

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN ÇOK
AMAÇLI KARAR DESTEK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ekin ERAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN ÇOK
AMAÇLI KARAR DESTEK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ekin ERAY
501121105**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gül POLAT TATAR

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121015 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ekin ERAY**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“İNŞAAT SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN ÇOK AMAÇLI KARAR DESTEK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gül POLAT TATAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Gül POLAT TATAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Esin ERGEN PEHLEVAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Zeynep IŞIK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **20 Ocak 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, değerli görüş ve önerileri ile çalışmaya büyük katkı sağlayan tez danışmanım ve çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Gül POLAT TATAR’a çok teşekkür ederim.

Bu tez kapsamında yürütülen vaka çalışması için kullandığım verileri sağlayan inşaat şirketi’ne teşekkürlerimi sunarım

Yine tez çalışmam esnasında desteğini esirgemeyen İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Befrin Neval BİNGÖL’e teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan, her zaman olduğu gibi yüksek lisans eğitimim süresince de bana sonsuz sevgi ve desteklerini veren biricik aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

Aralık 2014

Ekin ERAY
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. TEDARİKÇİ SEÇİMİ SÜRECİNDE KULLANILAN KRİTERLER	5
3. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN KARAR VERME	
YÖNTEMLERİ	11
3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)	11
3.2 ELECTRE III	12
3.3 PROMETHEE (PROMETHEE METHOD)	14
3.4 TOPSİS.....	18
4. BULANIK SAYILAR ve BULANIK YÖNTEMLER	23
4.1 Bulanık Sayılar.....	23
4.2 Fuzzy AHP Yöntemi	25
4.3 Fuzzy ELECTRE Yöntemi.....	27
4.4 Fuzzy TOPSİS Yöntemi.....	31
5. VAKA ANALİZİ.....	35
5.1 Vaka Analizi için Anketin Hazırlanması ve Verilerin Toplanması	35
5.2 Anket Sonucu Elde Edilen Veriler	36
5.3 Problemin Çözümleri	44
5.3.1 AHP yöntemi ile çözüm	44
5.3.2 ELECTRE III yöntemi ile çözüm.....	47
5.3.3 PROMETHEE yöntemi ile çözüm	48
5.3.4 Topsis yöntemi ile çözüm	54
5.3.5 Fuzzy AHP yöntemi ile çözüm	56
5.3.6 Fuzzy ELECTRE yöntemi ile çözüm.....	61
5.3.7 Fuzzy TOPSİS yöntemi ile çözüm	67
5.4 Çözümlerin Değerlendirilmesi	70
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	79
EKLER.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	105

KISALTMALAR

AHP	:Analitik Hiyerarşı Prosesi (Yöntemi)
TOPSİS	:Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
ELECTRE	:Elemination and Choice Translating Reality
PROMETHEE	:Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
TDK	:Türk Dil Kurumu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Dickson (1966)'ın tanımladığı tedarikçi seçim kriterleri.	6
Çizelge 3.1: AHP değerlendirme ölçeği.	12
Çizelge 3.2: Veri Matrisi.	14
Çizelge 3.3: Tercih fonksiyonları (Preference functions).....	15
Çizelge 4.1: AHP değerlendirme ölçeğinin üçgensel bulanık değerleri.....	25
Çizelge 4.2: Çok kötü - Çok iyi ölçme skalası.	27
Çizelge 5.1: Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilme sonuçları.	37
Çizelge 5.2: Alternatiflere ait gerçek veriler.	38
Çizelge 5.3: Kriterlere ait sınır değerleri.	38
Çizelge 5.4: Kriterlerin karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.....	39
Çizelge 5.5: Ürün kalitesi (K1) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.....	40
Çizelge 5.6: Tedarik Süresi (K2) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.	40
Çizelge 5.7: T. ile geç. ve gün. ilişkiler (K3) kriterine göre ikili karşılaştırma mat..	41
Çizelge 5.8: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.	41
Çizelge 5.9: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.....	42
Çizelge 5.10: Tedarikçi ile İletişim (K6) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi. ..	42
Çizelge 5.11: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.....	43
Çizelge 5.12: Teknik Yeterlilik (K8) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.	43
Çizelge 5.13: Kriterlerin karşılaştırıldığı grup ikili karşılaştırma matrisi.	44
Çizelge 5.14: Ürün kalitesi (K1) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.	44
Çizelge 5.15: Tedarik Süresi (K2) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.	45
Çizelge 5.16: T. ile geç. ve gün. İliş. (K3) kriterine göre grup ikili karşılaş. mat.	45
Çizelge 5.17: Ürünün top. fiyatı (K4) kriterine göre grup ikili karşılaştırma mat. ...	45
Çizelge 5.18: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.	45
Çizelge 5.19: Ted. ile İletişim (K6) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi..	45
Çizelge 5.20: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine göre grup ikili karşılaş. matrisi.....	46
Çizelge 5.21: Teknik Yeterlilik (K8) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.	46
Çizelge 5.22: AHP Yöntemine göre alternatiflerin sıralaması.	46
Çizelge 5.23: Grup değerlendirme matrisi.....	47
Çizelge 5.24: ELECTRE Yöntemi ile hesaplanan uyum indeksleri.	47
Çizelge 5.25: ELECTRE III Yöntemi ile bulunan sıralama matrisi.	48
Çizelge 5.26: Promethee üstünlük değerleri.	50
Çizelge 5.27: Kriterlerin ağırlıklarının değişebileceği aralıklar ve duyarlılıkları.	53
Çizelge 5.28: Analizlerin karşılaştırılması.	53
Çizelge 5.29: Standart Karar Matrisi.	54
Çizelge 5.30: Ağırlıklı Karar Matrisi.....	54
Çizelge 5.31: İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Setleri.....	55
Çizelge 5.32: İdeal ve Negatif İdeal Ayrım Ölçütleri.....	55
Çizelge 5.33: Alternatiflerin çözüme göreli yakınlıkları.	55
Çizelge 5.34: Gerçek veriler kullanılmadan yapılan çözüm.....	56
Çizelge 5.35: Kriterlerin karşılaştırıldığı bulanıklaştırılmış ikili karşılaş. matrisi. ...	57

Çizelge 5.36: Ürün kalitesi (K1) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaş. mat...	59
Çizelge 5.37: Tedarik Süresi (K2) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaş. mat	60
Çizelge 5.38: Fuzzy AHP Yöntemine göre alternatiflerin sıralaması.	61
Çizelge 5.39: Anket verilerinin üçgensel bulanık sayılara dönüştürölmüş hali.	61
Çizelge 5.40: Grup değerlendirme matrisi.	62
Çizelge 5.41: Durulaştırma işlemi sonucu elde edilen değerlendirme matrisi.	63
Çizelge 5.42: Kriterlere ait farksızlık (tji), üstönlük (tjp) ve veto (tjv) eşik değer.	63
Çizelge 5.43: rkj+tij değerleri.	63
Çizelge 5.44: rkj+tpj değerleri.	64
Çizelge 5.45: rkj+tvj değerleri.	64
Çizelge 5.46: Alternatiflerin kriterlere göre uyum dereceleri (ψ_j).	64
Çizelge 5.47: Alternatiflerin kriterlere göre uyumsuzluk dereceleri (D_j).	65
Çizelge 5.48: Uyum ilişkileri matrisi.	66
Çizelge 5.49: Uyumsuzluk ilişkileri matrisi.	66
Çizelge 5.50: Bulanık kıdem ilişkileri.	66
Çizelge 5.51: Bulanık baskınlık ilişkileri.	67
Çizelge 5.52: Bulanık çekiniklik ilişkileri.	67
Çizelge 5.53: $\mu * Ak$ matrisi.	67
Çizelge 5.54: Alternatiflerin Fuzzy ELECTRE Yöntemine göre sıralaması.	67
Çizelge 5.55: Standart karar matrisi.	68
Çizelge 5.56: Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi.	68
Çizelge 5.57: İdeal ve Negatif İdeal Ayrım ölçütleri.	69
Çizelge 5.58: Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları ve sıralamaları.	69
Çizelge 5.59: Sonuçların toplu gösterimi.	70
Çizelge 5.60: Yöntemlere ait karşılaştırma tablosu.	72
Çizelge A.1: Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler (K3) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	84
Çizelge A.2: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	84
Çizelge A.3: Ödeme Kolaylığı (K5) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	86
Çizelge A.4: Tedarikçi ile iletişim (K7) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	87
Çizelge A.5: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	88
Çizelge A.6: Teknik yeterlilik (K8) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.	89
Çizelge A.7: Kriterlere ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisinin geometrik ortalaması alınmış hali.	90
Çizelge A.8: Kriterlerin birbirlerine göre bulanık ağırlık değerleri ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	90
Çizelge A.9: Ürün kalitesi (K1)' ne ait geometrik ortalaması alınmış ikili karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.	91
Çizelge A.10: K1 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	91

Çizelge A.11: Tedarik Süresi (K2)' ne ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.....	91
Çizelge A.12: K2 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	92
Çizelge A.13: K3 Kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.	92
Çizelge A.14: K3 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	92
Çizelge A.15: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.....	93
Çizelge A.16: K4 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	93
Çizelge A.17: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.	93
Çizelge A.18: K5 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	94
Çizelge A.19: Tedarikçi ile iletişim (K6) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.....	94
Çizelge A.20: K6 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	94
Çizelge A.21: Üretim kapasitesi (K7) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.	95
Çizelge A.22: K7 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	95
Çizelge A.23: Teknik yeterlilik (K8) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.	95
Çizelge A.24: K8 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.	96
Çizelge B.2: Görelî Önem Ölçeği.....	99
Çizelge B.3: Değerlendirme matrisi 1	100
Çizelge B.4: Değerlendirme Matrisi 2.....	100
Çizelge B.5: Değerlendirme Matrisi 3	101
Çizelge B.6: Değerlendirme Matrisi 4.....	101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi.	16
Şekil 3.2: a alternatifi için hesaplanan pozitif ve negatif üstünlük.	16
Şekil 4.1: Üçgen üyelik fonksiyonu.	24
Şekil 5.1: Tedarikçi seçimi probleminde kullanıcak olan karar hiyerarşisi.	36
Şekil 5.2: Tedarikçilere ait Azalan, Artan ve Sonuç Sıralamaları.	48
Şekil 5.3: Visual Promethee Programına veri girişi.	49
Şekil 5.4: Promethee I Kısmi Öncelikler.	50
Şekil 5.5: Promethee II Tam Öncelikler.	51
Şekil 5.6: Probleme ait GAIA düzlemi sonucu.	52
Şekil A1: Problem hiyerarşisi Tablo-1 Çok Kötü-Çok İyi Ölçeği.	98

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİ İÇİN ÇOK AMAÇLI KARAR DESTEK YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Tüm sektörlerde tedarikçi seçimi firmaların hedeflerine ulaşmalarını ve diğer firmalar ile olan rekabet düzeylerini korumalarını etkilemektedir. Bundan dolayı firmalar tedarikçi seçimi yaparken dikkatli davranıp bir çok kritere göre değerlendirme yapmaktadırlar. İnşaat sektöründe de tedarikçi seçimi diğer sektörler ile benzerlik göstermektedir.

İnşaat sektöründe yapılmakta olan projelerin hedeflenen süre, maliyet ve kalite sınırları içerisinde bitirilebilmeleri için firmaların projelerinde kullanacakları malzemeleri temin etmekle yükümlü olan tedarikçileri doğru bir şekilde seçmeleri gerekmektedir. Tedarikçi seçiminin tüm sektörlerde şirketlerin başarısında önemli rol oynamasından dolayı bu işlemin sezgilere ve deneyimlere göre yapılmasından çok matematiksel analizlere dayalı bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Bu tez kapsamında inşaat sektöründe tedarikçi seçimi yapılırken firmaların kullanabilecekleri çok amaçlı karar destek yöntemlerinin açıklanması ve bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönlerine göre karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla öncelikle literatürde bulunan tedarikçi seçimi üzerine yazılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda tedarikçi seçimi konusu üzerine yapılmış olan çalışmaların iki ana grup başlığı altında toplanabileceği görülmüştür. İlk grupta bulunan çalışmalar tedarikçi seçiminde kullanılan kriterleri tanımlamakta iken ikinci gruptaki çalışmalar tedarikçi seçiminde kullanılacak metodları açıklamaya yönelik yazılmıştır. İlk gruptaki çalışmalar incelenerek tedarikçi seçimi konusunda inşaat sektöründe ve diğer sektörlerde hangi kriterlere dikkat edildiği öğrenilmiştir. İkinci gruptaki çalışmalar incelenerek literatürde bu konuda daha önce önerilmiş olan yöntemler bulunmuştur.

Literatür taramasının incelenmesinden sonra tedarikçi seçimi ve tedarikçi seçimine benzer karar verme problemlerinde kullanılan çok amaçlı karar destek yöntemlerinden 7 tanesi işlem adımları açıklanarak anlatılmıştır. Anlatılan karar destek yöntemlerinden ilk dördünde (AHP, ELECTRE III, PROMETHEE ve TOPSİS) kesin sayılar kullanılarak çözüm yapılmakta iken diğer üç yöntem (Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE ve Fuzzy TOPSİS) ise bulanık yöntemler olup çözümlerinde bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bulanık yöntemler anlatılmadan önce bölümün başında bulanık sayılar kısaca özetlenmiştir.

Tez kapsamında kullanılacak olan yöntemler anlatıldıktan sonra gerçek bir inşaat projesi üzerinde vaka analizi yapılmıştır. Vaka analizi çalışmasında demiryolu sektöründe çalışmakta olan bir Türk müteahhitlik firmasının örnek bir projesi için ray tedarikçisi seçimi problemi çözülmüştür. Üzerinde çalışılan örnek proje Suudi Arabistan'da Jubail ile Dammam şehirleri arasında yapılmakta olan bir şehirlerarası demir yolu projesidir. Bu projenin ray tedarikçisi seçimi probleminin çözülmesi için öncelikle müteahhit firmanın teklif departmanında çalışan ve tedarikçi seçimi

konusunda yetkili olan teklif mühendislerinden biri ile görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucu firmanın ray tedarikçisi seçerken tedarikçinin ürününün kalitesine, tedarik süresine, tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkilerine, ürünün toplam fiyatına, tedarikçinin sunduğu ödeme kolaylıklarına, tedarikçi ile ilteime, tedarikçinin üretim kapasitesine ve tedarikçinin teknik yeterliliğine dikkat ettiği öğrenilmiştir.

Ray tedarikçisi seçiminde dikkat edilen kriterler belirlendikten sonra firmanın teklif departmanında çalışan ve tedarikçi seçimi konusunda yetkili olan 4 teklif mühendisi ile anket çalışması yapılmıştır. Yapılan anket çalışmasından toplanan veriler ile tedarikçi seçimi problemi farklı çok amaçlı karar destek yöntemleri kullanılarak zlmtir.

Yapılan zlemeler sonucunda tedarikçilerin sıralamaları yöntemden yönteme farklılık göstermiştir. Bunun sebebi her yöntemde farklı veri türlerinin işleme sokulmuş olması ve yöntemlerin çözüm şekillerinin birbirinden farklı olmasıdır.

COMPARISON OF MULTI-CRITERIA-DECISION-MAKING TOOLS FOR SUPPLIER SELECTION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

SUMMARY

Suppliers are the providers of the materials in all projects and they have a strategic role on achieving project aims and protecting competitiveness levels of companies in every sector. Companies' main expectations from their suppliers are generally same in all sectors, and the expectations from them are mainly receiving products with expected quality, on the right time and within budget. The absence of the materials or receiving wrong amount of materials which are necessary for production, may lead delays and cost increasing on the projects. Therefore, selecting the right supplier for the right job is crucial.

Supplier selection process in the construction industry shows similarities with other sectors. Success in the construction projects can be roughly describe as finishing the work on time, within budget and with the expected quality. Therefore, working with the right supplier who is the responsible for delivering the materials, can highly affect the success of the projects. In order to finishing the construction work successfully, construction companies should select their suppliers correctly.

Due to suppliers have great effects on projects success, supplier selection process should be based on mathematical analysis rather than project managers's instincts and experience. Supplier selection problems can be defined as a multi-criteria decision making problem because decision makers of the companies often evaluate their suppliers according to several criteria.

The aim of this study is proposing and comparing several multi-criteria decision making tools to help construction companies on selecting the proper supplier for their projects. For this purpose an extensive literature review was conducted and explained in the first and second section of this thesis. In the literature several studies dealing with supplier selection problems was found. These studies can be categorized into two main groups; the studies that aimed to find out both the criteria that are important in the supplier selection problems and their importance levels, and the studies that proposed several tools, methods and methodologies for supplier selection problems. Each of these previous studies have improved the supplier selection process so far.

After sharing the findings of the literature review, seven multi-criteria decision making techniques that can be used in both supplier selection problems and similar decision making problems, was explained in the third and fourth section of this thesis. Both fuzzy techniques and techniques that works with crisps numbers were selected and explained step by step. Four of the selected techniques, namely AHP, ELECTRE III, PROMETHEE and TOPSIS, are working with crisp numbers. The other three techniques, which are: Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE and Fuzzy TOPSIS are fuzzy techniques that are working with fuzzy numbers. Fuzzy numbers were explained in the beginning of the fuzzy decision making techniques section.

In the fifth section, the selected techniques were applied to a problem of selection the rail supplier for an intercity railway project in Saudi Arabia. First an interview with one of the tendering engineer in the railway company were done to determine the selection criteria that were used in rail supplier selection process. After the interview, eight selection criteria namely supplier' product quality, supplier' lead time, past and current relationships with supplier, the total price of the product, payment facilities offered by the supplier, communication with supplier, production capacity of supplier and technical capability of the supplier, were determined. Also, five alternative rail suppliers for this project were selected. In the light of this information gained at the interview, the problem hierarchy was created.

After identifying both the selection criteria and alternative suppliers, a questionnaire, which comprises four section, was designed. The first section includes one question matrix that aims to evaluate suppliers by each criteria. In the second section, real information of alternative suppliers about their total price, lead time and production capacity were asked. Third section has one question that aim to investigate the threshold values of the selection criteria. In the fourth section 9 pairwise comparison matrix were asked.

The questionnaire was conducted among four tendering engineers who were decision makers of supplier selection process for this railway project. The data gathering from the questionnaire was used in solving rail supplier selection problem.

First analytical hierarchy process (AHP) was used to calculate the importance weights of the selection criteria. Then, the ranking of the suppliers were determined by the same method. Only the data coming from the pairwise comparison matrixes were used in this method. Superdecisions software were used for calculations of AHP method. After that, ELECTRE III were used for calculating the ranking of the suppliers. In ELECTRE III method, the weights of the selection criteria and the data coming from the questionnaire's first three section were used. The real veto threshold values of the selection criteria were also used in this technique. Veto threshold values were not used in any other techniques. Lamsade program were used in ELECTRE III calculations. Later, PROMETHEE and TOPSIS methods were used to rank the alternatives. The data that were used in ELECTRE III method were also used in these methods with the exception of threshold values. In PROMETHEE method only preference and indifference thresholds were used while no threshold values were used in TOPSIS method. The Visual Promethee program were used in solutions of PROMETHEE method while excel tables were created for TOPSIS method.

After calculating the ranking of the alternative suppliers by using crisp numbers, fuzzy methods were used, too. To be able to use the values coming from the questionnaire in the fuzzy methods, fuzzification procedure which is the way of converting crisp numbers to fuzzy numbers, were done.

Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE and Fuzzy TOPSIS methods were used to calculate the ranking of the suppliers after converting the crisp data to fuzzy numbers. Only fuzzy pairwise comparison matrixes data were used in Fuzzy AHP method and both fuzzy criteria weight values and ranking of the suppliers were calculated. In both Fuzzy ELECTRE and Fuzzy Topsis methods, the fuzzy criteria weights that were calculated by Fuzzy AHP method were used. Real threshold values were not used in Fuzzy ELECTRE method. No threshold values were used in Fuzzy TOPSIS method as same as TOPSIS method.

There were no software for Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE and Fuzzy TOPSIS methods. All calculation in this thesis were done by using excel programme. The steps of the calculations were explained in the fuzzy methods section.

The ranking of the alternatives were calculated different in each method. The main reason behind it was that the calculations were done with different data. Also the steps of each method were different than others. Therefore, finding different solutions were usual.

As a result, in order to use in supplier selection problems in construction industry, seven multi-criteria decision making techniques were explained step by step in this thesis. A case study were solved by using these techniques. In further studies, different methods can be used and comparisons between all methods can be done for more accurate results.

1. GİRİŞ

Tedarik kelimesi sözcük anlamı olarak, araştırıp bulmak, elde etmek demektir. Palatmutçuoğlu (2011) işletmeler açısından tedarik kavramını üretim sürecinde gerekli olan hammadde ve yardımcı maddelerin araştırılarak bulunması ve satın alınarak elde edilmesi için yapılan faaliyetler olarak tanımlamaktadır. Tedarikçi kelimesi ise TDK tarafından gerekli malzemeyi sağlayan kimse olarak tanımlanmaktadır.

Tüm sektörlerde üretim için gerekli olan malzemeleri temin eden kişi yada kuruluşlar olan tedarikçilerin seçilmesi, firmalar için stratejik bir öneme sahiptir. (Güner ve Mutlu, 2005). İnşaat sektöründe tedarikçi seçme süreci, diğer sektörlerde olduğu gibi firmalar açısından büyük önem taşımaktadır. Yüklenici inşaat firmaları kar amacı ile kurulan organizasyonlardır; bundan dolayı üstlendikleri projelerde toplam inşaat maliyetini mümkün olduğunca azaltmayı ve kar etmeyi hedefler. Toplam inşaat maliyeti, doğrudan ve dolaylı inşaat maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Doğrudan inşaat maliyetleri imalatın gerçekleştirilmesi sırasında doğrudan kullanılan kaynaklara ait maliyetlerden, dolaylı inşaat maliyetleri ise doğrudan herhangi bir imalatın gerçekleştirilmesini sağlamayan ancak üretimin tamamını ilgilendiren tüketimlere ait maliyetlerden oluşmaktadır (Yapı İşletmesi Ders Notları,2014). Malzeme maliyeti, doğrudan maliyetlerin içinde bulunmakta ve toplam inşaat maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Örneğin, konut ve toplu konut projelerinde malzeme maliyeti, toplam inşaat maliyetinin %43'ünü oluşturmaktadır (Agapiou ve diğ., 1998).

İnşaat projeleri için gerekli olan malzemelerin ihtiyaç duyulan zamanda, doğru miktarda ve istenilen kalitede temin edimleri, projelerin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesinde büyük öneme sahiptir. İnşaatın devamı için gerekli olan malzemenin üretime gireceği anda istenilen şekilde şantiyede bulunmaması inşaat projelerinin gecikmesine, dolayısı ile projelerde süre ve maliyet artışlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, projede kullanılacak olan malzemeleri temin etmekle yükümlü olan tedarikçiler, projenin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesinde kritik rol oynamaktadır.

İnşaat sektöründe olduğu gibi tüm sektörlerde firmaların tedarikçilerinden beklentisi sipariş edilen ürünün istedikleri kalite düzeyinde, belirledikleri bütçe içerisinde ve istenilen zamanda teslim edilmesidir (Gökalp ve Soylu, 2010). İşletmelerin firma hedeflerine ulaşmalarında, uzun vadede rekabet düzeylerini korumalarında ve güçlendirmelerinde doğru tedarikçi ile çalışmaları önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle işletmeler için stratejik bir karar niteliğinde olan tedarikçi seçimi işleminin sezgilere ve deneyimlere dayalı olarak değil daha bilimsel ve sistematik bir şekilde yapılması gerekmektedir (Çakın ve Özdemir, 2013).

Firmalar projeleri için tedarikçi seçimi yaparken fiyat, kalite, tedarik süresi gibi bir çok kritere dikkat etmektedir. Bu nedenle tedarikçi seçimi çok kriterli bir karar verme problemi olarak tanımlanmaktadır (Gökalp ve Soylu, 2010). Tedarikçi seçimi problemi çok amaçlı karar destek yöntemleri kullanılarak çözülebilmektedir ancak genellikle bu tür problemlerin bir kesin çözümü bulunmamaktadır. Tedarikçi seçimi problemi için belirlenen kriterler doğrultusunda optimuma en yakın çözüm üretilebilmektedir. Çok amaçlı karar verme yöntemleri istenilen amaç için en uygun çözümü üretmek adına hizmet etmektedir (Soba, 2012).

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, yüklenici inşaat işletmelerinin üstlendikleri projelerde gerekli malzemeleri sağlayacak olan en uygun tedarikçiyi seçmelerine yardımcı olacak çok amaçlı karar destek yöntemlerini anlatmak ve bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönlerine göre karşılaştırmalarını yapmaktır. Çalışma kapsamında anlatılan çok amaçlı karar destek yöntemleri bir vaka analizi ile örneklendirilmiş ve açıklanmıştır. Vaka analizinde demiryolu sektöründe çalışmakta olan bir Türk müheathilik firmasının üstlendiği demiryolu projesi için ray tedarikçisi seçilmesi problemi ele alınmıştır. Çalışmanın sonunda 7 farklı yöntem kullanılarak örnek proje için en uygun tedarikçinin seçilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma amacı doğrultusunda altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, konu hakkında genel bilgiler verilmiştir ve çalışmanın amacı anlatılmıştır. İkinci bölümde, literatür taraması yapılmış ve tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi konusunda literatürde kullanılan kriterler ile çözüm yöntemleri analiz edilmiştir. Üçüncü bölümde tez kapsamında kullanılacak olan çok amaçlı karar destek yöntemlerinden AHP, ELECTRE III, PROMETHEE ve TOPSIS yöntemlerinin metodolojisi anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, bulanık sayılardan bahsedilmiş ve ardından Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE ve Fuzzy TOPSİS yöntemlerinin methodolojisi sunulmuştur. Beşinci bölümde demiryolu sektöründe çalışmakta olan bir Türk müteahhitlik firması ile üstlenmiş oldukları bir demiryolu projesindeki ray tedarikçisi seçimi problemi üzerine yapılmış olan vaka analizi çalışmasından bahsedilmiş ve ardından şirketten toplanan veriler kullanılarak anlatılmış olan yöntemlerle çözümler sağlanmıştır. Son bölümde, yöntemlerden elde edilen sonuçlar ve bulgular karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

2. TEDARİKÇİ SEÇİMİ SÜRECİNDE KULLANILAN KRİTERLER

Literatürde bugüne kadar birçok sektör için tedarikçi seçimi problemi incelenmiş ve bu çalışmaların tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler ve tedarikçi seçimi probleminde kullanılan yöntemler olmak üzere iki ana başlık altında toplandığı görülmüştür.

Birinci grupta bulunan çalışmaların bir çoğu Dickson (1966)'un tedarikçi seçimi kriterleri üzerine yaptığı geniş kapsamlı çalışmaya dayanmaktadır. Dickson (1966) yaptığı çalışmada 170 adet satın alma yöneticisi ile anket çalışması yapmış, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçilmesi problemlerinde kullanılmak üzere 23 adet kriter tanımlamıştır. Bu çalışma sonucunda kriterler önem derecelerine göre sıralanmıştır. Tanımlanmış olan 23 kriter arasında “Kalite” kriterinin en önemli kriter olduğunu bulmuştur. Kalite kriterini sırası ile “Teslimat” ve “Performans geçmişi” kriterleri izlemektedir (Gencer ve Gürpınar, 2007). Dickson (1966)'nın tanımladığı kriterler aşağıda Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Weber ve diğ. (1991) tedarikçi seçimi üzerinde literatürde yapılmış olan çalışmaların taramışlardır. Bu çalışmada akademisyenlerin ve satın alma yöneticilerinin tedarikçi seçiminde nelere dikkat ettiklerini ve tedarikçi seçiminde hangi yöntemleri kullandıklarını tespit etmeye çalışmışlardır. 1996-1991 yılları arasında bu konuda yapılan 77 adet çalışmayı incelediklerinde, çalışmaların tümünde kullanılan kriterlerin Dickson’un 1966’da tanımladığı kriterlerle uyumlu olduğunu bulmuşlardır (Calvi ve diğ. 2010).

Kannan ve Tan (2002) tedarikçi seçimi sürecinde kullanılmak üzere 30 adet tedarikçi seçim kriteri belirlemişlerdir. Belirledikleri tedarikçi seçim kriterleri; tedarikçinin kaliteye bağlılığı, teslimat gününe sadıklığı, ücreti, sektördeki itibarı, tedarikçinin üretim yeteneği, tedarikçi ile dürüst iletişim sağlanması, etik standartları, sürekli gelişmeye bağlılık, tedarikçinin tam zamanında çalışmaya bağlılığı, teknik yeterliliği, test yapma yeterliliği, beklenmedik taleplere karşılayabilmesi, esnek kontrat ve kurallarının olması, tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler, tedarikçinin şirkete kar getirebilmesi, tedarikçinin atıkların giderilmesindeki çabası, jeolojik

uyumluluk, kaynaklarının kapsamı, tedarikçinin şirket için stratejik önemi, tedarikçinin saha değerlendirmesine açık oluşu, finansal durumu, kültürel uyumluluğu, tedarikçinin taşeronlara verdiği iş miktarı oranı, tedarikçinin sipariş girişi ve faturalama sistemi, tedarikçinin sigorta ve dava geçmişi, tedarikçinin şirket gizli bilgi paylaşımı yapması, endüstri bilgisi, şirket büyüklüğü, tedarikçiden talep edilen yıllık iş miktarının tedarikçinin toplam iş miktarına oranı ve tedarikçinin tedarik zinciri yönetimini kullanmaktaki istekliliği olarak tanımlanmıştır. Çalışmalarında t testini kullanmışlardır.

Çizelge 2.1: Dickson (1966)'ın tanımladığı tedarikçi seçim kriterleri.

Tedarikçi seçim Kriterleri
Kalite
Teslimat
Performans geçmişi
Garanti ve hak talebi politikaları
Üretim tesisleri ve kapasitesi
Fiyat
Teknik yeterlilik
Finansal durum
Prosedür uyumu
İletişim sistemleri
Sektördeki itibar ve konumu
İş yapma isteği
Yönetim ve organizasyonu
İşletme denetimleri
Onarım hizmetleri
Tutum
İzlenim
Paketleme
İşçi ilişkileri kayıtları
Coğrafik yeri
Geçmiş işlerin miktarı
Eğitim yardımları
Karşılıklı düzenlemeler

Ho ve diğ. (2007), Tayvan ve Vietnam'daki inşaat sektörlerinde tedarikçi seçimi konulu çalışmalarında Kannan ve Tan'ın tanımladığı kriterlerden 29 tanesini kullanmışlardır. Çalışmalarında istatistiksel test olarak t-testini kullanmışlardır.

Schram ve Morais (2012) inşaat sektöründe tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında 9 kriter kullanmışlardır. Kullandıkları kriterler sırası ile tedarikçinin kalite yönetim sistemi, birim fiyatı, maliyet azaltma politikaları, taşıma

cretleri, geri evirilme sıklıkları, yardım talebine geri dönüş yapıp yapmadıkları, tedarik süresi, zaman konusundaki esnekliği ve ürün miktarında esneklik yapabilmeleri olmuştur. alımalarında bu kriterler ile 5 farklı alternatifi SMARTER yöntemini kullanarak sıralamılardır.

Patil ve Adavi (2012) inşaat sektöründe tedarikçi seçimi üzerinde yaptıkları çalışmada tedarik süresi, zamanında performans, esneklik, tedarik sıklığı, kalite, ulaşım maliyeti, cretlendirme şartları, bilgi kordinasyonu yeterliliği, dizayn koordinasyonu yeterliliği, vergiler ve tedarikçinin piyasadaki devamlılığı olmak üzere 11 kriter tanımlamışlardır. Estehadian ve diğ. (2013) İran’da bulunan inşaat işletmelerinde tedarikçi seçimi konulu çalışmalarında Dickson (1996)’un tanımladığı 23 kriteri kullanmışlardır.

Tedarikçi seçimi konusu inşaat sektörü dışındaki birçok sektörde de çalışılmıştır. Choi ve Hartley (1996) otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi konusunda alımılardır. Bu alımada Dickson (1996) ve Weber ve diğ. (1991)’in tanımladığı kriterlerden otomotiv sektörüne uygun olanları semiler ve analizlerini bu kriterlerle yapmışlardır. Analizlerinde kullanmak üzere hazırladıkları anketi 733 otomotiv şirketine göndermiş ve 156’sından cevap almışlardır. alımalarında kullandıkları seçim kriterleri tedarikçinin hızlı bir şekilde üretim hacmini değiştirme yeteneği, kısa sürede yeni ürün kurması, ürün sonrası destekleri, gelişimi arttırma yeteneği, geçmiş ilişkiler, iletişime açıklığı, itibarı, artnamelere devamlı uyumluluk, tedarik sresinde devamlı uyumluluk, fiyat azaltma yeteneği, dizayn yeteneği, finansal drumu, jeolojik uyumluluk, uzun süreli çalışma ihtimali, fiyatı, aldığı performans dlleri, ürünün görünümü, ürünün güvenilirliği, tedarikçinin karlılığı, isteklere hızlı dönüş yapabilmesi, kalite felsefesi, tedarik süresi kısalığı, Tedarikçi temsilcisinin yetkinliği, teknik yeterliliği, anlaşmazlıkları çözmedeki istekliliği, finansal kayıtlarını göstermedeki istekliliği olmak üzere 26 adettir.

Gencer ve Gürpınar (2007) elektronik firmalarında tedarikçi seçimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. alımaları kapsamında tedarikçinin yeri, sektördeki ömrü, referansları, servis yeteneği, iletişim yeteneği, organizasyon yapısı, personel sayısı, personelinin eğitim seviyesi, son dönem karı, ihracat durumu, ürün fiyatlarının piyasa fiyatına uyumluluğu, makina kapasitesi, üretim teknolojisi, tesislerinin üretim kapasitesi, teknik yeterliliği, üretim planlama yeteneği, paketleme yeteneği, kalite uyumluluğu, teslimat tarihine uyumluluğu, paketleme standartlarına uyumluluğu, malzeme tedarik periyodu, kalite el kitabı, belge kontrolü, kalite kayıtlarının arşivi, değerli talimatların

kullanımı, üretim control yeteneği, ürün tanımlaması, denetlemeye girmeleri, ayar kontrolleri, uygun olmayan malzemenin kontrolü, düzenleyici ve önleyici aksiyon sistemi, denetim mekanizması ve eğitim olmak üzere toplam 33 kriter tanımlamışlardır. Bu çalışmada tedarikçi seçimi ANP (Analitik Ağ Süreci) yöntemi ile yapılmıştır.

İkinci gruptaki çalışmalara inşaat sektöründen ve diğer sektörlerden birçok örnek gösterilebilmektedir. Tedarikçi seçimi probleminin çözümünde kullanılabilecek birçok farklı karar verme tekniği bulunmaktadır. Bununla birlikte bir çok çalışmada iki veya daha fazla karar verme tekniği birleştirilerek bütünleşik teknikler önerilmiştir.

Ghodsypour ve Brien 1996 yılında yaptıkları çalışmalarında tedarikçi seçim sürecinde kullanılmak üzere AHP ve Doğrusal programlama yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bütünleşik bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşım örnek bir problem üzerinde gösterilmiştir. Çalışma kapsamında 4 adet tedarikçi 4 kritere göre değerlendirilmiş ve sıralamaları hesaplanmıştır.

Liu ve diğerleri (2000) çalışmalarında tedarikçi seçimi probleminin çözümü ve tedarikçilerin sıralamalarının hesabı için veri zarflama analizini önermişlerdir. Veri zarflama analizini tanıttıktan sonra inşaat ekipmanları yapmakta olan üretici firmanın tedarikçi seçim problemini incelemişlerdir.

Kahraman ve diğerleri (2003) tedarikçi seçimi problemlerinin çözümü için Fuzzy AHP yöntemini önermişlerdir. Önerilen yaklaşım örnek çalışma olarak beyaz eşya üretimi sektöründe bulunan bir firmanın tedarikçi seçimi problemi üzerinde gösterilmiştir. Fuzzy AHP yöntemi kullanılarak 3 alternatif tedarikçi 11 kritere göre değerlendirilmiştir.

Chen ve diğerleri (2006) tedarik zinciri yönteminde tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçilmesi için Fuzzy Topsis yaklaşımını önermişlerdir. Önerdikleri yaklaşımı yüksek teknoloji üreten bir şirketinin son ürünlerinde kullanacakları ana malzemelerin tedarikçisini seçmek için kullanmışlardır. Yöntemde 3 karar verici ile çalışıp, 5 alternatif tedarikçiyi 5 kritere göre değerlendirmişlerdir.

Soner ve Önüt (2006) AHP ve ELECTRE yöntemlerini beraber kullanarak havalandırma ve klima üreten bir firmanın tedarikçi seçimi problemini çözmüşlerdir. Çalışmalarında öncelikle AHP yöntemini kullanarak tedarikçilerinin seçiminde

kullanacakları 7 kriterin ağırlıklarını belirlemişler ve ardından bu ağırlıkları kullanarak ELECTRE yöntemi ile 5 alternatif tedarikçinin sıralamasını yapmışlardır.

Küçük ve Ecer (2007) bir mağazalar zincirine mal ve hizmet sunan tedarikçilerin değerlendirmiş ve sıralamalarını yapmışlardır. Çalışmalarında Fuzzy AHP yöntemini tanıtmışlar ve tedarikçilerin değerlendirmelerini bu yöntem ile yapmışlardır. Tedarikçilerin değerlendirilmesi sürecinde 4 karar verici ile yüzyüze görüşülmüş ve 17 değerlendirme kriteri belirlenmiştir. Bu kriterler kullanılarak Fuzzy Topsis yöntemi ile 4 tedarikçi değerlendirilmiş ve sıralanmışlardır.

Dağdeviren ve Eraslan (2008) Promethee yöntemini kullanarak bir tedarikçi seçimi problemini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada Ankara ilinde bulunan bir elektrikli ev aletleri üreten firma için yarımamül tedarikçisi seçimi sürecini incelemişlerdir. Yaptıkları ön eleme sonucunda 5 alternatif tedarikçi belirlenmiş ve bu tedarikçiler 6 kritere göre değerlendirilmişlerdir. Problemin çözümü için Promethee yöntemini tanıtmış ve kullanmışlardır.

Sevklı (2010) hafif ve ağır ticari araçların ara şaftlarında kullanılacak olan demir dövme parçaları için tedarikçi seçimi probleminde kullanılmak üzere fuzzy ELECTRE yöntemini önermiştir. Bu amaçla hafif ve ağır ticari araçları üreten örnek şirkette çalışan 10 karar verici ile anket çalışması yapılmış ve 3 alternatif tedarikçi 5 kritere göre Fuzzy ELECTRE yöntemi kullanılarak sıralanmıştır.

Guan ve diğerleri (2013) uluslararası inşaat projelerinde malzeme tedarikçilerinin seçimi sürecini incelemişler ve bu süreç için Bulanık madde-eleman modelini ve Fuzzy AHP yöntemlerini önermişlerdir. Önerilen yaklaşım Kongo Cumhuriyetinde yapılmakta olan Ulusal Karayolu projesi için çimento tedarikçisi seçimi problemi üzerinde gösterilmiştir. Örnek çalışmada 3 alternatif çimento tedarikçisi 10 değerlendirme kriterine göre değerlendirilmiştir. Alternatifler değerlendirme sonuçlarına göre sıralanmıştır.

Junior ve diğerleri (2014) motorsikletlerde bulunan transmisyon kablosu üreticisi için metal bileşenlerin tedarikçisi seçimi problemi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalarında Fuzzy AHP ve Fuzzy ELECTRE yöntemlerini kullanarak çözüm yapmışlardır. Üç karar verici ile yaptıkları görüşmelerde 5 alternatifi 5 kritere göre değerlendirmiş ve sıralamalarını bulmuşlardır.

Rezaei ve diğ. (2014) havayolu perakende sektöründe tedarikçi seçimi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Önerdikleri yaklaşımda birleşik tarama yöntemi ile Fuzzy AHP yöntemini beraber kullanmışlardır. 10 alternatif tedarikçi 6 kritere göre değerlendirilmiş ve sıralamaları bulunmuştur.

Dargi ve diğ. (2014) İran otomobil endüstrisinde tedarikçi seçim sürecini incelemişler ve Fuzzy ANP yöntemini önermişlerdir. 4 karar verici ile yaptıkları görüşmeler sonucunda otomobil sektöründe tedarikçi seçiminde kullanılabilecek 7 kriter belirlemişlerdir. 7 alternatif tedarikçiyi belirledikleri 7 kritere göre Fuzzy ANP yöntemini kullanarak değerlendirmişler ve sıralamalarını bulmuşlardır.

Bu çalışmalara ek olarak tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler üzerinde çeşitli zamanlarda literatür taraması çalışmaları yapılmıştır. Buna örnek olarak Ho ve diğ. (2010)'nin tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler üzerine yaptıkları literatür taraması çalışması görterilebilir. Yaptıkları çalışmada 2000 ile 2008 yılları arasında yayımlanmış olan tedarikçi seçimi ile ilgili 78 makaleyi incelemişlerdir. Yaptıkları inceleme sonucunda en çok kullanılan yöntem Veri Zarflama Analizi çıkmıştır. Bütünleşik yöntemleri incelediklerinde ise en çok AHP-GP (Goal Programming) birleşiminin kullanıldığını bulmuşlardır. İnceledikleri çalışmalarda tedarikçi seçiminde kullanılan kriterleri de sıralamışlardır. Bu sıralama sonucunda en çok kullanılan kriter “Kalite” çıkmıştır. Kalite kriterinin sırası ile “Teslimat”, “Fiyat” ve “Maliyet” kriterleri takip etmektedir.

Ho ve diğ. (2010) çalışmasına benzer bir çalışmayı 2013 yılında Chai ve diğ. (2013) yapmışlardır. Chai ve diğ. 2008 ile 2012 yılları arasında tedarikçi seçimi üzerine yapılmış olan çalışmaları incelemişlerdir. Bu çalışma kapsamında 123 makale incelemiş ve 26 farklı karar verme yöntemi tanımlamışlardır. İnceledikleri çalışmalarda en çok AHP yönteminin kullanıldığını (%24.39) ve AHP yöntemini sırası ile LP (Lineer Programming, %15.44), TOPSİS (%14.63), ANP (%12.20), DEA (Veri Zarflama Analizi, %10.57) ve Çok amaçlı optimizasyon (%10.57) yöntemlerinin takip ettiğini bulmuşlardır.

3. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN KARAR VERME YÖNTEMLERİ

3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Günümüzde karar verme problemlerinin çözümünde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan AHP, karar vericilerin önceliklerini göz önünde bulundurarak nicel ve nitel değişkenlerin bir arada değerlendirilebilmesini sağlamaktadır.

AHP yönteminde 5 adet temel adım bulunmaktadır. Bu adımlar sırası ile problemin yapısının oluşturulması, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, öncelik vektörlerinin bulunması, karşılaştırma matrislerindeki yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi ve alternatiflerin sıralamasının hesaplanmasıdır. Bu temel adımlar aşağıda kısaca özetlenmektedir. (Steiguer ve diğ., 2003; Palcic ve Lalic, 2009)

Adım 1: AHP yönteminin ilk adımı çözülecek olan problem kapsamında incelenecek olan kriterler ve bu kriterlere ait olan alt kriterlerin belirlenmesidir. Kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesinden sonra karar hiyerarşisi oluşturulur. Etkili bir hiyerarşi tüm karar vericilerin kriter seçiminde rol oynaması ile oluşturulabilir. AHP yöntemi için oluşturulan bu hiyerarşi sayesinde karar vericiler çözülecek olan problemi görsel olarak görebilmektedirler. Hiyerarşi, problemin amacı, kriterler ve alternatifler olmak üzere üç temel seviyeden oluşmaktadır. Problemin yapısında göre hiyerarşiye gerektiği kadar seviye eklenebilmektedir.

Adım 2: Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin hesaplanabilmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırmalar Saaty'nin geliştirdiği dokuz noktalı değerlendirme ölçeğine göre karar vericiler tarafından yapılır. Çizelge 3.1'de bu ölçek ve sözel karşılıkları bulunmaktadır.

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisleri karar vericiler tarafından doldurulduktan sonra öncelik vektörleri oluşturulur. Bunun için karşılaştırma matrislerindeki her bir eleman

bulunduğu kolonun toplamına bölünür, sonrasında her bir satırın aritmetik ortalaması hesaplanır. Elde edilen bu değerler her bir kriterin önem ağırlığını göstermektedir. Bu ağırlıklar ile öncelik vektörü oluşturulur.

Çizelge 3.1: AHP değerlendirme ölçeği.

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit önemli	Öğeler amaca eşit önemde katkı sağlıyor.
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir kriter diğerine göre biraz daha tercih edilir.
5	Güçlü önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir kriter diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü önemli	Bir kriter diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir.
9	Son derece önemli	Bir kriter diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2-4-6-8	Ara değerler	Değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa sayısal değerlerin ortasındaki değer verilir.

Adım 4: Öncelik vektörünün hesaplanmasından sonra doldurulan her bir karşılaştırma matrisinin tutarlılığı incelenir. Karar vericilerin karşılaştırma matrislerini doldururken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için, hazırlanan tüm karşılaştırma matrislerinde Tutarlılık Oranının (T.O.) hesaplanması gerekmektedir. Matrislerin tutarlı olduğunun söylenebilmesi için T.O. değerinin 0,1 değerinden küçük olması gerekmektedir. Eğer T.O. değeri herhangi bir matriste 0,1 değerinden büyük ise o karşılaştırma matrisi tutarsızdır ve tekrardan düzenlenmesi gerekmektedir.

Adım 5: Kriterlerin birbirlerine göre ve alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıkları ilk 3 adımda bulunup, tutarlılık oranı da 0,1 den küçük çıktıktan sonra alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıklarının gösterildiği matris oluşturulur. Satırlar alternatiflerden, sütunlar ise kriterlerden oluşmaktadır. Bu matris ile kriterlerin önem ağırlıklarının bulunduğu matris çarpılarak, alternatiflerin sıralaması elde edilir. En yüksek değere sahip alternatiften başlanarak sıralama yapılır.

3.2 ELECTRE III

Çok kriterli karar verme tekniklerinden bir diğeri olan ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemi 1965 yılında Bernard Roy ve SEMA danışmanlık şirketindeki iş arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Tam ve diğ., 2003). ELECTRE metodu problem kapsamına seçim yapılacak olan alternatifler arasında üstünlük

ilişkisinin kurulması ile çözüm sağlamaktadır. ELECTRE yönteminin ELECTRE I, II, III, IV, Tri ve IS olmak üzere altı farklı versiyonu bulunmaktadır. Bu versiyonların arasındaki fark kullanılan kriter türlerinin farklı olmasına dayanmaktadır.

Bu yöntemde kriterler gerçek kriter ve sahte kriter olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gerçek kriterler eşik değerinin bulunmadığı geleneksel tercih modellerinde kullanılmakta iken sahte kriterler ise iki kademeli sınır değeri yaklaşımı içermektedir. Geleneksel tercih modellerinde alternatifler arasında iki tür ilişki bulunmaktadır: eğer A alternatifinin performansı B alternatifinin performansından daha iyi ise A alternatifi B alternatifine göre üstündür; A alternatifi ile B alternatifinin performansı birbirine eşit ise A ile B alternatifleri birbirlerinden farksızdır. Bu yöntem kullanılarak tüm alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanabilmektedir. ELECTRE I ve ELECTRE II yöntemlerinde gerçek kriterler kullanılmaktadır.

Gerçekte alternatifler arasında seçim yapılırken kesin sınırların bulunmadığı bir ara bölge vardır. Bu durumda iki kademeli sınır değeri yaklaşımı kullanılarak sorunun üstesinden gelinir. İki kademeli sınır değeri yaklaşımında alternatiflerin birbirlerine göre durumunu gösterecek olan sınırlar (üstünlük ve farksızlık sınırları) belirlidir. Bu sınırların arasında kalan alana zayıf üstünlük alanı denmektedir. İki kademeli sınır yaklaşımı aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- $q < g(a) - g(b) \leq p$ ise A alternatifinin B alternatifine göre zayıf üstünlüğü vardır (aQb)
- $|g(a) - g(b)| \leq q$ ise A alternatifi ile B alternatifi farksızdır (aIb).
- $g(a) > g(b) + p$ ise A alternatifi B alternatifine göre üstündür.

p tercih sınırını, q farksızlık sınırını, $g(a)$ A alternatifinin performansını, $g(b)$ ise B alternatifinin performansını temsil etmektedir (Buchanan ve diğ., 1999). Bu çalışmada üstünlük ve farksızlık sınır değerlerine ek olarak veto eşik değeri (v) kullanılacaktır. Veto eşik değeri alternatiflerden birinin diğerine göre oldukça üstün olduğu fark değerini göstermektedir (Zimmerman,1993).

- $g(a) \geq g(b) + v$

Veto eşik değeri alternatifler arasındaki uyumsuzluklar hesaplanırken kullanılmaktadır. Örneğin A alternatifi B alternatifine göre bir çok kritere göre üstünken birkaç kritere göre B alternatifi ile A alternatifi değerleri arasındaki fark B

alternatifi lehine olacak şekilde veto değerinden fazla veya veto değerine eşit ise A alternatifi B alternatifinden kesinlikle daha üstün denilemez (Figueria ve diğ., 2010).

Eşik değerleri arasındaki sıralama $q < p < v$ şeklinde olmaktadır.

Geriye kalan ELECTRE yöntemlerinde (ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS ve ELECTRE Tri) sahte kriterler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasındaki ayrım alternatifler arasındaki üstünlüğün nasıl tanımlanacağı ve son sıralama yapılırken ilişkilerin nasıl uygulandığı bakılarak belirlenmektedir. ELECTRE I yöntemi seçim problemlerinde, ELECTRE Tri atama problemlerinde, ELECTRE II, III, IV sıralama problemlerinde kullanılmaktadır (Marzouk,2011).

Bu tez kapsamında alternatiflerin sıralaması yapılırken ELECTRE III yöntemi kullanılmıştır. Alternatifler ikili olarak karşılaştırılmış ve aralarında üstünlük dereceleri kurulmuştur.

3.3 PROMETHEE (PROMETHEE METHOD)

1982 yılında Brans tarafından geliştirilmiş olan PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) yöntemi çok ölçütlü bir öncelik belirleme yöntemidir. Bu yöntem, literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklarından yola çıkılarak geliştirilmiştir. Bu güne kadar bir çok tedarik yönetimi probleminde PROMETHEE yönteminden faydalanılmıştır. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar aşağıda özetlenmiştir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008).

Adım 1: Alternatiflerin ($A=(a,b,c,...)$) kriterlere $c=(f_1,f_2,...,f_k)$ göre değerlendirildiği veri matrisi kriterlerin ağırlıkları ($w=(w_1,w_2,...,w_k)$) ile Çizelge 3.2’de gösterilen şekilde doldurulur. AHP yönteminde hesaplanmış olan kriter ağırlıklarını bu yöntemde de kullanılacaktır.

Çizelge 3.2: Veri Matrisi.

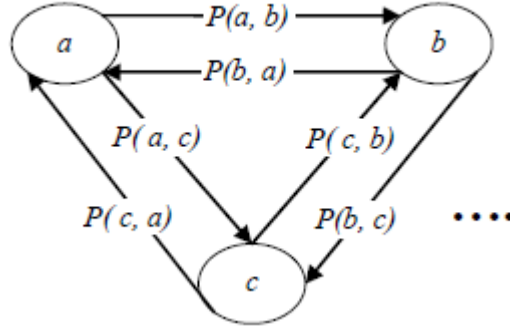
Kriterler	a	b	c	...	W
f_1	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$	...	w_1
f_2	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$	...	w_2
...	...	...	...	...	...
f_k	$f_k(a)$	$f_k(b)$	$f_k(c)$	...	w_k

Adım 2: Her bir kriter için tercih fonksiyonları tanımlanır. Yöntemin uygulanmasında kullanılacak 6 farklı tercih fonksiyonu Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3: Tercih fonksiyonları (Preference functions).

Tip	Parametreler	Fonksiyon	Grafik p(x)
Birinci Tip (Olağan)	-	$p(x)=\begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip (U - tipi)	l	$p(x)=\begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü tip (V - tipi)	m	$p(x)=\begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	
Dördüncü tip (Seviyeli)	q,p	$p(x)=\begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q+p \\ 1, & x > q+p \end{cases}$	
Beşinci tip (Lineer)	s,r	$p(x)=\begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s < x \leq s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$	
Altıncı tip (Gaussian)	σ	$p(x)=\begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x > 0 \end{cases}$	

Adım 3: Bir önceki adımda gösterilmiş olan tercih fonksiyonları temel alınarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Şekil 3.1 ‘de Alternatifler için belirlenen ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterilmiştir. a ve b alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu **(3.1)** ile belirlenir.



Şekil 3.1: Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi.

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases} \quad (3.1)$$

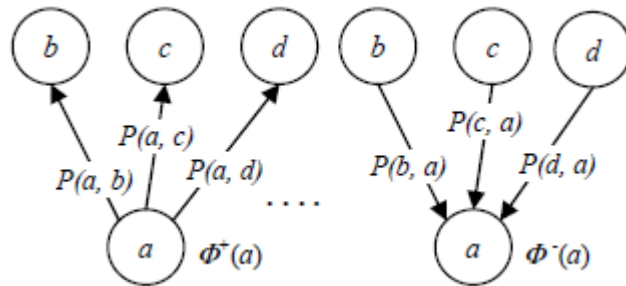
Adım 4: Ortak tercih fonksiyonları oluşturulduktan sonra her bir alternatif çifti için tercih indexleri belirlenir. w_i ($i=1,2,\dots,k$) ağırlıklarına sahip olan k kriter tarafından değerlendirilen a ve b alternatiflerinin tercih indeksi $\pi(a,b)$ (3.2) ile hesaplanır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i x P_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (3.2)$$

Adım 5: Alternatilerin pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlükleri sırası ile (3.3) ve (3.4) kullanılarak hesaplanır. a alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük şematik olarak Şekil 2’de gösterilmiştir.

$$\phi^+(a) = \sum \pi(a, x) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (3.3)$$

$$\phi^-(a) = \sum \pi(a, x) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (3.4)$$



Şekil 3.2: a alternatifi için hesaplanan pozitif ve negatif üstünlük.

Adım 6: Alternatiflerin birbirlerine göre pozitif ve negatif üstünlükleri hesaplandıktan sonra PROMETHEE I yöntemi ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler ile alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumları, birbirleriyle karşılaştırılamayacak olan alternatifler ve birbirinden farksız olan alternatifler belirlenir.

a ve b gibi iki alternatif için aşağıdaki koşullardan ((3.5), (3.6) ve (3.7)) herhangi biri sağlanıyorsa, a alternatifi b alternatifine tercih edilir.

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (3.5)$$

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \quad (3.6)$$

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (3.7)$$

Formül (3.8) 'de verilen koşul sağlanıyor ise a alternatifi ile b alternatifi farksızdır.

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \quad (3.8)$$

Formül (3.9) ve (3.10) koşullarından herhangi biri sağlanıyor ise, a alternatifi b alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) > \emptyset^-(b) \quad (3.9)$$

$$\emptyset^+(a) < \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (3.10)$$

Adım 7: PROMETHEE II yöntemi ile alternatifler için tam öncelikler (3.11) kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirerek tam sıralama belirlenir.

$$\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (3.11)$$

a ve b gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

- $\emptyset(a) > \emptyset(b)$ ise, a alternatifi daha üstündür,
- $\emptyset(a) = \emptyset(b)$ ise, a ve b alternatifleri farksızdır.

Bu tez kapsamında Promethee yöntemi için Visual Promethee Akademik Versiyon Programı kullanılmıştır.

3.4 TOPSİS

ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanmakta olan TOPSİS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir (Shyjith vd., 2008). Yöntem karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanmaktadır ve çözüm süreci ELECTRE yöntemine göre daha kısadır (Monjezi vd., 2010). TOPSİS yöntemi 6 temel adımdan oluşmaktadır ve bu adımlar aşağıda özetlenmiştir (Supçiller ve Çapraz, 2011).

Adım 1 : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri yer alır. Karar matrisi (3.12)'deki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

A_{ij} matrisinde m alternatif sayısını, n değerlendirme kriteri sayısını verir.

Adım 2 : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

A matrisinin elemanları aşağıdaki formül (3.13) kullanılarak normalize edilir hesaplanır. Bu normalizasyon işlemi ile hesaplanan sonuçlarla Standart Karar Matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.13)$$

R matrisi formül (3.14)'deki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir. AHP yöntemi ile hesaplanmış olan ağırlık değerleri burada da kullanılacaktır.

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur (Supçiller ve Çapraz, 2011). V matrisi formül (3.15)'de gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Adım 4 : İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemine göre her bir değerlendirme kriterinin monoton artan veya azalan bir eğilimi bulunmaktadır. İdeal çözüm setinin oluşturulması için, V matrisinin sütun değerlerinin eğer ilgili değerlendirme kriteri maximizasyon yönlü ise en büyüğü, minimizasyon yönlü ise en küçüğü seçilir. Daha sonrağıda verilmiş olan formül (3.16) ile ideal çözüm seti bulunur.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J^-)\} \quad (3.16)$$

Bu formülden (3.16) hesaplanan ideal set $A^+ = \{v_1^*, v_2^*, v_3^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm setinin oluşturulması ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme

kriteri maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek bulunur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formül (3.17)'de gösterilmiştir.

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J^-)\} \quad (3.17)$$

Formül (3.17)'den hesaplanacak olan set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon) değerini, J- ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir (Supçiller ve Çapraz, 2011). Hem ideal hem de negatif ideal çözüm seti, değerlendirme kriteri sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5 : Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Alternatiflerin birbirlerine göre ayırmaları (mesafeleri) Euclidian Uzaklık Yaklaşımından faydalanılarak hesaplanır. Bu hesaplama elde edilen alternatiflere ait sapma değerleri İdeal Ayırım (S+) ve Negatif İdeal Ayırım (S-) ölçüsü olarak adlandırılır. İdeal ve Negatif Ayırım Ölçüsünün hesaplanması aşağıda verilmiş olan formül (3.18) ve formül (3.19) yardımı ile yapılmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (3.18)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.19)$$

Burada hesaplanacak Si+ ve Si- sayısı doğal olarak alternatif sayısı kadar olacaktır.

Adım 6 : İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlığının (Ci+) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. deal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması formül (3.20)'de gösterilmiştir.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (3.20)$$

Burada C_i^+ değeri $0 \leq C_i^+ \leq 1$ aralığında değeri alır ve $C_i^+=1$ ilgili alternatifin ideal çözüme, $C_i^+=0$ ise ilgili alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir. Alternatiflerin sıralaması en büyük C_i^+ değerinden başlayarak yapılır.

4. BULANIK SAYILAR ve BULANIK YÖNTEMLER

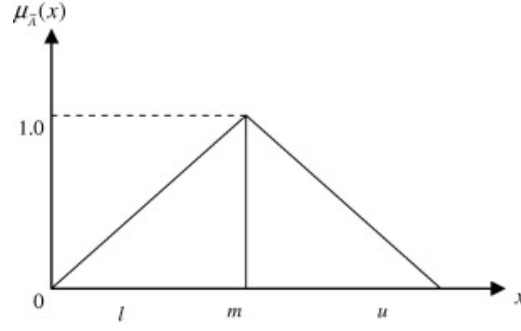
4.1 Bulanık Sayılar

Fuzzy kelimesi Türkçe’de bulanık anlamına gelmektedir ve kelime olarak kesinlikle ayırt edilemeyen, kesin olmayan, belirsiz ve kafa karıştırıcı gibi anlamlar taşımaktadır (Şen, 2009).

Günlük hayatta kullanılan sözel ve sayısal ifadelerin çoğu bulanık bir yapıdadır. Örneğin günlük konuşma dilinde kullandığımız orta yaşlı adam, uzun zaman, pahalı araba, sıcak hava, yüksek bina gibi tanımlamalar ve ılık, hızlı, yavaş, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla gibi birçok sözel terim bulanık yapıya örnek olarak gösterilebilmektedir (Genç, 2012).

Azeri kökenli Amerikalı Matematikçi Lütü Askerzade Zadeh’in 1965 senesinde matematiğin, dil ve insan zekasının ilişkilendirebileceğini ve gerçek hayatın daha iyi bir modelini oluşturabileceğini düşündüğü bulanık mantık (fuzzy logic) ve dolayısıyla bulanık küme teorisini tanımlamasıyla, belirsizlik kavramının, modern anlamda matematiksel olarak modellenmesinde önemli bir dönüm noktası yaşanmıştır (Genç, 2012). Lütü Zadeh’in tanımlamasına göre bulanık mantık, her şeyin olduğu gibi doğrunun da bir derece meselesi olduğu bir akıl yürütme modelidir. Kısaca Lütü Zadeh’e göre bulanık sözcüğü matematiksel bir niceliği ifade etmektedir. Gerçek dünyanın genel görünümü 0 ile 1 değerleri arasındaki aralıklardan, benzerliklerden ve zıtlıklardan ibarettir. Yani bulanık mantığa göre her şey, matematiksel olarak 0 ile 1 arasındaki sınırdadır (Işıklı, 2009). Örneğin herhangi bir elemanın üyelik değeri 0 ise o eleman kümeye dahil değildir, 1 üyelik değeri alan eleman ise tamamen kümeye aittir, 0-1 arasındaki değerler ise elemanın kümeye aitlik derecesini göstermektedir (Patil ve Kant, 2014).

Bulanık mantık terminolojisinde en çok kullanılan üyelik fonksiyonu türleri; üçgen, trapez ve çan biçimli üyelik fonksiyonlarıdır (Yıldırım ve diğ., 2007). Bu tez kapsamında üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılacaktır. Şekil 4.1’de $A(l,m,u)$ bulanık sayısına ait üçgen üyelik fonksiyonu betimlenmiştir.



Şekil 4.1: Üçgen üyelik fonksiyonu.

Bulanık fonksiyonlarla matematiksel işlemler yapılabilir ve bu işlemlerin kuralları bulunmaktadır. **(4.1), (4.2) ve (4.3)** formüllerinde $\tilde{A}_1(l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{A}_2(l_2, m_2, u_2)$ bulanık sayıları kullanılarak bu kurallar anlatılmıştır (Göksu, 2008; Sun, 2010):

Toplama işlemi;

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (4.1)$$

Çıkarma işlemi;

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2) \quad (4.2)$$

Çarpma işlemi;

$$\tilde{A}_1 * \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) * (l_2, m_2, u_2) = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2) \quad (4.3)$$

Aşağıda anlatılacak olan bulanık yöntemlerin bazılarında üçgensel bulanık fonksiyonlarının ikinci bir gösterimi olan $\tilde{F} = (n, a, b)$ kullanılmaktadır. Bu gösterim Şekil 4.1 'de gösterilmekte olan üçgen üyelik fonksiyonunun farklı bir gösterilişidir. Bu gösterimde n üçgenin ortasındaki değeri ifade etmektedir. a ve b ise sırası ile üçgenin ortasındaki değer ile sol ayağı arasındaki farkı ve sağ ayağı arasındaki farkı göstermektedir. Şekil 4.1 'e göre ifade edilecek olursa (m, m-l, m-u) olarak anlatılabilir.

Gerçek sayılar kullanılan çok amaçlı karar destek yöntemlerinde karar vericilerden alınan bilgiler ile çözüm yapıyor olsada, kesin sayılar günlük konuşma dilindeki ve insani düşünme tarzındaki belirsizlikleri tam karşılayamadığı için yapılan çözümler yanıltıcı olabilmektedir. Çok kriterli karar destek sistemleri bulanık mantık ve dolayısı ile bulanık kümeler ve bulanık sayılar ile birleştirildiğinde ise bu sorun ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle bir önceki bölümde anlatılmış olan yöntemlerden AHP,

ELECTRE III ve TOPSİS yöntemlerinin bulanık mantık ile birleştirilmiş halleride bu tez kapsamında anlatılacaktır.

4.2 Fuzzy AHP Yöntemi

Literatürdeki ilk Fuzzy AHP yöntemi Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından üçgensel üyelik fonksiyonları ile tanımlanmış olan bulanık oranların karşılaştırmaları ile yapılmıştır. Şuan literatürde birçok farklı Fuzzy AHP algoritması bulunmaktadır. Bu Tez kapsamında Fuzzy AHP yöntemi için 1985 yılında Buckley'in önerdiği yaklaşım detaylı olarak anlatılacak ve kullanılacaktır. Önerilen Fuzzy AHP yönteminin adımları AHP yönteminin adımları ile benzerlik göstermektedir.

Adım 1: Problemden hiyerarşisi AHP yaklaşımında olduğu gibi kurulur.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar vericilerden kriterleri birbirlerine göre ve her bir kriter için alternatifleri birbirlerine göre değerlendirmeleri istenir. Değerlendirme Çizelge 3.1 'de verilmiş olan AHP değerlendirme ölçeğine göre yapılmalıdır.

Karar vericiler Çizelge 3.1'e göre ikili karşılaştırmalarını yaparlar. Daha sonra bu karşılaştırmalar Çizelge 4.1'de gösterilmiş olan üçgensel bulanık değerler kullanılarak bulanıklaştırılır (Anagnostopoulos ve diğ., 2007). Eğer 1 den fazla karar verici bulunmakta ise sonuçları birleştirmek için geometrik ortalama kullanılır.

Çizelge 4.1: AHP değerlendirme ölçeğinin üçgensel bulanık değerleri.

Tanımı	Değeri	Bulanık değeri		
Eşit önemli	1	1,00	1,00	1,00
Eşit-Orta önemli	2	1,00	2,00	3,00
Orta önemli	3	2,00	3,00	4,00
Orta-güçlü önemli	4	3,00	4,00	5,00
Güçlü önemde	5	4,00	5,00	6,00
Güçlü- çok güçlü önemli	6	5,00	6,00	7,00
Çok güçlü önemli	7	6,00	7,00	8,00
Çok güçlü- son derece önemli	8	7,00	8,00	9,00
Son derece önemli	9	8,00	9,00	9,00
1/ Eşit önemli	1	1,00	1,00	1,00
1/ (Eşit-Orta Önemli)	1/2	0,33	0,50	1,00
1/(Orta önemli)	1/3	0,25	0,33	0,50

Çizelge 4.1 (devamı): AHP değerlendirme ölçeğinin üçgensel bulanık değerleri.

1/(Orta-güçlü önemli)	1/4	0,20	0,25	0,33
1/(Güçlü önemde)	1/5	0,17	0,20	0,25
1/(Güçlü- çok güçlü önemli)	1/6	0,14	0,17	0,20
1/(Çok güçlü önemli)	1/7	0,13	0,14	0,17
1/(Çok güçlü- son derece önemli)	1/8	0,11	0,13	0,14
1/(Son derece önemli)	1/9	0,11	0,11	0,13

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisleri bulanıklaştırılmış bir şekilde elde edildikten sonra kriterlerin birbirlerine göre ve alternatiflerin her bir kritere göre ağırlıklıkları bulunur. Önem ağırlıklarının bulunabilmesi için önce Formül (4.4) kullanılır.

$$\tilde{r} = (\tilde{c}_{i1}x\tilde{c}_{i2}x \dots x \tilde{c}_{in})^{1/n} \quad (4.4)$$

Formülde $\tilde{c}_{ij}$ ikili karşılaştırma matrisindeki değerleri, n alternatif sayısını temsil etmektedir. Yani öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırının geometrik ortalaması alınır. Daha sonra elde edilen $\tilde{r}$ matrisinin her bir sütununun sütun toplamı hesaplanır. Ardından önem ağırlıkları Formül (4.5) kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{w} = (\frac{r_l}{\sum r_u}, \frac{r_m}{\sum r_m}, \frac{r_u}{\sum r_l}) = (w_l, w_m, w_u) \quad (4.5)$$

Formüldeki r_l bir önceki formülle bulunan r bulanık matrisinin l değerlerini, aynı şekilde r_m ve r_u da r bulanık matrisinin sırası ile m ve u değerlerini temsil etmektedir. Formül (4.5) ile bulunan önem ağırlığı (w) değeri üçgensel bulanık fonksiyon şeklindedir. Durulaştırma işlemi ve ardından normalizasyon yapılarak gerçek ağırlık değerleri bulunur. Durulaştırma işlemi alan merkezi formülü kullanılarak yapılır (Sun,2010). Formül (4.6)'te verilmiştir.

$$\frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \quad (4.6)$$

Bulunan değerler sütun toplamına bölünür. Böylelikle değerlerin normalizasyonu sağlanmış olur. Normalizasyon işleminden sonra elde edilen değerler önem ağırlığı değerleri olur.

Adım 4: Önem ağırlıkları hesaplandıktan sonra matrislerin tutarlılığı kontrol edilir. T.O. değerinin AHP yönteminde olduğu gibi 0.1 değerinden küçük olması gerekmektedir.

Adım 5: AHP Yönteminde olduğu gibi alternatiflerin sıralaması hesaplanır. Bunun için kriterlerin birbirlerine göre ve alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıkları bulunduğundan sonra alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıklarının gösterildiği matris oluşturulur. Satırlar alternatiflerden, sütunlar ise kriterlerden oluşmaktadır. Bu matris ile kriterlerin birbirlerine göre önem ağırlıklarının bulunduğu matris çarpılarak, alternatiflerin sıralaması elde edilir. En yüksek değere sahip alternatiften başlanarak sıralama yapılır.

4.3 Fuzzy ELECTRE Yöntemi

ELECTRE yönteminin Bulanık Mantık yöntemi ile birleştirilmesi sonucu Fuzzy (Bulanık) Electre yöntemi geliştirilmiştir. Bu tez kapsamında ELECTRE III yöntemi bulanık mantık yöntemi ile birlikte kullanılacaktır. Bu yöntem Kaya ve Kahraman (2011) tarafından çevresel etki değerlendirmesi metodolojisi çalışmasında kullanılmıştır.

Fuzzy Electre yönteminin 9 adımı bulunmaktadır. Aşağıda yöntemin adımları detaylı olarak açıklanmıştır.

Adım 1: Karar vericilerden alternatifleri her bir kritere göre değerlendirmeleri istenir.

Karar vericiler alternatifleri her bir kritere göre değerlendirir. Değerlendirme yapılırken Çizelge 4.2’de verilmiş olan Çok kötü - Çok iyi ölçme skalası kullanılır. Daha sonra karar vericilerin verdikleri cevaplar skalada bulunan üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür (Kaya ve Kahraman, 2011).

Çizelge 4.2: Çok kötü - Çok iyi ölçme skalası.

Ölçme Skalası	Sayısal Değeri	Bulanık Değeri		
Çok kötü	1	1	1	2
Çok kötü-Kötü	2	1	2	3
Kötü	3	2	3	4
Kötü-Orta	4	3	4	5
Orta	5	4	5	6
Orta-İyi	6	5	6	7
İyi	7	6	7	8
İyi-Çok iyi	8	7	8	9
Çok iyi	9	8	9	9

Adım 2: Karar vericilerin verdiği cevapların birleştirilmesi

Eğer karar verici sayısı 1'den fazla ise, karar vericilerin yaptıkları değerlendirmelerin birleştirilip grup karar verme matrisinin oluşturulması gerekir (Kaya & Kahraman, 2011). Değerlendirme matrislerinin birleştirilmesi formül (4.7)'de gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

$$\tilde{C}_{jk} = \frac{1}{K} [\tilde{C}_{jk}^1 + \tilde{C}_{jk}^2 + \tilde{C}_{jk}^3 + \dots + \tilde{C}_{jk}^n] \quad (4.7)$$

Formülde K karar verici sayısını, $\tilde{C}_j^k$ ile k. karar vericinin j kriterine göre değerlendirmesini göstermektedir (Zimmermann 1987; Kaya ve Kahraman, 2011).

Adım 3: Bulanık verilerin kesin değerlere dönüştürülmesi

Tüm karar vericilerin değerlendirme sonuçlarının birleştirilmesinden sonra bulanık veri halinde olan bu sonuçlar kesin değerlere dönüştürülür. Bu çalışma kapsamında üçgensel bulanık sayılar kullanılmış olup dönüştürme işlemi formül (4.8)'de bulunan kademeli ortalama entegrasyonu (graded mean integration) yöntemine göre yapılacaktır.

$$r = \frac{(a+4b+c)}{6} \quad (4.8)$$

Formüldeki a,b,c değerleri üçgensel bulanık verilerin soldan sağa doğru 1., 2. ve 3. sayılarını göstermektedir

Adım 4: Sınır değerlerinin belirlenmesi

Bu yöntemde de ELECTRE III yönteminde olduğu gibi farksızlık (i) ve tercih (p) sınırına ek olarak veto sınır değeri (v) kullanılacaktır. Karar vericilerden sınırları belirlemeleri istendiğinde veto sınır değeri de sorulmalıdır.

Adım 5: Kriterlere göre alternatiflerin uyum (ψ_j) ve uyumsuzluk (D_j) derecelerinin hesaplanması

Alternatiflerin birbirlerine göre sıralamalarının yapılabilmesi için öncelikle her bir kriter için birbirlerine göre uyum ve uyumsuzluk derecelerinin hesaplanması gerekir. Bunun için her bir sınır değeri (t_i , t_p ve t_v), değerlendirme matrisindeki veriler ile toplanır, rk_j+t_{ij} , rk_j+t_{pj} ve rk_j+t_{vj} matrisleri oluşturulur. j kriter numarasını, k ise alternatiflerin numaralarını belirtmektedir.

Bu matrisler kurulduktan sonra formül (4.9)'a göre alternatiflerin birbirlerine göre uyum ölçekleri, formül (4.10)'a göre ise uyumsuzluk ölçekleri hesaplanır. Her bir alternatife göre uyum ve uyumsuzluk ölçek matrisleri oluşturulur (Zimmermann 1987; Kaya ve Kahraman,2011).

$$\psi_j(k,l)=\begin{cases} 1, & r_{kj} + t_j^l \geq r_{lj}, \\ (r_{lj} - (r_{kj} + t_j^p))/(t_j^l - t_j^p), & r_{kj} + t_j^l \leq r_{lj} \leq r_{kj} + t_j^p \\ 0, & r_{lj} \geq r_{kj} + t_j^p \end{cases} \quad (4.9)$$

$$d_j(k,l)=\begin{cases} 0, & r_{kj} + t_j^p \geq r_{lj}, \\ (r_{lj} - (r_{kj} + t_j^p))/(t_j^p - t_j^l), & r_{kj} + t_j^p \leq r_{lj} \leq r_{kj} + t_j^l \\ 1, & r_{lj} \geq r_{kj} + t_j^l \end{cases} \quad (4.10)$$

Formüllerde j karşılaştırmanın yapıldığı kriter numarasını, k ve l ise karşılaştırılan alternatiflerin numaralarını belirtmektedir.

Adım 6: Kriterlere göre alternatiflerin uyum (ψ_j) ve uyumsuzluk (D_j) ilişkilerinin hesaplanması

Fuzzy AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları ve bir önceki adımda hesaplanmış olan uyum ve uyumsuzluk ölçekleri ile alternatiflerin birbirlerine göre uyum ve uyumsuzluk ilişkileri hesaplanır. Uyum ilişkisinin hesabı formül (4.11)'de, uyumsuzluk ilişkisinin hesaplanma yolu ise formül (4.12)'de gösterilmiştir.

$$\psi(k,l) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \psi_j(k,l), \quad \forall k, l \quad (4.11)$$

w_j değerleri $j=1,2,...,n$ kriterleri için Fuzzy AHP yönteminden elde edilen ağırlıkları simgelemektedir.

$$D(k,l) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f(d_j(k,l), \psi_j(k,l)) \quad (4.12)$$

Formülde bulunan $f(d_j(k,l), \psi_j(k,l))$ fonksiyonunun hesabı aşağıda formül (4.13)'de gösterilmiştir.

$$f(d_j(k,l), \psi_j(k,l)) = \begin{cases} 1, & d(k,l) < \psi(k,l) \\ \frac{1-d_j(k,l)}{\psi(k,l)}, & d_j(k,l) > \psi(k,l) \end{cases}, \psi(k,l) \neq 1 \quad (4.13)$$

Adım 7: Uyum ve Uyumsuzluk ilişkilerinin birleştirilerek fuzzy (bulanık) kıdem ilişkisinin oluşturulması

Önceki adımlarda hesaplanmış olan uyum (ψ_j) ve uyumsuzluk (D_j) ilişkilerinin birleştirilmesi ile bulanık kıdem ilişkisi $s^d(k,l)$ hesaplanır. Bulanık kıdem ilişkisinin hesabı Formül (4.14)'e göre yapılmaktadır.

$$s^d(k,l) = \psi(k,l) \cdot D(k,l) \quad \forall k, l \quad (4.14)$$

Adım 8: Bulanık baskınlık ve bulanık çekiniklik ilişkisinin hesaplanması

Bulanık baskınlık ilişkisi $\mu_D(k,l)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanır, fonksiyon formül (4.15)'de gösterildiği şekilde hesaplanır (Kaya ve Kahraman, 2011).

$$\mu_D(k,l) = \begin{cases} s^d(k,l) - s^d(l,k), & s^d(k,l) > s^d(l,k), \\ 0, & s^d(k,l) \leq s^d(l,k) \end{cases} \quad (4.15)$$

Bulanık baskınlık ilişkisi, A_k nın baskın olduğu A_l alternatiflerinin kümesi olarak tanımlanabilir. Bu tanıma bağlı olarak bulanık baskınlık ilişkisini tamamlayıcı olan bulanık çekiniklik ilişkisi $\mu_{ND}(k,l)$ tanımlanabilir. Bulanık çekiniklik ilişkisi ($\mu_{ND}(k,l)$) formül (4.16)'da gösterilmiştir.

$$\mu_{ND}(k,l) = 1 - \mu_D(k,l) \quad (4.16)$$

Benzer olarak $\mu_D(l,k)$ bulanık çekiniklik ilişkisi, A_l alternatifinin baskın olmadığı A_k alternatiflerinin kümesi olarak da tanımlanabilir.

Adım 9: Alternatiflerin sıralamasının yapılması

Alternatiflerin sıralamasının yapılabilmesi için son adım olarak tüm alternatiflere ait $\mu_D(l,k)$ kümelerinin kesişimi bulunmalıdır. Bu kesişim ile hiçbir alternatifin bulanık baskınlık ilişkisi kurmadığı alternatiflerin kümesi ($\mu^*(A_k)$) elde edilir. Bu küme formül (4.17)'de gösterilen eşitlikle elde edilir.

$$\mu^*(A_k) = \min[1 - \mu_D(l, k)] = 1 - \max \mu_D(l, k) = 1 - \max[s^d(l, k) - s^d(k, l)] \quad (4.17)$$

Alternatiflerin sıralaması $\max \mu^*(A_k)$ değerine sahip olan alternatiften ($\mu^*(A_k^*)$) başlanarak yapılır. En iyi alternatifi bulmak için (4.18) kullanılır.

$$\mu^*(A_k^*) = \max \mu^*(A_k) = 1 - \min\{\max[s^d(l, k) - s^d(k, l)]\} \quad (4.18)$$

4.4 Fuzzy TOPSİS Yöntemi

TOPSİS yöntemi ile Bulanık mantık tekniğinin birleştirilmesi ile Fuzzy Topsis yöntemi elde edilmektedir. Chen ve diğ. (2006) tedarikçi seçimi üzerinde yaptıkları çalışmalarında Fuzzy Topsis methodunu sunmuşlardır. Bu yöntem belirsizlik altında çok kriterli karar verme problemlerinin çözülmesini sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında Junior ve arkadaşlarının 2014 yılında tedarikçi seçimi probleminde Fuzzy Ahp ve Fuzzy topsis yöntemlerinin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmalarındaki Fuzzy Topsis adımları anlatılacaktır.

Fuzzy Topsis yöntemi Topsis yöntemi ile benzerlik göstermektedir. Bu yöntemin 8 adımı bulunmaktadır. Yöntem adım adım detaylı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır.

Adım 1: Karar vericilerin yaptıkları değerlendirmelerin birleştirilmesi

Karar vericilerin alternatifleri kriterlere göre değerlendirirken verdikleri cevaplar Çizelge 4.2 kullanılarak bulanıklaştırılır ve ardından birleştirilerek grup karar matrisi oluşturulur. Bu birleştirme yapılırken Formül (4.19) kullanılır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (4.19)$$

Formülde k karar verici sayısını, x değerlendirme verisini, i alternatifleri, j kriterleri temsil etmektedir.

Bu tez kapsamında Fuzzy AHP yönteminde bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak çözüm yapılacaktır. Ancak karar vericilere anket yapılırken kriter ağırlıkları sorulmuş ve çözümde de o ağırlıklar kullanılacak olsaydı formül (4.20) kullanılarak her bir karar vericinin belirlediği ağırlıkların birleştirilmesi gerekirdi.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (4.20)$$

Formülde k karar verici sayısını, w kriter ağırlıklarını, j ise kriterleri temsil etmektedir.

Adım 2: Standart karar matrisinin elde edilmesi

1. adımın sonunda grup karar matrisine ulaşıldıktan sonra bu matris her bir kriter gere normalize edilir. Bu işlem kriterin tercih yönü artan ise formül (4.21) , azalan ise formül (4.22) kullanılarak yapılır. Standart karar matrisi $\tilde{R}$ şekilde, matrisin her bir elemanı da $\tilde{r}_{ij}$ şeklinde gösterilmektedir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad u_j^+ = \max_i u_{ij} \quad (4.21)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad l_j^- = \max_i l_{ij} \quad (4.22)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış standart karar matrisinin elde edilmesi

Standart karar matrisindeki değerlerin kriter ağırlıkları ile çarpılması sonucu ağırlıklandırılmış standart karar matrisi elde edilir. Bu matris $\tilde{V}$ ile, her bir elemanı ise $\tilde{v}_{ij}$ ile temsil edilmektedir. $\tilde{V}$ matrisi Formül (4.23) ile elde edilmektedir.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \tilde{w}_j \quad (4.23)$$

Adım 4: Bulanık İdeal (A^+) ve Bulanık Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

Topsis yönteminde olduğu gibi Fuzzy Topsis yönteminde A^+ ve A^- çözüm setleri oluşturulur. Çözüm setleri Formül (4.24) ve Formül (4.25) kullanılarak elde edilir.

$$A^+ = \{ \tilde{v}_1^+, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_m^+ \}, \quad v_j^+ = (1,1,1) \quad (4.24)$$

$$A^- = \{ \tilde{v}_1^-, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_m^- \}, \quad v_j^- = (0,0,0) \quad (4.25)$$

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Topsis yöntemine benzer bir şekilde alternatiflerin birbirlerine göre mesafeleri (d_i^+ ve d_i^-) hesaplanır. İki bulanık sayı arasındaki mesafe Formül (4.26)'da gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır. d_i^+ ve d_i^- formülü Formül (4.27) ve Formül (4.28) gösterilmiştir.

$$d(\tilde{x}, \tilde{z}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_x - l_z)^2 + (m_x - m_z)^2 + (u_x - u_z)^2]} \quad (4.26)$$

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, v_j^+) \quad (4.27)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, v_j^-) \quad (4.28)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Formül (4.29) kullanılarak alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları hesaplanır. Her alternatife ait CC_i değeri hesaplandıktan sonra, alternatiflerin sıralaması en büyük CC_i değerine sahip olandan başlanarak yapılır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (4.29)$$

5. VAKA ANALİZİ

5.1 Vaka Analizi için Anketin Hazırlanması ve Verilerin Toplanması

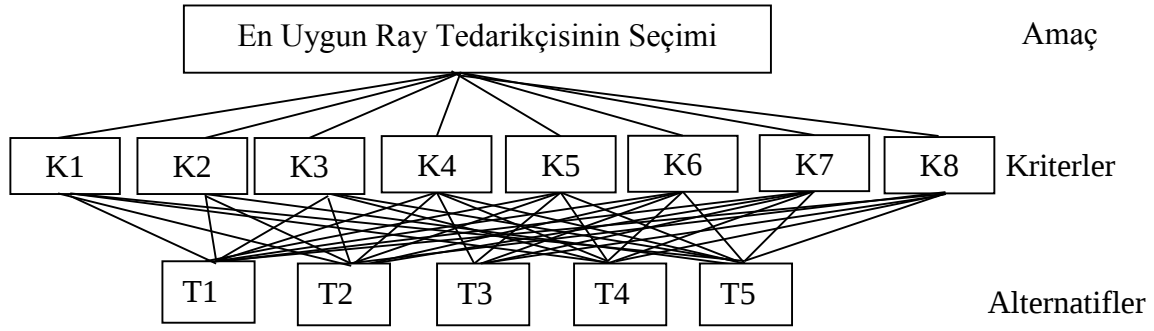
Bir önceki bölümde anlatılan yöntemler bir demiryolu projesinde ray tedarikçisi seçimi problemi üzerinde uygulanmıştır. Örnek proje demiryolu sektöründe faaliyet gösteren bir Türk müteahhitlik firmasının üstlendiği Suudi Arabistan'da Jubail ile Dammam şehirleri arasında yapılacak olan yaklaşık 85 km'lik şehirlerarası demiryolu projesidir. 18 ay sürecektir. Projenin toplam bedeli 50.000.000 €'dur.

Tedarikçi seçimi işlemi her bir projede yüklenicinin beklentisi ve işin doğasına bağlı olarak projeye özel olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak olan tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi için öncelikle Bölüm 2'de anlatılmış olan literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra bu tez kapsamında tedarikçi seçim süreci incelenecek projeyi üstlenmiş olan müteahhitlik firmasında, tedarikçi seçim sürecinde yer alan ve karar verici pozisyonunda bulunan teklif mühendisi ile görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda, karar vericinin söz konusu projede ray tedarikçisini seçerken dikkate aldığı kriterler ve alternatif tedarikçiler belirlenmiştir.

Karar verici ile yapılan görüşmeler sonucunda ray tedarikçisinin seçiminde kullanılmak üzere 8 ana kriter ve 5 alternatif tedarikçi belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında oluşturulan karar hiyerarşisi Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

Şekil 5.1'de gösterilen hiyerarşide, K1 ürün kalitesini, K2 tedarik süresini, K3 tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkileri, K4 ürünün toplam fiyatını, K5 tedarikçinin sunduğu ödeme kolaylığını, K6 tedarikçi ile iletişimi, K7 tedarikçinin üretim kapasitesini ve K8 tedarikçinin teknik yeterliliğini temsil etmektedir. T1, T2, T3, T4 ve T5 ile alternatif tedarikçiler gösterilmektedir.

Karar hiyerarşisinin oluşturulmasının ardından önyazı ve sonrasında 4 bölümden oluşan anket çalışması hazırlanmıştır. Ön yazıda anketin yapılma amacı, anketi doldururken hangi matriste hangi ölçeğin kullanılması gerektiğini ve bu çalışma verilerinin hangi yöntemle yorumlanacağı anlatılmıştır. Önyazıya ek olarak karar hiyerarşisi, çok kötü- çok iyi ölçeği ve göreceli önem ölçeği sunulmuştur.



Şekil 5.1: Tedarikçi seçimi probleminde kullanıcak olan karar hiyerarşisi.

Anketin birinci bölümünde karar vericilerin tedarikçi alternatiflerini her bir değerlendirme kriterine göre değerlendirmeleri ve bu değerlendirmeleri yaparken anketle beraber sunulan Çok Kötü - Çok İyi ölçeğini kullanmaları istenmiştir. İkinci bölümde, her bir alternatife ait tedarik süresi (gün), ürünün toplam fiyatı (TL veya döviz cinsinden) ve Üretim kapasitesi (birimi ile beraber) bilgileri gerçek veri olarak istenmiştir. Gerekli olan bilgiler tedarikçilerin proje için verdikleri teklif dosyasından alınmıştır ve bu bölüm yalnızca bir kez doldurulmuştur. Üçüncü bölümde, her bir değerlendirme kriterine ait farklılık, üstünlük ve veto sınır değerleri sorulmuştur. Bu bölüm de sadece 1 defa doldurulmuştur. Dördüncü bölümde ise karar vericilerden değerlendirme kriterlerinin ikili karşılaştırmalarını ankette verilmiş olan göreceli önem ölçeğine göre yapmaları istenmiştir.

Hazırlanan anketi demiryolu sektöründe faaliyet gösteren müteahhlik firmasının teklif departmanında çalışan, tedarikçi seçim sürecinde yer alan ve karar verici pozisyonunda bulunan 4 teklif mühendisi ayrı ayrı doldurmuştur.

5.2 Anket Sonucu Elde Edilen Veriler

Anketin ilk bölümünde karar vericilerin tedarikçi alternatiflerini kriterlere göre değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirmenin anketle beraber verilmiş olan Çok İyi – Çok kötü ölçeğine göre yapılması beklenmiştir. Çizelge 5.1’de bütün karar vericinin ayrı ayrı verdikleri cevaplar görülmektedir. Çizelgelerde KV1, KV2, KV3 ve KV4 karar vericileri temsil etmektedir.

Çizelge 5.1: Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilme sonuçları.

Karar vericiler	Kriterler Alternatifler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV1	T1	6	5	7	6	7	9	4	8
	T2	9	7	4	4	4	4	7	9
	T3	8	6	3	5	3	4	4	8
	T4	8	5	7	7	4	6	5	6
	T5	7	8	5	4	3	5	8	5
KV2	T1	7	3	8	6	6	9	5	7
	T2	9	7	8	2	4	2	8	8
	T3	9	6	3	5	7	5	4	6
	T4	6	3	6	7	6	8	4	5
	T5	6	8	5	4	7	4	8	5
KV3	T1	6	3	8	6	7	9	3	7
	T2	9	5	5	3	4	4	7	8
	T3	8	6	3	6	5	4	5	7
	T4	7	3	7	7	6	8	4	6
	T5	6	8	4	5	5	3	7	6
KV4	T1	7	4	7	7	8	8	4	7
	T2	9	7	4	4	6	4	6	8
	T3	6	6	3	6	6	4	3	7
	T4	7	4	6	8	8	7	5	6
	T5	6	8	4	5	6	3	7	5

Anketin ikinci kısmında karar vericilerden alternatiflere ait 3 adet gerçek veri istenmiştir. İstenen veriler; her bir alternatife ait tedarik süresi (gün), ürünün toplam fiyatı (TL veya döviz cinsinden) ve üretim kapasitesi bilgileridir. Bu bilgilere tedarikçilerin sundukları teklif dosyalarından ulaşılmıştır. Anketin bu kısmı sadece bir kereye mahsus doldurulmuştur. Alınan veriler Çizelde 5.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2: Alternatiflere ait gerçek veriler.

Kriterler Alternatifler	Tedarik süresi (gün)	Ürünün toplam fiyatı (TL ve ya döviz cinsinden) *58000 ton/euro	Üretim kapasitesi (birimi ile beraber) ton/gün
T1	28	920	5000
T2	21	1067	6500
T3	21	945	5000
T4	28	850	5000
T5	18	954	6500

Anketin üçüncü bölümünde karar vericilerden kriterlere ait sınır değerleri belirlemeleri istenmiştir. İstenen sınır değerleri üstünlük, farksızlık ve veto sınır değerleridir. Anketin bu kısmı ikinci kısımda olduğu gibi tek seferlik doldurulmuştur. Karar vericilerden alınan veriler Çizelge 5.3’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3: Kriterlere ait sınır değerleri.

Kriterler	Sınır Değerleri		
	q (farksızlık sınırı)	p (tercih sınırı)	v (veto sınırı)
K1	1	2	3
K2	7	10	20
K3	1	2	3
K4	50	100	1500
K5	1	2	3
K6	1	2	3
K7	500	1000	2000
K8	1	2	3

Anketin dördüncü bölümünde ise kriterlerin ağırlıklılıklarının ve AHP yöntemi ile alternatiflerin sıralanmasının bulunabilmesi için göreceli önem ölçeğine göre ikili karşılaştırma matrislerinin doldurulması istenmiştir. Karar vericilerin doldurdukları ikili karşılaştırma matrisleri sırası ile Çizelge 5.4, Çizelge 5.5, Çizelge 5.6, Çizelge 5.7, Çizelge 5.8, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.12’de verilmiştir. Matrislerin karar vericiler tarafından sadece sağ üst köşe kısmının doldurulması istenmiştir. Sol alt köşedeki değerler, matrisin sağ üst köşesine doldurulan değerlerin çarpma işlemine göre tersi alınarak bulunmuştur.

Çizelge 5.4: Kriterlerin karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

KV1		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	K1	1	2	4	1/3	2	3	2	2
	K2		1	5	1/2	1	4	2	2
	K3			1	1/8	1/3	1/2	2	1/2
	K4				1	2	7	6	1
	K5					1	4	2	1/3
	K6						1	1	1/4
	K7							1	1/3
	K8								1
KV2	K1	1	3	2	1	2	4	3	2
	K2		1	4	1/2	3	4	5	2
	K3			1	1/8	1/7	2	2	1/3
	K4				1	4	6	6	2
	K5					1	5	3	1/3
	K6						1	1	1/4
	K7							1	1/4
	K8								1
KV3	K1	1	4	6	2	8	3	2	1
	K2		1	4	1/2	3	5	1	1/3
	K3			1	1/4	1/2	1	1/2	1/6
	K4				1	3	5	1/2	2
	K5					1	2	1/3	1/6
	K6						1	1/4	1/6
	K7							1	1/5
	K8								1
KV4	K1	1	1/5	1	1/7	1/7	1/2	1	1
	K2		1	9	1/2	1	9	2	2
	K3			1	1/7	1/2	1	1	1/3
	K4				1	2	7	7	1
	K5					1	3	4	1/2
	K6						1	1	1/2
	K7							1	1
	K8								1

Çizelge 5.5: Ürün kalitesi (K1) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Ürün Kalitesi						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	1/3	1/2	2	3
	T2		1	2	3	3
	T3			1	2	2
	T4				1	1/2
	T5					1
KV2	T1	1	2	1/3	1	1
	T2		1	1/2	1/2	1/2
	T3			1	2	2
	T4				1	1/2
	T5					1
KV3	T1	1	2	1/4	1/2	1/2
	T2		1	1/5	1/2	1/3
	T3			1	1/2	1
	T4				1	1
	T5					1
KV4	T1	1	1/2	1/2	2	3
	T2		1	1	3	2
	T3			1	2	2
	T4				1	1
	T5					1

Çizelge 5.6: Tedarik Süresi (K2) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Tedarik Süresi						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	1/2	1/2	1	1/3
	T2		1	1	2	1/2
	T3			1	2	1/2
	T4				1	1/3
	T5					1
KV2	T1	1	1/3	1/3	1	1/4
	T2		1	1	3	1/3
	T3			1	2	1/2
	T4				1	1/4
	T5					1
KV3	T1	1	1/2	1/3	1	1/4
	T2		1	1	2	1/2
	T3			1	4	1/3
	T4				1	1/4
	T5					1
KV4	T1	1	1/2	1/3	1	1/4
	T2		1	1	2	1/3
	T3			1	3	1/3
	T4				1	1/5
	T5					1

Çizelge 5.7: T. ile geç. ve gün. ilişkiler (K3) kriterine göre ikili karşılaştırma mat.

Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	5	5	3	5
	T2		1	5	1/2	3
	T3			1	1/2	2
	T4				1	3
	T5					1
KV2	T1	1	6	3	4	2
	T2		1	8	7	9
	T3			1	1/2	2
	T4				1	3
	T5					1
KV3	T1	1	1/4	1	1/5	1/2
	T2		1	3	1/2	1/4
	T3			1	1/4	1/2
	T4				1	4
	T5					1
KV4	T1	1	5	6	2	7
	T2		1	2	1/5	1
	T3			1	1/4	1
	T4				1	4
	T5					1

Çizelge 5.8: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Ürünün toplam fiyatı						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	4	2	1/2	3
	T2		1	1/4	1/5	1/2
	T3			1	1/3	2
	T4				1	4
	T5					1
KV2	T1	1	5	3	1/2	4
	T2		1	1/7	1/6	1/3
	T3			1	1/4	3
	T4				1	3
	T5					1
KV3	T1	1	6	2	1/4	5
	T2		1	1/8	1/6	1/3
	T3			1	1/5	2
	T4				1	4
	T5					1
KV4	T1	1	3	2	1/3	2
	T2		1	1/9	1/6	1/5
	T3			1	1/4	3
	T4				1	5
	T5					1

Çizelge 5.9: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Ödeme Kolaylığı						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	2	1/4	1	1/4
	T2		1	1/2	1/3	1/2
	T3			1	1	3
	T4				1	2
	T5					1
KV2	T1	1	2	1/3	1	1/3
	T2		1	1/2	1/2	1/4
	T3			1	1/2	1/2
	T4				1	1/2
	T5					1
KV3	T1	1	1	1	1	1
	T2		1	1	1	1
	T3			1	1	1
	T4				1	1
	T5					1
KV4	T1	1	2	1/2	1/2	1/4
	T2		1	1/3	1/3	1
	T3			1	1/4	3
	T4				1	3
	T5					1

Çizelge 5.10: Tedarikçi ile İletişim (K6) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Tedarikçi ile İletişim						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	5	2	2	3
	T2		1	1/3	1/2	1/6
	T3			1	1/2	1/3
	T4				1	1/2
	T5					1
KV2	T1	1	8	2	3	1
	T2		1	1/8	1/6	1/9
	T3			1	3	1/2
	T4				1	1/3
	T5					1
KV3	T1	1	1/3	1	1/5	1
	T2		1	3	1/5	1/2
	T3			1	1/3	1/2
	T4				1	3
	T5					1
KV4	T1	1	6	3	1	7
	T2		1	3	1/3	2
	T3			1	1/5	2
	T4				1	5
	T5					1

Çizelge 5.11: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Üretim Kapasitesi						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	1/3	1	2	1/4
	T2		1	1	2	2
	T3			1	1/2	1/3
	T4				1	4
	T5					1
KV2	T1	1	1/2	2	3	4
	T2		1	1/2	1/4	2
	T3			1	1/2	1/3
	T4				1	3
	T5					1
KV3	T1	1	1	1/3	1/5	1/2
	T2		1	1/2	1/2	1/3
	T3			1	1/3	1/4
	T4				1	2
	T5					1
KV4	T1	1	1/3	1	1	1/4
	T2		1	3	2	1
	T3			1	2	1
	T4				1	1/2
	T5					1

Çizelge 5.12: Teknik Yeterlilik (K8) kriterine göre ikili karşılaştırma matrisi.

Teknik Yeterlilik						
KV1		T1	T2	T3	T4	T5
	T1	1	1/2	1	1	1
	T2		1	1	4	3
	T3			1	4	2
	T4				1	1/2
	T5					1
KV2	T1	1	1/3	1/2	1	1/2
	T2		1	3	5	4
	T3			1	4	2
	T4				1	1/3
	T5					1
KV3	T1	1	1	1/3	1/2	1
	T2		1	1/3	1/2	1/4
	T3			1	2	3
	T4				1	4
	T5					1
KV4	T1	1	1/2	1	1	2
	T2		1	2	2	3
	T3			1	1	1
	T4				1	1
	T5					1

5.3 Problemin Çözümleri

5.3.1 AHP yöntemi ile çözüm

İkili karşılaştırma matrislerinin bulunmasının ardından, birden fazla karar verici olduğu için karar vericilerin verdikleri cevapların geometrik ortalaması alınmış ve her karşılaştırma matrisi için yeni bir matris elde edilmiştir. Daha sonra Metodoloji bölümünün AHP alt başlığında anlatıldığı gibi her bir matrise ait öncelik vektörleri yani önem ağırlıkları (w) ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Bu işlemler için Super Decisions programından faydalanılmıştır. Geometrik ortalamaları alınarak bulunmuş olan grup karşılaştırma matrisleri, bu karşılaştırmalara ait önem ağırlıkları ve matrislerin tutarlılık oranı değerleri Çizelge 5.13, Çizelge 5.14, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17, Çizelge 5.18, Çizelge 5.19, Çizelge 5.20, Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.13: Kriterlerin karşılaştırıldığı grup ikili karşılaştırma matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	w	
K1	1,00	1,48	2,63	0,56	1,46	2,06	1,86	1,41	0,15	
K2		1,00	5,18	0,50	1,73	5,18	2,11	1,28	0,17	
K3			1,00	0,15	0,33	1,00	1,19	0,31	0,04	
K4				1,00	2,63	6,19	3,35	1,41	0,26	
K5					1,00	3,31	1,68	0,31	0,10	
K6						1,00	0,71	0,27	0,04	
K7							1,00	0,36	0,06	T.O.
K8								1,00	0,17	0,03

Çizelge 5.14: Ürün kalitesi (K1) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

	Ürün kalitesi					w	
	T1	T2	T3	T4	T5		
T1	1,00	0,90	0,38	1,19	1,46	0,18	
T2		1,00	0,67	1,22	1,00	0,19	
T3			1,00	1,41	1,68	0,31	
T4				1,00	0,71	0,16	T.O.
T5					1,00	0,17	0,02

Çizelge 5.15: Tedarik Süresi (K2) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

Tedarik Süresi						w
	T1	T2	T3	T4	T5	
T1	1,00	0,45	0,37	1,00	0,27	0,09
T2		1,00	1,00	2,21	0,41	0,19
T3			1,00	2,63	0,41	0,21
T4				1,00	0,25	0,09
T5					1,00	0,42

							T.O.
							0,03

Çizelge 5.16: T. ile geç. ve gün. İliş. (K3) kriterine göre grup ikili karşılaş. mat.

Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler						w	
	T1	T2	T3	T4	T5		
T1	1,00	2,47	3,08	1,48	2,43	0,34	
T2		1,00	3,94	0,77	1,61	0,21	
T3			1,00	0,35	1,19	0,09	
T4				1,00	3,46	0,26	T.O.
T5					1,00	0,10	0,04

Çizelge 5.17: Ürünün top. fiyatı (K4) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

Ürünün Toplam Fiyatı						w	
	T1	T2	T3	T4	T5		
T1	1,00	4,36	2,21	0,38	3,31	0,24	
T2		1,00	0,15	0,18	0,32	0,04	
T3			1,00	0,25	2,45	0,17	
T4				1,00	3,94	0,45	T.O.
T5					1,00	0,09	0,07

Çizelge 5.18: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

Ödeme Kolaylığı						w
	T1	T2	T3	T4	T5	
T1	1,00	1,68	0,45	0,84	0,38	0,15
T2		1,00	0,54	0,49	0,59	0,12
T3			1,00	0,59	1,46	0,24
T4				1,00	1,32	0,27
T5					1,00	0,23

							T.O.
							0,04

Çizelge 5.19: Ted. ile İletişim (K6) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

Tedarikçi ile iletişim						w	
	T1	T2	T3	T4	T5		
T1	1,00	2,99	1,86	1,05	2,14	0,30	
T2		1,00	0,78	0,27	0,37	0,09	
T3			1,00	0,56	0,64	0,14	
T4				1,00	1,26	0,27	T.O.
T5					1,00	0,20	0,01

Çizelge 5.20: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine göre grup ikili karşılaş. matrisi.

Üretim kapasitesi						w
	T1	T2	T3	T4	T5	
T1	1,00	0,49	0,90	1,05	0,59	0,15
T2		1,00	0,93	0,84	1,07	0,21
T3			1,00	0,64	0,41	0,15
T4				1,00	1,86	0,25
T5					1,00	0,23
						T.O.
						0,05

Çizelge 5.21: Teknik Yeterlilik (K8) kriterine göre grup ikili karşılaştırma matrisi.

Teknik yeterlilik						w
	T1	T2	T3	T4	T5	
T1	1,00	0,54	0,64	0,84	1,00	0,15
T2		1,00	1,19	2,11	1,73	0,29
T3			1,00	2,38	1,86	0,27
T4				1,00	0,90	0,14
T5					1,00	0,15
						T.O.
						0,01

Super decision yazılımıyla hesaplanan T.O. değerin 0.10 dan küçük olması karar vericilerin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. T.O. değerin 0.10’ dan büyük olması ya AHP yöntemindeki bir hesaplama hatasını ya da karar vericilerin yaptıkları karşılaştırmadaki tutarsızlığını gösterir. Çizelge 5.13, Çizelge 5.14, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17, Çizelge 5.18, Çizelge 5.19, Çizelge 5.20, Çizelge 5.21’ de görüldüğü gibi T.O. değeri bu karşılaştırmalarda 0.1 değerinden oldukça küçüktür. Bu durum kriterler arasında yapılan ikili kıyaslamaların oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir.

AHP yöntemi ile kriterlerin birbirlerine göre ve her bir kriter için alternatiflerin birbirlerine göre önem ağırlıkları hesaplandıktan sonra alternatif tedarikçilerin sıranması bulunmuştur. Çizelge 5.22’de AHP yöntemine göre alternatiflerin sıralanması verilmiştir.

Çizelge 5.22: AHP Yöntemine göre alternatiflerin sıralaması.

Alternatifler	Ağırlıklar	Sıralama
T1	0,18	4.
T2	0,16	5.
T3	0,22	2.
T4	0,25	1.
T5	0,20	3.

5.3.2 ELECTRE III yöntemi ile çözüm

ELECTRE III yöntemi ile yapılmış olan çözümde, anket çalışmasının ilk üç kısmında toplanmış olan verilerden ve AHP yöntemi ile hesaplanmış olan kriter ağırlıklarından faydalanılmıştır.

Bu tez kapsamında birden fazla karar verici ile çalışılmıştır, bundan dolayı grup değerlendirme matrisinin oluşturulabilmesi için karar vericilerin yaptıkları değerlendirmelerin geometrik ortalaması alınması gerekmektedir. Çizelge 5.1’de gösterilmiş olan verilerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Hesaplamalar yapılırken K2 (tedarik süresi), K4 (ürünün toplam fiyatı) ve K7 (üretim kapasitesi) kriterleri için Çizelge 5.2’de verilen tedarikçilere ait gerçek veriler kullanılmıştır. Geometrik ortalaması alınmış olan grup değerlendirme matrisi Çizelge 5.23’ de verilmiştir.

Çizelge 5.23: Grup değerlendirme matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	6,48	28,00	7,48	920	6,96	8,74	5000	7,24
T2	9,00	21,00	5,03	1067	4,43	3,36	6500	8,24
T3	7,67	21,00	3,00	945	5,00	4,23	5000	6,96
T4	6,96	28,00	6,48	850	5,83	7,20	5000	5,73
T5	6,24	18,00	4,47	954	5,01	3,66	6500	5,23

Çözüm yapılırken K2 ve K4 kriterleri için hesaplamalardaki tercih yönü azalan (min) olarak düzenlenmiştir. Bu yöntemde anketin 3. bölümünde sorulmuş olan eşik değerlerinden de faydalanılmış, her kritere ait farksızlık, üstünlük ve veto değeri hesaplamalara katılmıştır. Lamsade programı kullanılarak çözüm yapılmıştır.

Analiz sonucu bulunan tedarikçilerin uyum indeksleri Çizelge 5.24’da, sıralama matrisi ise Çizelge 5.25’de gösterilmiştir. Sıralama matrisinde I farksızlığı, P üstünlüğü, P- zayıflığı, R ise karşılaştırılamamazlığı ifade etmektedir. Örneğin, T2 alternatifi T3 ve T5 alternatiflerine göre üstün iken T1 ve T4 alternatifine göre zayıftır.

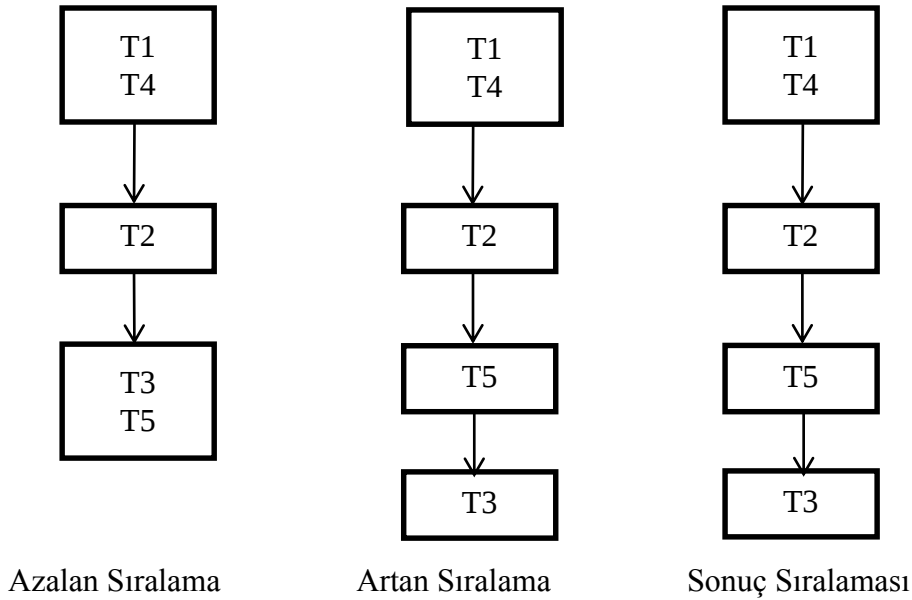
Çizelge 5.24: ELECTRE Yöntemi ile hesaplanan uyum indeksleri.

	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1,00	0.79	0.97	0.9	0.77
T2	0.55	1,00	0.74	0.64	0.74
T3	0.87	0.79	1,00	0.68	0.92
T4	0.89	0.62	0.96	1,00	0.77
T5	0.69	0.68	0.81	0.65	1,00

Çizelge 5.25: ELECTRE III Yöntemi ile bulunan sıralama matrisi.

	T1	T2	T3	T4	T5
T1	I	P	P	I	P
T2	P-	I	P	P-	P
T3	P-	P-	I	P-	P-
T4	I	P	P	I	P
T5	P-	P-	P	P-	I

Uyum indexleri ve sıralama matrislerinin oluşturulmasından sonra azalan ve artan önsıralamalar oluşturulmuştur. Azalan sıralamada en iyi özelliklere sahip alternatiften başlanarak sıralama yapılırken, artan sıralamada en kötü özelliklere sahip alternatiften başlanarak tüm alternatifler sıralanır. Bu sıralamaların birleştirilmesi ile de, sonuç sıralaması elde edilmektedir. Bulunan sıralamalar Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Şekilde T harfi tedarikçileri temsil etmektedir.



Şekil 5.2: Tedarikçilere ait Azalan, Artan ve Sonuç Sıralamaları.

Tüm sıralamalarda T1 ve T4 alternatifleri karşılaştırılmaz olarak en çok tercih edilen tedarikçi olarak bulunmuştur. Artan sıralamaya göre T3 en kötü alternatif olarak görülürken, azalan sıralamada T3 ve T5 karşılaştırılmaz olarak en kötü alternatif olarak bulunmuştur. Sonuç sıralamasında ise, T1 ile T4 karşılaştırılmaz olarak en iyi alternatifler, T3 ise en kötü alternatif olarak bulunmuştur.

5.3.3 PROMETHEE yöntemi ile çözüm

Promethee yöntemi ile yapılmış olan çözümde, ELECTRE III yöntemi ile yapılmış olan çözümdeki gibi, anket çalışmasının ilk üç kısmında toplanmış olan verilerden ve

AHP yöntemi ile hesaplanmış olan kriter ağırlıklarından faydalanılmıştır. Çizelge 5.23’de daha önce gösterilmiş olan grup karar verme matrisi bu yöntemde de aynı şekilde elde edilmiş ve kullanılmıştır. Promethee yöntemi ile çözüm yapılırken Visual Promethee Programı kullanılmıştır. Programa veri girişinin gösterildiği resim Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Scenario1	criterion1	criterion2	criterion3	criterion4	criterion5	criterion6	criterion7	criterion8
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences								
Min/Max	max	min	max	min	max	max	max	max
Weight	0,15	0,17	0,05	0,26	0,10	0,04	0,06	0,17
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1,00	7,00	1,00	50,00	1,00	1,00	500,00	1,00
- P: Preference	2,00	10,00	2,00	100,00	2,00	2,00	1000,00	2,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics								
Minimum	6,24	18,00	3,00	850,00	4,43	3,36	5000,00	5,23
Maximum	9,00	28,00	7,48	1067,00	6,96	8,74	6500,00	8,24
Average	7,27	23,20	5,29	947,20	5,45	5,44	5600,00	6,68
Standard Dev.	0,99	4,07	1,56	70,13	0,88	2,14	734,85	1,08
Evaluations								
action1	6,48	28,00	7,48	920,00	6,96	8,74	5000,00	7,24
action2	9,00	21,00	5,03	1067,00	4,43	3,36	6500,00	8,24
action3	7,67	21,00	3,00	945,00	5,01	4,23	5000,00	6,96
action4	6,96	28,00	6,48	850,00	5,82	7,20	5000,00	5,73
action5	6,24	18,00	4,47	954,00	5,01	3,66	6500,00	5,23

Şekil 5.3: Visual Promethee Programına veri girişi.

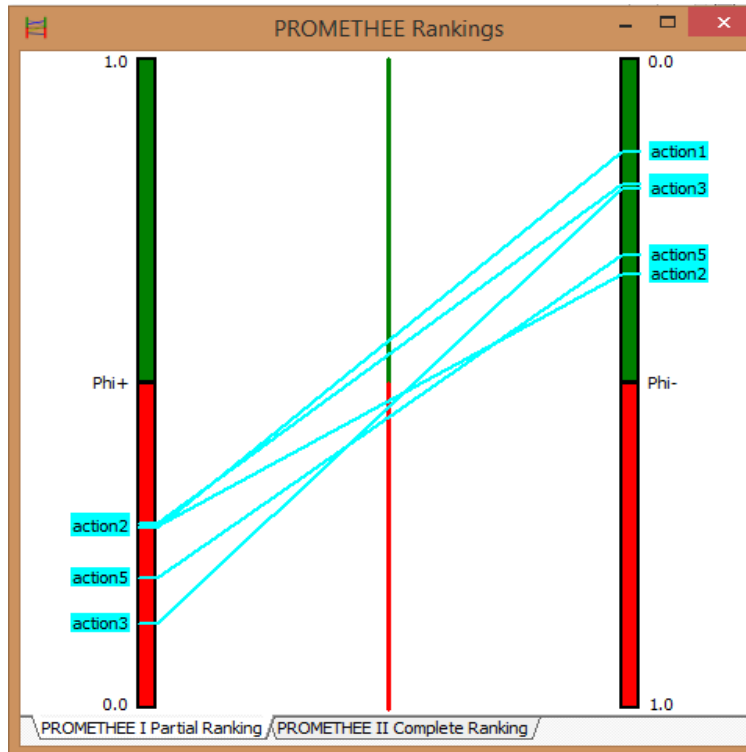
Şekil 5.3 ‘de gösterildiği gibi veriler programa girilirken kriterlerin tercih yönleri ve tercih fonksiyonları belirtilmiştir. Tüm kriterlere ait tercih fonksiyonu 5. Tip olan Lineer fonksiyon olarak seçilmiş ve K2 ile K4 kriterlerinin tercih yönleri minimum (azalan) olarak ayarlanmıştır.

Verilerin programa doğru bir şekilde girilmesinin ardından alternatif tedarikçiler Promethee yöntemine göre değerlendirilerek pozitif, negatif ve net üstünlük değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan üstünlük değerleri Çizelge 5.26 de gösterilmiştir.

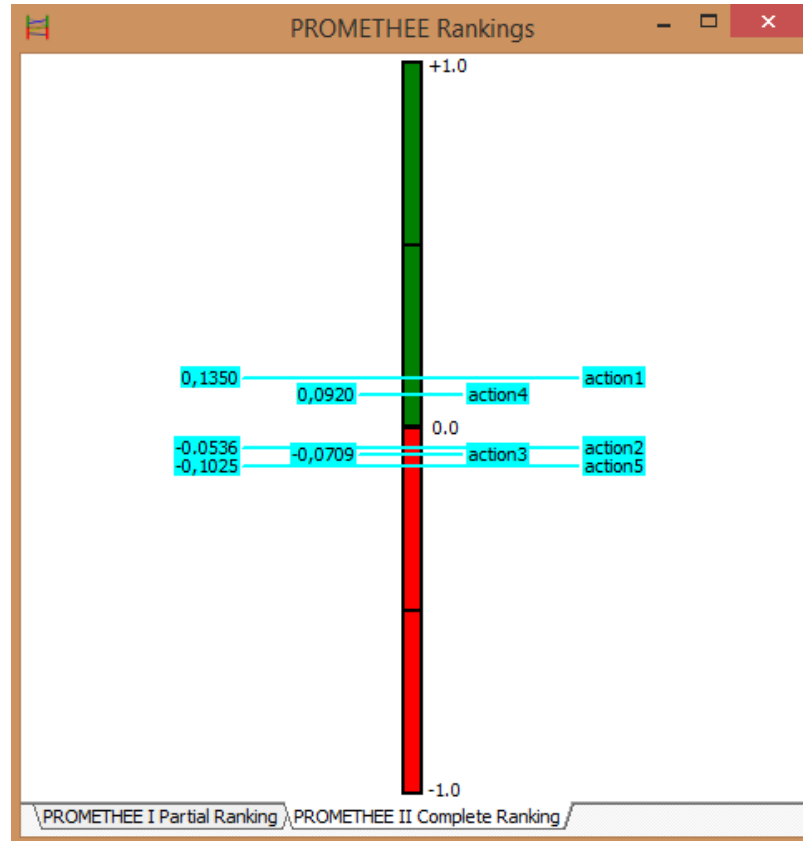
Çizelge 5.26: Promethee üstünlük değerleri.

Alternatifler	ϕ^+	ϕ^-	ϕ_{net}
T1	0,28	0,14	0,14
T2	0,28	0,33	-0,05
T3	0,13	0,20	-0,07
T4	0,28	0,19	0,09
T5	0,20	0,30	-0,10

Tedarikçilere ait pozitif, negatif ve net üstünlük değerlerinin hesaplanmasının ardından, Promethee I yöntemi ile kısmi öncelikler ve Promethee II yöntemi ile de tam öncelikler belirlenir. Şekil 5.4 de kısmi öncelikler, Şekil 5.5 de ise tam öncelikler gösterilmiştir.



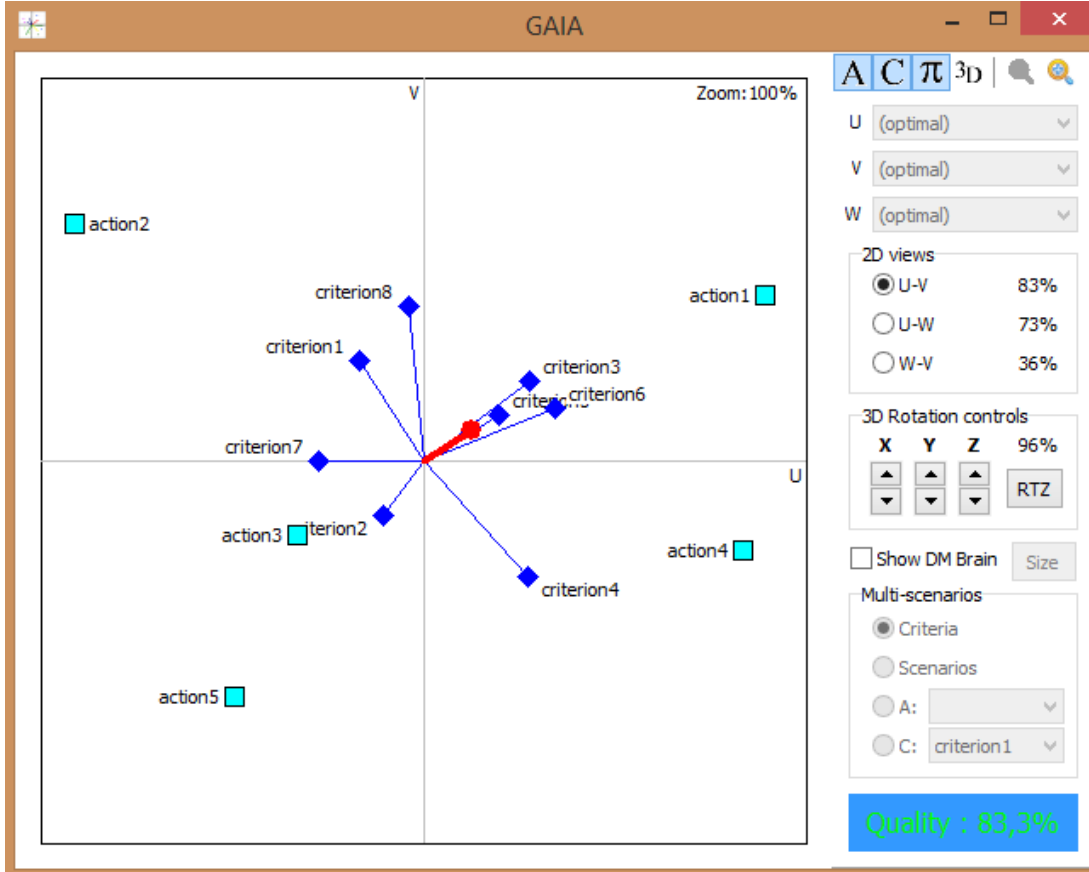
Şekil 5.4: Promethee I Kısmi Öncelikler.



Şekil 5.5: Promethee II Tam Öncelikler.

Promethee II yöntemi ile bulunan tam öncelik sıralamasına göre en iyi alternatif T1 çıkmıştır. Tedarikçiler en iyiden en kötüye doğru sırası ile T1, T4, T2, T3 ve T5 çıkmıştır.

Visual Promethee programının bir diğer özelliği ise Temel Bileşenler analizi yaparak kullanıcıya sonuçları GAIA düzleminde vermesidir. GAIA düzleminde PROMETHEE sonuçları iki boyutlu düzlem üzerinde gösterilmektedir ve bu farklı bir yaklaşım ile sonuçların incelenmesine imkan tanımaktadır. Bu düzlemde alternatifler nokta ile kriterler ise vektör ile gösterilmektedir. Kırmızı ile gösterilen vektör ise karar çubuğu olarak adlandırılmaktadır. Şekil 5.5 de bu probleme ait GAIA düzlemi gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Probleme ait GAIA düzlemi sonucu.

GAIA düzleminde herhangi bir kriteri gösteren vektör ne kadar uzun ise, bu kriterin ayrıştırıcı özelliği ve karar vektörünü etkilemedeki önemi o derece fazla olmaktadır (Genç, 2013). Aynı istikameti gösteren kriter vektörleri benzer özellik gösteren kriterlere aittir. Farklı istikameti gösteren kriter vektörleri ise birbiri ile çelişen kriterlere ait olmaktadır. Şekil 5.6’da gösterilmekte olan GAIA düzlemine göre K3, K5 ve K6 aynı istikamette yani benzer özellik gösteren kriterlerken K2 bu kriterlere göre tam tersi istikamettedir. Aynı zamanda alternatiflerin kriterlere göre durumu da bu düzlemde görülebilmektedir. Örneğin Şekil 5.6’ya göre T1 alternatifi, K3,K5 ve K6’ya göre tercih edilebilmektedir. Tercih vektörü de T1 göstermektedir. Bu sonuçlar Promethee I ve Promethee II sonuçları ile de örtüşmektedir.

GAIA düzleminin oluşturulmasından sonra kriter ağırlıklarındaki değişimin alternatiflerin sıralamasını nasıl değiştireceğini ölçmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Promethee II yöntemiyle bulunan tam sıralama değişmeden her bir kriterin ağırlığının değişebileceği sınırlar Çizelge 5.27’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.27: Kriterlerin ağırlıklarının değişebileceği aralıklar ve duyarlılıkları.

Kriterler	Ağırlığı	Aralıklar		Duyarlılıklar (% olarak)	
		Min	Max	Azalış	Artış
K1	0,15	0,13	0,25	13,33	66,67
K2	0,17	0,00	0,22	100,00	29,41
K3	0,05	0,03	0,11	40,00	120,00
K4	0,26	0,20	0,27	23,08	3,85
K5	0,10	0,04	0,22	60,00	120,00
K6	0,04	0,00	1,00	100,00	2400,00
K7	0,06	0,05	0,08	16,67	33,33
K8	0,17	0,14	0,28	17,65	64,71

Çizelge 5.27’de sıralama değişmeden kriter ağırlıklarının değişebileceği sınır değerler gösterilmiştir. Sınır değerlere bakıldığında sadece K4 kriterinin ağırlık değişimine karşı duyarlı olduğu görülmüştür. K4 kriterinin ağırlık artışına %3,85, azalışına %23,08 duyarlılığı bulunmaktadır. Çizelge 5.27 incelendiğinde diğer kriterlerin ağırlık değişimine çok duyarlı olmadıkları ve ağırlıklardaki küçük değişikliklerin alternatif sıralamasını değiştirmeyeceği anlaşılmıştır.

Duyarlılık analizinin yapılmasından sonra son olarak tüm kriterlerin ağırlıkları eşit alınarak analiz tekrarlanmış ve Promethee II yöntemi ile elde edilen tam sıralamalar ilk analiz ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma net üstünlük değerleri ile birlikte Çizelge 5.28’ de verilmiştir.

Çizelge 5.28’da görüldüğü gibi kriter ağırlıklarını eşit aldığımız durumda sadece T3 ve T5 kriterlerinin yerleri değişmiştir. Bunun sebebi bir önceki tabloda gösterildiği gibi bu probleme ait kriter ağırlıklarının değişim aralıklarının geniş olmasıdır.

Çizelge 5.28: Analizlerin karşılaştırılması.

Kriter ağırlıkları var			Kriter ağırlıkları eşit		
Alternatifler	$\emptyset_{net}$	Sıralama	Alternatifler	$\emptyset_{net}$	Sıralama
T1	0,14	1	T1	0,23	1
T2	-0,05	3	T2	0,02	3
T3	-0,07	4	T3	-0,23	5
T4	0,09	2	T4	0,02	2
T5	-0,10	5	T5	-0,11	4

5.3.4 Topsis yöntemi ile çözüm

Topsis yöntemi ile çözüm yapılırken Çizelge 5.25'te bulunan karar matrisi kullanılmıştır. Electre ve Promethee yöntemlerinde olduğu gibi, Topsis yöntemindeki hesaplarda K2 ve K4 kriterlerinin tercih yönü azalan olarak seçilmiş ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Karar matrisi olarak Çizelge 5.23 alındıktan sonra Formül (3.13) 'den faydalanılarak Standart Karar matrisi elde edilmiştir. Standart karar matrisi Çizelge 5.29'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.29: Standart Karar Matrisi.

R_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,40	0,53	0,61	0,43	0,56	0,67	0,40	0,48
T2	0,55	0,40	0,41	0,50	0,36	0,26	0,51	0,54
T3	0,47	0,40	0,24	0,44	0,41	0,32	0,40	0,46
T4	0,42	0,53	0,53	0,40	0,47	0,55	0,40	0,38
T5	0,38	0,34	0,36	0,45	0,41	0,28	0,51	0,35

Standart karar matrisinin bulunmasından sonra Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) oluşturulmuştur. V matrisi hesaplanırken AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bulunan Ağırlıklı Standart Karar Matrisi Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.30: Ağırlıklı Karar Matrisi.

V_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,06	0,09	0,03	0,11	0,06	0,03	0,02	0,08
T2	0,08	0,07	0,02	0,13	0,04	0,01	0,03	0,09
T3	0,07	0,07	0,01	0,12	0,04	0,01	0,02	0,08
T4	0,06	0,09	0,02	0,10	0,05	0,02	0,02	0,06
T5	0,06	0,06	0,02	0,12	0,04	0,01	0,03	0,06

Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin bulunmasının ardından Formül (3.16) ve Formül (3.17) kullanılarak ideal (A^+) ve negatif ideal (A^-) çözümler oluşturulmuştur. Oluşturulan çözümler Çizelge 5.31'de gösterilmektedir. Daha sonra Formül (3.18) ve Formül (3.19)'un kullanılması ile ideal ve negatif ayırım ölçütleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ayırım ölçütleri Çizelge 5.32 'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31: İdeal (A^+) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Setleri.

A^+	0,08	0,06	0,03	0,10	0,06	0,03	0,03	0,09
A^-	0,06	0,09	0,01	0,13	0,04	0,01	0,02	0,06

Çizelge 5.32: İdeal ve Negatif İdeal Ayrım Ölçütleri.

Si^+	Si^-
0,04	0,04
0,04	0,05
0,04	0,04
0,05	0,04
0,05	0,04

İdeal ve negatif ayrım ölçütlerinin hesaplanmasından sonra bu değerler Formül (3.20)'de yerlerine konularak alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları (Ci^+) hesaplanmıştır. Topsis yöntemine göre alternatiflerin sıralanması en büyük C^+ değerinden başlanarak yapılmaktadır. Çizelge 5.33'de alternatiflere ait C^+ değerleri ve alternatiflerin sıralamadaki yerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.33: Alternatiflerin çözüme göreli yakınlıkları.

	Ci^+	Sıralama
T1	0,50	2.
T2	0,55	1.
T3	0,49	3.
T4	0,42	4.
T5	0,41	5.

Topsis yöntemi kullanılarak birde gerçek veriler kullanılmadan çözüm yapılmıştır. Yapılan çözümde anketin ilk bölümünden elde edilmiş olan veriler kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak yapılan çözümde bir önceki çözümde farklı olarak tüm kriterlerin tercih yönleri artan olarak alınmıştır, bunun sebebi yapılmış olan değerlendirmelerin çok kötü-çok iyi ölçeği kullanılarak yapılmış olmasıdır. Değerlendirmeler yapılırken buna dikkat edilmiştir. Gerçek veriler olmadan yapılmış olan çözüm sonuçları ise Çizelge 5.34'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34: Gerçek veriler kullanılmadan yapılan çözüm.

	C_i^+	Sıralama
T1	0,530948	2.
T2	0,381669	5.
T3	0,515792	3.
T4	0,569484	1.
T5	0,461377	4.

5.3.5 Fuzzy AHP yöntemi ile çözüm

Fuzzy AHP Yöntemi ile çözüm için öncelikle anket çalışmasından elde edilen veriler bulanıklaştırılmıştır. Bulanıklaştırma işlemi Fuzzy AHP başlığında anlatıldığı gibi Çizelge 4.1 kullanılarak yapılmıştır.

İkili karşılaştırma matrislerinin bulanıklaştırılmış halleri Çizelge 5.35, Çizelge 5.36, Çizelge 5.37, Çizelge 5.38, Çizelge A.1, Çizelge A.2, Çizelge A.3, Çizelge A.4 ve Çizelge A.5’de gösterilmektedir. Daha sonra Normal AHP işleminde de yapıldığı gibi, birden fazla karar verici olduğu için bulanıklaştırılmış olan ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınmıştır. Ardından kriterlerin birbirlerine göre ve her bir kriter için alternatiflerin birbirlerine göre ağırlıkları hesaplanmıştır. Önem ağırlıkları hesaplandıktan sonra verilerin tutarlı olup olmadıklarının kontrolü Tutarlılık Oranı ile test edilmiştir. Geometrik ortalama alınarak bulunmuş olan grup ikili karşılaştırma matrisleri Çizelge A.7, Çizelge A.9, Çizelge A.11, Çizelge A.13, Çizelge A.15, Çizelge A.17, Çizelge A.19, Çizelge A.21 ve Çizelge A.23’de gösterilmektedir. Çizelgelerin son sütunlarında ilgili matrise ait T.O. değerleri ve her çizelgenin altında ilgili çizelgeye ait bulanık önem ağırlığı değerleri ve durulaştırma işlemi sonucunda elde edilen gerçek ağırlık değerleri ayrı bir matris olarak Çizelge A.8, Çizelge A.10, Çizelge A.12, Çizelge A.14, Çizelge A.16, Çizelge A.18, Çizelge A.20, Çizelge A.22 ve Çizelge A.24’da gösterilmiştir.

Fuzzy AHP yöntemine göre alternatiflerin sıralamaları Çizelge 5.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.35: Kriterlerin karşılaştırıldığı bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
K1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
K2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
K3	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00
K4	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	6,00	7,00	8,00	5,00	6,00	7,00	1,00	1,00	1,00
K5	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33
K6	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00	0,13	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K7	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,14	0,17	0,20	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K8	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV2	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
K1	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00
K2	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00
K3	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,11	0,13	0,14	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33
K4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00
K5	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	7,00	8,00	9,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,20	0,25	0,33
K6	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,14	0,17	0,20	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K7	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K8	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV3	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
K1	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00	7,00	8,00	9,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
K2	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K3	0,14	0,17	0,20	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,14	0,17	0,20
K4	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00
K5	0,11	0,13	0,14	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	0,14	0,17	0,20
K6	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,14	0,17	0,20
K7	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
K8	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	0,33	0,50	1,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.35(devamı): Kriterlerin karşılaştırıldığı bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi

KV4	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
K1	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,11	0,13	0,14	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K2	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	8,00	9,00	9,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	8,00	9,00	9,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
K3	1,00	1,00	1,00	0,11	0,11	0,13	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
K4	7,00	8,00	9,00	1,00	2,00	3,00	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	1,00	1,00	1,00
K5	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00
K6	1,00	2,00	3,00	0,11	0,11	0,13	1,00	1,00	1,00	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
K7	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
K8	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.36: Ürün kalitesi (K1) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
T3	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
T3	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
T2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T3	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T5	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00
T3	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T5	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.37: Tedarik Süresi (K2) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00
T3	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50
T5	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50
T3	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T5	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00
T3	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50
T4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T5	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50
T3	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50
T4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
T5	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.38: Fuzzy AHP Yöntemine göre alternatiflerin sıralaması.

	Ağırlık	Yüzde	Sıralama
T1	0,18	%18	4.
T2	0,16	%16	5.
T3	0,23	%23	2.
T4	0,24	%24	1.
T5	0,20	%20	3.

5.3.6 Fuzzy ELECTRE Yöntemi ile çözüm

Fuzzy ELECTRE yöntemi metodoloji kısmında anlatıldığı gibi anket verilerinin bulanıklaştırılması ile başlar. Çizelge 5.1 ‘de gösterilmiş olan verilerin Çizelge 4.2’ye göre bulanıklaştırılmış hali Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39: Anket verilerinin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş hali.

		K1			K2			K3			K4		
KV1	T1	5	6	7	4	5	6	6	7	8	5	6	7
	T2	8	9	9	6	7	8	3	4	5	3	4	5
	T3	7	8	9	5	6	7	2	3	4	4	5	6
	T4	7	8	9	4	5	6	6	7	8	6	7	8
	T5	6	7	8	7	8	9	4	5	6	3	4	5
KV2	T1	6	7	8	2	3	4	7	8	9	5	6	7
	T2	8	9	9	6	7	8	7	8	9	1	2	3
	T3	8	9	9	5	6	7	2	3	4	4	5	6
	T4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	6	7	8
	T5	5	6	7	7	8	9	4	5	6	3	4	5
KV3	T1	5	6	7	2	3	4	7	8	9	5	6	7
	T2	8	9	9	4	5	6	4	5	6	2	3	4
	T3	7	8	9	5	6	7	2	3	4	5	6	7
	T4	6	7	8	2	3	4	6	7	8	6	7	8
	T5	5	6	7	7	8	9	3	4	5	4	5	6
KV4	T1	6	7	8	3	4	5	6	7	8	6	7	8
	T2	8	9	9	6	7	8	3	4	5	3	4	5
	T3	5	6	7	5	6	7	2	3	4	5	6	7
	T4	6	7	8	3	4	5	5	6	7	7	8	9
	T5	5	6	7	7	8	9	3	4	5	4	5	6
		K5			K6			K7			K8		
KV1	T1	6	7	8	8	9	9	3	4	5	7	8	9
	T2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	8	9	9
	T3	2	3	4	3	4	5	3	4	5	7	8	9
	T4	3	4	5	5	6	7	4	5	6	5	6	7
	T5	2	3	4	4	5	6	7	8	9	4	5	6

Çizelge 5.39 (devamı): Anket verilerinin üçgensel bulanık sayılara dönüş. hali

		K5			K6			K7			K8		
KV2	T1	5	6	7	8	9	9	4	5	6	6	7	8
	T2	3	4	5	1	2	3	7	8	9	7	8	9
	T3	6	7	8	4	5	6	3	4	5	5	6	7
	T4	5	6	7	7	8	9	3	4	5	4	5	6
	T5	6	7	8	3	4	5	7	8	9	4	5	6
KV3	T1	6	3	8	6	7	9	3	7	6	3	8	6
	T2	9	5	5	3	4	4	7	8	9	5	5	3
	T3	8	6	3	6	5	4	5	7	8	6	3	6
	T4	7	3	7	7	6	8	4	6	7	3	7	7
	T5	6	8	4	5	5	3	7	6	6	8	4	5
KV4	T1	7	4	7	7	8	8	4	7	7	4	7	7
	T2	9	7	4	4	6	4	6	8	9	7	4	4
	T3	6	6	3	6	6	4	3	7	6	6	3	6
	T4	7	4	6	8	8	7	5	6	7	4	6	8
	T5	6	8	4	5	6	3	7	5	6	8	4	5

Veriler bulanıklaştırıldıktan sonra birden fazla karar verici olduğu için tek bir değerlendirme matrisi elde etmek amacı ile verilerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bu yöntemde Chen (2006)'in yaklaşımı kullanılmış ve geometrik ortalama yerine verilerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bu işlen yapıldıktan sonra elde edilen grup değerlendirme matrisi Çizelge 5.40'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.40: Grup değerlendirme matrisi.

	K1			K2			K3			K4		
T1	5,50	6,50	7,50	2,75	3,75	4,75	6,50	7,50	8,50	5,25	6,25	7,25
T2	8,00	9,00	9,00	5,50	6,50	7,50	4,25	5,25	6,25	2,25	3,25	4,25
T3	6,75	7,75	8,50	5,00	6,00	7,00	2,00	3,00	4,00	4,50	5,50	6,50
T4	6,00	7,00	8,00	2,75	3,75	4,75	5,50	6,50	7,50	6,25	7,25	8,25
T5	5,25	6,25	7,25	7,00	8,00	9,00	3,50	4,50	5,50	3,50	4,50	5,50
	K5			K6			K7			K8		
T1	6,00	7,00	8,00	7,75	8,75	9,00	3,00	4,00	5,00	6,25	7,25	8,25
T2	3,50	4,50	5,50	2,50	3,50	4,50	6,00	7,00	8,00	7,25	8,25	9,00
T3	4,25	5,25	6,25	3,25	4,25	5,25	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
T4	5,00	6,00	7,00	6,25	7,25	8,25	3,50	4,50	5,50	4,75	5,75	6,75
T5	4,25	5,25	6,25	2,75	3,75	4,75	6,50	7,50	8,50	4,25	5,25	6,25

Bu işlemin ardından Formül (4.8) kullanılarak Çizelge 5.40'da bulunan veriler durulaştırılır. Durulaştırma sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.41'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.41: Durulaştırma işlemi sonucu elde edilen değerlendirme matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	6,50	3,75	7,50	6,25	7,00	8,63	4,00	7,25
T2	8,83	6,50	5,25	3,25	4,50	3,50	7,00	8,21
T3	7,71	6,00	3,00	5,50	5,25	4,25	4,00	7,00
T4	7,00	3,75	6,50	7,25	6,00	7,25	4,50	5,75
T5	6,25	8,00	4,50	4,50	5,25	3,75	7,50	5,250

Durulaştırma işleminin ardından alternatiflerin kriterlere göre uyum (ψ_j) ve uyumsuzluk (D_j) derecelerinin hesaplanabilmesi için kriterlere ait eşik değerleri belirlenmiş, sonrasında rk_j+t_{ij} , rk_j+t_{jp} ve rk_j+t_{jv} matrisleri oluşturulmuştur. Bu gösterimde r durulaştırma sonucu elde edilen verileri, j kriter numarasını, k ise alternatiflerin numaralarını belirtmektedir. Kriterlere ait eşik değerleri Çizelge 5.42’de ve oluşturulan matrisler Çizelge 5.43, Çizelge 5.44 ve Çizelge 5.45’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.42: Kriterlere ait farksızlık (t_{ji}), üstünlük (t_{jp}) ve veto (t_{jv}) eşik değerleri.

	t_{ji}	t_{jp}	t_{jv}
K1	1	2	3
K2	1	2	3
K3	1	2	3
K4	1	2	3
K5	1	2	3
K6	1	2	3
K7	1	2	3
K8	1	2	3

Çizelge 5.43: rk_j+t_{ij} değerleri.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	7,50	4,75	8,50	7,25	8,00	9,63	5,00	8,25
T2	9,83	7,50	6,25	4,75	5,50	4,50	8,00	9,21
T3	8,71	7,00	4,00	6,75	6,25	5,25	5,00	8,00
T4	8,00	4,75	7,50	8,25	7,00	8,25	5,50	6,75
T5	7,25	9,00	5,50	5,75	6,25	4,75	8,50	6,25

Çizelge 5.44: rkj+tpj değerleri.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	8,50	5,75	9,50	8,250	9,00	10,63	6,00	9,25
T2	10,83	8,50	7,25	5,750	6,50	5,50	9,00	10,21
T3	9,71	8,00	5,00	7,750	7,25	6,25	6,00	9,00
T4	9,00	5,75	8,50	9,250	8,00	9,25	6,50	7,75
T5	8,25	10,00	6,50	6,750	7,25	5,75	9,50	7,25

Çizelge 5.45: rkj+tvj değerleri.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	9,50	6,75	10,50	9,25	10,00	11,63	7,00	10,25
T2	11,83	9,50	8,25	6,75	7,50	6,50	10,00	11,21
T3	10,71	9,00	6,00	8,75	8,25	7,25	7,00	10,00
T4	10,00	6,75	9,50	10,25	9,00	10,25	7,50	8,75
T5	9,25	11,00	7,50	7,75	8,25	6,75	10,50	8,25

Alternatiflerin uyum ve uyumsuzluk derecelerine ait matrisler Formül (4.9) ve Formül (4.10) nın kullanılması ile bulunmuştur. Bulunan matrisler Çizelge 5.46 ve Çizelge 5.47’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.46: Alternatiflerin kriterlere göre uyum dereceleri (ψ_j).

T1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
T3	0,79	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T5	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
T2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
T3	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	0,75	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00
T5	1,00	0,50	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
T3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	1,00	1,00	0,00	1,00	0,25	0,00	1,00	1,00
T2	0,88	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,79
T4	1,00	1,00	0,00	0,25	1,00	0,00	1,00	1,00
T5	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
T4	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,63	1,00	0,50
T2	0,17	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
T3	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75
T5	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00

Çizelge 5.46 (devamı): Alternatiflerin kriterlere göre uyum dereceleri (ψ_j).

T5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	1,00	1,00	0,00	0,25	0,25	0,00	1,00	0,00
T2	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
T3	0,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25
T4	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00

Çizelge 5.47: Alternatiflerin kriterlere göre uyumsuzluk dereceleri (D_j).

T1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T2	0,33	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,00	0,00	0,25	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00
T3	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
T5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
T2	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T4	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
T5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T4	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,46
T3	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
T5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
T1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
T2	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	0,00

Her alternatiflerin birbirlerine göre her bir kriter için uyum ve uyumsuzluk dereceleri belirlendikten sonra Formül (4.11) kullanılarak alternatiflere ait uyum ilişkileri belirlenir. Formülde bulunan w_j Fuzzy AHP yöntemi ile bulunmuş olan kriter ağırlıklarını temsil etmektedir. Alternatiflerin uyum ilişkileri matrisi Çizelge 5.48’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.48: Uyum ilişkileri matrisi.

Ψ	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1,00	0,63	0,81	1,00	0,77
T2	0,55	1,00	0,74	0,63	0,85
T3	0,84	0,84	1,00	0,72	0,75
T4	0,90	0,48	0,79	1,00	0,77
T5	0,46	0,68	0,80	0,65	1,00

Uyum ilişkileri matrisi belirlendikten sonra Formül (4.12) ve Formül (4.13) kullanılarak alternatiflerin uyumsuzluk ilişkileri hesaplanmıştır. Alternatiflerin uyumsuzluk ilişkileri matrisi Çizelge 5.49’da gösterilmektedir.

Çizelge 5.49: Uyumsuzluk ilişkileri matrisi.

D	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1,00	0,83	1,00	1,00	0,75
T2	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00
T3	0,75	0,88	1,00	0,75	0,88
T4	1,00	0,93	1,00	1,00	0,75
T5	0,75	0,89	1,00	0,84	1,00

Alternatiflerin uyum ve uyumsuzluk ilişkileri belirlendikten sonra bu iki matrisin Formül (4.14)’de gösterildiği şekilde birleşimi ile alternatiflerin birbirlerine göre bulanık kıdem ilişkileri ($s^d(k,l)$) belirlenir. Bulanık kıdem ilişkileri Çizelge 5.50’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.50: Bulanık kıdem ilişkileri.

$s^d(k,l)$	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1,00	0,52	0,81	1,00	0,58
T2	0,41	1,00	0,74	0,47	0,85
T3	0,63	0,73	1,00	0,54	0,65
T4	0,90	0,44	0,79	1,00	0,58
T5	0,35	0,61	0,80	0,54	1,00

Bulanık kıdem ilişkisinin belirlenmesinin ardından Formül (4.15) kullanılarak alternatiflerin bulanık baskınlık ve Formül (4.16) kullanılarak alternatiflerin bulanık çekiniklik ilişkileri belirlenir. Çizelge 5.51 da bulanık baskınlık ilişkileri, Çizelge 5.52’de ise bulanık çekiniklik ilişkileri gösterilmiştir.

Çizelge 5.51: Bulanık baskınlık ilişkileri.

μ_D	T1	T2	T3	T4	T5
T1	0,00	0,11	0,18	0,10	0,23
T2	0,00	0,00	0,00	0,03	0,24
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,26	0,00	0,03
T5	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00

Çizelge 5.52: Bulanık çekiniklik ilişkileri.

μ_{ND}	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1,00	0,89	0,82	0,90	0,77
T2	1,00	1,00	1,00	0,97	0,76
T3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	0,75	1,00	0,97
T5	1,00	1,00	0,85	1,00	1,00

Bir sonraki adımda Formül (4.17) kullanılarak hiçbir alternatifin bulanık baskınlık ilişkisi kuramadığı alternatiflerin kümesi elde edilmiştir. Elde edilen matris Çizelge 5.53’de gösterilmiştir. Alternatiflerin sıralaması Formül (4.18)’de de gösterildiği gibi $\max \mu^*(A_k)$ değerine sahip olan alternatiften ($\mu^*(A_k^*)$) başlanarak yapılmaktadır. Alternatiflerin sıralaması Çizelge 5.54’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.53: $\mu^*(A_k)$ matrisi.

	T1	T2	T3	T4	T5
T1	*	0,89	0,82	0,90	0,77
T2	1,11	*	1,00	0,97	0,76
T3	1,18	1,00	*	1,26	1,15
T4	1,10	1,03	0,75	*	0,97
T5	1,23	1,24	0,85	1,03	*

Çizelge 5.54: Alternatiflerin Fuzzy ELECTRE Yöntemine göre sıralaması.

	T1	T2	T3	T4	T5
	1,10	0,89	0,75	0,90	0,76
Sıralama	1	3	5	2	4

5.3.7 Fuzzy TOPSİS Yöntemi ile çözüm

Fuzzy Topsis yönteminin ilk adımları ile Fuzzy Electre yönteminin ilk adımları birbirlerine benzerdir. İlk olarak Fuzzy Electre yöntemi ile aynı şekilde Çizelge 5.1 ‘de gösterilmiş olan veriler Çizelge 4.2’ye göre bulanıklaştırılmış ve ardından grup değerlendirme (karar)

matrisini elde edebilmek için bulanıklaştırılan verilerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bu işlemlerin sonucunda Çizelge 5.62' de bulunan veriler elde edilmiştir.

Daha sonra Standart karar matrisinin oluşturulması için Çizelge 5.41'de bulunan veriler Formül (4.21) ve Formül (4.22)'ye göre normalleştirilmiştir. Elde edilen Standart karar matrisi Çizelge 5.55'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.55: Standart karar matrisi.

	K1			K2			K3			K4		
T1	0,61	0,72	0,83	0,31	0,42	0,53	0,76	0,88	1,00	0,64	0,76	0,88
T2	0,89	1,00	1,00	0,61	0,72	0,83	0,50	0,62	0,74	0,27	0,39	0,52
T3	0,75	0,86	0,94	0,56	0,67	0,78	0,24	0,35	0,47	0,55	0,67	0,79
T4	0,67	0,78	0,89	0,31	0,42	0,53	0,65	0,76	0,88	0,76	0,88	1,00
T5	0,58	0,69	0,81	0,78	0,89	1,00	0,41	0,53	0,65	0,42	0,55	0,67
	K5			K6			K7			K8		
T1	0,75	0,88	1,00	0,86	0,97	1,00	0,35	0,47	0,59	0,69	0,81	0,92
T2	0,44	0,56	0,69	0,28	0,39	0,50	0,71	0,82	0,94	0,81	0,92	1,00
T3	0,53	0,66	0,78	0,36	0,47	0,58	0,35	0,47	0,59	0,67	0,78	0,89
T4	0,63	0,75	0,88	0,69	0,81	0,92	0,41	0,53	0,65	0,53	0,64	0,75
T5	0,53	0,66	0,78	0,31	0,42	0,53	0,76	0,88	1,00	0,47	0,58	0,69

Standart karar matrisinin oluşturulmasından sonra Ağırlıklandırılmış standart karar matrisinin hesaplanmasına geçilmiştir. Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulurken Fuzzy AHP yönteminde elde edilmiş olan kriter ağırlıklarının üçgensel bulanık değerleri kullanılmıştır. Fuzzy AHP yöntemi ile bulunan kriter ağırlıklarının üçgensel bulanık değerleri daha önce, Fuzzy AHP yöntemi ile çözüm başlığı altında Çizelge A.8'de verilmiştir. Standart karar matrisinde bulunan veriler Çizelge A.8'de bulunan üçgensel kriter ağırlıkları ile çarpılmış ve Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi elde edilmiştir.. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.56' da gösterilmektedir.

Çizelge 5.56: Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi.

	K1			K2			K3			K4		
T1	0,05	0,10	0,20	0,03	0,07	0,15	0,02	0,04	0,08	0,10	0,20	0,39
T2	0,07	0,14	0,24	0,06	0,12	0,24	0,01	0,03	0,06	0,04	0,11	0,23
T3	0,06	0,12	0,23	0,05	0,11	0,22	0,01	0,02	0,04	0,08	0,18	0,35
T4	0,05	0,11	0,21	0,03	0,07	0,15	0,02	0,03	0,07	0,12	0,24	0,44
T5	0,05	0,10	0,19	0,07	0,15	0,28	0,01	0,02	0,05	0,07	0,15	0,29
	K5			K6			K7			K8		
T1	0,04	0,09	0,18	0,02	0,04	0,07	0,01	0,03	0,06	0,07	0,14	0,28
T2	0,03	0,06	0,12	0,01	0,02	0,04	0,03	0,05	0,10	0,08	0,16	0,30

Çizelge 5.56 (devamı): Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi.

	K5			K6			K7			K8		
T3	0,03	0,07	0,14	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,06	0,07	0,14	0,27
T4	0,04	0,07	0,15	0,02	0,03	0,07	0,02	0,03	0,07	0,06	0,11	0,23
T5	0,03	0,07	0,14	0,01	0,02	0,04	0,03	0,06	0,11	0,05	0,10	0,21

Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisinin hesaplanmasının ardından İdeal ve Negatif İdeal Ayırım Ölçülerinin hesaplanmasına geçilmiştir. Bu hesap yapılırken Chen ve diğ. (2006)'nin çalışmalarında Bulanık İdeal (A+) ve Bulanık Negatif İdeal (A-) Çözümler için yaptığı tanım kabul edilmiştir. Bu tanımdaki A+ ve A- çözüm kümeleri aşağıda bulunmaktadır.

- $A^+=[(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1),(1,1,1)]$
- $A^-=[(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0),(0,0,0)]$

Bu tanımlara göre İdeal ve Negatif İdeal Ayırım ölçüleri hesaplanmıştır. Bulunan d_i^+ ve d_i^- değerleri Çizelge 5.57'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.57: İdeal ve Negatif İdeal Ayırım ölçütleri.

d_i^+	d_i^-
7,20	0,93
7,24	0,88
7,24	0,89
7,21	0,92
7,25	0,87

İdeal ve negatif ideal ayırım ölçütlerinin hesaplanmasından sonra bu değerler Formül (4.29)'da yerlerine konularak alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları (CC_i) hesaplanmıştır. Fuzzy Topsis yönteminde de alternatiflerin sıralanması en büyük CC_i değerinden başlanarak yapılmaktadır. Çizelge 5.58'de alternatiflere ait CC_i değerleri ve alternatiflerin sıralamadaki yerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.58: Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlıkları ve sıralamaları.

Alternatifler	CC_i	Sıralama
T1	0,114	1.
T2	0,108	4.
T3	0,109	3.
T4	0,113	2.
T5	0,107	5.

5.4 Çözümlerin Değerlendirilmesi

Ray tedarikçisi seçimi probleminin çözümü, 4. Bölümde uygulama adımları verilmiş olan 7 farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Yöntemler birbirlerine göre farklılıklar gösterdiği için sonuç sıralamaları yöntemden yönteme farklılık göstermiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar Çizelge 5.59'da toplu bir şekilde gösterilmiştir.

Sonuç sıralamalarının farklı olması yöntemlerin değerlendirme şekillerinin ve kullanılan verilerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. AHP yönteminde sıralama yapılırken sadece 1-9 skalası kullanılarak doldurulan ikili karşılaştırma matrislerinden faydalanılmıştır. Bu yöntem ile kriterlerin ağırlıkları ve tedarikçilerin sıralamaları bulunmuştur.

ELECTRE III yönteminde çözüm yapılırken AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları, anketlerden elde edilen değerlendirme matrisleri ve yine anketlerden elde edilen eşik değerleri kullanılmıştır. Değerlendirme matrisi ELECTRE III yöntemine girilirken tedarik süresi, ürünün toplam fiyatı ve üretim kapasitesi kriterleri için tedarikçilere ait gerçek veriler kullanılmıştır. ELECTRE III yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak veto eşik değeri kullanılmıştır.

Çizelge 5.59: Sonuçların toplu gösterimi.

	Sıralama
AHP	T4-T3-T5-T1-T2
ELECTRE III	T1,T4-T2-T5-T3
PROMETHEE	T1-T4-T2-T3-T5
TOPSİS (gerçek sayılar ile)	T2-T1-T3-T4-T5
TOPSİS (değerlendirme ölçeğine göre)	T4-T1-T3-T5-T2
FUZZY AHP	T4-T3-T5-T1-T2
FUZZY ELECTRE	T1-T4-T2-T5-T3
FUZZY TOPSİS	T1-T4-T3-T2-T5

PROMETHEE yönteminde ELECTRE III yönteminde olduğu gibi anketlerden elde edilen değerlendirme matrisi, AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları ve kriterlere ait eşik değerleri kullanılmıştır. Değerlendirme matrisinde ELECTRE III yönteminde olduğu gibi tedarik süresi, ürünün toplam fiyatı ve üretim kapasitesi kriterleri için tedarikçilere ait gerçek veriler kullanılmıştır. Bu yöntemde ELECTRE III yönteminden farklı olarak sadece farksızlık ve üstünlük eşik değerleri kullanılmıştır.

TOPSİS yönteminde çözüm yapılırken ELECTRE III ve PROMETHEE yöntemlerinde kullanılmış olan değerlendirme matrisinin aynısı ve AHP yönteminden elde edilmiş olan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu yöntemde tedarikçilerin sıralaması yapılırken eşik değerlerden faydalanılmamıştır. TOPSİS yönteminde bir de gerçek sayılar kullanılmadan çözüm yapılmıştır. Bu şekilde yapılan çözümde alternatiflerin sıralamasıda farklı çıkmıştır.

Fuzzy AHP yönteminde çözüm yapılırken AHP yönteminde kullanılmış olan ikili karşılaştırma matrisleri bulanıklaştırılmıştır. Bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve alternatiflerin sıralaması bulunmuştur.

Fuzzy ELECTRE yönteminde çözüm yapılırken anketlerden elde edilen değerlendirme matrisi bulanıklaştırılmıştır. ELECTRE III yönteminden farklı olarak bu yöntemde alternatiflere ait gerçek değerler kullanılmamış, değerlendirme matrisindeki tüm değerlendirmeler 1-9 skalasında (Çok kötü – Çok iyi ölçeği) yapılmıştır. Bu yöntemde alternatiflere ait gerçek değerlerin kullanılmamasının sebebi gerçek değerlerin bulanıklaştırılamamasıdır. Fuzzy ELECTRE yöntemi ile çözüm yapılırken eşik değerleri de ELECTRE III yöntemine göre farklı alınmıştır. Hesap yapılırken tüm kriterlere ait farksızlık eşik değeri için “1”, üstünlük eşik değeri için “2” ve veto eşik değeri için “3” değeri kullanılmıştır. Bunun sebebi değerlendirme matrisinde gerçek değerlerin kullanılmamış olmasıdır. Bu yöntemde kriter ağırlıkları olarak Fuzzy AHP yönteminden elde edilen ağırlıklar kullanılmıştır.

Fuzzy TOPSİS yönteminde Fuzzy ELECTRE yönteminde kullanılmış olan değerlendirme matrisinin aynısı kullanılmıştır. Çözüm yapılırken Fuzzy AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu yöntem de de TOPSİS yönteminde olduğu gibi eşik değerleri kullanılmamaktadır.

Yöntemlerin tamamında aynı probleme ait farklı veriler kullanılmış ve çözümler farklı yaklaşımlarla yapılmıştır. Bundan dolayı bulunan sonuç sıralamalarının farklı çıkması olağandır. Her yöntemin kendine ait üstünlükleri ve zayıflıkları bulunmaktadır. Bu çalışmada anlatılan tüm yöntemlerle çözüm yapılarak, sonuçların yorumlanması amaçlanmıştır.

Yapılmış olan çözümler incelendiğinde en çok tercih edilen alternatif T1, ikinci en çok tercih edilen alternatif ise T4 alternatifi olarak çıkmıştır. Ray tedarikçisi seçimi

için yapılmış olan bu çözümler şirket çalışanları ile paylaşıldığında da şirketin genellikle T1 ve T4 alternatif tedarikçileri ile çalıştıkları öğrenilmiştir. Bu bilgi ışığında yapılmış olan çözümlerin gerçek değerlendirmeler ile uyduğu ve bu yöntemlerin inşaat sektöründe tedarikçi seçimi çalışmalarında uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma kapsamında kullanılmış olan yöntemlere ait karşılaştırmalar kullanılan veri türleri, yöntemlerinin üstün ve zayıf yanları belirtilerek Çizelge 5.60'da özetlenmiştir.

Çizelge 5.60: Yöntemlere ait karşılaştırma tablosu.

Yöntem	Kullanılan veriler	Üstün yanları	Zayıf yanları
AHP	-İkili karşılaştırma matrisleri	-Nicel ve nitel veriler kullanılabilir. -Hiyerarşi oluşturularak problem görselleştirilir. -Öğrenmesi ve kullanması oldukça kolaydır.	-Alternatiflere ait gerçek veriler kullanılmaz. -RI değerleri sınırlı olduğu için sınırlı sayıda kriterler ve alternatifle çözüm yapılabilir. -Analiz esnasında yeni kriter, alternatif eklemek zordur.
ELECTRE III	-AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları -Grup karar matrisi (K2,K4 ve K8 kriterleri için gerçek veriler) -Kriterlere ait farksızlık, üstünlük ve veto eşik değerleri	-Nicel ve nitel veriler kullanılabilir. - Eşik değerleri ve alternatiflere ait gerçek veriler kullanılarak daha doğru sonuç elde edilir. -Analiz esnasında yeni kriter veya alternatif eklemek kolaydır.	

Çizelge 60 (devamı): Yöntemlere ait karşılaştırma tablosu

TOPSİS	-AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları -Grup karar matrisi (K2,K4 ve K8 kriterleri için gerçek veriler)	-Nicel ve nitel veriler kullanılabilir. - Hazır program olmadan excelde kolaylıkla çözüm yapılır.	-Kriterlere ait eşik değerleri hesaba katılmaz.
PROMETHEE	-AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları -Grup karar matrisi (K2,K4 ve K8 kriterleri için gerçek veriler) -Kriterlere ait farksızlık ve üstünlük eşik değerleri	-Nicel ve nitel veriler kullanılabilir. - Eşik değerleri ve alternatiflere ait gerçek veriler kullanılarak daha doğru sonuç elde edilir. -Analiz esnasında yeni kriter veya alternatif eklemek kolaydır.	
FUZZY AHP	-Bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisleri	-Hazır programı yoktur ancak excelde kolaylıkla çözüm yapılır.	-Alternatiflere ait gerçek veriler kullanılmaz. - RI değerleri sınırlı olduğu için sınırlı sayıda kriterler ve alternatifle çözüm yapılabilir. -Analiz esnasında yeni kriter veya alternatif eklemek zordur.

Çizelge 60 (devamı): Yöntemlere ait karşılaştırma tablosu

FUZZY ELECTRE	-Fuzzy AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları -Bulanıklaştırılmış grup karar matrisi (gerçek değerler kullanılmaz) -Kriterlere ait farksızlık, üstünlük ve veto eşik değerleri (Gerçek değerler kullanılmaz)	-Hazır programı yoktur ancak excelde kolaylıkla çözüm yapılır.	- Alternatiflere ait gerçek veriler bulanıklaştırılamamak tadır. Bundan dolayı karar vericilerin değerlendirmeleri ile sonuca varılır.
FUZZY TOPSİS	-Fuzzy AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları -Bulanıklaştırılmış grup karar matrisi (gerçek değerler kullanılmaz)	-Hazır programı yoktur ancak excelde kolaylıkla çözüm yapılır.	-Kriterlere ait eşik değerleri hesaba katılmaz.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tüm sektörlerde üretim için gerekli olan malzemeleri temin eden kişi yada kuruluşlar olan tedarikçilerin seçilmesi, firmalar için stratejik bir karar niteliği taşımaktadır. Projelerin istenilen zamanda, beklenen kalite düzeyinde ve hesaplanan bütçe içerisinde bitirilebilmeleri büyük oranda proje için gerekli olan malzemelerin doğru şekilde temin edilmesine bağlıdır. Bu nedenle tedarikçi seçimi işlemi firmalar için önemlidir ve titiz bir çalışma gerektirmektedir.

İnşaat sektöründe de tedarikçilerin doğru bir şekilde seçilmesi inşaat projelerinin başarısını etkilemektedir. Bu tez kapsamında inşaat sektöründe tedarikçi seçimi yapılırken kullanabilecek çok amaçlı (kriterli) karar destek yöntemleri açıklanmış ardından gerçek bir projenin tedarikçi seçimi problemi üzerine bu yöntemler uygulamalı olarak gösterilmiştir.

Tez kapsamında öncelikle 7 adet çok amaçlı karar destek yöntemi açıklanmıştır. Bu yöntemlerden dört tanesinde (AHP, ELECTRE III, PROMETHEE ve TOPSİS) çözüm yapılırken kesin sayılar kullanılmaktadır. Diğer üç tanesi (Fuzzy AHP, Fuzzy ELECTRE ve Fuzzy TOPSİS) ise bulanık yöntemler olup bulanık sayılar ile çözüm sağlamaktadır. Bulanık yöntemlerin kullanılmasının sebebi, kesin sayıların günlük konuşma dilindeki ve insani düşünme tarzındaki belirsizlikleri tam karşılayamaması ve bundan dolayı kesin sayılar kullanılarak yapılan çözümlerin yanıltıcı olabilmesidir. Çok kriterli karar destek sistemleri bulanık mantık ve dolayısı ile bulanık kümeler ve bulanık sayılar ile birleştirildiğinde ise bu sorun ortadan kalkmaktadır. Vaka analizine geçmeden önce her yöntem adım adım anlatılmıştır.

Vaka analizinde gerçek bir proje üzerinde anlatılmış olan yöntemler ile tedarikçi seçimi yapılmıştır. Örnek proje demiryolu sektöründe çalışmakta olan bir Türk müteahhitlik firmasının Suudi Arabistanda yapmakta oldukları bir şehirler arası demiryolu projesidir. Bu proje için ray tedarikçisi seçimi üzerinde çalışılmıştır. Öncelikle firmanın teklif departmanında çalışan ve tedarikçi seçimi konusunda karar verici konumda olan bir teklif mühendisi ile görüşmeler yapılmış ve firmanın ray tedarikçisi seçerken hangi kriterlere dikkat ettikleri ve alternatif ray tedarikçileri

belirlenmiştir. Ardından teklif departmanında çalışan ve yine tedarikçi seçimi konusunda karar verici konumunda olan 4 teklif mühendisi ile anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışmasından toplanan veriler ile tedarikçi seçimi 7 farklı yöntemle göre yapılmıştır.

İlk önce AHP yöntemi ile çözüm yapılmıştır. Kriterlerin birbirlerine göre ağırlıkları ve alternatiflerin her bir kritere göre ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra karar vericiler tarafından doldurulan matrislerin tutarlılıkları test edilmiştir. Tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları (T.O.) 0,1 değerinden düşük çıkmıştır. Bu da matrislerin tutarlı olduğunu göstermektedir. Son olarak AHP yöntemine göre tedarikçilerin sıralaması bulunmuştur. Bu yöntemle göre en iyi alternatif T4, en kötü alternatif ise T2 çıkmıştır. AHP yönteminde sadece ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak tedarikçilerin sıralaması yapıldığı ve tedarikçilere ait değerlendirme matrisi çözüme katılmadığı için, bu yöntem tedarikçi seçiminde tek başına zayıf kalmaktadır.

ELECTRE III yöntemi ile yapılan çözümde ise T1 ve T4 alternatifleri karşılaştırılmaz en iyi, T3 alternatifi ise en kötü olarak çıkmıştır. Bu yöntemde AHP yöntemi ile elde edilmiş olan kriter ağırlıkları ile beraber tedarikçilerin kriterlere göre değerlendirildiği değerlendirme matrisi verileri ve kriterlere ait eşik değerleri verileri kullanılmıştır. Değerlendirme matrisinde Tedarik süresi (K2), Ürünün toplan fiyatı (K4) ve Üretim kapasitesi (K7) kriterleri için alternatiflere ait gerçek verilere yer verilmiştir. Diğer kriterler için karar vericilerin yaptıkları çok kötü çok iyi ölçeğindeki değerlendirmeler esas alınmıştır. Bu yöntemde alternatiflere ait gerçek verilerden yararlanıldığı için AHP yönteminden elde edilen sıralamaya göre daha tatmin edici sonuçlar vermektedir.

Bir diğer yöntem olan PROMETHEE’de ELECTRE III yönteminden farklı olarak veto eşik değeri kullanılmamaktadır, bunun dışında kullanılmış olan veriler aynıdır. Yapılan çözüm sonucunda T1 tedarikçisi en iyi, T5 tedarikçisi ise en kötü olarak bulunmuştur. TOPSİS yöntemine göre ise T2 alternatifi diğerlerine göre en iyi, T5 alternatifi ise en kötü olarak hesaplanmıştır. TOPSİS yönteminde ELECTRE yönteminde kullanılmış olan değerlendirme matrisinin aynısı kullanılmıştır sadece kriterlere ait eşik değerleri hesaba katılmamaktadır. Aynı zamanda yöntemin çözüm adımları diğer yöntemlere göre farklıdır. Bu sebeple bulunan sonuçlar farklılık göstermektedir.

Kesin sayılar kullanan yöntemlerle çözümler tamamlandıktan sonra bulanık sayılar kullanılan yöntemlere geçilmiştir. Bu yöntemler için öncelikle anketlerden elde edilmiş olan ikili karşılaştırma matrisleri ve değerlendirme matrisleri bulanıklaştırılmıştır. Veriler bulanıklaştırıldıktan sonra kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklarının bulunması hemde alternatiflerin sıralamalarının yapılabilmesi için ilk önce Fuzzy AHP yöntemi ile çözüm yapılmıştır. Fuzzy AHP yönteminin sonucunda elde edilen sıralama AHP yöntemi ile elde edilen sıralamanın aynısıdır.

Fuzzy ELECTRE yönteminde kriter ağırlıkları Fuzzy AHP yönteminden alınmıştır. Bu yöntemde ELECTRE III yönteminden farklı olarak alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği değerlendirme matrisinde sadece karar vericilerin çok kötü- çok iyi ççeğine göre doldurdukları değerler kullanılmıştır. Alternatiflere ait gerçek verilere yer verilmemiştir. Aynı şekilde çözümde kullanılan eşik değerlerinde gerçek değerler kullanılmamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda T1 alternatifi en iyi, T3 alternatifi ise en kötü olarak bulunmuştur.

Fuzzy TOPSİS yönteminde de Fuzzy ELECTRE yönteminde kullanılmış olan değerlendirme matrisinin aynısı kullanılmıştır. Bu yöntemde de TOPSİS yönteminde olduğu gibi eşik değerler yer almamaktadır. Fuzzy TOPSİS yönteminin sonucunda T1 alternatifi en iyi alternatif, T3 alternatifi ise en kötü alternatif olarak bulunmuştur.

Her yöntemde diğer yöntemlere göre farklı adımlar izlenmiş ve farklı tür veriler kullanılmıştır. AHP yönteminde sadece ikili karşılaştırma matrisleri kullanılırken diğer yöntemlerde alternatiflerin kriterlere göre değerlendirildiği değerlendirme matrisleri hesaba katılmıştır. Bazı yöntemlerde eşik değerlerinin 3'ü birden kullanılırken bazılarında iki tanesi kullanılmış, bazısında hiç eşik değeri kullanılmamıştır. Yöntemlerdeki bu farklılıklar sonuç sıralamalarını etkilemektedir.

Anlatılmış olan yöntemler arasında karşılaştırma yapmak zordur ve en iyi yöntemi belirlemek kolay değildir. Bu tez kapsamında 7 ayrı çok amaçlı karar destek yöntemi tanıtılmış ve karşılaştırılmıştır. Bu açıklamalar ışığında tedarikçi seçimi problemi üzerinde çalışan kişilerin elinde bulunan veri türüne göre hangi yöntemi kullanacaklarını belirleyebilecek ve kolaylıkla sonuç sıralamasına ulaşabileceklerdir. ELECTRE III ve PROMETHEE yöntemlerinin kolay anlaşılabilir hazır programları bulunmaktadır, bundan dolayı tedarikçi seçimi üzerine sektörde çalışmakta olanların, problem çözümünde ellerindeki veriler de yöntemlere uygun ise, bu yöntemleri

kullanmaları önerilmektedir. Kriter ağırlıkları için AHP yöntemi aynı şekilde kolaylıkla kullanılabilir veya çalışanlar tedarikçi seçimi sürecinde dikkate alacakları kriterlere kendileri ağırlık vererek çözümü gerçekleştirebilirler.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında çok amaçlı karar destek sistemlerinin tedarikçi seçimi problemlerinde uygulanabileceği anlatılmıştır. İleriki çalışmalarda farklı yöntemler kullanılarak sonuçların karşılaştırılabileceği daha kesin sonuçlar elde edilebileceği beklenmektedir. Bu tez kapsamında anlatılmamış olan Fuzzy PROMETHEE ve Fuzzy Evidential Reasoning yöntemlerinin de ileriki çalışmalarda tedarikçi seçimi problemlerine uyarlanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aloini, D., Dulmin, R., & Mininno, V.** (2009). A Hybrid Fuzzy-PROMETHEE Method for Logistic Service Selection: Design of a Decision Support Tool, *Intelligent Systems Design and Applications*, Ninth International Conference, 462-466
- Anagnostopoulos, K.P., Gratziou, M., ve Vavatsikos, A.P.** (2007). Using the fuzzy analytic hierarchy process for selecting wastewater facilities at prefecture level, *European Water* 19/20: 15-24, E.W. Publications
- Berkol, Ç.** (2011). Supplier Selection with Sustainability Perspective Using an Integrated Fuzzy Approach, Master Thesis, Galatasaray University
- Buchanan, J., Sheppard, P., ve Vanderpooten, D.** (1999). Project ranking using Electre III, Technical Report, Department of Management Systems, University of Waikato
- Calvi R., Le Dain, M.A., Fendt, T.C, Herrmann, C.J.** (2010). Supplier selection for strategic supplier development, *CI. Cahier de recherche* n 2010-11
- Chai, J., Liu, J.N.K., Ngai, E.W.T.** (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature, *Expert Systems with Applications*, 40, 3872–3885
- Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F.** (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *Int. J. Production Economics*, 102, 289–301
- Choi, T.Y. ve Hartley, J.L.** (1996). Technical note: An exploration of supplier selection practices across the supply chain, *Journal of Operations Management*, cilt:14, sf: 333-343
- Çakın, E. ve Özdemir A.** (2013). Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (Anp) Ve Electre Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama.”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, *İİBF Dergisi* (C. XV, S. II, 2013)
- Dağdeviren, M. ve Eraslan, E.** (2008). Promethee Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 23, No 1, 69-75
- Dargi, A., Anjomshoe, A., Galankashi, M.R., Memari, A., Tap, M.B.M.** (2014). Supplier Selection: A Fuzzy-ANP Approach, *Procedia Computer Science*, 31, 691 – 700
- Dickson, G.W.** (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions, *Journal of Purchasing* 2/1, 5-17.
- Eshtehardian, E., Ghodousi, P., Bejanpour, A.** (2013). Using ANP and AHP for the Supplier Selection in the Construction and Civil Engineering Companies; Case Study of Iranian Company, *KSCE Journal of Civil Engineering* 17(2):262-270
- Figueira, J., Greco, S., Roy, B., Slowinski, R.** (2010). Electre Methods: Main Features and Recent Developments, <hal-00876980>
- Gencer, C., Gürpınar, D.** (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, *Applied Mathematical Modelling* 31 , 475–2486

- Genç, T.** (2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi* (C. XV, S. I, 2013)
- Genç, A.** (2012). Uluslararası İnşaat Projelerinde Katkı Payının Bulanık Mantık ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Ghodsypour, S.H. ve O'Brien, C.** (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *Int. J. Production Economics* 56-57 (1998) 199-212
- Gökalp, B. ve Soylu, B.** (2010). Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi., *Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2010 Özel Sayısı*, Cilt: 23 sayı 1, Sf. 4-15
- Göksu, A. ve Güngör, İ.** (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses Ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Y.*, Cilt 13, Sayı 3, s.1-26.
- Guan, J., Zhang, Z., Wu, Y.** (2013). Using Fuzzy Matter-element Model and Triangular Fuzzy AHP Method to Select the International Construction Project Material Suppliers, *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 357-360 (2013) pp 2277-2281
- Ho, C., Nguyen, P.M., Shu, M.H.** (2007). Supplier Evaluation and Selection Criteria in the Construction Industry of Taiwan and Vietnam, *Information and Management Sciences*, Vol: 18, No: 4, pp. 403-426,2007
- Ho, W., Xu, X., Dey, P.K.** (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research* 202, Sf: 16–24
- Junior, F. R. L., Osiro, L., Carpinetti, L.C.R.** (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection, *Applied Soft Computing*, 21,194–209
- Işıklı, Ş.** (2009). Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler. *Araştırma Dergisi*. Sayı:19, sf 101-120
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z.** (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management* Volume 16 · Number 6 · 2003 · pp. 382-394
- Kannan, V.R. ve Tan, K.C.** (2002). Supplier Selection and Assessment: Their Impact on Business Performance, *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, November 2002, by the Institute for Supply Management, Inc.TM
- Kaya, T. ve Kahraman, C.** (2011). An integrated fuzzy AHP-ELECTRE methodology for environmental impact assesment, *Expert Systems with Applications*, 38, 8553-8562
- Küçük, O. ve Ecer, F.** (2007). Bulanık Topsis Kullanılarak Tedarikçilerin Degerlendirilmesi ve Erzurum’da Bir Uygulama, *Ekonomik ve Sosyal Arastirmalar Dergisi*, Bahar 2007, Cilt:3, Yıl:3, Sayı:1, 3:45-65
- Laarhoven, P. J. M., ve Pedrycz, W.** (1983). A fuzzy extension of Saaty’s priority theory, *Fuzzy Set Systems* 11: 229–241.

- Liu, J., Ding, F.Y., Lall, V.** (2000). Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement, *Supply Chain Management An International Journal*, Volume 5, Number 3, pp. 143-150
- Marzouk, M. M.** (2010). ELECTRE III Model for Value Engineering Applications, *Automation in Construction*, vol. 20, no. 5, 596-600.
- Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T.N., Sayadi, A.R., Gholinejad, A.** (2010). Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design, *Arabian Journal of Geosciences*
- Özdemir, A.** (2010). Ürün Grupları Temelinde Tedarikçi Seçim Probleminin Ele Alınması Ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Çözümlemesi., *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi* (C.X II, S I, 2010)
- Palcic, I. ve Lalic, B.** (2009). Analytical Hierarchy Process as a Tool for Selecting and Evaluating Projects, *International Journal of Simulation Modelling*, vol. 8, no. 1., 16-26.
- Patil, S. ve Adavi, P.R.** (2012). A Survey Study Of Supplier Selection Issues In Construction Supply Chain, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 2, Issue 5, pp.1806-1809
- Patil, S.K. ve Kant, R.** (2013). A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 2, 1 February 2014, Pages 679–693
- Rezaei, J., Fahim, P.B.M., Tavasszy, L.** (2014). Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP, *Expert Systems with Applications*, 41, 8165–8179
- Schramm, F. ve Morais, D.C.** (2012). Decision Support Model For Selecting And Evaluating Suppliers In The Construction Industry, *Pesquisa Operacional* vol:32 no:3 pp: 643-662
- Senvar, G., Tuzkaya, G., Kahraman C.** (2014). Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy PROMETHEE Method, *Supply Chain Management Under Fuzziness, Studies in Fuzziness and Soft Computing* 313
- Sevkli, M.** (2010). An application of the fuzzy ELECTRE method for supplier selection, *International Journal of Production Research* Vol. 48, No. 12, 15 June 2010, 3393–3405
- Shyjith, K., Ilangkumaran, M., Kumanan, S.** (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), p.375-386
- Soner, S., Önüt, S.** (2006). Multi-Criteria Supplier Selection: An Electre-Ahp Application, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 2006/4
- Steiguer, D., Duberstein, J. E., Lopes, V.** (2003). The Analytic Hierarchy Process as a Means for Integrated Watershed Management, *Proceedings of the 1st Interagency Conference on Research on the Watersheds*, US

Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Benson, Arizona, pp. 736-740.

- Supçilleri A. A. ve Çapraz, O.** (2011). AHP- TOPSİS Yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması, *Ekonometri ve İstatistik* Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), Sf: 1–22
- Susuz, Z.** (2005). Analitik Hiyerarşi Prosesi'ne Dayalı Optimum Tedarikçi Seçim Modeli, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Şen, Z.** (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*, 3. Baskı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye
- Tam, C.M., Tong, T.K.L. ve Lau, C.T.** (2003). ELECTRE III in Evaluating Performance of Construction Plants: Case Study on Concrete Vibrators, *Construction Innovation: Information, Process, Management*, vol. 3, no. 1., 45-61.
- Weber, A.C., Current, J.R., Benton, W.C.** (1991). Vendor selection criteria and methods, *European Journal of Operational Research* 50, 2-18, North-Holland
- Zimmerman, H.J.** (1993). *Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems*, Kluwer Academic Publisher, Fourth Edition, Boston

EKLER

EK A: Çizelgeler

EK B: Anket Çalışması

Çizelge A.1: Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler (K3) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
T2	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
T3	0,17	0,20	0,25	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	0,17	0,20	0,25	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
T2	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	7,00	8,00	9,00	6,00	7,00	8,00	8,00	9,00	9,00
T3	0,25	0,33	0,50	0,11	0,13	0,14	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00
T4	0,20	0,25	0,33	0,13	0,14	0,17	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	0,33	0,50	1,00	0,11	0,11	0,13	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T3	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00
T4	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00	6,00	7,00	8,00
T2	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00
T3	0,14	0,17	0,20	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
T4	0,33	0,50	1,00	4,00	5,00	6,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	0,13	0,14	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.2: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
T2	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00
T3	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00
T2	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,13	0,14	0,17	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50
T3	0,25	0,33	0,50	6,00	7,00	8,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	2,00	3,00	4,00
T4	1,00	2,00	3,00	5,00	6,00	7,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	0,20	0,25	0,33	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	4,00	5,00	6,00
T2	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50
T3	0,33	0,50	1,00	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	2,00	3,00
T4	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	0,17	0,20	0,25	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00
T2	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,11	0,11	0,13	0,14	0,17	0,20	0,17	0,20	0,25
T3	0,33	0,50	1,00	8,00	9,00	9,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	2,00	3,00	4,00
T4	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00
T5	0,33	0,50	1,00	4,00	5,00	6,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.3: Ödeme Kolaylığı (K5) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00
T3	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
T4	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00
T5	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T3	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
T3	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	2,00	3,00	4,00
T4	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.4: Tedarikçi ile iletişim (K7) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
T2	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,14	0,17	0,20
T3	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33
T4	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	0,25	0,33	0,50	5,00	6,00	7,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	7,00	8,00	9,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00
T2	0,11	0,13	0,14	1,00	1,00	1,00	0,11	0,13	0,14	0,14	0,17	0,20	0,11	0,11	0,13
T3	0,33	0,50	1,00	7,00	8,00	9,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,33	0,50	1,00
T4	0,25	0,33	0,50	5,00	6,00	7,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T5	1,00	1,00	1,00	8,00	9,00	9,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00
T3	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00
T4	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00	2,00	3,00	4,00	1,00	1,00	1,00	6,00	7,00	8,00
T2	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00
T3	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	2,00	3,00
T4	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	6,00
T5	0,13	0,14	0,17	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,17	0,20	0,25	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.5: Üretim Kapasitesi (K7) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33
T4	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	2,00	3,00
T3	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T4	0,25	0,33	0,50	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
T5	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00
T2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T3	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25	0,33
T4	4,00	5,00	6,00	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00
T5	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
T3	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.6: Teknik yeterlilik (K8) kriterine ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi.

KV1	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	4,00
T3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T5	1,00	1,00	1,00	0,25	0,33	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KV2	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00
T2	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	3,00	4,00	5,00
T3	1,00	2,00	3,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33
T5	1,00	2,00	3,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00
KV3	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
T2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,20	0,25	0,33
T3	3,00	4,00	5,00	3,00	4,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
T4	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
T5	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00
KV4	T1			T2			T3			T4			T5		
T1	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00
T2	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
T3	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T4	1,00	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T5	0,33	0,50	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge A.7: Kriterlere ait bulanıklaştırılmış ikili karşılaştırma matrisinin geometrik ortalaması alınmış hali.

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
K1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,48	1,97	1,97	2,63	3,20	0,39	0,50	0,61	0,94	1,41	1,84	1,41	2,06	2,99	1,19	1,86	2,45	1,00	1,41	1,73
K2	0,51	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	4,12	5,18	6,06	0,33	0,50	1,00	1,41	1,73	2,00	4,12	5,18	6,06	1,41	2,11	2,71	0,67	1,19	1,73
K3	0,31	0,38	0,51	0,16	0,19	0,24	1,00	1,00	1,00	0,13	0,15	0,18	0,22	0,30	0,47	0,76	1,00	1,32	0,76	1,19	1,73	0,21	0,27	0,39
K4	1,63	2,00	2,59	1,00	2,00	3,00	5,66	6,73	7,77	1,00	1,00	1,00	1,57	2,63	3,66	5,18	6,19	7,20	2,66	3,35	4,45	1,00	1,41	1,73
K5	0,54	0,71	1,06	0,50	0,58	0,71	2,14	3,36	4,49	0,27	0,38	0,64	1,00	1,00	1,00	2,21	3,31	4,36	1,05	1,57	2,11	0,21	0,27	0,39
K6	0,33	0,49	0,71	0,16	0,19	0,24	0,76	1,00	1,32	0,14	0,16	0,19	0,23	0,30	0,45	1,00	1,00	1,00	0,67	0,71	0,76	0,21	0,27	0,39
K7	0,41	0,54	0,84	0,37	0,47	0,71	0,58	0,84	1,32	0,22	0,30	0,38	0,47	0,64	0,96	1,32	1,41	1,50	1,00	1,00	1,00	0,29	0,33	0,41
K8	0,58	0,71	1,00	0,58	0,84	1,50	2,59	3,72	4,79	0,58	0,71	1,00	2,59	3,72	4,79	2,59	3,72	4,79	2,45	2,99	3,50	1,00	1,00	1,00
T.O.	0,057449																							

Çizelge A.8: Kriterlerin birbirlerine göre bulanık ağırlık değerleri ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık Ağırlık Değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,08	0,14	0,24	0,14
0,09	0,16	0,28	0,16
0,03	0,04	0,08	0,04
0,16	0,27	0,44	0,26
0,06	0,10	0,18	0,10
0,03	0,04	0,07	0,04
0,04	0,06	0,11	0,06
0,10	0,17	0,30	0,18

Çizelge A.9: Ürün kalitesi (K1)’ ne ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	0,51	0,84	1,32	0,26	0,35	0,58	0,76	1,19	1,73	1,07	1,46	2,00	
T2	0,76	1,19	1,97	1,00	1,00	1,00	0,49	0,67	0,93	0,82	1,22	2,00	0,60	0,93	1,41	
T3	1,73	2,83	3,87	1,07	1,50	2,06	1,00	1,00	1,00	0,76	1,41	2,28	1,00	1,68	2,28	
T4	0,58	0,84	1,32	0,50	0,82	1,22	0,44	0,71	1,32	1,00	1,00	1,00	0,58	0,71	1,00	T.O.
T5	0,50	0,69	0,93	0,71	1,07	1,65	0,44	0,59	1,00	1,00	1,41	1,73	1,00	1,00	1,00	0,079

Çizelge A.10: K1 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			
l	m	u	Ağırlıklar
0,09	0,17	0,33	0,17
0,10	0,19	0,38	0,19
0,15	0,31	0,57	0,30
0,08	0,16	0,31	0,16
0,10	0,18	0,33	0,18

Çizelge A.11: Tedarik Süresi (K2)’ ne ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	0,31	0,45	0,84	0,27	0,37	0,59	1,00	1,00	1,00	0,21	0,27	0,37	
T2	1,19	2,21	3,22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,19	2,21	3,22	0,29	0,41	0,71	
T3	1,68	2,71	3,72	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,57	2,63	3,66	0,29	0,41	0,71	
T4	1,00	1,00	1,00	0,31	0,45	0,84	0,27	0,38	0,64	1,00	1,00	1,00	0,20	0,25	0,34	T.O.
T5	2,71	3,72	4,73	1,41	2,45	3,46	1,41	2,45	3,46	2,91	3,94	4,95	1,00	1,00	1,00	0,05

Çizelge A.12: K2 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,06	0,09	0,16	0,09
0,11	0,19	0,34	0,19
0,12	0,21	0,36	0,21
0,06	0,09	0,16	0,09
0,23	0,41	0,70	0,41

Çizelge A.13: K3 Kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	2,00	2,47	3,03	2,51	3,08	3,60	1,00	1,48	1,97	1,68	2,43	3,46	
T2	0,33	0,40	0,50	1,00	1,00	1,00	2,74	3,94	5,05	0,58	0,77	1,19	1,34	1,61	1,86	
T3	0,28	0,32	0,40	0,20	0,25	0,37	0,76	0,84	1,00	0,34	0,50	0,76	0,76	1,19	1,73	
T4	0,51	0,68	1,00	0,84	1,30	1,73	1,32	2,00	2,94	1,00	1,00	1,00	2,45	3,46	4,47	T.O.
T5	0,29	0,41	0,59	0,54	0,62	0,75	0,58	0,84	1,32	0,22	0,29	0,41	1,00	1,00	1,00	0,07

Çizelge A.14: K3 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,21	0,34	0,54	0,34
0,13	0,20	0,32	0,20
0,06	0,09	0,16	0,10
0,15	0,26	0,43	0,26
0,06	0,10	0,17	0,10

Çizelge A.15: Ürünün toplam fiyatı (K4) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	3,31	4,36	5,38	1,19	2,21	3,22	0,27	0,38	0,64	2,21	3,31	4,36	
T2	0,19	0,23	0,30	1,00	1,00	1,00	0,13	0,15	0,18	0,15	0,17	0,21	0,24	0,32	0,50	
T3	0,31	0,45	0,84	5,63	6,70	7,54	0,71	0,76	0,84	0,29	0,40	0,54	1,41	2,45	3,46	
T4	1,57	2,63	3,66	4,73	5,73	6,74	1,86	2,51	3,50	1,00	1,00	1,00	2,91	3,94	4,95	T.O.
T5	0,23	0,30	0,45	2,00	3,08	4,12	0,29	0,41	0,71	0,20	0,25	0,34	1,00	1,00	1,00	0,09

Çizelge A.16: K4 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			
l	m	U	Ağırlıklar
0,14	0,26	0,44	0,26
0,03	0,04	0,07	0,04
0,10	0,18	0,32	0,19
0,25	0,42	0,69	0,41
0,06	0,10	0,17	0,10

Çizelge A.17: Ödeme kolaylığı (K5) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,68	2,28	0,34	0,42	0,58	0,76	0,84	1,00	0,30	0,35	0,44	
T2	0,44	0,59	1,00	1,00	1,00	1,00	0,39	0,50	0,76	0,34	0,42	0,58	0,51	0,59	0,76	
T3	1,73	2,38	2,94	1,32	2,00	2,59	1,00	1,00	1,00	0,60	0,78	1,07	1,07	1,46	2,00	
T4	1,00	1,19	1,32	1,73	2,38	2,94	0,93	1,28	1,65	1,00	1,00	1,00	0,90	1,32	1,86	T.O.
T5	2,28	2,83	3,34	1,32	1,68	1,97	0,50	0,69	0,93	0,54	0,76	1,11	1,00	1,00	1,00	0,06

Çizelge A.18: K5 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,09	0,14	0,21	0,14
0,08	0,11	0,19	0,12
0,16	0,26	0,42	0,26
0,16	0,26	0,39	0,25
0,15	0,23	0,35	0,23

Çizelge A.19: Tedarikçi ile iletişim (K6) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	2,30	2,78	3,35	1,19	1,86	2,45	0,76	1,05	1,32	1,86	2,14	2,38	
T2	0,30	0,36	0,43	1,00	1,00	1,00	0,55	0,73	0,93	0,20	0,25	0,36	0,27	0,37	0,52	
T3	0,41	0,54	0,84	1,07	1,37	1,83	0,76	0,84	1,00	0,34	0,44	0,58	0,39	0,59	1,00	
T4	0,76	0,96	1,32	2,78	3,94	5,01	1,73	2,27	2,94	1,00	1,00	1,00	0,85	1,17	1,68	T.O.
T5	0,42	0,47	0,54	1,91	2,71	3,71	1,00	1,68	2,59	0,59	0,85	1,17	1,00	1,00	1,00	0,04

Çizelge A.20: K6 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,19	0,30	0,44	0,29
0,06	0,09	0,14	0,09
0,08	0,13	0,22	0,13
0,18	0,29	0,46	0,29
0,12	0,20	0,33	0,20

Çizelge A.21: Üretim kapasitesi (K7) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	0,34	0,42	0,58	0,67	0,84	1,00	0,76	1,05	1,32	0,45	0,59	0,86	
T2	1,73	2,38	2,94	1,00	1,00	1,00	0,69	0,93	1,41	0,51	0,84	1,32	0,67	1,00	1,32	
T3	1,00	1,19	1,50	0,71	1,07	1,46	0,76	0,84	1,00	0,34	0,50	0,76	0,30	0,35	0,44	
T4	0,76	0,96	1,32	0,76	1,19	1,97	1,32	2,00	2,94	1,00	1,00	1,00	1,19	1,86	2,78	T.O.
T5	1,16	1,68	2,24	0,76	1,00	1,50	2,28	2,83	3,34	0,36	0,54	0,84	1,00	1,00	1,00	0,09

Çizelge A.22: K7 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			
l	m	u	Ağırlıklar
0,09	0,14	0,24	0,14
0,12	0,22	0,38	0,22
0,08	0,14	0,24	0,14
0,15	0,26	0,47	0,27
0,14	0,24	0,40	0,23

Çizelge A.23: Teknik yeterlilik (K8) kriterine ait geometrik ortalaması alınmış ikli karşılaştırma matrisi ve T.O değeri.

	T1			T2			T3			T4			T5			
T1	1,00	1,00	1,00	0,39	0,50	0,76	0,51	0,59	0,76	0,76	0,84	1,00	0,76	1,00	1,32	
T2	1,32	2,00	2,59	1,00	1,00	1,00	0,80	1,11	1,41	1,41	2,11	3,08	1,24	1,73	2,27	
T3	1,32	1,68	1,97	0,71	0,90	1,26	1,32	1,41	1,50	1,32	2,00	2,59	1,19	1,86	2,45	
T4	1,00	1,19	1,32	0,32	0,47	0,71	0,39	0,50	0,76	1,00	1,00	1,00	0,67	0,84	1,14	T.O.
T5	0,76	1,00	1,32	0,44	0,58	0,80	0,41	0,54	0,84	0,88	1,19	1,50	1,00	1,00	1,00	0,05

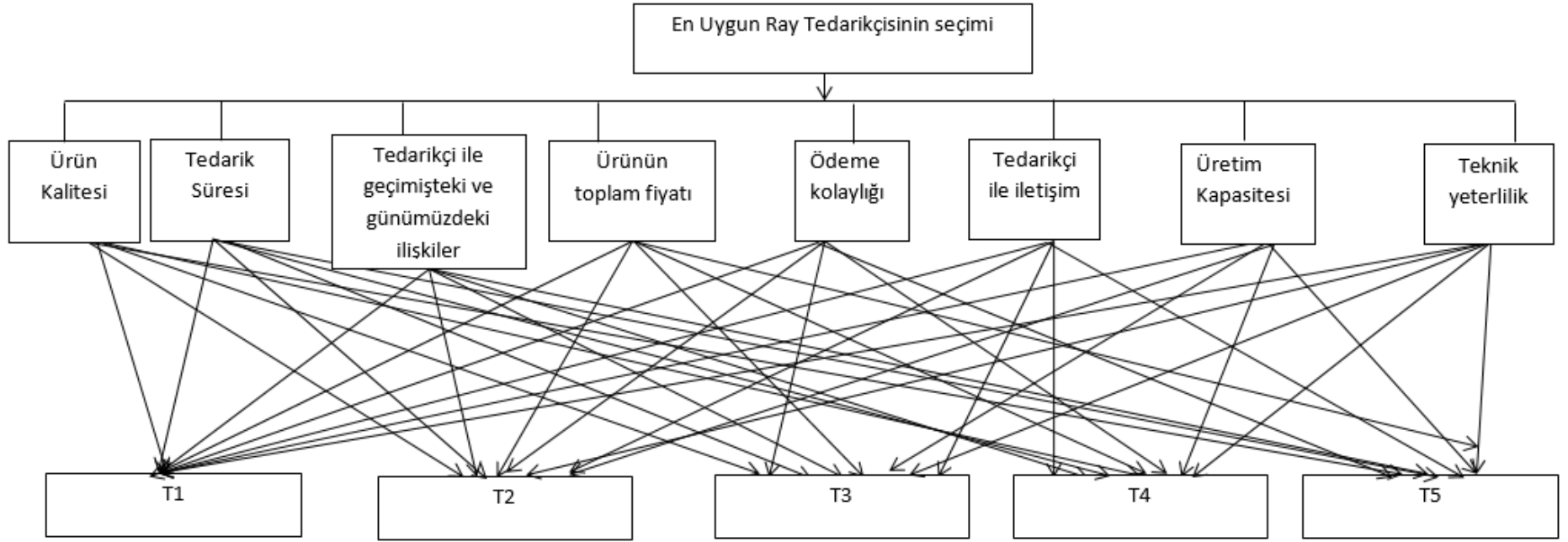
Çizelge A.24: K8 kriteri için alternatiflerin birbirlerine göre bulanık ve durulaştırılmış ağırlık değerleri.

Bulanık ağırlık değerleri			Ağırlıklar
l	m	u	
0,10	0,14	0,23	0,14
0,17	0,28	0,46	0,28
0,17	0,28	0,45	0,28
0,10	0,14	0,23	0,14
0,10	0,15	0,25	0,16

EK B

Çalışmamız kapsamında demiryolu projeleri için ray tedarikçisi seçimi konusunda bir araştırma yapmaktayız. Yaptığımız araştırma sonucunda, tedarikçi seçimini etkileyebilecek 8 alt değerlendirme kriteri belirledik. Şekil-1 'de ray tedarikçisi seçimi için belirlenen ana kriteri ve tedarikçileri gösteren hiyerarşi bulunmaktadır.

Çözmeye çalıştığımız problemde Çoklu Karar Verme Tekniklerinden (Multi-Criteria Decision Making Techniques) olan AHP(Analitik Hiyerarşi Yöntemi) kullanılacaktır. Bu yöntem temel olarak karar vericilerin değerlendirmesine dayanmaktadır. Sizden ricamız tabloda bulunan ray tedarikçilerini belirlediğimiz değerlendirme kriterlerine göre değerlendirmenizdir. Değerlendirme matrisi-1'i Tablo-1 de belirtilen 'Çok kötü-Çok iyi ölçeği'ne göre, değerlendirme matrisi 2'yi gerçek verilere göre, değerlendirme matrisi 3'ü eşik değerlerine göre değerlendirme matrisi 4'ü ise Tablo-2 'de belirtilen 'Görelî Önem ölçeği' ni baz alarak doldurulmalıdır.



Şekil A1: Problem hiyerarşisi.

Çizelge B.1: Çok Kötü-Çok İyi Ölçeği.

Ölçme skalası	Sayısal değeri
Çok Kötü	1
Çok kötü - Kötü	2
Kötü	3
Kötü – Orta	4
Orta	5
Orta - İyi	6
İyi	7
İyi - Çok İyi	8
Çok İyi	9

Çizelge B.2: Görelî Önem Ölçeği.

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit önemli	Öğeler amaca eşit önemde katkı sağlıyor.
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha tercih edilir.
5	Güçlü önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir.
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2-4-6-8	Ara değerler	Değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa sayısal değerlerin ortasındaki değer verilir.

Çizelge B. 3: Değerlendirme matrisi 1.

Kriterler Tedarikçiler	Ürün Kalitesi	Tedarik süresi	Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler	Ürünün toplam fiyat	Ödeme kolaylığı	Tedarikçi ile iletişim	Üretim kapasitesi	Teknik Yeterlilik
S1								
S2								
S3								
S4								
S5								

*Tablo-1’de belirtilen Çok Kötü-Çok İyi ölçeğine göre değerlendirilecek

Çizelge B.4: Değerlendirme Matrisi 2.

Bu matriste gerçek verilerin girilmesi gerekmektedir.

Kriterler Tedarikçiler	Tedarik süresi (gün)	Ürünün toplam fiyatı (TL ve ya döviz cinsinden) *58000 ton/euro	Üretim kapasitesi (birimi ile beraber) ton/gün
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Çizelge B.5: Değerlendirme Matrisi 3.

Kriterler Tedarikçiler	Ürün Kalitesi			Tedarik süresi*			Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler			Ürünün toplam fiyatı* *58000			Ödeme kolaylığı			Tedarikçi ile iletişim			Üretim kapasitesi* Ton/gün			Teknik Yeterlilik		
Tresholds	q	p	v	q	p	v	q	p	v	q	p	v	q	p	v	q	p	v	q	p	v	q	p	v

*Gerçek sayısal verilerine göre eşik değerleri girilecektir.

q (indifference-farksızlık): iki alternatif arasındaki fark ne kadar olursa bu iki değeri eşit kabul edersiniz.

p (Difference-üstünlük):iki alternatif arasındaki fark ne kadar olursa birini diğerine göre üstün dersiniz

v (veto): iki alternatif arasındaki değer ne kadar olursa birini kesinlikle sıralamaya koymaz ve tercih etmezsiniz.

Çizelge B.6: Değerlendirme Matrisi 4.

Değerlendirmeler Tablo-2 de belirtilen görelî önem ölçeğine göre yapılacaktır.

Ürün kalitesi	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Tedarik süresi	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Ürünün toplam fiyatı	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Ödeme kolaylığı	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Tedarikçi ile iletişim	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

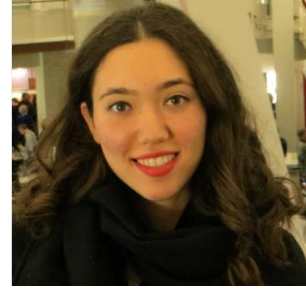
Üretim kapasitesi	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

Teknik Yeterlilik	S1	S2	S3	S4	S5
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

En Uyg. Ray. Ted. Seç.	Ürün Kalitesi	Tedarik süresi	Tedarikçi ile geçmişteki ve günümüzdeki ilişkiler	Ürünün toplam fiyat	Ödeme kolaylığı	Tedarikçi ile iletişim	Üretim kapasitesi	Teknik Yeterlilik
Ürün kalitesi								
Tedarik süresi								
Tedarikçi ile geç. ve gün. ilişkiler								
Ürünün toplam fiyatı								
Ödeme kolaylığı								
Tedarikçi ile iletişim								
Üretim kapasitesi								
Teknik Yeterlilik								

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ekin ERAY
Doğum Tarihi ve Yeri: 22.08.1989 / İzmir
E-posta : ekin.eray89@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2014, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı İşletmesi Yüksek Lisans Programı

YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Polat, G., Eray, E. (201. İnşaat Projelerinde Tedarikçi Seçimi için Bütünleşik Bir Yaklaşım, PYYK 2014, 6-8 Kasım, Antalya, Türkiye.
- Polat, G., Okay F., Eray, E. (2014). Factors Affecting Cost Overruns in Micro-Scaled Construction Companies, Creative Construction Conference 2014, 21-24 Haziran, Prag, Çek Cumhuriyeti.