [119] ZADEH, L.A, Fuzzy sets. *Information Control* 8, 338-353,1965.
- [120] ZADEH,L.A, Is There a Need for Fuzzy Logic?, *Information Sciences*, 10.1016/j.ins.2008.02.012, 2008.
- [121] ZAHEDI, F., "The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications", *INTERFACES*, 16:4, s. 100-102, 1986.
- [122] ZAIİM, S., SEVKLİ, M., TARİM, M., *Fuzzy Analytic Hierarchy Based Approach for Supplier Selection Euromarketing and the Future International Business Press*, an im-print of TheHaworth Press, Inc., pp. 147-176, 2003.
- [123] ZIMMERMANN, H.J.,. "Fuzzy Set Theory and its Applications", Kluwer Academic Publishers, London, 1994.
- [124] ZURADA, J. M., *Introduction to Artificial Neural Systems*, West St. Paul,1992.

EKLER

EK-A. YSA Kullanarak Uzman Görüşlerini Yansıtan Ağırlık Değerlerinin Elde Edilmesi İçin Modellerde Kullanılan Girdi Ve Çıktı Değerleri.

EK A1:3X3 YSA Modeli İçin Değerler

| | GIRDI | | | | | | | | | ÇIKTI DEĞERLERİ |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|-----------------|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 | |
| 1 S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,1144 |
| 2 S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3227 |
| 3 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,5628 |
| 4 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,2256 |
| 5 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3237 |
| 6 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4507 |
| 7 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4507 |
| 8 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3237 |
| 9 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,2256 |
| 10 S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,7078 |
| 11 S2 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,1461 |
| 12 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,1461 |
| 13 S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4337 |
| 14 S2 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,3628 |
| 15 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,2035 |
| 16 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,285714 | 0,333333 | 0,4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,0479 |
| 17 S2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,6626 |
| 18 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,2896 |
| 19 S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3333 |
| 20 S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3333 |
| 21 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,3333 |
| 22 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 0,6626 |
| 23 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,2896 |
| 24 S3 | 0,285714 | 0,333333 | 0,4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,0479 |
| 25 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,3227 |
| 26 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,5628 |
| 27 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,1144 |
| 28 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,1461 |
| 29 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,7078 |
| 30 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,1461 |
| 31 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,1461 |
| 32 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,1461 |
| 33 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,7078 |
| 34 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3333 |
| 35 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,3333 |
| 36 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,3333 |

EK -A2. 4x4 YSA Modeli İçin Değerler

| | GİRDİ | | | | | | | | | | | | ÇIKTI DEĞERLERİ |
|-------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----------|-----------------|
| | S1 | | | S2 | | | S3 | | | S4 | | | |
| 1 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,185369 |
| 2 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,38414 |
| 3 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,31643 |
| 4 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,114 |
| 5 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,274599 |
| 6 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,39421 |
| 7 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,322471 |
| 8 S4 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,008719 |
| 9 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,396437 |
| 10 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,444099 |
| 11 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,139538 |
| 12 S4 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,019927 |
| 13 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,204093 |
| 14 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,413529 |
| 15 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,129932 |
| 16 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,252446 |
| 17 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,193433 |
| 18 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,272236 |
| 19 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,109525 |
| 20 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,499999 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,424806 |
| 21 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,071709 |
| 22 S2 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,281453 |
| 23 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,216352 |
| 24 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,499999 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,430486 |
| 25 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,285714 | 0,333333 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,065192 |
| 26 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,303945 |
| 27 S3 | 2,5 | 3,000003 | 3,500001 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,37372 |
| 28 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,257143 |
| 29 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,25 |
| 30 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,25 |
| 31 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,25 |
| 32 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,25 |
| 33 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,17618 |
| 34 S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,17618 |
| 35 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,425809 |
| 36 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,221831 |
| 37 S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,234649 |
| 38 S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,317297 |
| 39 S3 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,317297 |
| 40 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,130757 |
| 41 S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,30626 |
| 42 S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,30626 |
| 43 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,268083 |
| 44 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,119397 |
| 45 S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,374321 |
| 46 S2 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,264417 |
| 47 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,180631 |
| 48 S4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,180631 |

EK- A3. 5x5 YSA Modeli İçin Değerler

| | GİRİŞ DEĞERLERİ | | | | | | | | | | | | | ÇIKTI DEĞERLERİ | | |
|-------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----------------|--------|---------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 | S11 | S12 | S13 | | | |
| 1 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,13196 |
| 2 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,23434 |
| 3 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,27154 |
| 4 S4 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,09063 |
| 5 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,27154 |
| 6 S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,24453 |
| 7 S2 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,20364 |
| 8 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,20364 |
| 9 S4 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,08447 |
| 10 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,26371 |
| 11 S1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,30069 |
| 12 S2 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,20831 |
| 13 S3 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,20831 |
| 14 S4 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,00244 |
| 15 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,28025 |
| 16 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,11254 |
| 17 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,21075 |
| 18 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,28725 |
| 19 S4 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,05997 |
| 20 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,3295 |
| 21 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,06384 |
| 22 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,11303 |
| 23 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,27549 |
| 24 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,29559 |
| 25 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,25205 |
| 26 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,04821 |
| 27 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,10234 |
| 28 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,32459 |
| 29 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,30206 |
| 30 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,22281 |
| 31 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,10582 |
| 32 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,10447 |
| 33 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,30308 |
| 34 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,33084 |
| 35 S5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,15569 |
| 36 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 2,5 | 3 | 3,5 | 0,25225 |
| 37 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,09412 |
| 38 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,21788 |
| 39 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,31049 |
| 40 S5 | 0,2857 | 0,3333 | 0,4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,12526 |
| 41 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,12989 |
| 42 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 2,5 | 3 | 3,5 | 0,26876 |
| 43 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,22805 |
| 44 S4 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,3219 |
| 45 S5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2857 | 0,3333 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,0514 |
| 46 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,25094 |
| 47 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 2,5 | 3 | 3,5 | 0,31145 |
| 48 S3 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,24301 |
| 49 S4 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,07589 |
| 50 S5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2857 | 0,3333 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,11871 |
| 51 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2 |
| 52 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2 |
| 53 S3 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2 |
| 54 S4 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,2 |
| 55 S5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,2 |
| 56 S1 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,10807 |
| 57 S2 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,24068 |
| 58 S3 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,28716 |
| 59 S4 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 0,4 | 0,5 | 0,6667 | 1 | 1 | 1 | 0,2857 | 0,3333 | 0,4 | 0,03379 |
| 60 S5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 0,6667 | 1 | 1,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 1 | 1 | 1 | 0,3303 |

EK-B. Kıyaslama Verileri

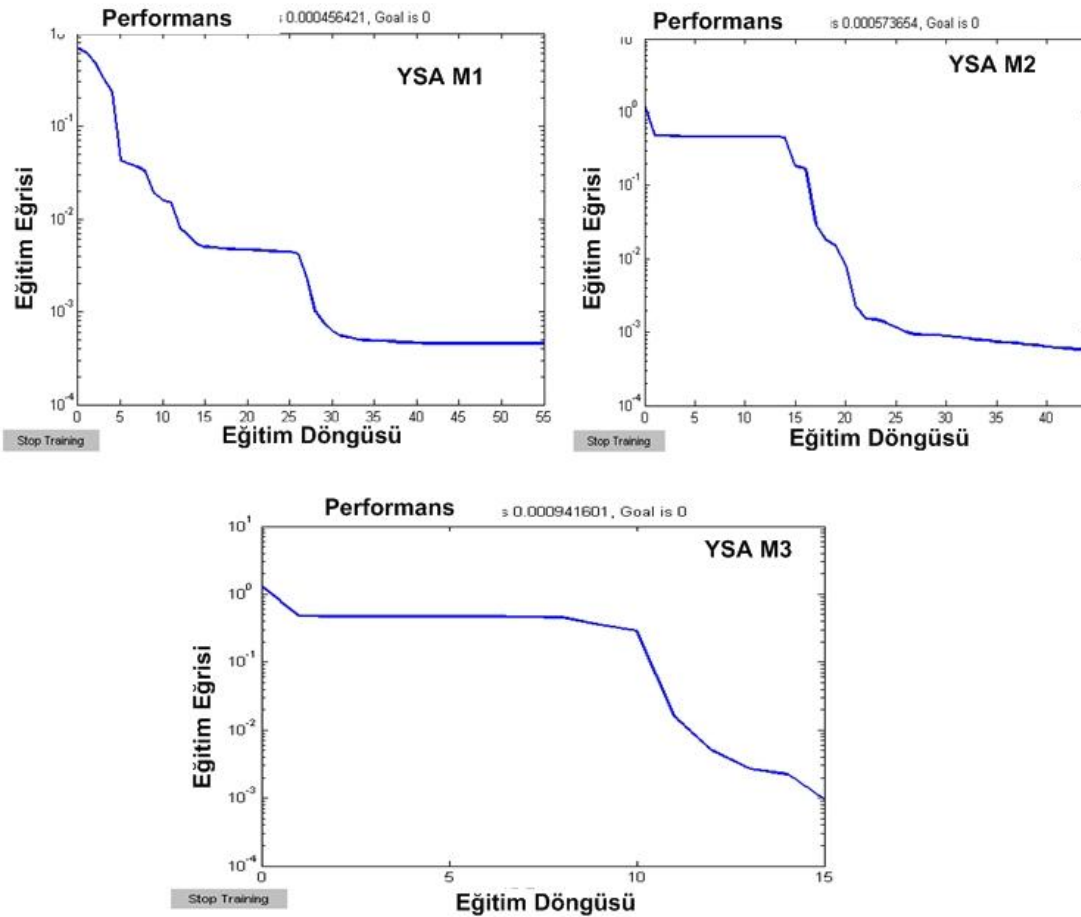
Test Verileri

| | S1 | | | S2 | | | S3 | | |
|----|----------|----------|-----|----------|---|-----|----------|---|-----|
| S1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 2,5 | 3 | 3,5 |
| S2 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| S3 | 0,285714 | 0,333333 | 0,4 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

KIYASLAMA MODEL BİLGİLERİ

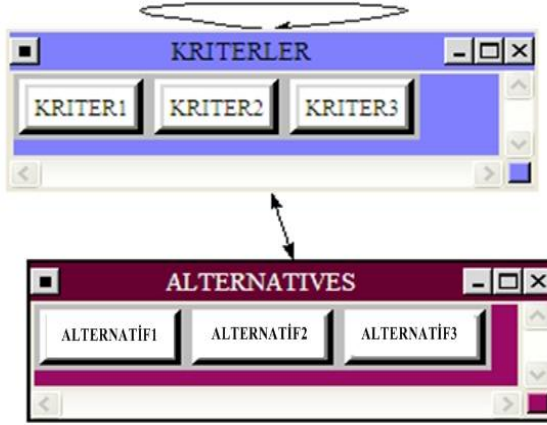
| | YSA M1 | YSA M2 | YSA M3 |
|-----------|----------|----------|----------|
| Epochs | 55 | 44 | 15 |
| mu | 0,001 | 0,0001 | 0,001 |
| mu_dec | 0,3 | 0,3 | 0,5 |
| mu_inc | 11 | 12 | 14 |
| Goal | 0 | 0 | 0 |
| min_grad | 1,00E-10 | 1,00E-10 | 1,00E-10 |
| GİRĐİ NOD | 9 | 9 | 9 |
| GİZLİ NOD | 5 | 9 | 18 |
| ÇIKTI NOD | 1 | 1 | 1 |

MODEL EĞİTİM EĞRİLERİ



EK-C. Örnek BAAP ve YSA Modelleri Sonuçları

BAAP DEĞERLERİ KULLANILARAK OLUŞTURULAN MODEL

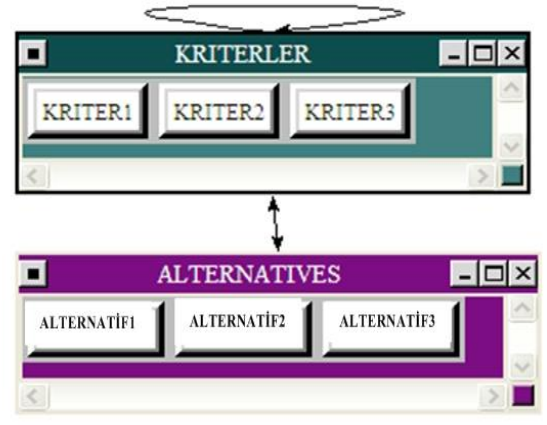


| BAAP LİMİT MATRİS | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| | ALTERNATİF1 | ALTERNATİF2 | ALTERNATİF3 | KRITER 1 | KRITER 2 | KRITER 3 |
| ALTERNATİF1 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 |
| ALTERNATİF2 | 0.169 | 0.169 | 0.169 | 0.169 | 0.169 | 0.169 |
| ALTERNATİF3 | 0.151 | 0.151 | 0.151 | 0.151 | 0.151 | 0.151 |
| KRITER 1 | 0.170 | 0.170 | 0.170 | 0.170 | 0.170 | 0.170 |
| KRITER 2 | 0.232 | 0.232 | 0.232 | 0.232 | 0.232 | 0.232 |
| KRITER 3 | 0.197 | 0.197 | 0.197 | 0.197 | 0.197 | 0.197 |

MODEL SONUÇLARI

| SEÇENEKLER | SONUÇ | NORMAL DEĞERLER | HAM DEĞERLER |
|-------------|-------|-----------------|--------------|
| ALTERNATİF1 | 0.483 | 0.203 | 0.082 |
| ALTERNATİF2 | 1 | 0.420 | 0.169 |
| ALTERNATİF3 | 0.896 | 0.377 | 0.151 |

YSA DEĞERLERİ KULLANILARAK OLUŞTURULAN MODEL



| YSA LİMİT MATRİS | | | | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| | ALTERNATİF1 | ALTERNATİF2 | ALTERNATİF3 | KRITER 1 | KRITER 2 | KRITER 3 |
| ALTERNATİF1 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 |
| ALTERNATİF2 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 |
| ALTERNATİF3 | 0.110 | 0.110 | 0.110 | 0.110 | 0.110 | 0.110 |
| KRITER 1 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 | 0.161 |
| KRITER 2 | 0.275 | 0.275 | 0.275 | 0.275 | 0.275 | 0.275 |
| KRITER 3 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 |

MODEL SONUÇLARI

| SEÇENEKLER | SONUÇ | NORMAL DEĞERLER | HAM DEĞERLER |
|-------------|-------|-----------------|--------------|
| ALTERNATİF1 | 0.526 | 0.238 | 0.085 |
| ALTERNATİF2 | 1 | 0.452 | 0.161 |
| ALTERNATİF3 | 0.686 | 0.310 | 0.110 |

EK-D . Tedarikçi Seçimi Karar Modeli Kriterleri İçin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisleri Ve Matrislerin Çözümü

Maliyet Kriteri Açısından Genel Performans Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi Çözümü

| | KA | | | LO | | | SH | | |
|----|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|
| KA | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| LO | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| SH | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |

| | 4 | 3 | 2 |
|---------------|----------|----------|----------|
| 2,333333 | 3 | 4 | |
| I_1 | m_1 | u_1 | |
| $S_{KA}(S_1)$ | 0,191781 | 0,315789 | 0,528634 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 12,16667 | 9,5 | 7,566667 |
| 0,082192 | 0,105263 | 0,132159 |

| | 5 | 3 | 2 |
|---------------|----------|----------|----------|
| 2,066667 | 2,5 | 3,166667 | |
| I_2 | m_2 | u_2 | |
| $S_{LO}(S_2)$ | 0,169863 | 0,263158 | 0,418502 |

| $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_2$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,27 | -0,36 | -0,16 | -0,23 | -0,47 | -0,49 |
| -0,37 | -0,31 | -0,32 | -0,28 | -0,36 | -0,33 |
| 0,718264 | 1,17192 | 0,500527 | 0,811595 | 1,289384 | 1,474108 |

| | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| min | 0,718264 | 0,500527 | 1 |
| w' | 0,718264 | 0,500527 | 1 |
| w | 0,324 | 0,226 | 0,451 |

| | 5 | 4 | 3 |
|---------------|----------|----------|----------|
| 3,166667 | 4 | 5 | |
| I_3 | m_3 | u_3 | |
| $S_{SH}(S_3)$ | 0,260274 | 0,421053 | 0,660793 |

Servis Hizmetleri Kriteri Açısından Genel Performans Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

| | KA | | | LO | | | MA | | |
|----|-----|-----|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|
| KA | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| LO | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| MA | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | 6 | 5 | 4 |
|---------------|----------|-------|----------|
| 4 | 5 | 6 | |
| I_1 | m_1 | u_1 | |
| $S_{KA}(S_1)$ | 0,324324 | 0,5 | 0,737705 |

| | | |
|----------|-----|----------|
| 12,33333 | 10 | 8,133333 |
| 0,081081 | 0,1 | 0,122951 |

| | 6 | 5 | 3 |
|---------------|----------|----------|----------|
| 2,066667 | 2,5 | 3,166667 | |
| I_2 | m_2 | u_2 | |
| $S_{LO}(S_2)$ | 0,167568 | 0,25 | 0,389344 |

| $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_2$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ |
|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| -0,57 | -0,57 | -0,22 | -0,07 | -0,07 | -0,22 |
| -0,32 | -0,32 | -0,22 | -0,32 | -0,32 | -0,22 |
| 1,780915 | 1,780915 | 1 | 0,206399 | 0,206399 | 1 |

| | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| min | 1 | 0,206399 | 0,206399 |
| w' | 1 | 0,206399 | 0,206399 |
| w | 0,708 | 0,146 | 0,146 |

| | 6 | 5 | 3 |
|---------------|----------|----------|----------|
| 2,066667 | 2,5 | 3,166667 | |
| I_3 | m_3 | u_3 | |
| $S_{MA}(S_3)$ | 0,167568 | 0,25 | 0,389344 |

Kalite Kriteri Açısından Genel Performans Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|-----|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|
| LO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| MA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| SH | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | 2,4 | 2,5 | 2,666667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{LO}(S1)$ | 0,214925 | 0,263158 | 0,323887 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 11,16667 | 9,5 | 8,233333 |
| 0,089552 | 0,105263 | 0,121457 |

| | 2,666667 | 3 | 3,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{MA}(S2)$ | 0,238806 | 0,315789 | 0,425101 |

| $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S2$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S1$ | $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,04 | -0,09 | -0,14 | -0,21 | -0,39 | -0,37 |
| -0,20 | -0,14 | -0,25 | -0,16 | -0,23 | -0,26 |
| 0,203354 | 0,617815 | 0,573457 | 1,334075 | 1,673419 | 1,399908 |

| | 3,166667 | 4 | 5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{SH}(S3)$ | 0,283582 | 0,421053 | 0,607287 |

| | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| min | 0,203354 | 0,573457 | 1 |
| w' | 0,203354 | 0,573457 | 1 |
| w | 0,114 | 0,323 | 0,563 |

Lojistik Kriteri Açısından Genel Performans Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | |
|----|-----|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|
| KA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| LO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| MA | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | 2,4 | 2,5 | 2,666667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{KA}(S1)$ | 0,214925 | 0,263158 | 0,323887 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 11,16667 | 9,5 | 8,233333 |
| 0,089552 | 0,105263 | 0,121457 |

| | 2,666667 | 3 | 3,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{LO}(S2)$ | 0,238806 | 0,315789 | 0,425101 |

| $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S2$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S1$ | $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,04 | -0,09 | -0,14 | -0,21 | -0,39 | -0,37 |
| -0,20 | -0,14 | -0,25 | -0,16 | -0,23 | -0,26 |
| 0,203354 | 0,617815 | 0,573457 | 1,334075 | 1,673419 | 1,399908 |

| | 3,166667 | 4 | 5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{MA}(S3)$ | 0,283582 | 0,421053 | 0,607287 |

| | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| min | 0,203354 | 0,573457 | 1 |
| w' | 0,203354 | 0,573457 | 1 |
| w | 0,114 | 0,323 | 0,563 |

Maliyet Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| RD | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,121481 | 0,2 | 0,340633 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,5 | 17,5 | 13,7 |
| | 0,044444 | 0,057143 | 0,072993 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,207407 | 0,342857 | 0,547445 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,133225 | -0,170262 | -0,231003 | -0,425964 | -0,377075 | -0,437816 |
| -0,276082 | -0,255977 | -0,202432 | -0,283107 | -0,319932 | -0,266387 |
| 0,482556 | 0,665148 | 1,141141 | 1,504605 | 1,178609 | 1,643532 |

min 0,482556 1,178609

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,17037 | 0,285714 | 0,474453 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,352971 | -0,267045 | -0,364823 | -0,158324 | -0,072398 | -0,109435 |
| -0,267257 | -0,324188 | -0,250537 | -0,186895 | -0,243827 | -0,223721 |
| 1,320719 | 0,823735 | 1,456163 | 0,847126 | 0,296924 | 0,489159 |

min 0,823735 0,296924

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,10963 | 0,171429 | 0,279805 |

w' 0,482556 1 0,823735 0,296924

w 0,185 0,384 0,316 0,114

Servis Hizmetleri Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| RD | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,121481 | 0,2 | 0,340633 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,5 | 17,5 | 13,7 |
| | 0,044444 | 0,057143 | 0,072993 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,207407 | 0,342857 | 0,547445 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,133225 | -0,170262 | -0,231003 | -0,425964 | -0,377075 | -0,437816 |
| -0,276082 | -0,255977 | -0,202432 | -0,283107 | -0,319932 | -0,266387 |
| 0,482556 | 0,665148 | 1,141141 | 1,504605 | 1,178609 | 1,643532 |

min 0,482556 1,178609

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,17037 | 0,285714 | 0,474453 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,352971 | -0,267045 | -0,364823 | -0,158324 | -0,072398 | -0,109435 |
| -0,267257 | -0,324188 | -0,250537 | -0,186895 | -0,243827 | -0,223721 |
| 1,320719 | 0,823735 | 1,456163 | 0,847126 | 0,296924 | 0,489159 |

min 0,823735 0,296924

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,10963 | 0,171429 | 0,279805 |

w' 0,482556 1 0,823735 0,296924

w 0,185 0,384 0,316 0,114

Kalite Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|-----|----------|-----|-----|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| RD | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| ZA | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,205882 | 0,333333 | 0,525701 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| | 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,4 | 5,5 | 6,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,194118 | 0,305556 | 0,46729 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
| -0,331583 | -0,405113 | -0,416877 | -0,261407 | -0,346701 | -0,358466 |
| -0,303806 | -0,266224 | -0,250211 | -0,289185 | -0,23559 | -0,219577 |
| 1,091433 | 1,5217 | 1,666105 | 0,903945 | 1,471628 | 1,632528 |

min 1 0,903945

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,120588 | 0,194444 | 0,327103 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
| -0,12122 | -0,132985 | -0,218279 | -0,062809 | -0,074574 | -0,148103 |
| -0,260109 | -0,244096 | -0,190501 | -0,229476 | -0,213463 | -0,175881 |
| 0,466036 | 0,544806 | 1,145814 | 0,273707 | 0,349353 | 0,842065 |

min 0,466036 0,273707

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,108824 | 0,166667 | 0,268692 |

w' 1 0,903945 0,466036 0,273707

w 0,378 0,342 0,176 0,104

Lojistik Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|
| KP | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| RD | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,10963 | 0,171429 | 0,279805 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,5 | 17,5 | 13,7 |
| | 0,044444 | 0,057143 | 0,072993 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,17037 | 0,285714 | 0,474453 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
| -0,109435 | -0,109435 | -0,121287 | -0,364823 | -0,304082 | -0,315934 |
| -0,223721 | -0,223721 | -0,207001 | -0,250537 | -0,304082 | -0,287363 |
| 0,489159 | 0,489159 | 0,585924 | 1,456163 | 1 | 1,099426 |

min 0,489159 1

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,17037 | 0,285714 | 0,474453 |

| | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
| -0,364823 | -0,304082 | -0,315934 | -0,303996 | -0,243255 | -0,243255 |
| -0,250537 | -0,304082 | -0,287363 | -0,218281 | -0,271826 | -0,271826 |
| 1,456163 | 1 | 1,099426 | 1,392678 | 0,894891 | 0,894891 |

min 1 0,894891

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,158519 | 0,257143 | 0,413625 |

w' 0,489159 1 1 0,894891

w 0,145 0,296 0,296 0,264

Teknoloji Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| RD | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SY | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| S_{KP}(S1) | 0,205882 | 0,333333 | 0,525701 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| | 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| S_{RD}(S2) | 0,157353 | 0,25 | 0,397196 |

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| S1>=S2 | S1>=S3 | S1>=S4 | S2>=S1 | S2>=S3 | S2>=S4 |
| -0,368348 | -0,368348 | -0,416877 | -0,191314 | -0,239843 | -0,288373 |
| -0,285015 | -0,285015 | -0,250211 | -0,274647 | -0,239843 | -0,205039 |
| 1,292383 | 1,292383 | 1,666105 | 0,69658 | 1 | 1,406426 |

min 1 0,69658

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| S_{SY}(S3) | 0,157353 | 0,25 | 0,397196 |

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| S3>=S1 | S3>=S2 | S3>=S4 | S4>=S1 | S4>=S2 | S4>=S3 |
| -0,191314 | -0,239843 | -0,288373 | -0,062809 | -0,111339 | -0,111339 |
| -0,274647 | -0,239843 | -0,205039 | -0,229476 | -0,194672 | -0,194672 |
| 0,69658 | 1 | 1,406426 | 0,273707 | 0,571929 | 0,571929 |

min 0,69658 0,273707

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| S_{ZA}(S4) | 0,108824 | 0,166667 | 0,268692 |

w' 1 0,69658 0,69658 0,273707
w 0,375 0,261 0,261 0,103

Kültür Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|-----|----------|-----|----------|----------|----------|---|-----|----------|-----|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| RD | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ZA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| S_{KP}(S1) | 0,193277 | 0,3 | 0,446224 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 19,83333 | 16,66667 | 14,56667 |
| | 0,05042 | 0,06 | 0,06865 |

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,9 | 4 | 4,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| S_{RD}(S2) | 0,196639 | 0,24 | 0,320366 |

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| S1>=S2 | S1>=S3 | S1>=S4 | S2>=S1 | S2>=S3 | S2>=S4 |
| -0,249586 | -0,26135 | -0,28656 | -0,127089 | -0,135492 | -0,160702 |
| -0,189586 | -0,20135 | -0,20656 | -0,187089 | -0,135492 | -0,140702 |
| 1,31648 | 1,297988 | 1,387296 | 0,679297 | 1 | 1,142144 |

min 1 0,679297

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,666667 | 4 | 4,166667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| S_{SY}(S3) | 0,184874 | 0,24 | 0,286041 |

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| S3>=S1 | S3>=S2 | S3>=S4 | S4>=S1 | S4>=S2 | S4>=S3 |
| -0,092764 | -0,089403 | -0,126377 | -0,115647 | -0,112286 | -0,124051 |
| -0,152764 | -0,089403 | -0,106377 | -0,195647 | -0,132286 | -0,144051 |
| 0,607237 | 1 | 1,18801 | 0,591101 | 0,848812 | 0,86116 |

min 0,607237 0,591101

| | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,166667 | 3,666667 | 4,5 |
| | l4 | m4 | u4 |
| S_{ZA}(S4) | 0,159664 | 0,22 | 0,308924 |

w' 1 0,679297 0,607237 0,591101
w 0,348 0,236 0,211 0,205

Finansal Durum Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|---|-----|-----|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| RD | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|-----|----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,127132 | 0,2 | 0,324826 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 21,5 | 17,5 | 14,36667 |
| | 0,046512 | 0,057143 | 0,069606 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 5 | 6 | 7 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,232558 | 0,342857 | 0,487239 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| -0,092268 | -0,158935 | -0,18219 | -0,360107 | -0,321348 | -0,344603 |
| -0,235125 | -0,216077 | -0,18219 | -0,21725 | -0,235633 | -0,201746 |
| 0,39242 | 0,735544 | 1 | 1,65757 | 1,363761 | 1,708103 |

min 0,39242 1,363761

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,165891 | 0,257143 | 0,394432 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|
| -0,2673 | -0,161873 | -0,251796 | -0,162891 | -0,057465 | -0,124132 |
| -0,210157 | -0,247588 | -0,194653 | -0,162891 | -0,200322 | -0,181275 |
| 1,271906 | 0,653802 | 1,293563 | 1 | 0,286863 | 0,684772 |

min 0,653802 0,286863

| | | | |
|--------------|----------|-----|----------|
| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,142636 | 0,2 | 0,290023 |

w' 0,39242 1 0,653802 0,286863

w 0,168 0,429 0,280 0,123

İlişkiler Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|-----|-----|----------|
| KP | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| RD | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| ZA | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,108824 | 0,166667 | 0,268692 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| | 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,205882 | 0,333333 | 0,525701 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| -0,062809 | -0,148103 | -0,074574 | -0,416877 | -0,405113 | -0,331583 |
| -0,229476 | -0,175881 | -0,213463 | -0,250211 | -0,266224 | -0,303806 |
| 0,273707 | 0,842065 | 0,349353 | 1,666105 | 1,5217 | 1,091433 |

min 0,273707 1,091433

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,120588 | 0,194444 | 0,327103 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,218279 | -0,12122 | -0,132985 | -0,358466 | -0,261407 | -0,346701 |
| -0,190501 | -0,260109 | -0,244096 | -0,219577 | -0,289185 | -0,23559 |
| 1,145814 | 0,466037 | 0,544806 | 1,632528 | 0,903945 | 1,471628 |

min 0,466037 0,903945

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,4 | 5,5 | 6,666667 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,194118 | 0,305556 | 0,46729 |

w' 0,273707 1 0,466037 0,903945

w 0,104 0,378 0,176 0,342

İmalat Kriteri Açısından Yönetim Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KP | | | RD | | | SY | | | ZA | | |
|----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KP | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| RD | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| SY | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| ZA | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KP}(S1)$ | 0,207407 | 0,342857 | 0,547445 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,5 | 17,5 | 13,7 |
| | 0,044444 | 0,057143 | 0,072993 |

| | | | |
|--------------|----------|-----|----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{RD}(S2)$ | 0,121481 | 0,2 | 0,340633 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,425964 | -0,377075 | -0,437816 | -0,133225 | -0,170262 | -0,231003 |
| -0,283107 | -0,319932 | -0,266387 | -0,276082 | -0,255977 | -0,202432 |
| 1,504605 | 1,178609 | 1,643532 | 0,482556 | 0,665148 | 1,141141 |

min 1 0,482556

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{SY}(S3)$ | 0,17037 | 0,285714 | 0,474453 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,267045 | -0,352971 | -0,364823 | -0,072398 | -0,158324 | -0,109435 |
| -0,324188 | -0,267257 | -0,250537 | -0,243827 | -0,186895 | -0,223721 |
| 0,823735 | 1,320719 | 1,456163 | 0,296924 | 0,847126 | 0,489159 |

min 0,823735 0,296924

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{ZA}(S4)$ | 0,10963 | 0,171429 | 0,279805 |

w' 1 0,482556 0,823735 0,296924

w 0,384 0,185 0,316 0,114

Kalite Planlama Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| IL | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IM | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| TE | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,133333 | 4 | 5,333333 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{FD}(S1)$ | 0,087442 | 0,145455 | 0,251969 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 35,83333 | 27,5 | 21,16667 |
| | 0,027907 | 0,036364 | 0,047244 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S1 \geq S5$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ | $S2 \geq S5$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,126387 | -0,103131 | -0,171969 | -0,103131 | -0,290511 | -0,229116 | -0,297953 | -0,229116 |
| -0,199114 | -0,212222 | -0,153787 | -0,212222 | -0,217784 | -0,265479 | -0,207044 | -0,265479 |
| 0,634746 | 0,485959 | 1,118228 | 0,485959 | 1,333943 | 0,863026 | 1,439082 | 0,863026 |

min 0,485959 0,863026

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,5 | 6 | 8 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{IL}(S2)$ | 0,125581 | 0,218182 | 0,377953 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S3 \geq S5$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ | $S4 \geq S5$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,337755 | -0,299615 | -0,345197 | -0,27636 | -0,125157 | -0,087017 | -0,063761 | -0,063761 |
| -0,228664 | -0,263252 | -0,217924 | -0,27636 | -0,143338 | -0,177926 | -0,191034 | -0,191034 |
| 1,477079 | 1,138133 | 1,584023 | 1 | 0,873155 | 0,489063 | 0,333769 | 0,333769 |

min 1 0,333769

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 5,333333 | 7 | 9 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{IM}(S3)$ | 0,148837 | 0,254545 | 0,425197 |

| $S5 \geq S1$ | $S5 \geq S2$ | $S5 \geq S3$ | $S5 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| -0,337755 | -0,299615 | -0,27636 | -0,345197 |
| -0,228664 | -0,263252 | -0,27636 | -0,217924 |
| 1,477079 | 1,138133 | 1 | 1,584023 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,866667 | 3,5 | 4,5 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{KU}(S4)$ | 0,08 | 0,127273 | 0,212598 |

min 1 0,333769 1

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 5,333333 | 7 | 9 |
| | l5 | m5 | u5 |
| $S_{TE}(S5)$ | 0,148837 | 0,254545 | 0,425197 |

w 0,132 0,234 0,272 0,091 0,272

Risk Durumu Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| IL | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 2 |
| IM | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | |
| TE | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 5,066667 | 6,5 | 8,166667 | |
| l_1 | m_1 | u_1 | |
| $S_{FD}(S_1)$ | 0,149754 | 0,236364 | 0,362963 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 33,83333 | 27,5 | 22,5 |
| 0,029557 | 0,036364 | 0,044444 |

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S_1 \geq S_2$ | $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_4$ | $S_1 \geq S_5$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_4$ | $S_2 \geq S_5$ |
| -0,195475 | -0,227988 | -0,252618 | -0,280204 | -0,228024 | -0,11957 | -0,267433 | -0,295019 |
| -0,213657 | -0,191624 | -0,179891 | -0,189295 | -0,209842 | -0,188257 | -0,176524 | -0,185928 |
| 0,914902 | 1,189766 | 1,404286 | 1,48025 | 1,086645 | 0,635143 | 1,514996 | 1,586737 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 5,666667 | 7 | 8,5 | |
| l_2 | m_2 | u_2 | |
| $S_{IL}(S_2)$ | 0,167488 | 0,254545 | 0,377778 |

min 0,914902 0,635143

| | | | | | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ | $S_3 \geq S_4$ | $S_3 \geq S_5$ | $S_4 \geq S_1$ | $S_4 \geq S_2$ | $S_4 \geq S_3$ | $S_4 \geq S_5$ |
| -0,146543 | -0,128809 | -0,185951 | -0,213538 | -0,102098 | -0,084364 | -0,116876 | -0,169093 |
| -0,182906 | -0,183354 | -0,149588 | -0,158992 | -0,174825 | -0,175273 | -0,15324 | -0,150911 |
| 0,80119 | 0,702513 | 1,243092 | 1,34307 | 0,584001 | 0,481329 | 0,762702 | 1,12048 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 4,566667 | 5,5 | 6,666667 | |
| l_3 | m_3 | u_3 | |
| $S_{IM}(S_3)$ | 0,134975 | 0,2 | 0,296296 |

min 0,702513 0,481329

| | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| $S_5 \geq S_1$ | $S_5 \geq S_2$ | $S_5 \geq S_3$ | $S_5 \geq S_4$ |
| -0,065061 | -0,047327 | -0,079839 | -0,10447 |
| -0,15597 | -0,156418 | -0,134385 | -0,122652 |
| 0,417138 | 0,302568 | 0,59411 | 0,851761 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 3,733333 | 4,5 | 5,666667 | |
| l_4 | m_4 | u_4 | |
| $S_{KU}(S_4)$ | 0,110345 | 0,163636 | 0,251852 |

min 0,302568

w' 0,914902 0,635143 0,702513 0,481329 0,302568

w 0,301 0,209 0,231 0,159 0,100

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 2,8 | 4 | 4,833333 | |
| l_5 | m_5 | u_5 | |
| $S_{TE}(S_5)$ | 0,082759 | 0,145455 | 0,214815 |

Stok Yönetimi Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|-----|----------|-----|----------|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| IL | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| IM | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| TE | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 4,233333 | 5,5 | 7,166667 | |
| l_1 | m_1 | u_1 | |
| $S_{FD}(S_1)$ | 0,117593 | 0,196429 | 0,329755 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 36 | 28 | 21,73333 |
| 0,027778 | 0,035714 | 0,046012 |

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S_1 \geq S_2$ | $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_4$ | $S_1 \geq S_5$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_4$ | $S_2 \geq S_5$ |
| -0,181606 | -0,189014 | -0,242718 | -0,219569 | -0,296518 | -0,27337 | -0,327073 | -0,303925 |
| -0,235178 | -0,224728 | -0,189146 | -0,201712 | -0,242946 | -0,255513 | -0,219931 | -0,232497 |
| 0,772209 | 0,841078 | 1,283228 | 1,088528 | 1,220507 | 1,069888 | 1,487167 | 1,307224 |

| | | | |
|---------------|----------|-------|---------|
| 5,333333 | 7 | 9 | |
| l_2 | m_2 | u_2 | |
| $S_{IL}(S_2)$ | 0,148148 | 0,25 | 0,41411 |

min 0,772209 1,069888

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ | $S_3 \geq S_4$ | $S_3 \geq S_5$ | $S_4 \geq S_1$ | $S_4 \geq S_2$ | $S_4 \geq S_3$ | $S_4 \geq S_5$ |
| -0,258174 | -0,227619 | -0,28873 | -0,265582 | -0,127806 | -0,097251 | -0,104658 | -0,135214 |
| -0,22246 | -0,245476 | -0,199444 | -0,21201 | -0,181378 | -0,204393 | -0,193944 | -0,170928 |
| 1,160543 | 0,927255 | 1,447673 | 1,252683 | 0,704641 | 0,475801 | 0,539631 | 0,791056 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 5,066667 | 6,5 | 8,166667 | |
| l_3 | m_3 | u_3 | |
| $S_{IM}(S_3)$ | 0,140741 | 0,232143 | 0,375767 |

min 0,927255 0,475801

| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S_5 \geq S_1$ | $S_5 \geq S_2$ | $S_5 \geq S_3$ | $S_5 \geq S_4$ |
| -0,173818 | -0,143263 | -0,15067 | -0,204374 |
| -0,191676 | -0,214691 | -0,204242 | -0,16866 |
| 0,906837 | 0,667297 | 0,737706 | 1,211754 |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 3,133333 | 4 | 5,333333 | |
| l_4 | m_4 | u_4 | |
| $S_{KU}(S_4)$ | 0,087037 | 0,142857 | 0,245399 |

min 0,667297

w' 0,772209 1 0,927255 0,475801 0,667297

w 0,201 0,260 0,241 0,124 0,174

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| 3,966667 | 5 | 6,333333 | |
| l_5 | m_5 | u_5 | |
| $S_{TE}(S_5)$ | 0,110185 | 0,178571 | 0,291411 |

Zamanlama Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|-----|-----|
| FD | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| IL | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IM | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 |
| KU | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 |
| TE | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 6,166667 | 8 | 10 |
| l_1 | m_1 | u_1 |
| 0,182266 | 0,290909 | 0,444444 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 33,83333 | 27,5 | 22,5 |
| 0,029557 | 0,036364 | 0,044444 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $S_1 \geq S_2$ | $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_4$ | $S_1 \geq S_5$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_4$ | $S_2 \geq S_5$ |
| -0,3341 | -0,291735 | -0,359715 | -0,309469 | -0,069586 | -0,099142 | -0,167123 | -0,116876 |
| -0,206827 | -0,219008 | -0,196079 | -0,21856 | -0,196859 | -0,153688 | -0,130759 | -0,15324 |
| 1,615359 | 1,332076 | 1,834543 | 1,415946 | 0,353481 | 0,64509 | 1,278096 | 0,762702 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 3,733333 | 4,5 | 5,666667 |
| l_2 | m_2 | u_2 |
| 0,110345 | 0,163636 | 0,251852 |

min 1,332076 0,353481

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ | $S_3 \geq S_4$ | $S_3 \geq S_5$ | $S_4 \geq S_1$ | $S_4 \geq S_2$ | $S_4 \geq S_3$ | $S_4 \geq S_5$ |
| -0,128845 | -0,200766 | -0,226382 | -0,176136 | -0,017734 | -0,089655 | -0,047291 | -0,065025 |
| -0,201572 | -0,146221 | -0,135473 | -0,157954 | -0,18137 | -0,126019 | -0,1382 | -0,137752 |
| 0,6392 | 1,373035 | 1,67105 | 1,115108 | 0,097778 | 0,711443 | 0,342191 | 0,472042 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 5,166667 | 6 | 7 |
| l_3 | m_3 | u_3 |
| 0,152709 | 0,218182 | 0,311111 |

min 0,6392 0,097778

| | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $S_5 \geq S_1$ | $S_5 \geq S_2$ | $S_5 \geq S_3$ | $S_5 \geq S_4$ |
| -0,114403 | -0,185951 | -0,143587 | -0,211567 |
| -0,204939 | -0,149588 | -0,161769 | -0,13884 |
| 0,55641 | 1,243092 | 0,887606 | 1,523821 |

| | | |
|----------|----------|-------|
| 2,866667 | 3,5 | 4,5 |
| l_4 | m_4 | u_4 |
| 0,084729 | 0,127273 | 0,2 |

min 0,55641

w' 1 0,353481 0,6392 0,097778 0,55641

w 0,378 0,134 0,241 0,037 0,210

Teknoloji Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | KU | | |
|----|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IL | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| IM | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| l_1 | m_1 | u_1 |
| 0,128125 | 0,205882 | 0,338164 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 21,33333 | 17 | 13,8 |
| 0,046875 | 0,058824 | 0,072464 |

| | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $S_1 \geq S_2$ | $S_1 \geq S_3$ | $S_1 \geq S_4$ | $S_2 \geq S_1$ | $S_2 \geq S_3$ | $S_2 \geq S_4$ |
| -0,181914 | -0,119414 | -0,194414 | -0,234194 | -0,143569 | -0,218569 |
| -0,211326 | -0,266473 | -0,194414 | -0,204782 | -0,261216 | -0,189157 |
| 0,860823 | 0,448129 | 1 | 1,143625 | 0,549618 | 1,155489 |

min 0,448129 0,549618

| | | |
|----------|----------|----------|
| 3,333333 | 4 | 5 |
| l_2 | m_2 | u_2 |
| 0,15625 | 0,235294 | 0,362319 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 4,666667 | 6 | 7,5 |
| l_3 | m_3 | u_3 |
| 0,21875 | 0,352941 | 0,543478 |

| | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $S_3 \geq S_1$ | $S_3 \geq S_2$ | $S_3 \geq S_4$ | $S_4 \geq S_1$ | $S_4 \geq S_2$ | $S_4 \geq S_3$ |
| -0,415353 | -0,387228 | -0,399728 | -0,173807 | -0,145682 | -0,083182 |
| -0,268294 | -0,269581 | -0,252669 | -0,173807 | -0,175094 | -0,230241 |
| 1,548125 | 1,436407 | 1,582021 | 1 | 0,832023 | 0,361284 |

min 1 0,361284

| | | |
|----------|----------|----------|
| 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
| l_4 | m_4 | u_4 |
| 0,14375 | 0,205882 | 0,301932 |

w' 0,448129 0,549618 1 0,361284

w 0,190 0,233 0,424 0,153

Kültür Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | IM | | | TE | | |
|----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IL | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| IM | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TE | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | 3 | 4 | 5,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{FD}(S1)$ | 0,140625 | 0,235294 | 0,398551 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 21,33333 | 17 | 13,8 |
| 0,046875 | 0,058824 | 0,072464 |

| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{IL}(S2)$ | 0,21875 | 0,352941 | 0,543478 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,179801 | -0,254801 | -0,254801 | -0,402853 | -0,399728 | -0,399728 |
| -0,297448 | -0,225389 | -0,225389 | -0,285206 | -0,252669 | -0,252669 |
| 0,604478 | 1,130493 | 1,130493 | 1,412498 | 1,582021 | 1,582021 |

min 0,604478 1,412498

| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{IM}(S3)$ | 0,14375 | 0,205882 | 0,301932 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| -0,161307 | -0,083182 | -0,158182 | -0,161307 | -0,083182 | -0,158182 |
| -0,190719 | -0,230241 | -0,158182 | -0,190719 | -0,230241 | -0,158182 |
| 0,845785 | 0,361284 | 1 | 0,845785 | 0,361284 | 1 |

min 0,361284 0,361284

| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{TE}(S4)$ | 0,14375 | 0,205882 | 0,301932 |

w' 0,604478 1 0,361284 0,361284

w 0,260 0,430 0,155 0,155

Finansal Durum Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | IL | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|---|-----|-----|-----|----------|----------|---|-----|----------|-----|----------|
| IL | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| IM | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| TE | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{IL}(S1)$ | 0,108824 | 0,166667 | 0,268692 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | 5,5 | 7 | 8,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{IM}(S2)$ | 0,242647 | 0,388889 | 0,595794 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| -0,026045 | -0,148103 | -0,111339 | -0,486971 | -0,475206 | -0,438441 |
| -0,248267 | -0,175881 | -0,194672 | -0,264749 | -0,280762 | -0,299553 |
| 0,104905 | 0,842065 | 0,571929 | 1,839371 | 1,69256 | 1,463654 |

min 0,104905 1,463654

| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{KU}(S3)$ | 0,120588 | 0,194444 | 0,327103 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,218279 | -0,084456 | -0,16975 | -0,288373 | -0,154549 | -0,276608 |
| -0,190501 | -0,2789 | -0,225305 | -0,205039 | -0,293438 | -0,221052 |
| 1,145814 | 0,302817 | 0,753421 | 1,406426 | 0,526684 | 1,251323 |

min 0,302817 0,526684

| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
|--------------|----------|------|----------|
| $S_{TE}(S4)$ | 0,157353 | 0,25 | 0,397196 |

w' 0,104905 1 0,302817 0,526684

w 0,054 0,517 0,157 0,272

İlişkiler Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IM | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|---|-----|-----|-----|----------|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IM | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| TE | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{FD}(S1)$ | 0,120588 | 0,194444 | 0,327103 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| | 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,4 | 5,5 | 6,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{IM}(S2)$ | 0,194118 | 0,305556 | 0,46729 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,132985 | -0,12122 | -0,218279 | -0,346701 | -0,261407 | -0,358466 |
| -0,244096 | -0,260109 | -0,190502 | -0,23559 | -0,289185 | -0,219577 |
| 0,544806 | 0,466037 | 1,145814 | 1,471628 | 0,903945 | 1,632528 |

min 0,466037 0,903945

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{KU}(S3)$ | 0,205882 | 0,333333 | 0,525701 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,405113 | -0,331583 | -0,416877 | -0,148103 | -0,074574 | -0,062809 |
| -0,266224 | -0,303806 | -0,250211 | -0,175881 | -0,213463 | -0,229476 |
| 1,5217 | 1,091433 | 1,666105 | 0,842065 | 0,349353 | 0,273707 |

min 1,091433 0,273707

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 2,466667 | 3 | 3,833333 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{TE}(S4)$ | 0,108824 | 0,166667 | 0,268692 |

w' 0,466037 0,903945 1 0,273707

w 0,176 0,342 0,378 0,104

İmalat Kriteri Açısından Tedarikçi Özellikleri Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | FD | | | IL | | | KU | | | TE | | |
|----|----------|---|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|
| FD | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| IL | 0,666667 | 1 | 1,499999 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| KU | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 |
| TE | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3 | 4 | 5,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{FD}(S1)$ | 0,141732 | 0,242424 | 0,415617 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 21,16667 | 16,5 | 13,23333 |
| | 0,047244 | 0,060606 | 0,075567 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,333333 | 4 | 4,999999 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{IL}(S2)$ | 0,15748 | 0,242424 | 0,377834 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|--------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|
| -0,258137 | -0,270735 | -0,234515 | -0,236101 | -0,232952 | -0,196731 |
| -0,258137 | -0,240432 | -0,295121 | -0,236101 | -0,202649 | -0,257337 |
| 1 | 1,126036 | 0,79464 | 1 | 1,149535 | 0,764488 |

min 0,79464 0,764488

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{KU}(S3)$ | 0,144882 | 0,212121 | 0,314861 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,173129 | -0,157381 | -0,133759 | -0,349452 | -0,333704 | -0,346302 |
| -0,203432 | -0,187684 | -0,224668 | -0,288845 | -0,273097 | -0,255393 |
| 0,851041 | 0,838542 | 0,595363 | 1,209822 | 1,221921 | 1,355958 |

min 0,595363 1,209822

| | | | |
|--------------|----------|---------|----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{TE}(S4)$ | 0,181102 | 0,30303 | 0,491184 |

w' 0,79464 0,764488 0,595363 1

w 0,252 0,242 0,189 0,317

Teknoloji Kriteri Açısından Genel Performans Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|---|-----|
| KA | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| LO | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| MA | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| SH | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KA}(S1)$ | 0,21875 | 0,352941 | 0,543478 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 21,33333 | 17 | 13,8 |
| | 0,046875 | 0,058824 | 0,072464 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,333333 | 4 | 5 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{LO}(S2)$ | 0,15625 | 0,235294 | 0,362319 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
| -0,387228 | -0,415353 | -0,399728 | -0,143569 | -0,234194 | -0,218569 |
| -0,269581 | -0,268294 | -0,252669 | -0,261216 | -0,204782 | -0,189157 |
| 1,436407 | 1,548125 | 1,582021 | 0,549618 | 1,143625 | 1,155489 |

min 1,436407 0,549618

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{MA}(S3)$ | 0,128125 | 0,205882 | 0,338164 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|
| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
| -0,119414 | -0,181914 | -0,194414 | -0,083182 | -0,145682 | -0,173807 |
| -0,266473 | -0,211326 | -0,194414 | -0,230241 | -0,175094 | -0,173807 |
| 0,448129 | 0,860823 | 1 | 0,361284 | 0,832023 | 1 |

min 0,448129 0,361284

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{SH}(S4)$ | 0,14375 | 0,205882 | 0,301932 |

w' 1 0,549618 0,448129 0,361284

w 0,424 0,233 0,190 0,153

Kültür Kriteri Açısından Genel Performans Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|----------|-----|----------|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|---|-----|
| KA | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| LO | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| MA | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| SH | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KA}(S1)$ | 0,21875 | 0,352941 | 0,543478 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 21,33333 | 17 | 13,8 |
| | 0,046875 | 0,058824 | 0,072464 |

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{LO}(S2)$ | 0,14375 | 0,205882 | 0,301932 |

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
| -0,399728 | -0,415353 | -0,387228 | -0,083182 | -0,173807 | -0,145682 |
| -0,252669 | -0,268294 | -0,269581 | -0,230241 | -0,173807 | -0,175094 |
| 1,582021 | 1,548125 | 1,436407 | 0,361284 | 1 | 0,832023 |

min 1,436407 0,361284

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2,733333 | 3,5 | 4,666667 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{MA}(S3)$ | 0,128125 | 0,205882 | 0,338164 |

| | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
| -0,119414 | -0,194414 | -0,181914 | -0,143569 | -0,218569 | -0,234194 |
| -0,266473 | -0,194414 | -0,211326 | -0,261216 | -0,189157 | -0,204782 |
| 0,448129 | 1 | 0,860823 | 0,549618 | 1,155489 | 1,143625 |

min 0,448129 0,549618

| | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 3,333333 | 4 | 5 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{SH}(S4)$ | 0,15625 | 0,235294 | 0,362319 |

w' 1 0,361284 0,448129 0,549618

w 0,424 0,153 0,190 0,233

Finansal Durum Kriteri Açısından Genel Performans Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|----------|---|-----|----------|---|-----|----------|-----|----------|----------|---|-----|
| KA | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 |
| LO | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| MA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SH | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | 3 | 4 | 5,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{KA}(S1)$ | 0,141732 | 0,242424 | 0,415617 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 21,16667 | 16,5 | 13,23333 |
| 0,047244 | 0,060606 | 0,075567 |

| | 3,333333 | 4 | 5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{LO}(S2)$ | 0,15748 | 0,242424 | 0,377834 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| -0,258137 | -0,234515 | -0,270735 | -0,236101 | -0,196731 | -0,232952 |
| -0,258137 | -0,295121 | -0,240432 | -0,236101 | -0,257337 | -0,202649 |
| 1 | 0,79464 | 1,126036 | 1 | 0,764488 | 1,149535 |

min 0,79464 0,764488

| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
|--------------|----------|---------|----------|
| $S_{MA}(S3)$ | 0,181102 | 0,30303 | 0,491184 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| -0,349452 | -0,333704 | -0,346302 | -0,173129 | -0,157381 | -0,133759 |
| -0,288846 | -0,273097 | -0,255393 | -0,203432 | -0,187684 | -0,224668 |
| 1,209822 | 1,221921 | 1,355958 | 0,851041 | 0,838542 | 0,595363 |

min 1,209822 0,595363

| | 3,066667 | 3,5 | 4,166667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{SH}(S4)$ | 0,144882 | 0,212121 | 0,314861 |

w' 0,79464 0,764488 1 0,595363

w 0,252 0,242 0,317 0,189

İlişkiler Kriteri Açısından Genel Performans Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|----------|---|-----|----------|---|-----|-----|---|----------|-----|----------|--|
| KA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | |
| LO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | |
| MA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | |
| SH | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 1 | 1 | |

| | 3,666667 | 4 | 4,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{KA}(S1)$ | 0,191304 | 0,242424 | 0,308924 |

| | | |
|----------|----------|----------|
| 19,16667 | 16,5 | 14,56667 |
| 0,052174 | 0,060606 | 0,06865 |

| | 3,666667 | 4 | 4,5 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{LO}(S2)$ | 0,191304 | 0,242424 | 0,308924 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| -0,11762 | -0,131533 | -0,108924 | -0,11762 | -0,131533 | -0,108924 |
| -0,11762 | -0,10123 | -0,169531 | -0,11762 | -0,10123 | -0,169531 |
| 1 | 1,299348 | 0,642507 | 1 | 1,299348 | 0,642507 |

min 0,642507 0,642507

| | 3,4 | 3,5 | 3,666667 |
|--------------|----------|----------|----------|
| $S_{MA}(S3)$ | 0,177391 | 0,212121 | 0,251716 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| -0,060412 | -0,060412 | -0,051716 | -0,25492 | -0,25492 | -0,268833 |
| -0,090715 | -0,090715 | -0,142625 | -0,194314 | -0,194314 | -0,177924 |
| 0,665953 | 0,665953 | 0,362602 | 1,311898 | 1,311898 | 1,510944 |

min 0,362602 1,311898

| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
|--------------|----------|---------|----------|
| $S_{SH}(S4)$ | 0,2 | 0,30303 | 0,446224 |

w' 0,642507 0,642507 0,362602 1

w 0,243 0,243 0,137 0,378

İmalat Kriteri Açısından Genel Performans Kümesi Kriterlerinin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi ve Matrisin Çözümü

| | KA | | | LO | | | MA | | | SH | | |
|----|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|-----|---|-----|
| KA | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| LO | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| MA | 0,666667 | 1 | 1,5 | 0,666667 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| SH | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 0,4 | 0,5 | 0,666667 | 1 | 1 | 1 |

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 4,666667 | 6 | 7,5 |
| | l1 | m1 | u1 |
| $S_{KA}(S1)$ | 0,205882 | 0,333333 | 0,525701 |

| | | | |
|--|----------|----------|----------|
| | 22,66667 | 18 | 14,26667 |
| | 0,044118 | 0,055556 | 0,070093 |

| | | | |
|--------------|----------|------|----------|
| | 3,566667 | 4,5 | 5,666667 |
| | l2 | m2 | u2 |
| $S_{LO}(S2)$ | 0,157353 | 0,25 | 0,397196 |

| $S1 \geq S2$ | $S1 \geq S3$ | $S1 \geq S4$ | $S2 \geq S1$ | $S2 \geq S3$ | $S2 \geq S4$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| -0,368348 | -0,356583 | -0,428642 | -0,191314 | -0,228079 | -0,300137 |
| -0,285015 | -0,301028 | -0,234198 | -0,274647 | -0,255856 | -0,189026 |
| 1,292383 | 1,184553 | 1,830258 | 0,69658 | 0,891432 | 1,587808 |

min 1,184553 0,69658

| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 3,833333 | 5 | 6,5 |
| | l3 | m3 | u3 |
| $S_{MA}(S3)$ | 0,169118 | 0,277778 | 0,455607 |

| $S3 \geq S1$ | $S3 \geq S2$ | $S3 \geq S4$ | $S4 \geq S1$ | $S4 \geq S2$ | $S4 \geq S3$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| -0,249725 | -0,298255 | -0,358549 | -0,004398 | -0,052927 | -0,041163 |
| -0,305281 | -0,270477 | -0,21966 | -0,198842 | -0,164039 | -0,180052 |
| 0,818018 | 1,102699 | 1,632291 | 0,022118 | 0,322652 | 0,228616 |

min 0,818018 0,022118

| | | | |
|--------------|----------|----------|---------|
| | 2,2 | 2,5 | 3 |
| | l4 | m4 | u4 |
| $S_{SH}(S4)$ | 0,097059 | 0,138889 | 0,21028 |

w' 1 0,69658 0,818018 0,022118

w 0,394 0,275 0,322 0,009

ÖZGEÇMİŞ

Kerim GÖZTEPE, 1976'da Ankara'da doğdu. İlk ve orta eğitimini Ankara'da, lise eğitimini İzmir'de tamamladı. Maltepe Askeri Lisesinden 1994 yılında mezun oldu. 1994 yılında başladığı Kara Harp Okulu'ndan Sistem Mühendisi olarak 1998 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini, 2002-2003 yıllarında, Marmara Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Mühendislik Yönetimi bölümünde (Engineering Management) tamamladı.

İlgi alanları arasında, Bulanık Mantık, Analitik Ağ Prosesi, Yapay Sinir Ağları ve bu konuların heterojen uygulamaları yer almaktadır.

Yayımları:

Boran, S., Göztepe, K., Yavuz, E., A Study On Election of Personnel Based On Performance Measurement By Using Analytic Network Process (ANP), IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.8 No.4, April 2008.

Taşkın, H., Göztepe, K., Taşkın, M.F., Canay, Ö., Agent Based University Planning of Sakarya University: "Cawis" Project, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 753-759, August, 2008.

Yazgan, H.R., Boran, S., Göztepe, K., An ERP Software Selection Process with Using Artificial Neural Network Based on Analytic Network Process Approach, Expert Systems with Applications, 36, 9214-9222, 2009.

Boran, S., Göztepe, K., Development of A Fuzzy Decision Support System For Commodity Acquisition Using Fuzzy Analytic Network Process, Expert Systems with Applications, 37, 1939-1945, 2010.

Yazgan, H. R., Boran, S., Göztepe, K., Selection of dispatching rules in FMS: ANP model based on BOCR with choquet integral, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 49, Numbers 5-8, July, 2010.