

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BULANIK YAKLAŞIMLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİYLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ; İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR
UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MUHAMMET CİHAT BEYHAN
1700000996

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

HAZİRAN 2022

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BULANIK YAKLAŞIMLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİYLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ; İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR
UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMET CİHAT BEYHAN

1700000996

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Program: Proje Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL

Jüri Üyeleri: Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUTLU GÜNDOĞDU

Dr. Öğr. Üyesi Duygun Fatih DEMİREL

HAZİRAN 2022

ÖNSÖZ

Tedarikçi seçimi işletmelerin nihai ürünü elde etmesi için gerekli olan ham madde ve/veya hizmetlerden en ideal olanı seçme işlemidir. İşletmelerdeki karar vericilerin birçok alternatif arasında en uygun olanı seçmesi zor ve belirsizlikler içeren bir süreçtir. Tedarikçi seçimi birden çok değişkeni olan bir karar verme problemidir. İnşaat sektöründe de diğer tüm işletmelerde olduğu gibi malzeme tedariki sistemli ve analitik bir çalışma gerektirmektedir. İnşaat firmaları sektörde rekabet edebilmeleri, maliyet ve zamandan kazanabilmeleri, olası maddi zararları en aza indirebilmeleri için tedarikçi seçimi için sistemli ve analitik bir çalışma yapmalıdır.

Bu çalışmada tedarikçi seçimi probleminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri' nin uygulanabilirliği gösterilerek bir inşaat firmasının malzeme tedariki problemi incelenmiştir.

Çalışma süresince bilgi ve deneyimleri benden esirgemeyen, tezin oluşmasındaki büyük katkıları olan değerli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet N. Uğural'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan ve her zaman olduğu gibi tez çalışma sürecimde de desteklerini esirgemeyen, her daim yanımda olan aileme minnetlerimi sunarım.

Haziran 2022

Muhammet Cihat BEYHAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı	2
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi	4
2.1.1. Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Seçme Kriterleri	5
2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	9
2.2.1. AHP	11
2.2.2. ELECTRE	14
2.2.3. MOORA	16
2.2.4. PROMETHEE	17
2.2.5. TOPSIS	19
2.2.6. VIKOR	20
2.3. Bulanık Sayılar	22
2.3.1. Bulanık Matris	23
2.3.2. Vertex Yöntemi	24
2.4. Bulanık TOPSIS Yöntemi	24
2.5. Bulanık MOORA Yöntemi	27
3. BULANIK TOPSIS VE BULANIK MOORA YÖNTEMLERİYLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ; İNŞAAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA	31
3.1. Proje Tanıtımı ve Örnek Uygulama İçin Verilerin Toplanması	31
3.2. Bulanık TOPSIS Metodu ile Tedarikçi Seçimi	33
3.3. Bulanık MOORA Metodu ile Tedarikçi Seçimi	41
3.3.1 Bulanık MOORA Yöntemi Chen Değerlendirme Skalası Kullanımı	47

3.4. Çözümlerin Değerlendirilmesi	54
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	55
5.KAYNAKÇA	57



KISALTMALAR

AHP : Analytic Hierarchy Process

ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme

ELECTRE : Elemination and Choise Translating Reality

MCDM : Multi-Criteria Decision Making

MOORA : Multi Objective Optimization By Ratio Analysis

PROMETHEE : Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation

TOPSIS : Technique for Order Prefense by Similarity to Ideal Solutions

VIKOR : Vlse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Tedarikçi Seçim Kriterleri	6
Tablo 2.2: ÇKKVY Karşılaştırılması.....	13
Tablo 2.3: AHP Yöntemi Önem Derecelendirmesi	9
Tablo 2.4: Rassallık Endeksi Değerleri.....	12
Tablo 2.5: Kriterlin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları	13
Tablo 2.6: Alternatiflerin Değerlendirmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları.....	25
Tablo 2.7: Kriter ve Alternatiflerin Değerlendirme İfadeleri.....	25
Tablo 2.8: Kriter ve Alternatiflerin Değerlendirme İfadeleri.....	28
Tablo 3.1: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi.....	34
Tablo 3.2: Dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları.....	34
Tablo 3.3: Alternatiflerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi	38
Tablo 3.4: Alternatifleri Değerlendirmede Kullanılan Dilsel İfadelere Karşı Gelen Bulanık Sayılar	36
Tablo 3.5: Kriterlerin Önem Ağırlıkları.....	37
Tablo 3.6: Bulanık Karar Matrisi	37
Tablo 3.7: Normalize Bulanık Karar Matrisi	38
Tablo 3.8: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi	38
Tablo 3.9: Alternatiflerin Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklıkları	39
Tablo 3.10: Alternatiflerin Negatif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklıkları	39
Tablo 3.11: Alternatiflerin d_i^* ve d_i^- Değerleri	40
Tablo 3.12: Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları	40
Tablo 3.13: Yakınlık Katsayısı ve Tercih Sıralaması	41
Tablo 3.14: Kriterlerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi.....	41
Tablo 3.15: Dilsel İfadelerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları.....	42
Tablo 3.16: Kriterlerin Değer Aralıkları	42
Tablo 3.17: Alternatiflerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi	43
Tablo 3.18: Alternatiflerin Bulanık Sayılar Matrisi	44
Tablo 3.19: Bulanık Karar Matrisi	45
Tablo 3.20: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	45
Tablo 3.21: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	45
Tablo 3.22: Normalize Edilmiş Performans Değerleri ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması	45
Tablo 3.23: Kriterler ve Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları	45
Tablo 3.24: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi.....	48
Tablo 3.25: Dilsel İfadelerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları.....	48
Tablo 3.26: Kriterlerin Değer Aralıkları	48
Tablo 3.27: Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi	50
Tablo 3.28: Alternatiflerin Bulanık Sayılar Matrisi	51
Tablo 3.29: Bulanık Karar Matrisi	52

Tablo 3.30: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi.....	52
Tablo 3.31: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	53
Tablo 3.32: Normalize Edilmiş Performans Değerleri ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması	53



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi	11
Şekil 2.2: Üçgen Tipi Üyelik Fonksiyonu	11
Şekil 3.1: Problemin Hiyerarşik Yapısı	33



Üniversite : **İstanbul Kültür Üniversitesi**
Enstitü : **Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**
Anabilim Dalı : **İnşaat Mühendisliği**
Programı : **Proje Yönetimi**
Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL**
Tez Türü ve Tarihi : **Yüksek Lisans – Haziran 2022**

ÖZET

BULANIK YAKLAŞIMLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ; İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Muhammet Cihat Beyhan

Tedarikçi seçimi birden çok alternatif arasında istenilen kriterlere en uygun olanı seçmeyi hedefleyen bir karar verme problemidir. Tedarikçi seçimini yönlendiren kriterler, karar verici kişilerin önceliklerine ve tedarik edilecek ürün veya hizmetin özelliklerine göre şekil almaktadır. Alternatifler ise tedarik edilecek ürünün temin edilebileceği tüm kaynakları kapsayan oldukça geniş bir kümeden oluşmaktadır. İşletmeler ürün özelinde sınırladıkları alternatif tedarikçileri kişisel deneyimleri veya kriterler arasında baskın farkların oluşması ile seçmektedir. Ancak tedarikçi seçimi firmalar için kişisel deneyimlere dayandırılan ferdi kararlara bırakılmayacak kadar önemli problemlerdir. İşletmelerin, tedarikçi seçimi problemine sistemli ve analitik yaklaşabilen çözümler bulması gerekmektedir.

Tedarikçi seçimi diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat sektörünün de en önemli problemlerinden birisidir. İnşaat sektörü, ülkemizde ve dünyada ekonominin en önemli lokomotiflerinden birisidir. İnşaat sektörü ve bu sektöre girdi sağlayan diğer tüm sektörler dikkate alındığında oldukça büyük bir pazar söz konusudur. Böylesine ciddi ekonomilerin yönetimi zor olmakla beraber yönetsel hataların sebep olduğu tahribatlar da şirketler ve ülkeler için yıkıcı olmaktadır. İnşaat firmalarının başarıya ulaşmak, olası maddi zararları minimuma indirmek ve diğer firmalarla rekabet edebilmek için tedarikçi seçimini doğru bir şekilde yapması gerekmektedir.

Literatürde tedarikçi seçimini konu alan ve bu probleme çözüm arayan bir çok çalışma bulunmaktadır. Çalışmalar genel olarak karar vermede kullanılan kriterler ve karar verme yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Her iki gruptaki çalışmalar incelenerek bu çalışmaya temel oluşturulmuştur.

Literatürde tedarikçi seçiminde kullanılmak üzere en çok önerilen yöntemlerin başında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY) gelmektedir. ÇKKVY karar vericilerin belirlediği kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesini ve bu alternatifler arasında en iyi olanını seçmeyi amaçlamaktadır. ÇKKVY; karar verme pozisyonunda tek kişi yerine bir ortak akıllı temsil etmesi, yöntemde kullanılan matematiksel işlemlerin basitliği ve yöntemler arası mukayese edilebilirliği sebebiyle oldukça etkili çözümler sunmaktadır.

Bu çalışmada bir inşaat firması tarafından hazır beton tedarikçisi seçiminde kullanılmak üzere bir ÇKKVY Yöntemi öneri olarak sunulmaktadır. Çalışmada ÇKKVY Yöntemlerinden AHP, ELECTRE, MOORA, PROMETHEE, TOPSIS, VIKOR yöntemleri anlatılmakta ve matematiksel işlem adımları gösterilmektedir. Karar vericilerin kriter ve alternatifleri değerlendirmesinde dilsel ifadeler kullanılmasının önünü açan bulanık sayılar kavramı anlatılmakta ve bulanık mantık kavramıyla değerlendirilmiş Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA Yöntemleri incelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde bir inşaat firmasının beton tedarikçi seçiminde Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemleri kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Yöntemlerin uygulanması için gerekli olan kriterler ve kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesini sağlayan ilgili veriler, ele alınan örnekteki inşaat firmasının karar verici pozisyonundaki kişilerle yapılan mülakatlar ile toplanmıştır. Bu mülakatlar sonucunda karar vericiler kendilerine sunulan tercih kriterleri arasında beton tedarikçisinde dikkate aldıkları kriterleri; kalite, fiyat, üretim tesisleri kapasitesi, teslimat, teknik yeterlilik, garanti politikaları, sektördeki konum, performans geçmişi olarak seçmişlerdir. Seçilen kriterlerin önem dereceleri ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere literatürde yer alan ortak dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları her iki yöntem içinde benzer skaladan yararlanılmıştır. Ayrıca Bulanık MOORA yöntemi için farklı ilave bir değerlendirme skalası da kullanılmıştır.

Bu çalışmada ortak dilsel ifadelerin kullanılmasıyla yapılan çözümlerde alternatiflerin sıralamasında oluşan farklılıklar her iki yöntemin farklı matematiksel işlem

adımlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı yöntemin farklı değerlendirme skalası ile çözümünde farklı sonuçların elde edilmesi skalalardaki dilsel değişkenlerin ve bulanık sayıların farklılığından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemleri ile yapılan çözümlerle en iyi hazır beton tedarikçisi seçilmiştir. Tüm çözümlerde en iyi alternatif ikinci firma olarak gözükmemektedir. Ancak her iki yöntemle yapılan işlemlerde alternatiflerin tercih sıralamasında farklılıklar oluşmaktadır. Bunun sebebi farklı matematiksel işlem adımlarını takip edilmesidir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Mühendisliği, Çok Kriterli Karar Verme, Endüstri Mühendisliği, Proje Yönetimi



University : **İstanbul Kültür University**
Institute : **Institute Of Graduate Studies**
Department : **Civil Engineering**
Programme : **Project Management**
Advisor : **Assistant Prof. Dr. Mehmet N. UĞURAL**
Thesis Type – Date : **Masters Degree – June 2022**

ABSTRACT

SUPPLIER SELECTION BY USING FUZZY BASED MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS: AN APPLICATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY

Muhammet Cihat BEYHAN

Supplier selection is a decision-making problem where the goal is to pick the best option from a number of choices. The criteria for choosing a supplier are based on the priorities of the people making the choice and the qualities of the product or service that will be bought. As for the alternatives, they are a very long list that includes all the places where the product to be delivered can be found. Businesses choose alternative suppliers whose products they limit based on their own experiences or the way differences between criteria become dominant. But choosing a supplier is too important a task for companies to leave to individuals based on their own experiences. Businesses need to find ways to approach the problem of choosing suppliers in a systematic and analytical way.

In construction, as in other fields, the most important problem is choosing the right suppliers. Construction is a very important part of our economy and the economies of many other countries. Even though it is hard to run such large economies, the damage done by bad management is terrible for both companies and countries. Construction companies have to pick the right suppliers if they want to be successful, lose as little material as possible, and be able to compete with other companies. Many studies have been done on how to choose a supplier and find a solution to the problem. Studies are usually split into two groups: criteria used to make decisions and ways to make decisions. Studies from both groups were looked at, and this study was built on that.

In the literature, Multi-Criteria Decision-Making Methods (MCDM) is one of the most recommended ways to choose a supplier. The goal of MCDM Methods is to compare the options based on the criteria set by the people making the decisions and choose the best one. MCDM Methods offer very good solutions because they put a group of people in charge of making decisions instead of just one person, because the math operations used in the method are easy to understand, and because the methods can be compared to each other. In this study, MCDM Methods are given as a suggestion for how a construction company should choose a ready-mixed concrete supplier.

There are explanations of the AHP, ELECTRE, MOORA, PROMETHEE, TOPSIS, and VIKOR methods, which are MCDM methods, and steps for how to use them in math. The idea of fuzzy numbers is explained, which makes it possible for decision-makers to use linguistic expressions when evaluating criteria and options. Fuzzy TOPSIS and Fuzzy MOORA Methods are evaluated using the idea of fuzzy logic. In the last part of the study, Fuzzy TOPSIS and Fuzzy MOORA are used to help a construction company choose which concrete suppliers to use.

Interviews with the people in charge of making decisions at the construction company in the example were used to get the criteria needed to use the methods and the data on how the criteria were used to evaluate the different options. As a result of these interviews, the people who make decisions about the supply of concrete have decided that quality, price, production capacity, delivery, technical competence, warranty policies, position in the sector, and performance history are the most important things to look at. In both methods, the words and phrases in the literature and their fuzzy number equivalents were measured on the same scale. This was done to figure out how important certain criteria and alternatives were. The Fuzzy MOORA method also uses a different way to measure how good something is.

In this study, the different ways that common idioms were used to solve the problem led to different rankings of the options. This was because the two methods used different mathematical steps to solve the problem. Different results can be found when the same method is used to solve a problem with different evaluation scales. This is because the evaluation scales have different linguistic variables and fuzzy numbers.

Keyword: Civil Engineering, Multi Criteria Decision Making, Industrial Engineering, Project Management

1.GİRİŞ

Tedarikçi seçimi, firmaların amaçları doğrultusunda alternatif tedarikçiler arasında en uygun olanı seçmesi olarak tanımlanmaktadır (Dağdeviren ve Eraslan, 2008). Tedarikçi seçimi maliyet, kalite, teknik yeterlilik, performans, iletişim gücü vb. birçok değişkeni olan bir karar verme problemidir. Firmaların piyasa şartlarına karşı rekabet edebilmesi ve varlıklarını sürdürebilmesi için tedarikçi seçim sürecini planlı bir şekilde yürütmesi gerekmektedir (Supçiller ve Deligöz, 2018). Nitekim doğru tedarikçi seçimi işletme maliyetlerinin azalmasını, müşteri memnuniyetinin artmasını sağlayacak; nihai ürüne en kısa zamanda, en yüksek kaliteyle ulaşılmasını sağlayacaktır (Çelik ve Çağıl, 2021). Ticaretin ve üretimin olduğu tüm sektörlerdeki işletmeler, rekabet şartlarına ayak uydurabilmek için tedarikçi seçim problemine önem vermesi gerekmektedir. İnşaat sektöründe de hedeflenen projenin amaçlanan süre, maliyet ve kalitede bitirilmesi için tedarikçi seçimi doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir (Polat vd., 2017).

Toplam inşaat maliyeti, nihai ürünü oluşturacak imalat kalemlerinin her birinin, birim fiyatlarıyla çarpılması ve tüm imalat kalemlerinin toplanması sonucu ortaya çıkar. Projelerin istenilen zamanda, istenilen kalitede tamamlanması için toplam inşaat maliyet hesabı firmaların en hassas çalışması gereken görevlerindedir. Yapım süresi ne kadar uzarsa uzasin imalat kalemlerinin miktarında bir değişiklik olmayacağı için, toplam inşaat maliyet hesabı ileriye dönük yapılması mümkün olmaktadır. İnşaat maliyet hesabının doğru yapılması projelerin en uygun ekonomik şartlarda en yüksek kaliteyle oluşturulmasını sağlamaktadır (Ashworth, 1999). İnşaat sektöründe toplam inşaat maliyetinin önemli bir kısmını malzeme maliyeti oluşturmaktadır. Bu sebeple işletmeler, finansal durumun doğru yönetilmesi projelerin yapım sürecinin aksamaması ve milli servet kayıplarına sebep olunmaması için malzeme tedarik problemine önem vermesi gerekmektedir (Uğur, 2007). İnşaat projeleri için malzemenin şantiye alanına istenilen zamanda, doğru miktarda ve uygun kalitede ulaşması çok önemlidir. Malzeme tedarikçisi firmanın, imalatçının ihtiyaçlarını bilmesi ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek donanımda olması çok önemlidir.

İnşaat firmalarının ve diğer işletmelerinde, tedarikçi seçiminde dikkate aldıkları kriterler çeşitlilik göstermektedir. İnşaat firmaları tedarik seçiminde öncelik verdikleri kriterler: kalite, fiyat, teslimat şartları, teknik yeterlilik vb.dir (Gökalp ve Soylu, 2010).

Tedarikçi seçimi problemi fiyat, kalite, süre gibi birçok kriteri olan, bilimsel ve sistematik yollarla çözülmesi gereken çok değişkenli bir karar verme sürecidir. Bu sebeple tedarikçi seçimi bireysel deneyimlere bırakmak yerine, bilimsel ve sistematik yöntemlerle çözülmesi gerekmektedir. Tedarikçi seçiminde ÇKKV yöntemlerinin uygulanması, problemin doğruya en yakın sonuca ulaşmasının sağlayabilmektedir. ÇKKV yöntemlerinden yalnız biri kullanabileceği gibi, bu yöntemlerden birkaçı bütünlük olarak da kullanılabilir (Çakın ve Özdemir, 2013).

1.1 Araştırmanın Amacı

İnşaat maliyetlerinin büyük bir bölümünü malzeme maliyetleri oluşturmaktadır. Ülke ekonomisinin büyümesi, firmaların rekabetçi yapılarını koruması, en yüksek kalite ile en uygun maliyetlere ürünlerin elde edilmesi için malzeme tedarikçisi seçimine sistemli yaklaşımlarla çözüm aranmalıdır. Tedarikçi seçimi problemine getirilen çözümler ve bunun inşaat sektörüne katacağı kazanımlar bu çalışmanın motivasyon kaynağını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın konu alınmasının amacı: çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin kolay uygulanabilir olması, nicel verilerle değerlendirilebilmesi, literatürde bolca çalışma olması ve sürekli gelişen bir alan olmasıdır.

Bu araştırmanın amacı, inşaat firmalarının malzeme tedarikçi seçim problemlerinde kullanabileceği ÇKKV tekniklerinin anlatılması ve örnek bir uygulama yapılmasıdır. Bu çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, çalışma hakkında giriş bilgileri verilmiş ve amacı anlatılmıştır. İkinci bölümde literatür taraması yapılmış ve tedarikçi seçim süreci ile tedarikçi seçim kriterleri anlatılmıştır. Devamında alt başlıklar halinde ÇKKV tekniklerinden: AHP, MOORA, VIKOR, PROMETHEE, ELEKTRE, TOPSIS yöntemlerinden bahsedilmiş, bulanık sayılar kavramı açıklanarak bulanık TOPSIS ve bulanık MOORA yöntemlerinin metodolojisi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bir inşaat firmasının hazır beton tedarikçisi seçim problemi için örnek bir uygulama yapılmıştır. Problemin çözümü için gerekli olan verilerin toplanması, yetkili kişilerle yapılan mülakatlar, tedarikçi seçiminde kullanılan bulanık TOPSIS ve bulanık

MOORA yöntemleri ile yapılan çözümler üçüncü bölümde yer almaktadır. Dördüncü bölümde elde edilen bulgular ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde: tedarik zinciri yönetimi, tedarikçi seçim süreci, tedarikçi seçim kriterleri, bulanık mantık, çok kriterli karar verme teknikleri ve çok kriterli karar verme tekniklerinin bulanık mantıkla bütünleşik sistemleri hakkında kavramsal bilgiler açılmış ve araştırma konularıyla ilgili geçmiş çalışmalar tetkik edilmiştir.

2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri, amaçlanan ürün için gerekli olan malzemelerin temininden, ürünün oluşturulup son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar gerçekleştirilen tüm aşamaların toplamı olarak tanımlanabilir (Öztürk, 2016). Başka bir ifadeyle tedarik zinciri, nihai ürünün oluşum sürecindeki hammadde temini, ara malzeme tedariki, üretim süreci, stok yönetimi, dağıtım, satış süreci ve müşteri ilişkileri gibi birçok çalışmayı içine alan tümleşik bir yönetimidir (Tez vd., 2012).

Tedarik zinciri yönetimi ise nihai ürünü en uygun zamanda, en düşük maliyetle, en yüksek kaliteyle üretme ve müşteriye ulaştırılmasını amaçlayan malzeme, para, bilgi akışının bütünleşik yöntemidir (Güler ve Saner, 2017).

Başka bir tanımda tedarik zinciri yönetimi, hammadde tedarikinden ürünün üretilmesi ve son müşteriye ulaşmasına kadar geçen sürede malzeme, tedarikçi, zaman, para, müşteri ve bilgi gibi parametrelerin muhasebe edilmesi olarak tanımlanmıştır (Özdemir, 2004).

Tedarik zinciri yönetimi temel olarak üç ana bölümden oluşur: nihai ürünü oluşturacak hammaddelerin temin edilme süreci, ürünün üretilmesi için gerekli çalışmaların bütünü, nihai ürünün müşteriye ulaşmasıdır (Görener, 2013).

İşletmelerin üretimdeki maliyetlerini düşürebilmesi, bu minvalde rakip işletmelerle rekabet edebilmesi için tedarik zinciri yönetimini verimli bir şekilde kullanılması gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır (Başkol, 2011).

2.1.1. Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Seçme Kriterleri

Tedarik zinciri yönetiminin ilk ayağını tedarikçi seçimi oluşturmaktadır. Belirlenen malzemeye en uygun fiyatla, en iyi kalite ve en kısa sürede ulaşmayı amaçlayan firmalar tedarikçi seçimi sürecini iyi yönetmesi gerekmektedir (Çakın ve Özdemir, 2013). İşletmelerin rekabet avantajlarını arttırmaları, etkin ve verimli üretimlerini sürdürebilmeleri başarılı mal ve hizmet tedariki ile mümkün olmaktadır (Adalı ve Işık, 2017).

Tedarikçi seçimi problemine getirilen çözümler istenilen ürünü sadece en iyi fiyat, en iyi maliyet yada en iyi kalitede olmasını değil, aynı anda optimum fayda ile elde edilmesini hedeflemektedir (Yangınlar, 2018).

İşletmelerin tedarikçi seçiminde dikkate aldıkları nitel ve nicel değerlendirmelere sahip pek çok kriter bulunmaktadır (Tayalı, 2017).

Literatürde tedarikçi seçimi problemiyle ilgili birçok çalışma olmakla beraber, tedarikçi seçimini konu alan ilk çalışmalardan biri Tablo 2.1.'de ki Dickson (1966)'a aittir. Dickson (1966) bu çalışmasında tedarikçi seçiminde karar vericilerin dikkate aldığı 23 kriter belirlemiş, bunlardan en önemlilerini maliyet, kalite ve performans olarak sıralanmıştır (Dickson, 1966).

Weber vd. (1991) tedarikçi seçimi ile ilgili literatürdeki çalışmalarını kapsamlı bir şekilde taramışlar ve çalışmalarında, tedarikçi seçiminde karar vericilerin dikkat aldıkları en önemli kriterler olarak sırasıyla kalite, teslimat ve maliyet olarak belirlemişlerdir (Weber vd, 1991).

Literatürdeki bir diğer çalışmada Lui Ve Hai (2005) tedarikçi seçiminde karar vericilerin dikkate aldıkları 8 ana kriteri ön plana çıkarmaktadır. Bu kriterler kalite, tesis kapasitesi, teknik yeterlilik, hızlı cevap kabiliyeti, disiplin, yönetim, finans ve disiplindir. (Liu ve Hai, 2005).

Beyazıt ve Karpat (2005) çalışmalarında üç adet alternatif firmayı 64 kritere göre değerlendirmişlerdir.

Haq ve Kannan (2006) çalışmasında 7 ana kriter ve onların 32 adet alt kriteri belirlemişler; AHP ve bulanık AHP yöntemleri kullanarak çözüm yapmışlardır.

Gencer ve Gürpınar (2007) tedarikçi seçimi için 45 adet kriter belirlemiştir. Bunları üç grup başlık altında toplamıştır: İş yapısı, kalite sistemleri, üretim kapasitesi.

Wang (2010) ise çalışmasında maliyet, kalite, fiyat ve tedarikçilerin satış sonrasındaki hizmetlerini en önemli kriterler olarak vurgulamaktadır (Wang, 2010).

Literatürdeki geçmiş birçok çalışmada öne çıkan kriterler ürün kalitesi, fiyatı ve teslim süresi ile ilişkiliyken son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde ürün geliştirme, imalat yeterliliği, finans ve ürün esnekliği gibi yenilikçi kriterleri kullanmaya başladığı görülmüştür (Arslan, 2017).

Literatürdeki tedarikçi seçimine ait bazı çalışmalarda kullanılan değerlendirme kriterleri Tablo 2.1’ de gösterilmektedir. **Bold** yazılan kriterler ana kriterler, *italik* ve parantez içinde yazılanlar ana kritere ait alt kriterlerdir.

Kaynak	Çalışmada Kullanılan Kriterler
Akyüz (2012)	Fiyat, Kalite, Teslimata Uyum, Teknik Yeterlilik, Geçmiş Dönem Performansı, Coğrafi Konum, Teknoloji
Tekez ve Bark (2016)	Üretim Kapasitesi, Maliyet Avantajı, Kalite, Performans, Teslimat, Coğrafi Konum
Özder ve Eren (2016)	Kalite (<i>Ürün Performansı, Standartlar, Üretim Tecrübesi</i>), Firma Derecelendirmesi (<i>Güvenilirlik Skoru, Birlikte Çalışma Süresi, Lokasyon, Fiyat, İtibar</i>), Esneklik (<i>Teslimat Esnekliği, Ürün Miktarı Esnekliği</i>), Termin Süresi (<i>Zamanında Teslimat, Dağıtım Ağı Yaygınlığı</i>).
Günay ve Ünal (2016)	Fiyat (<i>Fiyat İndirimi, Fiyat uygunluğu</i>), Kalite (<i>Hatasız Ürün Adeti, Kalite ile İlgili Problemi Çözülmesi, Ürün Kalitesi</i>), Yönetim (<i>Organizasyon Yapısının Uygunluğu, Tecrübe Sahibi Olmak, İlgili Personele Ulaşılabilirlik, Eğitimli, Tecrübeli ve Yeterli Sayıda Yönetim Kadrosu</i>), Teknoloji (<i>Firmanın Araştırma Geliştirme Kabiliyeti, Teknik Olarak Know-How Seviyesi</i>), Esneklik (<i>Ürün Miktarındaki Değişimlere Cevap Verebilme, Ürün Çeşitliliğindeki Değişimlere Cevap Verebilme, Tasarımdaki Değişimlere Cevap</i>

	<i>Verebilme, Teslimat Zamanındaki Esneklik Kabiliyeti), Teslimat (Teslimatın zamanlaması, Teslimat Hızı), Yenilik (Yeni Ürün Sürecine Katılımı, Teknik Problem Çözme Yeteneği , Bilgi ve Teknoloji Paylaşımı).</i>
Eren ve Özder (2016)	Ürün Kalitesi, Standartlar, Üretim Tecrübesi, Güvenilirlik Skoru, Birlikte Çalışma Süresi, Tedarikçinin Uzaklığı, Ürün Fiyatı, Firma İtibarı, Teslimat Esnekliği, Temin Süresi
Durmaz vd. (2017)	Kalite Puanı, Teslim Zamanı, Toplam Fiyat, Teknik Yeterlilik, Geçmiş Dönem Performansı, Tutum, İletişim Sistemi
Supçiller ve Deligöz (2018)	Kalite (Ürün Kalitesi, Hatasız Ürün Miktarı), Fiyat (Ürün Fiyatı, Ödeme Vadesi, Taşıma Maliyeti), Teslimat (Teslim Zamanı, Teslim Şekli, Tedarik Performansı, Esneklik, Miktarı Uygun Teslimat), Yönetim (Finansal Pozisyon, İletişim Kabiliyeti, Garanti ve Şikayet Politikaları, Üretim Yetenekleri ve Kapasitesi).
Doğan ve Akbal (2019)	Fiyat, Teknik Yeterlilik, Hizmet Kalitesi, Tamir Hizmeti, Garanti Politikası
Karaöz, Akyüz ve Tekin (2019)	Maliyet, Teslimat, Kalite, Yetkinlik, Servis
Madenoğlu (2019)	Maliyet, Kalite, Teslimat, Teknik, Yeşil Yeterlilik
Çınar ve Uygun (2019)	Uygunluk Kalitesi, Yeşil Ürün Tasarımı, Yeşil Satın Alma, Yeşil Üretim, Çevresel Yönetim Sistemi
Yılmaz ve Yazıcıoğlu (2019)	Fiyat, Kalite, Teslimat, Teknoloji, Esneklik
Kabadayı ve Çırpın (2020)	Ar-Ge Düzeyi, Maliyet, Kalite, Hizmet, Tedarik Süresi
Vatansever ve Telliöğlu (2020)	Fiyat, Marka, Kalite, Teslimat, Satış Sonrası Hizmet, Ödeme Avantajı, Güvenilirlik, Stok Kapasitesi
Eş ve Kocadağ (2020)	Fiyat, İşçilik Maliyeti, Tamir Kabiliyeti, Etki, Satış Sonrası Destek, Tecrübe, İşçilik Kabiliyeti, Zamanında Teslimat, Ürün İadesi Esnekliği, Demo Ürün Kullanırma, Geçmiş İş Performansı

Tablo 2.1: Literatürdeki Tedarikçi Seçimi Çalışmaları ve Tercih Kriterleri

Dickson (1966) çalışmasında 273 şirket ile yaptığı anketler sonucunda tedarikçileri değerlendirmek üzere kullanılan 23 ana kriter önermiştir. Dickson (1966) ait tedarikçileri değerlendirme kriterleri Tablo 2.2' de verilmektedir.

Weber vd. (1991) çalışmasında 1966 senesinden itibaren yapılan 74 çalışmayı incelemiş ve tedarikçi seçiminde en çok tercih edilen kriterlerin oranlarını sırasıyla fiyat %80, teslimat %58, kalite %53 olarak ortaya çıkarmıştır.

Tedarikçi Seçim Kriterleri

Coğrafi Yeri

Eğitim Yardımları

Finansal Durum

Fiyat

Garanti ve Hak Talebi Politikaları

Geçmiş İşlerin Miktarı

İletişim Sistemleri

İş Yapma İsteği

İşçi İlişkileri Kayıtları

İşletme Denetimleri

İzlenim

Kalite

Karşılıklı Düzenlemeler

Onarım Hizmetleri

Paketleme

Performans Geçmişi

Prosedür Uyumu

Sektördeki İtibar ve Konumu

Teslimat

Teknik Yeterlilik

Tutum

Üretim Tesisleri ve Kapasitesi

Yönetim ve Organizasyonu

Tablo 2.2. Tedarikçi Seçim Kriterleri Dickson (1966)

2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKY birden fazla karar vericinin, birçok alternatif arasında nitel ve nicel değerlendirmelerde bulunularak en uygun olanı bulmayı amaçlayan analitik yöntemlerdir (Günay ve Ünal, 2016). Çok kriterli karar verme yöntemleri alternatifleri belirli kriterlere göre değerlendirip en ideal çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır (Alkan vd., 2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri temelde iki farklı başlık altında toplanmaktadır: Birincisi Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri (ÇAKVY), farklı amaç fonksiyonlarının hepsini kapsayan uzlaşık çözümler bulmayı; ikincisi Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemleri (ÇNKVY) belirlenmiş kriterlere göre alternatifler arasından birini seçmeyi amaçlamaktadır (Şekerci ve Yazıcıoğlu, 2019).

Literatürde tedarikçi seçim problemlerinde kullanılmakta olan birçok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı: AHP (Analitik Hiyerarşi Proses) Yöntemi, AAP (Analitik Ağ Proses), VIKOR (Vlse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje), TOPSIS (Technique for Order Prefense by Similarity to Ideal Solutions), ELECTRE (Elimination and Choise Translating Reality), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), Veri Zarflama Analizi, Gri İlişkisel Analiz, MOORA (Multi Objective Optimization By Ratio Analysis), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), UTA (Utility Additive), STEM (Step Method), PAPRIKA (Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives) yöntemleridir (Erbıyık vd., 2021).

Brauers ve Zavadskas (2012) çalışmalarında en çok kullanılan ÇKKVY'ni Tablo 2.3 gösterildiği şekilde kıyaslamaktadır.

ÇKKV Yöntemleri	Veri Toplama ve hesap uzunluğu	Kolaylık	Matematiksel İşlemler	Güvenilirlik	Veri Türü
AHP	Çok Uzun	Orta Kolay	Fazla	Az	Karma
MOORA	Çok Kısa	Çok Kolay	Az	Yüksek	Nicel
VIKOR	Kısa	Kolay	Orta	Orta	Nicel
PROMETHEE	Uzun	Orta	Orta	Orta	Karma
ELEKTRE	Uzun	Orta	Orta	Orta	Karma
TOPSIS	Orta	Orta	Orta	Orta	Nicel

Tablo 2.3: ÇKKVY Karşılaştırılması (Brauers ve Zavadskas,2012)

Literatürde bir çok inşaat mühendisliği, inşaat proje yönetimi alanında çok kriterli karar verme teknikleri ve tedarikçi seçimi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

Tezcan vd. (2012) çalışmalarında alışveriş merkezi, sosyal konut ve lüks konutun birlikte olduğu bir yatırım projesini uygulamaya almış AHP yöntemi ile karar verme problemini çözmüşlerdir. Yöntemin uygulanması için finansal durum, satış ve pazarlama, konum, firmaya sağlayacağı katkı ana kriterleri ve bu ana kriterlere ait alt kriterler ikili karşılaştırma matrisleriyle değerlendirilmiştir.

Ömürbek vd. (2016) çalışmalarında Isparta ilinde inşaat yapı denetim firmalarının seçimine çözüm sunan çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve ELECTRE yöntemlerini kullanmıştır.

Uğur (2017) çalışmasında Rusya'da yapılacak bir inşaat projesi için proje müdürü seçimine çok kriterli karar verme tekniklerinde MOORA yaklaşımından yararlanarak çözüm sunmuştur.

Baynal vd. (2019) Türkiye'deki lüks konut sektöründe ankastre beyaz eşya eklenip rekabet ortamında geri kalınmamasını hedefleyen firmalara çözüm öneren çalışmasında VIKOR ve AHP yöntemlerini kullanmıştır.

Erdoğan ve Topraklı (2019) çalışmasında Ankara ilinde bir inşaat şirketinin anahtar teslim kurum binasının yapımını üstlenecek taşeron firmanın seçiminde TOPSIS yöntemini kullanılmıştır. Yöntemin değerlendirilmesinde kriterlerde sadece fiyat kriterinin düşünülmesi yanlış bir yaklaşım olduğu ve diğer tüm kriterlerin titizlikle seçilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Yiğit ve Akpınar (2021) çalışmasında üç farklı rüzgar türbini kulesinin seçimini Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile çözüme kavuşturmayı amaçlamıştır. Çalışmanın uygulanmasında kurulum maliyetleri, bakım giderleri, ekonomik ömrü sonunda geri dönüşüm oranları gibi kriterler kullanılmıştır.

Toptancı ve Potur (2021) çalışmasında Ankara'daki bir inşaat firmasının inşa edecekleri konut projesi için 5 adet alternatif arasında en uygun arsa seçimi için Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerini kullanmış ve uygulamada 8 kriter değerlendirilmiştir.

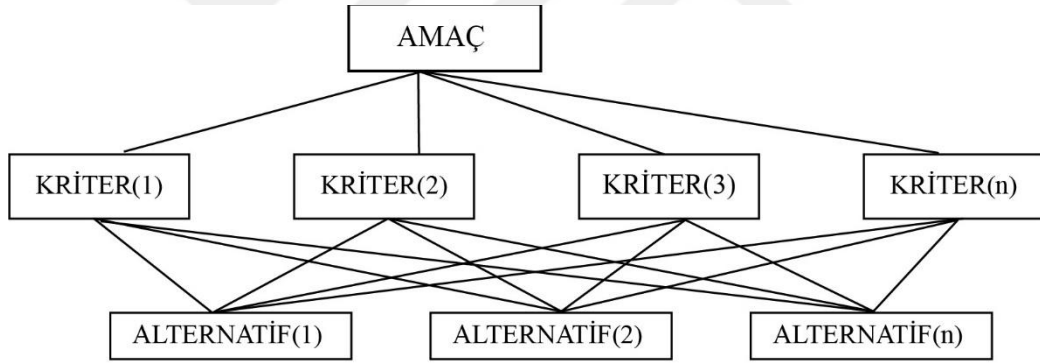
2.2.1. AHP

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, karar vermede yetkili kişilerin önceliklerini ön plana alan, nicel ve nitel değişkenleri bir arada kullandıran en yaygın çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Şenkayas vd., 2010). 1970'li yıllarda Pensilvanya Üniversitesinden Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi, devam eden yıllarda kullanıcılar tarafından kolay anlaşılması ve basit çözümü sebebiyle karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılmıştır (Supçiller ve Çapraz, 2011).

AHP Yönteminin Uygulama Adımları:

1.Adım: Yöntemin Hiyerarşik Yapısının Oluşturulması

Karar verme probleminin hiyerarşik yapısı amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşmaktadır. Bir karar verme probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Karar verme problemi çözümü için karar verme kriterleri belirlenir ve seçim yapılacak alternatifler belirlenir.



Şekil 2.1: Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

2.Adım: Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Amaç, kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra kriterler karar vericiler tarafından kendi önem derecelerine göre değerlendirilmektedir. Karar vericilerin değerlendirilmesine sunulan kriterlerin veya alternatiflerin değerlendirilmesi (2.1) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi bir karar matrisini oluşturulur. Her bir kriter veya alternatif diğer kriter veya alternatifle karşılıklı kıyaslama şeklinde değerlendirilerek

oluşturulmaktadır. Oluşturulan karar matrisinde, derecelendirme ifadeleri olarak Saaty (1990) tarafından geliştirilen Tablo 2.4'deki önem dereceleri kullanılmaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ \frac{1}{a_{31}} & \frac{1}{a_{32}} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \frac{1}{a_{n3}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \text{nxn} \quad (2.1)$$

Tablo 2.4: AHP Yöntemi Önem Derecelendirmesi (Saaty, 1990)

Sayısal İfade	Tanımlama
1	Öğelerin değerleri eşit
3	Bir öğe diğer öğeden az daha önemli
5	Bir öğe diğer öğeden fazla önemli
7	Bir öğe diğer öğeden çok fazla önemli
9	Bir öğe diğer öğeden aşırı önemli
2, 4, 6, 8	Aradaki Değerler

3.Adım: Özvektörün Bulunması

Karşılaştırma matrisindeki her bir öğenin bir birine göre önemini gösteren $n \times n$ boyutunda ki özvektör matrisi oluşturulması için gerekli olan özvektörler (2.2) numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır. Kriterlerin $W = [w_i]_{n \times 1}$ sütun vektörleri b_{ij} değerlerinin oluşturduğu satır öğelerinin aritmetik ortalaması ile hesaplanmaktadır.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3, \dots, n$ olmaz üzere;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2.2)$$

4.Adım: Özvektör Tutarlılığının Hesaplanması

Tüm ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı (CR) hesaplanması yapılmaktadır.

Tutarlılık oranı için üst limit 0,1 olarak kabul edilmektedir. 0,1 üzeri oranlar karar vericilerin yargılarında tutarsızlık olduğunu göstermektedir (Supçiller ve Çapraz, 2011). Tutarsızlık durumu oluşması durumunda yargıların düzeltilmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranı (CR) hesaplanması için A matrisinin en büyük özvektörü (λ_{max}) bulunması gerekmektedir.

$i = 1, 2, 3 \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3 \dots, n$ olmaz üzere;

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (2.3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (2.4)$$

(2.5) numaralı formülle hesaplanan tutarlılık oranı (CR) için gerekli olan rassallık endeksi (RI) sabit değerlerden oluşmakta ve n değerlerine bağlı olarak belirlenmektedir. CR değerlerinin hesaplanmasında kullanılan rassallık endeksi değerleri Tablo 2.5’de gösterilmektedir.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1) \cdot RI} \quad (2.5)$$

Tablo 2.5: Rassallık Endeksi Değerleri (Supçiller ve Çapraz, 2011).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

5.Adım: Sonucun Elde Edilmesi

Karar Matrisi DW , n tane ölçütün her birinin oluşturduğu $m \times 1$ boyutundaki üstünlük sütun vektörlerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan $m \times n$ boyutunda bir matristir. (2.7) numaralı eşitlikte oluşturulan karar matrisi ile W ölçütler arası üstünlük vektörü ile çarpılması sonucu elde edilen R sonuç vektörü hesaplanması gösterilmektedir.

$i = 1, 2, 3 \dots, n$ ve $j = 1, 2, 3 \dots, n$ olmaz üzere;

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (2.6)$$

$$R = DW \times W \quad (2.7)$$

2.2.2. ELECTRE

İlk olarak Bernard Roy tarafından geliştirilen ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi alternatifler arasında ikili üstünlük kıyaslamalarıyla çalışan, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Şişman ve Eleren, 2018). Uyumluk durumu, derecelendirme yöntemleri, kullanılan kriterlerin farklılaşmasıyla ELECTRE yöntemi ileri zamanlarda çeşitlenerek ELECTRE I, II, III, IV, TRI, IS isimlerini almıştır (Arslan ve Uysal, 2017).

ELECTRE yönteminin temel adımları şu şekildedir:

1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar Matrisinin (A) oluşturulmasında alternatifler satırlara, karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri sütunlara yerleştirilmektedir. m alternatif sayılı, n değerlendirme sayılı A karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

2.Adım: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Maliyet ve fayda kriterleri için farklı formüller kullanılarak normalize karar matrisi (X) oluşturulmaktadır.

Maliyet kriterleri için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$x_{ij} = \frac{\frac{1}{r_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\frac{1}{r_{ij}})^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

Fayda kriterleri için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$x_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

Hesaplamalar sonucunda normalize karar matrisi (X) aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

3.Adım: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi Oluşturulması:

Değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları (w_j) belirlendikten sonra, normalize edilmiş karar matrislerinin ve kriterlerin ağırlıklarının çarpılması sonucu ağırlıklandırılmış normalize karar değerleri elde edilip V karar matrisi oluşturulur.

$$v_{ij} = w_j \cdot x_{ij} \quad (2.10)$$

$$V_{ij} \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \cdots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \cdots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_1 x_{11} & \cdots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

V karar matrisi yukarıdaki şekilde oluşturulmaktadır.

4.Adım: Uyum- Uyumsuzluk Kümelerinin Oluşturulması

Uyum ve uyumsuzluk kümeleri oluşturulması için her ikili alternatif kıyaslamasında kriterler iki ayrı kümeye ayrılmaktadır. Uyum kümesinde A_p alternatifi A_q alternatifine tercih edilmektedir; A_p ve A_q ($1, 2, \dots, m$ ve $p \neq q$).

$$C(p, q) = \{j, v_{pj} \geq v_{qj}\} \quad (2.11)$$

A_p alternatifi eğer A_q ' dan daha kötü ise uyumsuzluk kümesi oluşturulmaktadır:

$$C(p, q) = \{j, v_{pj} < v_{qj}\} \quad (2.12)$$

5.Adım: Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması

Uyum matrisinin (C) oluşturulması için:

$$C_{pq} = \sum_{j^*} w_{j^*} \quad (2.13)$$

j^* , $C(p, q)$ uyumsuzluk kümesinin faktörleridir.

Uyumsuzluk matrisi (D) elemanları ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$D_{pq} = \frac{(\sum_{j^0} |v_{pj^0} - v_{qj^0}|)}{(\sum_j |v_{pj} - v_{qj}|)} \quad (2.14)$$

j^0 , $D(p, q)$ uyumsuzluk kümesinin faktörleridir.

6.Adım: Üstünlük karşılaştırılması

Uyum Matrisi (C) ve uyumsuzluk matrisi (D) değerlerinin ortalama değerleri \bar{C} , \bar{D} değerleri hesaplanır; $C_{pq} \geq \bar{C}$ ve $D_{pq} \leq \bar{D}$ ise $AP \rightarrow Aq$ şeklindedir. P birimi q birime üstündür.

7.Adım: Uyumlu ve Uyumsuzluk İndekslerinin Sıralaması

Net uyum ve uyumsuzluk indeksleri aşağıdaki formüller ile hesaplanır; Cp büyükten küçüğe, Dp ' ler küçükten büyüğe sıralanmaktadır.

$$Cp = \sum_{k=1}^m C_{pk} - \sum_{k=1}^m C_{kp} \quad k \neq p \quad (2.15)$$

$$Dp = \sum_{k=1}^m D_{pk} - \sum_{k=1}^m D_{kp} \quad k \neq p \quad (2.16)$$

2.2.3. MOORA

Brauers ve Zavadskas (2012) tarafından geliştirilen MOORA yöntemi çok amaçlı bir karar verme yöntemidir. MOORA yöntemi oran sistemi ve referans noktası yaklaşımı olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır (Sarıoğlu ve Arslan, 2020). MOORA yöntemiyle yapılan çalışmalarda referans noktası yaklaşımı ve oran metodundan yalnız biri kullanılabildiği gibi ikisi beraber kullanılarak da çözümler yapılmaktadır. MOORA yöntemi diğer çok kriterli karar verme kriterleriyle kıyaslandığında az matematiksel işlemle ve kolay hesaplamalarla yüksek güvenilirlikli sonuçlar elde edilen bir yöntemdir (Hatipoğlu ve Altan, 2021).

MOORA yöntemi uygulama adımları:

1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

Standart karar matrisi (A) $n \times m$ formatında, n kriterli m alternatifli bir matristir. Karar matrisindeki a_{ij} değerleri i alternatifinin j kriteri açısından değerini göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında hazırlanan karar matrisi aşağıdaki gibidir:

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

2.Adım: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize karar matrisindeki her bir değer $N = [x_{ij}]$, Karar matrisindeki her bir değer a_{ij} nin bulunduğu sütundaki değerlerin normuna bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2.17)$$

3.Adım: Oran Metodu Sıralaması

Normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra, i alternatifinin tüm kriterlere göre normalize edilmiş değeri (y_i^*), (2.18) numaralı eşitlik ile bulunur ve y_i^* değerleri büyükten küçüğe sıralanmasıyla, MOORA-oran metodu sıralaması elde edilmektedir.

Her bir alternatifin tek bir değere dönüştürülmesi için (2.18) numaralı eşitlikten yararlanılır; $j = 1, 2, 3, \dots, s$ maksimize edilecek kriterlerken, $j = s + 1, s + 2, \dots, n$ minimize edilecek kriterleri temsil etmektedir.

$$y_i = \sum_{j=1}^s x_{ij} - \sum_{j=s+1}^n x_{ij} \quad (2.18)$$

4.Adım: Referans Noktası Sıralaması

Her bir kriter için amacın maksimizasyon yada minimizasyon olmasına bağlı olarak alınan değerlerle, kriterlerin referans noktaları r_j değerleri belirlenir ve bu referans noktalarının her x_{ij} ' ye uzaklıkları (2.19) numaralı formül ile bulunmaktadır.

$$r_j - x_{ij} \quad (2.19)$$

Yukarıdaki işlemler ile elde edilen değerlerle karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisinde (2.20) numaralı Tchebycheff minimumum-maksimum işlemleri uygulanmasıyla alternatiflerin MOORA- referans noktası yöntemi sıralaması oluşturulmaktadır.

$$\min_i \{ \max_j (|r_j - x_{ij}|) \} \quad (2.20)$$

2.2.4. PROMETHEE

1982 yılında Brans tarafından geliştirilen PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi, çoklu alternatifler arasında kriter değerlendirmeleriyle elde edilen karar verme sistemidir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008). PROMETHEE yöntemiyle karar verme kolay uygulanabilirlik özelliği

sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır. İlerleyen zamanlarda ihtiyaçlara karşılık PROMETHEE-I, II, III, IV, V, VI yaklaşımları da geliştirilmiştir (Soba, 2012). Amaç belirlenip, alternatif ve kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra PROMETHEE metodu çözüm aşamaları takip edilmektedir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008)

PROMETHEE yöntemi uygulama adımları:

1.Adım: Karar Matrisi Oluşturulması

Alternatif, kriterlerin karar vericiler tarafından aldıkları önem derecelerinden oluşan değerlendirme matrisi haline getirilmektedir.

2.Adım: Kriterlerin Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Kriterlerin tercih fonksiyonları belirlenir. Tercih fonksiyonları kriterlerin özelliklerine ve alternatiflerin kriterlere göre değerlendirme için aranan özelliklere göre belirlenir.

Bazı tercih fonksiyonları aşağıda gösterilmektedir:

Birinci Tip: Olağan

İkinci Tip: U

Üçüncü Tip: V

Dördüncü Tip: Seviyeli

Beşinci Tip: Lineer

Altıncı Tip: Gaussian

3.Adım: Alternatifler İçin Ortak Tercih Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Alternatif kümesindeki alternatif için ortak tercih fonksiyonları belirlenmesinde kriterler için tanımlanan tercih fonksiyonlarını kullanılmaktadır.

4.Adım: Alternatif Çiftlerinin Tercih İndeksi Oluşturulması

Her bir alternatif çifti ve kriterlerin tercih fonksiyonları ile her bir alternatif çiftinin tercih indeksleri bulunmaktadır.

5.Adım: Alternatiflerin Pozitif (Φ^+) ve Negatif (Φ^-) Üstünlükler Kümesinin Oluşturulması

Bu aşamadan sonra PROMETHEE-I ve PROMETHEE-II yöntemleri için işlem adımları anlatılmaktadır:

6.Adım: PROMETHEE-I Kısmi Önceliklerin Belirlenmesi ve Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Kısmi öncelikler kümesindeki alternatiflerin birbirine göre tercih edilme durumları ve birbirinden farksız olan alternatiflerin karşılaştırılmaz olması aşağıdaki şartlara bağlı olmaktadır:

a alternatifinin b alternatifine tercih edilmesi için gerekli şartlar:

$$\begin{aligned} \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \\ \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b)$$

a alternatifinin b alternatifinden farksız olma durumu için gerekli şartlar:

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad (2.22)$$

a alternatifinin b alternatifiiyle karşılaştırılmaz olma durumunu sağlayan şartlar:

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) > \Phi^-(b)$$

$$\Phi^+(a) < \Phi^+(b) \text{ ve } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \quad (2.23)$$

7.Adım: PROMETHEE-II yönteminde ile Alternatiflerin Arasında Net Önceliklerin Belirlenmesi

Tüm alternatifler ile hesaplanan net öncelik değeri değerlendirilip tüm sıralama belirlenmektedir.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (2.24)$$

Alternatif kümesinde yer alan iki alternatif a ve b net öncelik değeri ile değerlendirilmeleri sonucunda karar öncelikleri şu şekilde olmaktadır:

$\Phi(a) > \Phi(b)$ ise a alternatifi b alternatifinden üstündür.

$$\Phi(a) = \Phi(b) \text{ ise } a \text{ ve } b \text{ alternatifleri farksızdır.} \quad (2.25)$$

2.2.5. TOPSIS

TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) yöntemi 1981 yılında Hwang ve Yoon referans kaynaklı Chang ve Hwang çalışmasıyla literatüre kazandırılmıştır (Ertuğrul ve Özçil, 2014). Nitel karşılıklara gerek kalmadan direkt veriler ile uygulanan bir karar verme metodu olan TOPSIS yöntemi pozitif ideal çözüme en yakın sonucu negatif ideal çözüme en uzak çözümü amaçlar (Tekez ve Bark, 2016). Tercih edilen çözüm: ideal çözümün en kısa öklit mesafesi, negatif ideal çözümün en uzak mesafesidir (Elgün ve Aşıkoğlu, 2016).

TOPSIS yöntemi uygulama adımları:

1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

Satırları alternatif, sütunları kriterler olan karar matrisi oluşturulurken matristeki her bir öge, o alternatifin ilgili kriter karşısındaki değerlendirilmesinden oluşmaktadır. (A) karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

$$A = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

2.Adım: Normalize Karar Matrisi Oluşturulması

(2.27) numaralı eşitlikler ile karar matrisi normalize işlemi yapılmakta ve normalize karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad R = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

$$i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k$$

3.Adım: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Kriterlere verilen önem derecelerine göre ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra ağırlık değerlerinin normalize edilmiş karar matrisindeki öğeler ile çarpılmasıyla ağırlıklı normalize karar matrisi (V) oluşturulmaktadır.

$$V = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinde en yüksek ve en düşük değerler belirlenerek A^+ ve A^- ideal nokta değerlerine ulaşılmaktadır.

$A^+ = \{x_1^+, x_2^+, \dots, x_k^+\}$: maksimum değerler,

$A^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_k^-\}$: minimum değerlerdir.

4.Adım: Maksimum ve Minimum İdeal Noktaya Uzaklıkların Hesaplanması

Maksimum ideal noktaya uzaklık (S_i^+) ve Minimum ideal noktaya uzaklık (S_i^-) hesaplamaları için (2.29) ve (2.30) numaralı eşitlikler kullanılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (2.29)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (2.30)$$

5.Adım: Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Puanı Hesaplaması ve Sıralaması

Alternatiflerin yakınlık katsayıları C_i^+ değerleri (2.31)'deki eşitlik ile hesaplanmaktadır. Her bir alternatifin yakınlık katsayısı 0-1 arasında değerler almaktadır. En yüksek değere sahip alternatif en iyi tercih olarak kabul edilmektedir.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ - S_i^-} \quad 1 \geq C_i \geq 0 \quad (2.31)$$

2.2.6. VIKOR

VIKOR yöntemi, birbiri ile çelişen kriterleri olan bir karar verme probleminin ideal çözüme en yakın olan alternatifi bulmada, alternatiflerin ağırlıklarının uzlaşık bir sıralama ile çözümünü amaçlamaktadır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008). Yu (1973) ve Zeleny (1982) ile temelleri atılan VIKOR yöntemi (ViseKriterijumska Optimizacija

I Kompromisno Resenje),1997 yılında Amakumovic, Opricovic ve Trajkovic çalışmalarıyla alternatifleri sıralamayı ve seçmeyi amaçlayan çok kriterli karar problemlerine uzlaşmacı çözüm getiren bir yöntemdir (Ertuğrul ve Özçil, 2014).

VIKOR yöntemi uygulama adımları:

1.Adım: f^* ve f^- Değerlerinin Bulunması

Tüm kriterler için en iyi f^* ile en kötü f^- değerleri belirlenir.

$$\begin{aligned} f_i^* &= \max_j f_{ij} \quad i \text{ fayda kriteri } i = 1,2,3, \dots, n \\ f_i^{*-} &= \max_j f_{ij} \end{aligned} \quad (2.32)$$

2.Adım: S_j ve R_j Değerlerinin Tespit Edilmesi

j alternatiflerinin en iyi S_j ve en kötü R_j değerleri (2.33) ve (2.34) numaralı eşitlikler ile tespit edilir. Eşitlikte ki w_i değeri kriterlerin ağırlıklarını temsil etmektedir ve ağırlıklar toplamı 1 olmalıdır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (2.33)$$

$$R_j = \max_i [(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (2.34)$$

3.Adım: Q_j Değerlerinin Hesaplanması

Q_j değerlerinin hesaplanmasında v fayda ağırlıklarını, $(1 - v)$ pişmalık ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R_i) / (R^- - R^*) \quad (2.35)$$

$$S^* = \min S_j, \quad S^- = \max S_j$$

$$R^* = \min R_j, \quad R^- = \max R_j$$

4.Adım: S , R ve Q Değerlerinin Sıralanması

Hesaplanan S , R ve Q değerleri küçükten büyüğe sıralanmaktadır. Üç ayrı grupta sıralamalar elde edilmektedir.

5.Adım: En Uygun Alternatifin Bulunması

Q için yapılan sıralamada en uygun alternatif (a') ve uzlaşmacı çözümün tespiti için aşağıdaki şartların sağlanması beklenmektedir:

1.Şart: J alternatif sayısı, $DQ = 1/(J - 1)$ ile birlikte kabul edilebilen avantaj şartı sağlanması beklenmektedir. a' birinci sıralamadaki alternatifken, a'' sıralamadaki ikinci alternatiftir.

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (2.36)$$

2.Şart: Karar almada istikrar şartı sağlanması için Q sıralamasında birinci olan a' alternatifi, R ve S' ye göre yapılan sıralamalarda da en az birinde birinci alternatif olmalıdır.

İlk şartın sağlanması durumunda uzlaşmacı çözüm olarak a' , a'' kabul edilirken, 2. şartında da sağlanması halinde a', a'', \dots, a^n uzlaşmacı çözüm olarak tespit edilir. a^n alternatifi (2.37) numaralı eşitlik ile bulunmaktadır.

$$Q(a^n) - Q(a') < DQ \quad (2.37)$$

2.3. Bulanık Sayılar

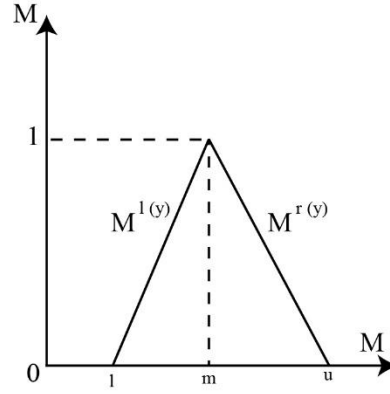
Bulanık mantık kavramı, 1965 yılında Azeri kökenli Amerikalı bilim adamı Lotfi A. Zadeh' in (Fuzzy Sets) adlı makalesinde ortaya konmuştur. Bu çalışmada hayatta karşılaşılan durumların sınıflandırılması tam olarak tanımlanamadığı durumlarda, düşüncenin bulanıklığından söz edilir ve 0 ya da 1 ile temsil eden ikili mantık tanımlamasının bu düşünceleri açıklamada yetersiz kalınacağı şeklinde görüş belirtilmiştir (Şengül vd., 2013). Sıcaklık, hız, yavaşlık, az, çok, fazla gibi günlük hayatta karşılaşılan durumların dilsel ve sayısal ifadelerle değerlendirmeleri çoğunlukla bulanık yapıdadır (Genç, 2013).

Lotfi A. Zadeh (1965) ortaya koyduğu çalışmasıyla, karşılaştığımız durumlara yapılan değerlendirmeleri 0- 1 arasında bir sayı ile değerlendirilmesiyle, durumlar arasındaki kıyas ve benzerliklerinden faydalanıp matematiksel nicel bir değere ulaşılması sağlanmaktadır (Polat vd. , 2017).

Bulanık mantığa göre bir elemanın üyelik derecesi 0 olması o elemanın kümeye ait olmadığını, üyelik derecesinin 1 olması tamamen o kümeye ait olduğunu; 0 ile 1 arasındaki aldığı değerler o elemanın kümedeki aitlik derecesini vermektedir (Kazançoğlu ve Ada, 2010).

Bulanık küme teorisinin amacı tanımlanması ve anlaşılması zor, belirsizlik ifade eden kavramlara üyelik dereceleri vererek belirlilik kazandırmaktır (Seçme ve Özdemir, 2008).

Bulanık küme teorisinde, elemanlar dilsel ifadelerle değerlendirilip bu ifadeler bulanık sayılara dönüştürülerek çözümler yapılır. Bulanık üyelik fonksiyonları için çan biçimli, trapez, üçgen tipli üyelik fonksiyonlar tercih edilebilmektedir (Akyüz, 2012). Bu tez kapsamında kullanılan üçgensel bulanık sayılar ve başka bir ifadeyle üçgen tipi üyelik fonksiyonları Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Üçgen Tipi Üyelik Fonksiyonu (Akyüz, 2012)

Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu \tilde{M} , üçgensel bulanık sayılar (l, m, u) olarak gösterilmektedir. Bu değerler sırasıyla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri karşılamaktadır. Bir üçgensel bulanık sayı sağ ve sol üyelik derecelerine göre lineer gösterimi (2.38)' de gösterilen eşitliklerle ifade edilmektedir.

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x - l) / (m - l) & l \leq x \leq m \\ (u - x) / (u - m) & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (2.38)$$

Bulanık üçgensel sayılar için temel aritmetik işlemlerden toplama işlemi için (2.39) çarpma işlemi için (2.40), bölme işlemi için (2.41), negatifi için (2.42), tersi için (2.43) numaralı eşitlikler kullanılmaktadır (Kazançoğlu ve Ada, 2010).

$$\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2.39)$$

$$\tilde{M}_1 \times \tilde{M}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (2.40)$$

$$\tilde{M}_1 / \tilde{M}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2) \quad (2.41)$$

$$-\tilde{M}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1) \quad (2.42)$$

$$1 / \tilde{M}_1 = (1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1) \quad (2.43)$$

2.3.1. Bulanık Matris

En az bir elemanı bulanık sayı olan \tilde{D} matrisi bulanık matris olarak tanımlanmaktadır (Chen, 2000). \tilde{D} bulanık matrisi (2.44) numaralı eşitlikte gösterilmektedir: \tilde{x}_{ij} için $(\forall i, j)$ bir bulanık sayısı temsil etmektedir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.44)$$

2.3.2. Vertex Yöntemi

İki üçgensel bulanık sayı arasında ki uzaklığı hesaplamada kullanılan Vertex yöntemi (2.45) numaralı formül yardımıyla yapılmaktadır. Örneğin birinci üçgen bulanık sayı $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$, ikinci üçgen bulanık sayı $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ olsun. Bu iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık $d(\tilde{m} - \tilde{n})$ şeklinde gösterilmektedir.

$$d(\tilde{m} - \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (2.45)$$

2.4. Bulanık TOPSIS Yöntemi

1981’de Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemi olan TOPSIS, insan yargılarının ölçülmesinde nicel ifadelerin yetersiz kalması sebebiyle 1992’de Chen ve Hwang tarafından bulanık sayılarla hibrit bir şekilde kullanılmıştır (Tayyar, 2012).

Bulanık TOPSIS çok sayıda karar vericinin olduğu, belirsizliğin olduğu ve karar verme kriterlerin birden fazla olduğu problemlerin çözümlerinde oldukça kullanışlı bir yöntemdir (Chen, 2000). Bulanık TOPSIS metodunda hayatın akışına uygunluğu açısından karar vericilerin kriterleri ve alternatifleri dilsel ifadelerle değerlendirilmesi istenmektedir. Dilsel değerlendirmeler daha sonra üçgen, yamuk veya trapez bulanık sayılara çevrilmekte ve yapılan hesaplamalarla her bir alternatifin yakınlık katsayıları belirlenmektedir. Belirlenen yakınlık katsayıları sıralanarak alternatiflerden uygun olan seçilmektedir (Tekez ve Bark, 2016).

Bu çalışmada kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirmesinde Chen’ in tanımladığı dilsel değişkenler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları kullanılmaktadır: Kriterlerin değerlendirmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bulanık sayı karşılıkları Tablo 2.6’te, alternatifler için kullanılan değişkenler Tablo 2.7’te gösterilmektedir (Chen, 2000).

Tablo 2.6: Kriterlin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları (Chen, 2000).

Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0,0,0,1)
Düşük (D)	(0,0,0,1,0,3)
Orta Düşük (OD)	(0,1,0,3,0,5)
Orta (O)	(0,3,0,5,0,7)
Orta Yüksek (OY)	(0,5,0,7,0,9)
Yüksek (Y)	(0,7,0,9,1,0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0,9,1,0,1,0)

Tablo 2.7: Alternatiflerin Değerlendirmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları (Chen, 2000).

Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Orta Kötü (OK)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Çalışmada TOPSIS yöntemi işlem adımları için Chen (2000)' in geliştirdiği model üzerinden gitmektedir ve yöntemin matematiksel işlem adımları aşağıda gösterilmektedir (Chen, 2000).

1.Adım: K adet karar vericinin olduğu bir karar verme probleminde K' ıncı karar vericinin değerlendirmede bulunduğu kriterin önem ağırlığı \tilde{w}_j^K olarak gösterilir ve (2.46) numaralı eşitlik yardımıyla bulunmaktadır. i alternatifinin kriter karşısında aldığı değer \tilde{x}_{ij}^K şeklinde gösterilmektedir ve (2.47) numaralı eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+)\tilde{w}_j^2(+)\dots(+)\tilde{w}_j^K] \quad (2.46)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+)\tilde{x}_{ij}^2(+)\dots(+)\tilde{x}_{ij}^K] \quad (2.47)$$

2.Adım: m alternatifli, n kriterli bulanık karar matrisinde sütunlar kriterleri satırlar alternatifleri temsil etmektedir. Bulanık çok kriterli karar verme matrisi örneği eşitlik (2.48)' de gösterilmektedir. Karar kriterlerinin önem ağırlıkları matrisi (\tilde{W}) eşitlik (2.49)' da verilmektedir. Bulanık karar matrisinde her \tilde{w}_j dilsel değişkenleri ifade

etmekte, bu dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde tanımlanmaktadır.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad (2.48)$$

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \quad (2.49)$$

3.Adım: Bulanık karar matrisi elde edildikten sonra normalize karar matrisi (\tilde{R}) oluşturulması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$(\tilde{R}) = [r_{ij}]_{m \times n} \quad (2.50)$$

4.Adım: Karar kriterleri fayda ve maliyet kriterleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. B fayda kriteri, C maliyet kriteri için aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır.

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad c_j^* = \max c_{ij} \quad j \in B \quad (2.51)$$

$$r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right) \quad a_j^- = \min a_{ij} \quad j \in C \quad (2.52)$$

5.Adım: Her bir kriterin farklı önem ağırlıkları olması sebebiyle normalize karar matrisindeki değerlerden aşağıdaki formüller kullanılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.53)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \quad (2.54)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde \tilde{v}_{ij} ($\forall i, j$) elemanları $[0,1]$ kapalı aralığında değerlenmektedir.

6.Adım: Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra, bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) tanımlaması eşitlik (2.55)'te, bulanık negatif ideal çözüm (A^-) tanımlaması eşitlik (2.56)'da gösterilmektedir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (2.55)$$

$$A^- = (\widetilde{v}_1^-, \widetilde{v}_2^-, \dots, \widetilde{v}_n^-) \quad (2.56)$$

Her bir alternatifin pozitif ideal çözüme (A^*) ve negatif ideal çözüme (A^-) uzaklıkları hesaplanması için aşağıdaki eşitlikler kullanılır.

$\widetilde{w}_j^* = (1, 1, 1), \widetilde{w}_j^- = (0, 0, 0)$ kabul edilmektedir.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{v}_j^*) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.57)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{v}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.58)$$

Eşitliklerdeki $d(\dots, \dots)$ değeri iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermekte ve Vertex yönteminde anlatılan (2.45)'teki formül yardımıyla bulunmaktadır.

7.Adım: Alternatiflerin yakınlık katsayıları bulunarak sıralaması yapılır. CC_i yakınlık katsayıları 1'e yaklaştıkça pozitif ideal çözüme yaklaşmakta, 1'den uzaklaştıkça negatif ideal çözüme yaklaşmaktadır. Bütün alternatiflerin yakınlık katsayısı (CC_i) değerleri (2.59) numaralı formül ile hesaplanmaktadır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.59)$$

2.5. Bulanık MOORA Yöntemi

Oransal analizlere dayalı, çok amaçlı optimizasyon metodu olan MOORA (Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis) yöntemi karar problemlerinin çözümleri için Brauers (2004) tarafından sunulmuş ve daha sonra Brauers ve Zavadskas'ın (2006) ortak çalışmalarıyla bulanık küme mantığı MOORA yöntemine adapte edilmiştir (Şişman ve Doğan, 2016).

Bulanık MOORA yöntemi diğer karar verme kriterlerine göre daha yeni bir uygulama olmasına rağmen hesaplama süresi azlığı, matematiksel işlemlerin basitliği ve güvenilirliğin fazla olması literatürde sıklıkla kullanılmasına sebep olmaktadır (Şişman ve Doğan, 2016).

Literatürdeki Bulanık MOORA yöntemiyle yapılan çalışmalarda üç temel yaklaşım kullanılmaktadır: Oran yöntemi, referans noktası yöntemi ve tam çarpımsal form (Durmaz vd., 2017).

Kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel ifadeler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları için Tablo 2.8’de yer alan Awasthi ve Govindan’ın (2016) çalışmasındaki kriter ve alternatiflerin değerlendirme ifadeleri kullanılmaktadır (Awasthi ve Govindan, 2016).

Tablo 2.8: Kriter ve Alternatiflerin Değerlendirme İfadeleri (Awasthi ve Govindan, 2016).

Çok Düşük	(1, 1, 3)
Düşük	(1, 3, 5)
Orta	(3, 5, 7)
Yüksek	(5, 7, 9)
Çok Yüksek	(7, 9, 9)

Kriter ve alternatiflere verilen bulanık değerler $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ bulanık olmayan sayılara (a) dönüştürülmesinde (2.60) numaralı formül kullanılmaktadır.

$$a = \frac{a_1 + 4a_2 + a_3}{6} \quad (2.60)$$

Bulanık MOORA yöntemi işlem adımları aşağıda tarif edilmektedir (Şişman ve Doğan, 2016).

1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması

Üçgensel bulanık sayılardan oluşan karar matrisinde m alternatif, n kriter, x_{nm} ise n kriterinin m alternatifine göre aldığı küçük, orta, büyük üçgensel bulanık sayıları göstermektedir.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^u] & [x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^u] & \cdots & [x_{1m}^l, x_{1m}^m, x_{1m}^u] \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ [x_{n1}^l, x_{n1}^m, x_{n1}^u] & [x_{n2}^l, x_{n2}^m, x_{n2}^u] & \cdots & [x_{nm}^l, x_{nm}^m, x_{nm}^u] \end{bmatrix} \quad (2.61)$$

2.Adım: İkili karşılaştırmaların daha doğru yapılabilmesi için karar matrisindeki elemanların her üç bulanık sayı değerleri için normalleştirme aşağıdaki eşitliklerle yapılmaktadır. Bulanık sayıların normalleştirilmiş halleri (r_{ij}^m) , (r_{ij}^l) , (r_{ij}^u) şeklinde gösterilmektedir.

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (2.62)$$

$$r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (2.63)$$

$$r_{ij}^u = \frac{x_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^u)^2]}} \quad (2.64)$$

3.Adım: (2.60) numaralı denklem yardımıyla elde edilen ağırlıklar kullanılarak aşağıdaki işlemler yapılmakta ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmaktadır.

$$v_{ij}^l = W_j r_{ij}^l \quad (2.65)$$

$$v_{ij}^m = W_j r_{ij}^m \quad (2.66)$$

$$v_{ij}^u = W_j r_{ij}^u \quad (2.67)$$

4.Adım: Kriterlerin fayda veya maliyet kriterleri olma durumlarına göre, fayda-maliyet açısından normalize edilmiş değerleri hesaplanmaktadır. Fayda kriterleri için üç bulanık sayıya aşağıdaki işlemler uygulanmaktadır:

$$S_i^{+l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l | j \in j^{enb} \quad (2.68)$$

$$S_i^{+m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m | j \in j^{enb} \quad (2.69)$$

$$S_i^{+u} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^u | j \in j^{enb} \quad (2.70)$$

Maliyet kriterleri için her üç bulanık sayıya aşağıdaki işlemler uygulanır:

$$S_i^{-l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l | j \in j^{enk} \quad (2.71)$$

$$S_i^{-m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m | j \in j^{enk} \quad (2.72)$$

$$S_i^{-u} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^u | j \in j^{enk} \quad (2.73)$$

5. Adım: Bulanık normalize edilmiş performans değerlerini vertex yöntemini kullanarak bulanık olmayan performans değerleri elde edilmektedir.

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{3}[(S_i^{+l} - S_i^{-l})^2 + (S_i^{+m} - S_i^{-m})^2 + (S_i^{+u} - S_i^{-u})^2]} \quad (2.74)$$

6.Adım: Elde edilen performans değerleri sıralanır ve en yüksek değere sahip alternatif tercih edilir. (Uygurtürk, 2015).



3. BULANIK TOPSIS VE BULANIK MOORA YÖNTEMLERİYLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ; İNŞAAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMA

3.1. Proje Tanıtımı ve Örnek Uygulama İçin Verilerin Toplanması

Önceki bölümlerde anlatılan tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemlerden, Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemleri örnek inşaat projesi için uygulanmıştır. Çalışmaya konu olan proje bir ağır sanayi yapısı olup toplam inşaat alanı 220.000 m²'dir. Proje kapsamında malzeme tedarikçisini müteahhit firma, imalatın uygulama kısmını taşeron firmalar üstlenmiştir. Müteahhit firma imalatın her aşamasını kontrol etmektedir. İmalat kalemleri kontroller sonucunda taşeron firmalardan teslim alınmaktadır.

Tedarikçi seçimi yüklenici firmaların temel problemlerinin başında gelmektedir. Tedarikçi seçimi her proje için ayrı çalışması gereken problemlerdir. Projenin teknik özellikleri, ekonomik şartları, coğrafi konumu ve bunun gibi tüm parametreler tedarikçi seçimini projeye özgü kılmaktadır.

Bu çalışmada kaba yapı imalatının ana malzemelerinden olan hazır betonu temin edecek tedarikçi firmanın seçimi konu alınmıştır.

Yüklenici firmanın malzeme tedarikinde karar mercii olan biri proje müdürü, biri şantiye şefi ve biri satın alma sorumlusu olmak üzere yetkili üç kişi ile sözlü mülakat yapılmıştır. Proje Mühendisi konumundaki kişi yüksek mimar olup, sektörde 25 yıllık iş geçmişi olan, yurt içi ve yurt dışı bir çok şantiye tecrübe etmiştir. Şantiye şefi ise inşaat mühendisi olmakla beraber 10 yıllık iş tecrübesi dahilinde proje ofislerinde ve şantiyelerde çalışmıştır. Satın alma sorumlusu ise 9 yıllık iş tecrübesine sahip, daha önce bir çok şantiye çalışmış İnşaat Meslek Yüksek Okulları mezunu inşaat teknikeridir.

Bu mülakatın ilk aşamasında öncelikle hazır beton tedariki sağlayan 6 alternatif tedarikçi firma belirlenmiştir. Değerlendirmeye alınan alternatif 6 adet hazır beton firması A1, A2, A3, A4, A5 ve A6 şeklinde adlandırılmıştır.

Belirlenen Altı adet beton firması mevcut projenin ait olduğu şantiyeye yakın ve sektörde itibarı olan hazır beton üreticileridir. Çalışma kapsamında beton firmaların isimleri verilmemiştir. Beton firmalarının isimleri kullanmak yerine A*, şekilde temsil edilmektedir.

Mülakatın ikinci aşamasında tedarikçi seçiminde karar verme sürecini etkileyen kriterler değerlendirilmiştir. Karar vericilerle yapılan mülakatlarda tedarikçi seçimini etkileyen kriterler arasından ilgili proje ve ihtiyaçlar bakımından en uygun olanları seçilmesi istenmiştir. Bu çalışma kapsamında Tablo 2.2'deki Dickson (1966) tarafından belirlenen toplam 23 kriterden karar aşamasını etkileyen 8 temel kriter belirlenmiştir.

Tablo 2.2' den belirlenen 8 kriter grafik halinde Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu grafikte K1 kaliteyi, K2 fiyatı, K3 üretim tesisleri ve kapasitesini, K4 teslimatı, K5 teknik yeterliliği, K6 garanti ve hak talebi politikalarını, K7 sektördeki itibar ve konumunu, K8 performans geçmişini temsil etmektedir. Karar vericilerin kriterleri belirmesi için Dickson (1966)'ın sunduğu tedarikçi seçim kriterleri tablosundan yararlanılmıştır.

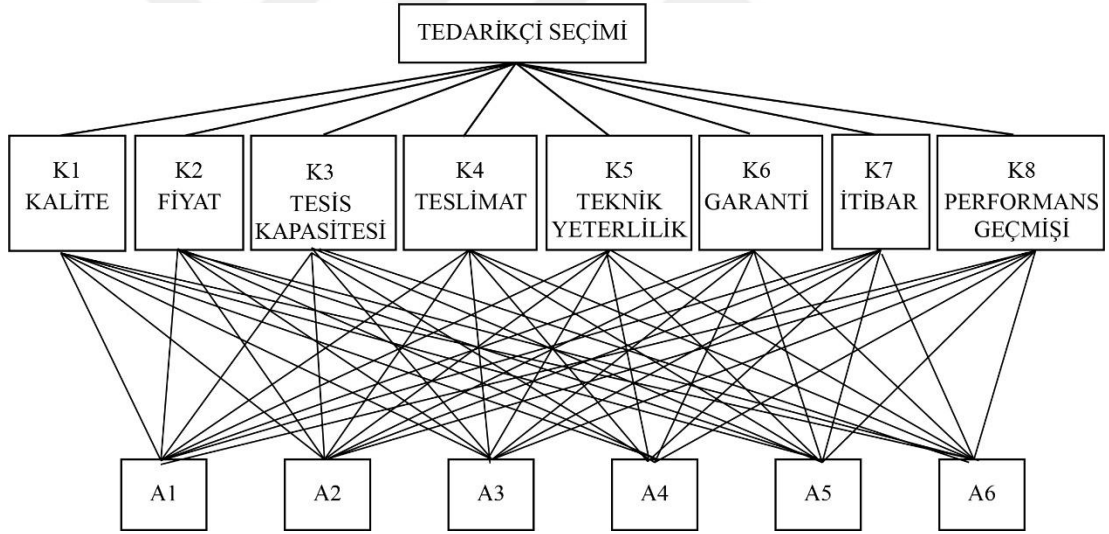
Literatürde tedarikçi seçiminde kullanılan bir çok değerlendirme kriterleri çalışması mevcuttur. Bu çalışmada problemin amacına en uygun olduğu düşünülen Dickson (1966)'a ait 23 kriterli listeden faydalanılmıştır. Karar vericilere önceden verilen bilgilerle en az 8 adet olması şartıyla , beton tedarikinde dikkat ettikleri kriterleri seçmeleri istenmiştir. Bunun ışığında karar vericiler 8 adet kriter belirlemiştir.

Kalite ve fiyat: tüm işletmelerin dikkate aldıkları kriterlerdir. Üretim tesisleri ve kapasitesi: şantiyenin yoğun beton imalatı ve kısmen az yoğun beton imalatı olduğu günleri dikkate alarak, ihtiyaçlara uygun üretim yapabilen santrallerin bulunmasıdır. Teslimat: Hazır beton santralden çıkması ve şantiyeye ulaşım dökümü çok hızlı ve sağlıklı bir şekilde yapılması için beton firmasının mikser, pompa vb. mobil araçları ile araçları kullanacak elemanlarının sayıca ve nitelik olarak yeterli olması gerekmektedir. Teknik yeterlilik: Projede yazan şartnameler uygun beton üretimi yapabilsedir. Garanti ve hak talebi politikaları: beton firmasının önceden belirlenen maddeler ile karşılayabileceği günlük minimum beton miktarını garanti etmesi ve teknik aksaklıklarda sorumluluk alacağına teminatının olmasıdır. Sektördeki itibar ve konumu: Referanslar ve iş çevresinden alınan fikirlerdir. Performans Geçmişi: Karar vericilerin geçmiş tecrübelerini değerlendirdiği kriterlerdir.

Örnek uygulamada, tedarikçi firmanın değerlendirilmesinde kullanılması için belirlenen 8 adet kriter: fayda ve maliyet kriterleri olarak gruplandırılmaktadır. Bulanık TOPSIS yönteminde tüm kriterler fayda kriterleri olarak kabul edilmiş ve işleme adamları takip edilmiştir. Bulanık MOORA yöntemiyle yapılan çözümlerde ise fiyat: maliyet kriteri olarak kabul edilmiş; diğer kriterler ise fayda kriterleri olarak kabul edilmiştir.

Karar problemi çözümüne geçilmeden önce problemin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. 6 adet alternatif firmanın belirlenen 8 kritere göre değerlendirilmesi için oluşturulan karar probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 3.1' de gösterilmektedir.

Problemin hiyerarşik yapısı oluşturulduktan sonra çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemleriyle çözümlenmeler yapılmıştır. Her iki yöntem iki ayrı bölümde anlatılmıştır. Her bölümde işlemler adımlar halinde gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Problemin Hiyerarşik Yapısı

Ki: Kriter, Ai: Alternati

3.2. Bulanık TOPSIS Metodu ile Tedarikçi Seçimi

1.Adım: Karar Vericilerin Karar Kriterlerini Dilsel İfadelerle Değerlendirmesi

Karar vericilerle yapılan mülakatta karar verme kriterlerini kendi önem ağırlıklarına göre değerlendirilmesi istenmektedir. Değerlendirme işleminde Tablo 2.6'da gösterilen dilsel ifadeler kullanılmıştır. Karar verme kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi Tablo 3.1'de gösterilmiştir

Tablo 3.1: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Kriterler	KV1	KV2	KV3
K-1	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K-2	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek
K-3	Y.:Yüksek	O.Y.:Orta Yüksek	Y.:Yüksek
K-4	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K-5	Y.:Yüksek	Y.:Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K-6	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek	Y.:Yüksek
K-7	O.Y.:Orta Yüksek	O.Y.:Orta Yüksek	O.Y.:Orta Yüksek
K-8	Y.:Yüksek	O.Y.:Orta Yüksek	O.Y.:Orta Yüksek

KV: Karar Verici

2.Adım: Dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları

Tablo 3.1’de ki dilsel değerlendirmelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları tablo 3.2’de gösterilmiştir. Dilsel ifadelerin Üçgensel bulanık sayı karşılıkları Tablo 2.6’den alınmıştır.

Tablo 3.2: Dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları

Kriterler	KV1	KV2	KV3
K-1	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K-2	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
K-3	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
K-4	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K-5	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
K-6	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
K-7	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
K-8	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)

KV: Karar Verici

3.Adım: Alternatiflerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Karar vericilerden alternatifleri değerlendirmede dilsel değişkenleri kullanması istenmiştir. Kullanılması istenilen dilsel değişkenler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları Tablo 2.7’te gösterilmiştir. Karar vericilerin alternatifleri değerlendirme sonuçları Tablo 3.3’de gösterilmektedir.

Tablo 3.3: Alternatiflerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV-1	KV-2	KV-3
K-1	Alt.1	Ç.İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.2	İ.	İ.	İ.
	Alt.3	İ.	İ.	O.İ.
	Alt.4	Ç.İ.	O.İ.	İ.
	Alt.5	O.İ.	O.	O.
	Alt.6	O.İ.	O.	O.
K-2	Alt.1	O.İ.	İ.	O.İ.
	Alt.2	Ç.İ.	İ.	İ.
	Alt.3	İ.	İ.	İ.
	Alt.4	O.	O.İ.	O.
	Alt.5	İ.	İ.	İ.
	Alt.6	İ.	Ç.İ.	Ç.İ.
K-3	Alt.1	İ.	İ.	İ.
	Alt.2	Ç.İ.	İ.	Ç.İ.
	Alt.3	İ.	O.İ.	O.İ.
	Alt.4	Ç.İ.	İ.	Ç.İ.
	Alt.5	O.İ.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-4	Alt.1	İ.	İ.	O.İ.
	Alt.2	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.3	O.İ.	O.İ.	O.İ.
	Alt.4	İ.	İ.	İ.
	Alt.5	O.İ.	O.	O.
	Alt.6	O.İ.	O.İ.	O.İ.
K-5	Alt.1	O.İ.	O.İ.	İ.
	Alt.2	İ.	O.İ.	İ.
	Alt.3	O.	O.	O.İ.
	Alt.4	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.5	O.İ.	İ.	O.İ.
	Alt.6	O.	O.	O.İ.
K-6	Alt.1	O.İ.	İ.	İ.
	Alt.2	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.3	İ.	İ.	İ.
	Alt.4	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.5	O.İ.	İ.	O.İ.
	Alt.6	O.	O.İ.	O.İ.
K-7	Alt.1	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.2	İ.	İ.	İ.
	Alt.3	O.İ.	İ.	O.İ.
	Alt.4	İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.5	O.İ.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-8	Alt.1	Ç.İ.	İ.	İ.
	Alt.2	Ç.İ.	Ç.İ.	İ.
	Alt.3	O.İ.	O.	O.
	Alt.4	İ.	İ.	Ç.İ.
	Alt.5	O.İ.	O.	O.İ.
	Alt.6	O.	O.	O.İ.

Ç.İ.: Çok İyi, İ.: İyi, O.İ.: Orta İyi, O.: Orta

4.Adım: Dilsel İfadelere Karşılık Gelen Bulanık Sayılar Tablosu Oluşturulması

Karar vericilerin alternatifleri değerlendirmede kullandıkları dilsel ifadeler karşılık gelen üçgensel bulanık sayılar Tablo 3.4’ de gösterilmiştir. Üçgensel bulanık sayılar için Tablo 2.7’ deki veriler kullanılmıştır.

Tablo 3.4: Alternatifleri Değerlendirmede Kullanılan Dilsel İfadelere Karşı Gelen Bulanık Sayılar

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K-1	Alt.1	9, 10, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.3	7, 9, 10	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.4	9, 10, 10	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
K-2	Alt.1	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.2	9, 10, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.3	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.4	3, 5, 7	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.5	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.6	7, 9, 10	9, 10, 10	9, 10, 10
K-3	Alt.1	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	9, 10, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.3	7, 9, 10	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.4	9, 10, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-4	Alt.1	7, 9, 10	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.2	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
K-5	Alt.1	5, 7, 9	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.3	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9
K-6	Alt.1	5, 7, 9	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9
K-7	Alt.1	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-8	Alt.1	9, 10, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	9, 10, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.4	7, 9, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9

5.Adım: Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tablo 3.2' deki kriterlerin aldığı bulanık değerlere göre (2.46) numaralı formül kullanılarak önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Tablo 3.5'de kriterlerin hesaplanan önem ağırlıkları sayısal ifadeyle gösterilmektedir.

Tablo 3.5: Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
K-1	0.9, 1, 1
K-2	0.83, 0.97, 1
K-3	0.63, 0.83, 0.97
K-4	0.83, 0.97, 1
K-5	0.77, 0.93, 1
K-6	0.77, 0.93, 1
K-7	0.5, 0.7, 0.9
K-8	0.57, 0.77, 0.93

6.Adım: Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Tablo 3.6 da karar vericilerin alternatifleri değerlendirdiği Tablo 3.4' deki değerlerden yararlanılarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bulanık Karar Matrisi oluşturmada (2.48) numaralı formül kullanılmıştır.

Tablo 3.6: Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	(8.3, 9.7, 10)	(7.7, 9.3, 10)	(6.3, 8.7, 9.3)	(7, 8.7, 9.7)	(3.7, 5.7,7.7)	(3.7, 5.7,7.7)
K-2	(5.7, 7.7, 9.3)	(7.7, 9.3, 10)	(7, 9, 10)	(3.7, 5.7,7.7)	(7, 9, 10)	(8.3, 9.7, 10)
K-3	(7, 9, 10)	(8.3, 9.7, 10)	(5.7, 7.7, 9.3)	(8.3, 9.7, 10)	(3.7, 5.7,7.7)	(3, 5, 7)
K-4	(6.3, 8.3, 9.7)	(7.7, 9.3, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(3.7, 5.7,7.7)	(5, 7, 9)
K-5	(5.7, 7.7, 9.3)	(6.3, 8.3, 9.7)	(3.7, 5.7, 7.7)	(7.7, 9.3, 10)	(5.7, 7.7,9.3)	(3.7, 5.7,7.7)
K-6	(6.3, 8.3, 9.7)	(7.7, 9.3, 10)	(7, 9, 10)	(7.7, 9.3, 10)	(5.7, 7.7,9.3)	(4.3, 6.3,8.3)
K-7	(7.7, 9.3, 10)	(7, 9, 10)	(5.7, 7.7, 9.3)	(7.7, 9.3, 10)	(3.7, 5.7,7.7)	(3, 5, 7)
K-8	(7.7, 9.3, 10)	(8.3, 9.7, 10)	(3.7, 5.7, 7.7)	(7.7, 9.3, 10)	(4.3, 6.3,8.3)	(3.7, 5.7,7.7)

Alt.i: Alternatif

6.Adım: Normalize Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.7'de normalize edilmiş bulanık karar matrisi gösterilmektedir. Normalize edilme işleminde (2.50) numaralı formüller kullanılmıştır.

Tablo 3.7: Normalize Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	(0.83, 0.97, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.63, 0.87, 0.93)	(0.7, 0.87, 0.97)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.37, 0.57, 0.77)
K-2	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.77, 0.93, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.7, 0.9, 1)	(0.83, 0.97, 1)
K-3	(0.7, 0.9, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.83, 0.97, 1)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.3, 0.5, 0.7)
K-4	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.77, 0.93, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.5, 0.7, 0.9)
K-5	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.77, 0.93, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.37, 0.57, 0.77)
K-6	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.77, 0.93, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.77, 0.93, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.43, 0.63, 0.83)
K-7	(0.77, 0.93, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.57, 0.77, 0.93)	(0.77, 0.93, 1)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.3, 0.5, 0.7)
K-8	(0.77, 0.93, 1)	(0.83, 0.97, 1)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.77, 0.93, 1)	(0.43, 0.63, 0.83)	(0.37, 0.57, 0.77)

Alt.i: Alternatif

7.Adım: Ağırlık Normalize Bulanık Karar Matrisi Tablosu Oluşturulması

Karar kriterleri karar vericiler için farklı önem ağırlıklarına sahip olduklarından normalize edilmiş karar matrisi ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi tablosuna dönüştürülmektedir. Bu aşamada (2.53) ve (2.54) numaralı formüller kullanılarak, Tablo 3.5 ve Tablo 3.7 deki veriler ile oluşturulan ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi Tablo 3.8 de gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	A4	A5	A6
K-1	(0.75, 0.97, 1)	(0.69, 0.93, 1)	(0.57, 0.83, 0.97)	(0.63, 0.87, 0.97)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.37, 0.57, 0.77)
K-2	(0.47, 0.74, 0.93)	(0.64, 0.9, 1)	(0.58, 0.87, 1)	(0.31, 0.55, 0.77)	(0.58, 0.87, 1)	(0.69, 0.93, 1)
K-3	(0.44, 0.75, 0.97)	(0.53, 0.81, 0.97)	(0.36, 0.64, 0.9)	(0.53, 0.81, 0.97)	(0.23, 0.47, 0.74)	(0.19, 0.42, 0.68)
K-4	(0.53, 0.81, 0.97)	(0.64, 0.90, 1)	(0.42, 0.68, 0.9)	(0.58, 0.87, 1)	(0.31, 0.55, 0.77)	(0.42, 0.68, 0.9)
K-5	(0.43, 0.72, 0.93)	(0.49, 0.78, 0.97)	(0.28, 0.53, 0.77)	(0.59, 0.87, 1)	(0.43, 0.72, 0.93)	(0.28, 0.53, 0.77)
K-6	(0.49, 0.78, 0.97)	(0.59, 0.87, 1)	(0.54, 0.84, 1)	(0.59, 0.87, 1)	(0.43, 0.72, 0.93)	(0.33, 0.59, 0.83)
K-7	(0.38, 0.65, 0.9)	(0.35, 0.63, 0.9)	(0.28, 0.54, 0.84)	(0.38, 0.65, 0.9)	(0.18, 0.40, 0.69)	(0.15, 0.35, 0.63)
K-8	(0.43, 0.72, 0.93)	(0.47, 0.74, 0.93)	(0.21, 0.43, 0.72)	(0.43, 0.72, 0.93)	(0.25, 0.49, 0.78)	(0.21, 0.43, 0.72)

Ki: Kriter , Ai: Alternatif

8.Adım: Alternatiflerin Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Kümesine ve Negatif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklıklarının Hesaplanması

Çalışmada uygulanan Chen (2000)' in modelinde (A^*) bulanık pozitif ideal çözümü, (A^-) negatif ideal çözümü temsil etmektedir. (2.55) ve (2.56) numaralı eşitlikler kullanılarak oluşturulan ideal çözüm matrislerinde kriter sayısını temsil eden $n = 8$ olacağından bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve negatif ideal çözüm (A^-):

$$(A^*) = [(1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1), (1, 1, 1)]$$

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

şeklinde kabul edilmektedir.

Alternatiflerin her bir kriter için hesaplanan bulanık pozitif ideal kümesine uzaklıkları Tablo 3.9’ da, bulanık negatif ideal çözüm kümesine uzaklıkları Tablo 3.10’ da gösterilmiştir. Tabloların oluşturulmasında (2.57), (2.58) numaralı formüller kullanılmıştır. Formüllerde n kriter sayısını, m ise alternatif sayısının temsil etmektedir. Bu çalışmada karar verme kriteri sayısı 8 olduğundan $n = 8$, alternatif sayısı 6 olduğundan $m = 6$ ’dır.

Tablo 3.9: Alternatiflerin Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklıkları

Kriterler	d(Alt.1, A*)	d(Alt.2, A*)	d(Alt.3, A*)	d(Alt.4, A*)	d(Alt.5, A*)	d(Alt.6, A*)
K-1	0,1456	0,1831	0,2670	0,2279	0,4800	0,4800
K-2	0,3416	0,2160	0,2520	0,4971	0,2520	0,1804
K-3	0,3528	0,2955	0,4286	0,2955	0,5583	0,6058
K-4	0,2955	0,2160	0,3894	0,2520	0,4971	0,3894
K-5	0,3675	0,3241	0,5142	0,2494	0,3675	0,5142
K-6	0,3241	0,2494	0,2830	0,2494	0,3675	0,4622
K-7	0,4125	0,4357	0,5013	0,4125	0,6129	0,6537
K-8	0,3675	0,3416	0,5855	0,3675	0,5426	0,5855

Ki: Kriter, Alt.i: Alternatif, d(Alt.i, A*): Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklık

Tablo 3.10: Alternatiflerin Negatif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklıkları

Kriterler	d(Alt.1, A^-)	d(Alt.2, A^-)	d(Alt.3, A^-)	d(Alt.4, A^-)	d(Alt.5, A^-)	d(Alt.6, A^-)
K-1	0,9123	0,8845	0,8070	0,8332	0,5825	0,5825
K-2	0,7401	0,8607	0,8361	0,5719	0,8361	0,8861
K-3	0,7513	0,7878	0,6711	0,7878	0,5248	0,4717
K-4	0,7878	0,8607	0,6932	0,8361	0,5719	0,6932
K-5	0,7238	0,7692	0,5617	0,8375	0,7238	0,5617
K-6	0,7692	0,8375	0,8152	0,8375	0,7238	0,6203
K-7	0,6792	0,6657	0,5983	0,6792	0,4715	0,4250
K-8	0,7238	0,7401	0,4980	0,7238	0,5480	0,4980

Ki: Kriter, Ai: Alternatif, d(Ai, A*): Negatif İdeal Çözüm Kümesine Uzaklık

Alternatiflerin pozitif ideal çözüm kümesine uzaklıkları toplamı d_i^* ve negatif ideal çözüm kümesine uzaklıkları toplamı d_i^- hesaplanmış ve Tablo 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11: Alternatiflerin di^* ve di - Değerleri

	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
di^*	2.6071	2.2612	3.2209	2.5511	3.6779	3.8711
di	6.0877	6.4062	5.4805	6.1070	4.9825	4.7384

Alt.i: Alternatif, di^* : Alternatifin Pozitif İdeal Çözümüne Uzaklığı (BPİÇ),

di : Alternatifin Bulanık Negatif İdeal Çözümüne Uzaklığı (BNİÇ)

9. Adım: Yakınlık Katsayısının Hesaplanması

Alternatiflerin BPİÇ ve BNİÇ' e uzaklıklarına ait değerler (2.59) numaralı formül kullanılarak yakınlık katsayıları hesaplanmıştır ve her birinin yakınlık katsayıları Tablo 3.12' de gösterilmiştir.

Tablo 3.12: Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları

Yakınlık Katsayıları	Formül	Yakınlık Katsayısı Değerleri
C1	$6.0877 / (6.0877 + 2.6071)$	0.7002
C2	$6.406 / (6.4062 + 2.2612)$	0.7391
C3	$5.4805 / (5.4805 + 3.2209)$	0.6298
C4	$6.1070 / (6.1070 + 2.5511)$	0.7053
C5	$4.9825 / (4.9825 + 3.6779)$	0.5753
C6	$5.7384 / (4.7384 + 3.8711)$	0.5504

C_i : Alternatifin Yakınlık Katsayısı

10. Adım: Alternatiflerin Yakınlık Katsayısı Sıralaması ve Tercih Sıralaması

Tablo 3.12' de gösterilen yakınlık katsayıları değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanması $C2 > C4 > C1 > C3 > C5 > C6$ şeklindedir. Aynı şekilde alternatiflerde tercih sıralaması yapıldığında sıralama $A2 > A4 > A1 > A3 > A5 > A6$ şeklinde olmaktadır. Alternatiflerin tercih sıralaması Tablo 3.13' de gösterilmiştir.

Tablo 3.13: Yakınlık Katsayısı ve Tercih Sıralaması

Alternatif	Ci	Tercih Sıralaması
Alt.1	0.7002	3
Alt.2	0.7391	1
Alt.3	0.6298	4
Alt.4	0.7053	2
Alt.5	0.5753	5
Alt.6	0.5504	6

3.3. Bulanık MOORA Metodu ile Tedarikçi Seçimi

1.Adım: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Karar vericilerle yapılan mülakatlarla belirlenen 8 adet karar verme kriterinin, karar vericiler için önem değerleri farklılıklar gösterebilmektedir. Bu sebeple karar vericilerden belirlenen kriterlerin önem derecelerini dilsel değişkenlerle ifade etmeleri istenmiştir. Bu çalışmada kriterlerin önem derecelerine dilsel değişkenler olarak çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek ifadeleri kullanılmıştır (Awasthi ve Govindan, 2016). Karar kriterlerinin karar vericiler tarafından dilsel karşılıkları Tablo 3.14’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.14: Kriterlerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K2	Ç.Y.:Çok Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek
K3	Y.:Yüksek	O.:Orta	Y.:Yüksek
K4	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K5	Y.:Yüksek	Y.:Yüksek	Ç.Y.:Çok Yüksek
K6	Ç.Y.:Çok Yüksek	Y.:Yüksek	Y.:Yüksek
K7	O.:Orta	O.:Orta	O.:Orta
K8	Y.:Yüksek	O.:Orta	O.:Orta

Ki: Kriter

2. Adım: Dilsel İfadelerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Karar vericiler tarafından değerlendirilmesi yapılan kriterlerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları Tablo 3.15’de gösterilmiştir. Bu çalışmada, Tablo 3.14’ deki dilsel ifadelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi işlemi için Awasthi ve Govindan (2016)’ in çalışmasında kullanılan, Tablo 2.8’de gösterilen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Tablo 3.15: Dilsel İfadelerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Kriterler	KV1	KV2	KV3
K-1	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)
K-2	(7, 9, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)
K-3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
K-4	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)
K-5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)
K-6	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
K-7	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
K-8	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)

Ki: Kriter, KVi: Karar Verici

3.Adım: Kriterlerin Değer Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin bulanık değerlerini, bulanık olmayan sayısal değere dönüştürmek için (2.60) numaralı formül kullanılmıştır. Kriterlerin bulanık olmayan değerleri ve normalize edilmiş bulanık olmayan değerleri Tablo 3.16’da gösterilmiştir.

Tablo 3.16: Kriterlerin Değer Ağırlıkları

Kriterler	Toplam Bulanık Sayılar	Bulanık Olmayan Sayılar	Normalize Edilmiş Bulanık Olmayan Sayılar
K-1	(7, 9, 9)	8,67	0,152
K-2	(6.33, 8.33, 9)	8,11	0,142
K-3	(4.33, 6.33, 8.33)	6,33	0,111
K-4	(6.33, 8.33, 9)	8,11	0,142
K-5	(5.67, 7.67, 9)	7,56	0,133
K-6	(5.67, 7.67, 9)	7,56	0,133
K-7	(3, 5, 7)	5,00	0,088
K-8	(3.67, 5.67, 7.67)	5,67	0,099

4.Adım: Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

Karar vericilerin tedarikçi firma için belirlediği 6 alternatif firmanın, dilsel ifadelerle değerlendirilmesi Tablo 3.17’ de gösterilmiştir. Dilsel ifade olarak Tablo 2.8’ deki tanımlamalar kullanılmıştır. Belirlenen 6 alternatifin her bir kriter için karar vericiler tarafından değerlendirmesi istenmiştir. Değerlendirmede **ÇY:** Çok Yüksek, **Y:** Yüksek, **O:** Orta, **D:** Düşük, **ÇD:** Çok Düşük ifadeleri kullanılmaktadır. Örneğin A1 alternatifi K1 kriterine göre değerlendirildiğinde birinci ve ikinci karar verici için “Çok Yüksek” değerini alırken, üçüncü karar verici için “Yüksek” değerini almaktadır.

Tablo 3.17: Alternatiflerin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K-1	Alt.1	Ç.Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Y.	Y.
	Alt.3	Y.	Y.	O.
	Alt.4	Ç.Y.	O.	Y.
	Alt.5	O.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-2	Alt.1	O.	D.	O.
	Alt.2	D.	D.	D.
	Alt.3	D.	D.	D.
	Alt.4	O.	O.	O.
	Alt.5	D.	D.	O.
	Alt.6	D.	Ç.D.	Ç.D.
K-3	Alt.1	Y.	Y.	Y.
	Alt.2	Ç.Y.	Y.	Ç.Y.
	Alt.3	Y.	O.	O.
	Alt.4	Ç.Y.	Y.	Y.
	Alt.5	O.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-4	Alt.1	Y.	Y.	O.
	Alt.2	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	O.	O.	O.
	Alt.4	Y.	Y.	Y.
	Alt.5	O.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-5	Alt.1	O.	Y.	Y.
	Alt.2	Y.	O.	Y.
	Alt.3	O.	O.	Y.
	Alt.4	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.5	Y.	Y.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-6	Alt.1	O.	Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	Y.	Y.	Y.
	Alt.4	Y.	Y.	Y.
	Alt.5	O.	Y.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-7	Alt.1	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Y.	Y.
	Alt.3	O.	Y.	O.
	Alt.4	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.5	O.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-8	Alt.1	Ç.Y.	Y.	Y.
	Alt.2	Ç.Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	Y.	O.	O.
	Alt.4	Y.	Y.	Ç.Y.
	Alt.5	O.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	Y.

Ç.Y.: Çok Yüksek, Y.: Yüksek, O.: Orta

5.Adım: Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadelere Karşılık Gelen Bulanık Sayılar Matrisi

Tablo 3.17’de ki dilsel değerlendirmelerin bulanık sayı karşılıkları Tablo 2.8’deki üçgensel bulanık sayılardan alınmıştır. Alternatiflerin bulanık sayı matrisleri Tablo 3.18’de gösterilmiştir.

Tablo 3.18: Alternatiflerin Bulanık Sayılar Matrisi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K-1	Alt.1	7, 9, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.2	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.3	5, 7, 9	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.4	7, 9, 9	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.5	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-2	Alt.1	3, 5, 7	1, 3, 5	3, 5, 7
	Alt.2	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5
	Alt.3	1, 3, 5	1, 3, 5	1, 3, 5
	Alt.4	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.5	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7
	Alt.6	1, 3, 5	1, 1, 3	1, 1, 3
K-3	Alt.1	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.2	7, 9, 9	5, 7, 9	7, 9, 9
	Alt.3	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.4	7, 9, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.5	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-4	Alt.1	5, 7, 9	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.2	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.3	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.4	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.5	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-5	Alt.1	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.2	5, 7, 9	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.3	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.4	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.5	5, 7, 9	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-6	Alt.1	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.2	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.3	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.4	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.5	3, 5, 7	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-7	Alt.1	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.2	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.3	3, 5, 7	5, 7, 9	3, 5, 7
	Alt.4	5, 7, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.5	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-8	Alt.1	7, 9, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.2	7, 9, 9	7, 9, 9	5, 7, 9
	Alt.3	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.4	5, 7, 9	5, 7, 9	7, 9, 9
	Alt.5	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9

6.Adım: Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.18 deki bulanık sayılarla (2.61) numaralı eşitlikten yararlanılarak bulanık karar matrisi oluşturulmuş, Tablo 3.19’da alternatiflerin bulanık karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 3.19: Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	6.33,8.33,9	5, 7, 9	4.33, 6.33, 8.33	5, 7, 8.33	3, 5, 7	3, 5, 7
K-2	2.33,4.33,6.33	1, 3, 5	1, 3, 5	3, 5, 7	1.67,3.67,5.67	1, 1.67, 3.67
K-3	5, 7, 9	6.33, 8.33, 9	3.67, 5.67, 7.67	5.67, 7.67, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
K-4	4.33,6.33,8.33	5.67, 7.67, 9	3, 5, 7	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
K-5	4.33,6.33,8.33	4.33, 6.33, 8.33	3.67, 5.67, 7.67	5.67, 7.67, 9	4.33, 6.33, 8.33	3, 5, 7
K-6	4.33,6.33,8.33	5.67, 7.67, 9	5, 7, 9	5, 7, 9	3.67, 5.67, 7.67	3, 5, 7
K-7	5.67, 7.67, 9	5, 7, 9	3.67, 5.67, 7.67	5.67, 7.67, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
K-8	5.67, 7.67, 9	5.33, 8.33, 9	3.67, 5.67, 7.67	5.67, 5.67, 9	3, 5, 7	3.67, 5.67, 7.67

Alt.i: Alternatif

7.Adım: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.19’ da ki değerler için normalizasyon işleminde (2.62), (2.63), (2.64) numaralı formüller kullanılmıştır. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi Tablo 3.20’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.20: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	0.226, 0.298, 0.322	0.179, 0.250, 0.322	0.155, 0.226, 0.298	0.179, 0.250, 0.298	0.107, 0.179, 0.250	0.107, 0.179, 0.250
K-2	0.081, 0.150, 0.219	0.035, 0.104, 0.173	0.035, 0.104, 0.173	0.104, 0.173, 0.243	0.058, 0.127, 0.196	0.035, 0.058, 0.127
K-3	0.178, 0.249, 0.321	0.226, 0.297, 0.321	0.131, 0.202, 0.273	0.202, 0.273, 0.321	0.107, 0.178, 0.249	0.107, 0.178, 0.249
K-4	0.163, 0.239, 0.314	0.214, 0.289, 0.339	0.113, 0.188, 0.264	0.188, 0.264, 0.339	0.113, 0.188, 0.264	0.113, 0.188, 0.264
K-5	0.159, 0.232, 0.305	0.159, 0.232, 0.305	0.135, 0.208, 0.281	0.208, 0.281, 0.330	0.159, 0.232, 0.305	0.110, 0.183, 0.257
K-6	0.153, 0.224, 0.295	0.201, 0.272, 0.319	0.177, 0.248, 0.319	0.177, 0.248, 0.319	0.130, 0.201, 0.272	0.106, 0.177, 0.248
K-7	0.204, 0.277, 0.324	0.180, 0.252, 0.324	0.132, 0.204, 0.277	0.204, 0.277, 0.324	0.108, 0.180, 0.252	0.108, 0.180, 0.252
K-8	0.202, 0.273, 0.321	0.190, 0.297, 0.321	0.131, 0.202, 0.273	0.202, 0.202, 0.321	0.107, 0.178, 0.249	0.131, 0.202, 0.273

Alt.i: Alternatif

8.Adım: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.16 ve Tablo 3.20' de ki veriler kullanılarak (2.65), (2.66), (2.67) numaralı formüller yardımıyla ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3.21'de gösterilmektedir.

Tablo 3.21: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	0.034, 0.045, 0.049	0.027, 0.038, 0.049	0.024, 0.034, 0.045	0.045, 0.016, 0.027	0.016, 0.027, 0.038	0.016, 0.027, 0.038
K-2	0.011, 0.021, 0.031	0.005, 0.015, 0.025	0.005, 0.015, 0.025	0.015, 0.025, 0.034	0.008, 0.018, 0.028	0.005, 0.008, 0.018
K-3	0.020, 0.028, 0.036	0.025, 0.033, 0.036	0.015, 0.022, 0.030	0.022, 0.030, 0.036	0.012, 0.020, 0.028	0.012, 0.020, 0.028
K-4	0.023, 0.034 0.045	0.030, 0.041, 0.048	0.016, 0.027, 0.037	0.027, 0.037, 0.048	0.016, 0.027, 0.037	0.016, 0.027, 0.037
K-5	0.021, 0.031, 0.041	0.021, 0.031, 0.041	0.018, 0.028, 0.037	0.028, 0.037, 0.044	0.021, 0.031, 0.041	0.015, 0.024, 0.034
K-6	0.020, 0.030, 0.039	0.027, 0.036, 0.042	0.024, 0.033, 0.042	0.024, 0.033, 0.042	0.017, 0.027, 0.036	0.014, 0.024, 0.033
K-7	0.018, 0.024 0.029	0.016, 0.022, 0.029	0.012 0.018, 0.024	0.018, 0.024, 0.029	0.010, 0.016, 0.022	0.010, 0.016, 0.022
K-8	0.020, 0.027, 0.032	0.019, 0.029, 0.032	0.013, 0.020, 0.027	0.020, 0.020, 0.032	0.011, 0.018, 0.025	0.013, 0.020, 0.027

Alt.i: Alternatif

9.Adım: Normalize Edilmiş Performans Değerlerinin Hesaplanması ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması

(2.68), (2.69), (2.70) ve (2.71), (2.72), (2.73) numaralı denklemler yardımıyla fayda maliyet değerleri açısından hesaplanan normalize edilmiş performans değerleri Tablo 3.22' de gösterilmiştir. Bu çalışmada kriter tipleri: (K2) maliyet ; (K1), (K3), (K4), (K5), (K6), (K7), (K8) fayda kriterleri olarak gruplandırılmıştır.

Ayrıca Tablo 3.22' de yer alan ve sıralaması yapılan bulanık olmayan performans değerleri, (2.74) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır. Örneğin (A1) için S değeri:

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{3} [(0,157 - 0,011)^2 + (0,219 - 0,021)^2 + (0,269 - 0,031)^2]} = 0,197$$

olarak bulunmuştur.

Tablo 3.22: Normalize Edilmiş Performans Değerleri ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması

Alternatif	S ⁺	S ⁻	S	Sıralanması
Alt.1	0.157, 0.219, 0.269	0.011, 0.021, 0.031	0,197	3
Alt.2	0.165, 0.231, 0.276	0.005, 0.015, 0.025	0,212	1
Alt.3	0.120, 0.182, 0.244	0.005, 0.015, 0.025	0,172	4
Alt.4	0.166, 0.221, 0.276	0.015, 0.025, 0.034	0,200	2
Alt.5	0.103, 0.165, 0.227	0.008, 0.018, 0.028	0,153	6
Alt.6	0.095, 0.157, 0.220	0.005, 0.008, 0.018	0,154	5

3.3.1 Bulanık MOORA Yöntemi Chen Değerlendirme Skalası Kullanımı

Bu bölümde bulanık MOORA çözüm adımları aynen uygulanmış, kriter ve alternatifleri değerlendirmede TOPSIS metodunda kullanılan Chen (2000)'a ait olan dilsel değişkenler ve üçgen sayı karşılıkları kullanılmıştır. Kullanılan değerlendirme skalası Tablo 3.23' te gösterilmiştir.

Tablo 3.23: Kriterler ve Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Ç.D. : Çok Düşük	(0, 0, 1)
D. : Düşük	(0, 1, 3)
O.D. : Orta Düşük	(1, 3, 5)
O. : Orta	(3, 5, 7)
O.Y. : Orta Yüksek	(5, 7, 9)
Y. : Yüksek	(7, 9, 10)
Ç.Y. : Çok Yüksek	(9, 10, 10)

Bulanık MOORA metodunda uygulanan işlem adımları tekrardan uygulanmıştır. Aynı işlem adımlarının oluşturduğu değerler tablolar halinde gösterilmektedir.

1.Adım: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Karar vericilerle yapılan mülakatlarla belirlenen 8 adet karar verme kriterinin, karar vericiler için önem değerleri farklılıklar gösterebilmektedir. Bu sebeple karar vericilerden belirlenen kriterlerin önem derecelerini dilsel değişkenlerle ifade etmeleri istenmiştir. Değerlendirmede Chen (2000) skalası kullanılmıştır.

Tablo 3.14: Karar Kriterlerinin Dilsel İfadelerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K-1	Ç.Y.	Ç.Y.	Ç.Y.
K-2	Ç.Y.	Ç.Y.	Y.
K-3	Y.	O.Y.	Y.
K-4	Ç.Y.	Y.	Ç.Y.
K-5	Y.	Y.	Ç.Y.
K-6	Ç.Y.	Y.	Y.
K-7	O.Y.	O.Y.	O.Y.
K-8	Y.	O.Y.	O.Y.

Ç.Y.: Çok Yüksek, Y.: Yüksek, O.Y.: Orta Yüksek

2. Adım: Dilsel İfadelerin Üçgensel Bulanık Sayı Karşılıkları

Karar vericiler tarafından değerlendirilmesi yapılan kriterlerin üçgensel bulanık sayı karşılıkları Tablo 3.25’de gösterilmiştir. Bu çalışmada, dilsel ifadelerin bulanık sayılara dönüştürülmesi işlemi için Chen (2000)’ in çalışmasında kullanılan, Tablo 3.23’de gösterilen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Tablo 3.25: Dilsel İfadelerin Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları

Kriterler	KV1	KV2	KV3
K-1	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
K-2	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
K-3	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
K-4	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
K-5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
K-6	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
K-7	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
K-8	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)

KVi: Karar Verici

3.Adım: Kriterlerin Değer Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin bulanık değerlerini, bulanık olmayan sayısal değere dđnüştürmek için (2.60) numaralı formül kullanılmıştır. Kriterlerin bulanık olmayan değerleri ve normalize edilmiş bulanık olmayan değerleri Tablo 3.26’da gösterilmiştir.

Tablo 3.26: Kriterlerin Değer Ağırlıkları

Kriterler	Toplam Bulanık Sayılar	Bulanık Olmayan Sayılar	Normalize Edilmiş Bulanık Olmayan Sayılar
K-1	(7, 9, 9)	9,83	0,140
K-2	(6.33, 8.33, 9)	9,50	0,136
K-3	(4.33, 6.33, 8.33)	8,22	0,117
K-4	(6.33, 8.33, 9)	9,50	0,136
K-5	(5.67, 7.67, 9)	9,17	0,131
K-6	(5.67, 7.67, 9)	9,17	0,131
K-7	(3, 5, 7)	7,00	0,100
K-8	(3.67, 5.67, 7.67)	7,61	0,109

4.Adım: Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

Karar vericilerin tedarikçi firma için belirlediği 6 alternatif firmanın, dilsel ifadelerle değerlendirilmesi Tablo 3.27’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.27: Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K-1	Alt.1	Ç.Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Y.	Y.
	Alt.3	Y.	Y.	O.Y.
	Alt.4	Ç.Y.	O.Y.	Y.
	Alt.5	O.Y.	O.	O.
	Alt.6	O.Y.	O.	O.
K-2	Alt.1	O.D.	D.	O.D.
	Alt.2	Ç.D.	D.	D.
	Alt.3	D.	D.	D.
	Alt.4	O.	O.D.	O.
	Alt.5	D.	D.	D.
	Alt.6	D.	Ç.D.	Ç.D.
K-3	Alt.1	Y.	Y.	Y.
	Alt.2	Ç.Y.	Y.	Ç.Y.
	Alt.3	Y.	O.Y.	O.Y.
	Alt.4	Ç.Y.	Y.	Ç.Y.
	Alt.5	O.Y.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-4	Alt.1	Y.	Y.	O.Y.
	Alt.2	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	O.Y.	O.Y.	O.Y.
	Alt.4	Y.	Y.	Y.
	Alt.5	O.Y.	O.	O.
	Alt.6	O.Y.	O.Y.	O.Y.
K-5	Alt.1	O.Y.	O.Y.	Y.
	Alt.2	Y.	O.Y.	Y.
	Alt.3	O.	O.	O.Y.
	Alt.4	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.5	O.Y.	Y.	O.Y.
	Alt.6	O.	O.	O.Y.
K-6	Alt.1	O.Y.	Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	Y.	Y.	Y.
	Alt.4	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.5	O.Y.	Y.	O.Y.
	Alt.6	O.	O.Y.	O.Y.
K-7	Alt.1	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.2	Y.	Y.	Y.
	Alt.3	O.Y.	Y.	O.Y.
	Alt.4	Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.5	O.Y.	O.	O.
	Alt.6	O.	O.	O.
K-8	Alt.1	Ç.Y.	Y.	Y.
	Alt.2	Ç.Y.	Ç.Y.	Y.
	Alt.3	O.Y.	O.	O.
	Alt.4	Y.	Y.	Ç.Y.
	Alt.5	O.Y.	O.	O.Y.
	Alt.6	O.	O.	O.Y.

5.Adım: Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadelere Karşılık Gelen Bulanık Sayılar Matrisi

Tablo 3.28: Alternatiflerin Bulanık Sayılar Matrisi

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K-1	Alt.1	9, 10, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.3	7, 9, 10	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.4	9, 10, 10	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
K-2	Alt.1	1, 3, 5	0, 1, 3	1, 3, 5
	Alt.2	0, 0, 1	0, 1, 3	0, 1, 3
	Alt.3	0, 1, 3	0, 1, 3	0, 1, 3
	Alt.4	3, 5, 7	1, 3, 5	3, 5, 7
	Alt.5	0, 1, 3	0, 1, 3	0, 1, 3
	Alt.6	0, 1, 3	0, 0, 1	0, 0, 1
K-3	Alt.1	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	9, 10, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.3	7, 9, 10	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.4	9, 10, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.5	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9
K-4	Alt.1	7, 9, 10	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.2	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	5, 7, 9	5, 7, 9	5, 7, 9
K-5	Alt.1	5, 7, 9	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	5, 7, 9	7, 9, 10
	Alt.3	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9
K-6	Alt.1	5, 7, 9	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	5, 7, 9	5, 7, 9
K-7	Alt.1	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.2	7, 9, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	7, 9, 10	5, 7, 9
	Alt.4	7, 9, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
K-8	Alt.1	9, 10, 10	7, 9, 10	7, 9, 10
	Alt.2	9, 10, 10	9, 10, 10	7, 9, 10
	Alt.3	5, 7, 9	3, 5, 7	3, 5, 7
	Alt.4	7, 9, 10	7, 9, 10	9, 10, 10
	Alt.5	5, 7, 9	3, 5, 7	5, 7, 9
	Alt.6	3, 5, 7	3, 5, 7	5, 7, 9

6.Adım: Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.29: Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	8.33, 9.67, 10	7.67, 9.33, 10	6.33, 8.33, 9.67	7, 8.67, 9.67	3.67, 5.67, 7.67	3.67, 5.67, 7.67
K-2	0.67,2.33,4.33	0, 0.67, 2.33	0, 1, 3	2.33,4.33,6.33	0, 1, 3	0, 0.33, 1.67
K-3	7, 9, 10	8.33, 9.67, 10	5.67,7.67,9.33	8.33, 9.67, 10	3.67,5.67,7.67	3, 5, 7
K-4	6.33,8.33,9.67	7.67, 9.33, 10	5, 7, 9	7, 9, 10	3.67,5.67,7.67	5, 7, 9
K-5	5.67,7.67,9.33	6.33,8.33,9.67	3.67,5.67,7.67	7.67, 9.33, 10	5.67,7.67,9.33	3.67,5.67,7.67
K-6	6.33,8.33,9.67	7.67, 9.33, 10	7, 9, 10	7.67, 9.33, 10	5.67,7.67,9.33	4.33,6.33,8.33
K-7	7.67, 9.33, 10	7, 9, 10	5.67, 7.67, 9.33	7.67, 9.33, 10	3.67,5.67,7.67	3, 5, 7
K-8	7.67, 9.33, 10	8.33, 9.67, 10	3.67,5.67,7.67	7.67, 9.33, 10	4.33,6.33,8.33	3.67,5.67,7.67

Alt.i: Alternatif

7.Adım: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.20: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	0.247, 0.287, 0.296	0.227, 0.277, 0.296	0.188, 0.247, 0.287	0.207, 0.257, 0.287	0.109, 0.168, 0.227	0.109, 0.168, 0.227
K-2	0.062, 0.215, 0.399	0.000, 0.062, 0.215	0.000, 0.092, 0.277	0.215, 0.399, 0.584	0.000, 0.092, 0.277	0.000, 0.030, 0.154
K-3	0.209, 0.269, 0.299	0.249, 0.289, 0.299	0.169, 0.229, 0.279	0.249, 0.289, 0.299	0.110, 0.169, 0.229	0.090, 0.149, 0.209
K-4	0.191, 0.252, 0.292	0.232, 0.282, 0.302	0.151, 0.212, 0.272	0.212, 0.272, 0.302	0.111, 0.171, 0.232	0.151, 0.212, 0.272
K-5	0.178, 0.241, 0.293	0.199, 0.262, 0.304	0.115, 0.178, 0.241	0.241, 0.293, 0.314	0.178, 0.241, 0.293	0.115, 0.178, 0.241
K-6	0.180, 0.237, 0.276	0.219, 0.266, 0.285	0.200, 0.257, 0.285	0.219, 0.266, 0.285	0.162, 0.219, 0.266	0.123, 0.180, 0.237
K-7	0.233, 0.283, 0.303	0.212, 0.273, 0.303	0.172, 0.233, 0.283	0.233, 0.283, 0.303	0.111, 0.172, 0.233	0.091, 0.152, 0.212
K-8	0.232, 0.282, 0.303	0.252, 0.293, 0.303	0.111, 0.172, 0.232	0.232, 0.282, 0.303	0.131, 0.192, 0.252	0.111, 0.172, 0.232

Alt.i: Alternatif

8.Adım: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi Oluşturulması

Tablo 3.31: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Alt.1	Alt.2	Alt.3	Alt.4	Alt.5	Alt.6
K-1	0.035, 0.040, 0.041	0.032, 0.039, 0.041	0.026, 0.035, 0.040	0.029, 0.036, 0.040	0.015, 0.024, 0.032	0.015, 0.124, 0.032
K-2	0.008, 0.029, 0.054	0.000, 0.008, 0.029	0.000, 0.013, 0.038	0.029, 0.054, 0.079	0.000, 0.013, 0.038	0.000, 0.004, 0.021
K-3	0.024, 0.031, 0.035	0.029, 0.034, 0.035	0.020, 0.027, 0.033	0.029, 0.034, 0.035	0.013, 0.020, 0.027	0.010, 0.017, 0.024
K-4	0.026, 0.034, 0.040	0.032, 0.038, 0.041	0.021, 0.029, 0.037	0.029, 0.037, 0.041	0.015, 0.023, 0.032	0.021, 0.029, 0.037
K-5	0.023, 0.032, 0.038	0.026, 0.034, 0.040	0.015, 0.023, 0.032	0.032, 0.038, 0.041	0.023, 0.032, 0.038	0.015, 0.023, 0.032
K-6	.024, .031, .036	0.029 0.035, 0.037	0.026, 0.034, 0.037	0.029, 0.035, 0.037	0.021, 0.029, 0.035	0.016, 0.024, 0.031
K-7	.023, .028, .030	0.021, 0.027, 0.030	0.017, 0.023, 0.028	0.023, 0.028, 0.030	0.011, 0.017, 0.023	0.009, 0.015, 0.021
K-8	.025, .031, .033	0.027, 0.032, 0.033	0.012, 0.019, 0.025	0.025, .031, 0.033	0.014, 0.021, 0.027	0.012, 0.019, 0.025

Alt.i: Alternatif

9.Adım: Normalize Edilmiş Performans Değerlerinin Hesaplanması ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması

Tablo 3.32: Normalize Edilmiş Performans Değerleri ve Bulanık Olmayan Performans Değerlerinin Sıralaması

Alternatifler	S ⁺	S ⁻	S	Sıralanması
Alt.1	0.181, 0.228, 0.254	0.008, 0.029, 0.054	0.191	2
Alt.2	0.196, 0.239, 0.258	0.000, 0.008, 0.029	0.219	1
Alt.3	0.137, 0.189, 0.232	0.000, 0.013, 0.038	0.171	4
Alt.4	0.196, 0.239, 0.258	0.029, 0.054, 0.079	0.177	3
Alt.5	0.113, 0.165, 0.214	0.000, 0.013, 0.038	0.149	5
Alt.6	0.099, 0.151, 0.202	0.000, 0.004, 0.021	0.146	6

3.4. Çözümlerin Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında bir inşaat firmasının hazır beton tedarikçisi seçme problemine çözüm amaçlı önerilen ÇKKV yöntemlerinden AHP, ELECTRE, MOORA, PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri anlatılmıştır. Literatürde sıklıkla kullanılan bu yöntemler tek başına çözüm sunabildikleri gibi, hibrit bir şekilde kullanılmasıyla da karşımıza çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri bulanık sayılarla birlikte kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar en yakın ve insan doğasına en yakın çözümler elde edilmesini sağlamıştır.

Bu çalışmada bulanık TOPSIS ve bulanık MOORA yöntemleriyle karar verme problemi çözülmüştür. Her iki yöntemin benzer ve farklı yönleri bulunmaktadır. Problem çözümlerinin ortak yönlerinden biri olan kriter ve alternatiflerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi için bulanık TOPSIS metodunda Chen (2000) kullandığı değerlendirme skalası, bulanık MOORA yöntemi için Awasthi ve Govindan (2016)'ın kullandığı değerlendirme skalasından faydalanılmıştır. Ayrıca TOPSIS ve MOORA yöntemi çözümlerini kıyaslamak için MOORA yöntemi Chen (2000) değerlendirme skalası ile de çözülmüştür. Her iki kullanılan dilsel değerlendirmeler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları bir birleriyle denk olmakla beraber sadece bir ara değer eksiktir.

Bulanık TOPSIS yönteminde ideal çözüme yakınlık katsayıları ve alternatiflerin tercih sıralaması tespit edilmiştir. Yakınlık katsayısı değeri 1'e en yakın olan en uygun tercihtir. Bu çalışmada yakınlık katsayısı sıralaması $C2 > C4 > C1 > C3 > C5 > C6$ şeklinde, alternatif tercih sıralaması $A2 > A4 > A1 > A3 > A5 > A6$ şeklindedir. A2, A4 ve A1 en tercih edilebilir alternatifler olarak gözükmektedir.

Bulanık MOORA yönteminde ise performans değerleri hesaplanmıştır. Performans değerlerinin sıralaması aynı zamanda alternatiflerin tercih sıralamasıdır. Bulanık MOORA yönteminde sıralamalar $S2 > S4 > S1 > S3 > S6 > S5$ ve $A2 > A4 > A1 > A3 > A6 > A5$ şeklindedir. A2, A4 ve A1 sırasıyla tercih edilecek alternatifler olmalıdır.

Bulanık MOORA yöntemi Chen (2000) değerlendirme skalası ile işleme alınmış ve alternatiflerin performans değerleri hesaplanmıştır. Performans değerlerinin sıralaması aynı zamanda alternatiflerin tercih sıralamasıdır. Sıralama $S2 > S1 > S4 > S3 > S5 > S6$ ve $A2 > A1 > A4 > A3 > A5 > A6$ şeklindedir. A2, A1 ve A4 sırasıyla tercih edilecek alternatifler olmalıdır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

İşletmelerin, tedarik zinciri yönetimi ağının en önemli halkası olan tedarikçi seçimi çok değişkenli bir karar verme problemidir. İşletmeler rekabetçi yapılarını koruyabilmeleri ve maddi zararlara uğramamaları için tedarikçi seçimi problemini sistemli ve analitik bir yaklaşımla ele almalıdırlar. Karar verici sayısının fazla olması, alternatif sayısının çok olması ve alternatifleri değerlendirmede kullanılan kriterlerin çeşitliliği işletmeleri tedarikçi seçiminde güvenilir yöntemlere yönlendirmektedir.

Tedarikçi seçimi her sektörün olduğu gibi inşaat sektörünün de en önemli problemlerinden biridir. İnşaat projelerinin maliyet hesaplamalarında büyük bir pay malzeme maliyetlerine düşmektedir. Malzeme tedarikinde olası hatalar işletmeleri ciddi zararlara uğratacağından inşaat firmaları tedarikçi seçimlerini titizlikle yapmaları gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında bir inşaat firmasının hazır beton tedarikçi firma seçme problemi için kullanılacak çok kriterli karar verme teknikleri anlatılmış akabinde bu yöntemlerden iki tanesiyle uygulamalı çözümler yapılmıştır.

Çalışmada bulanık TOPSIS ve bulanık MOORA yöntemleri, matematiksel işlem adımları gösterilmiş ve örnek proje çözümü gerçekleştirilmiştir. Literatürde perakende, bankacılık, işletme ve mağazacılık vb. sektörlerde oldukça fazla bulanık karar verme çözümleri varken inşaat sektöründe bu durum sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple bu tez kapsamında nispeten az işlenmiş olan Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemleri seçilmiştir.

Ele alınan örnekte ilk olarak Bulanık TOPSIS yöntemiyle çözüm yapılmıştır. İlgili projede karar verici pozisyonunda olan üç kişi ile yapılan sözlü mülakatlarla işlem adımları takip edilmiştir. Alternatiflerin değerlendirmesinde dikkat ettikleri kriterler belirlenip, alternatifler belirlendikten sonra tüm elemanlar dilsel ifadelerle değerlendirilmesi istenmiştir. Bulanık TOPSIS metodu ile çözüm yapıp alternatiflerin yakınlık katsayıları tespit edilmiştir. Yakınlık katsayı değeri 1'e en yakın olan alternatif en uygun tercihtir. Bu çalışmada A2 alternatifi en uygun tercih olarak çıkmaktadır. En kötü tercih A6 alternatifidir.

Bulanık MOORA yöntemi ile yapılan çözümde karar vericilerle bulanık TOPSIS metoduyla benzer yollar izlenmiştir. Çözüm adımları farklılaşmaktadır. Bulanık MOORA işlem adımları tek tek gerçekleştirilerek alternatiflerin performans değerleri tespit edilmiştir. En yüksek performans değerine ait A2 alternatifi en uygun tercih, en düşük performans değerine ait A5 alternatifi en kötü tercihtir.

Bulanık TOPSIS ve Bulanık MOORA yöntemi farklı matematiksel yöntemler kullanmasına rağmen sonuçlar hemen hemen birbiriyle benzer çıkmıştır. Her iki yöntemde de en iyi ilk üç tercih sırasıyla A2, A4, A1 şeklindedir. Kriter ve alternatiflerin değerlendirmesinde kullanılan dilsel ifadeler skalasındaki farklılığın sonucu etkileyip etkilemediğini tespit etmek için TOPSIS yönteminde kullanılan değerlendirme skalası MOORA yöntemi içinde kullanılmıştır. Bu durumda A2, A1, A4 şeklinde alternatifler sıralanmaktadır. Her üç durumda en iyi alternatif A2 seçeneği olmuştur. Değerlendirme kullanılan dilsel ifadeler ile onların bulanık değer karşılıkları MOORA yönteminde ikinci ve üçüncü tercihler için bir değişiklik meydana getirmiştir. Aynı değerlendirme Skalasında TOPSIS yönteminde en iyi alternatif A4 iken, MOORA yönteminde A1'dir.

İki yöntemde de öncelikli tercih sıralamasının benzer olması her zaman doğru sonuca ulaşıldığını göstermeyebilmektedir. Bu nedenle diğer bulanık çok kriterli yöntemlerle de çözümler yapıp, kıyaslamalar yapılabilir. İnşaat sektöründe kaba yapı imalatında hazır beton tedariki ve inşaat demiri tedariki önemli maliyetlere sahiptir. Bu alanda maliyeti azaltmaya, kaliteyi yükseltmeye dayalı yapılacak çalışmalar çok değerli olmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada bulanık yaklaşımlı ÇKKV yöntemlerinin tedarikçi seçim problemleri çözümünde kullanılabileceği anlatılmıştır. İleri çalışmalarda kullanılmayan diğer yöntemlerde değerlendirilip kıyaslamalar yapılabileceği düşünülmektedir. Karar verici sayısının çok olduğu durumlarda bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılabilirliği ileri çalışmalara konu olabileceği değerlendirilmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılmayan ancak ileriki çalışmalarda yapılabilecek duyarlılık analizleri ile daha kesin sonuçlara ulaşılabileceği beklenmektedir.

5.KAYNAKÇA

Adalı, E. A. ve Işık, A. T. (2017). Bir Tedarik Seçim Problemi için SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı. IREM, 5 (4), s. 56-77.

Akyüz, G. (2012). Bulanık VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(1), s. 197-215.

Alkan, A. , Kasımoğlu, H. Ç. , Çelik, C. , Aladağ, Z. (2016). AHP ve PROMETHEE Yöntemleri İle Lastik Üreticisi Bir Firma İçin Tedarikçi Seçimi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2), s. 261-269.

Arslan, H.M (2017). AHP- VIKOR Yöntemi ile En iyi Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 16(63), s. 1203-1217.

Arslan, H. M ve Uysal, H. T. (2017). ELECTRE I Yöntemi ile En Uygun Tedarikçinin Seçilmesi: Ahşap Sektörü Uygulaması. Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1), s. 44-57.

Ashworth, A. (1999). Cost Studies of Buildings. (Harlow: Longman Scientific & Technical, 1999) 14.

Awasthi, A. ve Govindan, K. (2016). Green Supplier Development Program Selection Using NGT and VIKOR Under Fuzzy Environment. (91), s. 100-108.

Başkol, M. (2011). Bir Rekabet Aracı Olarak Tedarik Zinciri Yönetimi: Strateji ve Yaklaşımlar. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 3(5), s. 13-27.

Bayazıt, O., Karpak, B. (2005). “An AHP Application in Vendor Selection,” ISAHP 2005 Proceedings, Honolulu, Hawaii, July 8-10.

Baynal, K. , Şahin, Y. , Taphasanoğlu, S. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lüks Konut Projesi İçin Beyaz Eşya Seçimi. Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 8(2), s. 1871-1888.

Brauers, W. K. M. , Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization. Informatica, 23(1), s. 1-25.

Chen, T. C. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision – Making Under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets and Systems, 114(1), s. 1-9.

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, 15(2), s. 339-364.

Çelik, F. ve Çağıl G. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Tedarikçi Seçimi; Bir Traktör Fabrikası Örneği. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 23(68), s. 607-619.

Çınar, A. ve Uygun, Ö. (2019). Sezgisel Bulanık AHP Yöntemiyle Yeşil Tedarikçi Seçimi. Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 2(2), s. 24-31.

Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008). PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 23(1), s. 69-75.

Dickson, G.W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. Journal of Purchasing, (2), s. 5-17.

Doğan, N. Ö. , Akbal, H. (2019). Sağlık Sektöründe Tedarikçi Seçim Kararının AHP Yöntemi İle İncelenmesi: Bir Üniversite Hastanesi Örneği. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 17(4), s. 440-456.

Durmaz, E. D. , Akagündüz, E. , Şahin, R. (2017). Tedarikçi Seçim Probleminde Hedef Programlama ve MOORA Yöntemi: Uygulama Çalışması. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(3), s. 1021-1044.

Elgün, M. N. ve Aşıkoğlu, N. O. (2016). Lojistik Köy Kuruluş Yeri Seçiminde TOPSIS Yöntemiyle Merkezlerin Değerlendirilmesi AKÜ İİBF Dergisi, 18(1), s. 161-170.

Erbıyık H. , Kabakçı, G. A. , Erdil, A. (2021). Electre Yöntemi İle Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimi: Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (24), s. 421-429.

Erdoğan, O. ve Topraklı, Y. (2019). Türkiye İnşaat Endüstrisinde Risk Tabanlı Alt Yüklenici Seçiminde TOPSIS Metodolojisi ve Değerlendirilmesi. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), s. 1-16.

Eren, T. ve Özder, E. H. (2016). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bir İçecek Firması için Tedarikçi Seçimi. 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 3-5 November, ISITES2016 Alanya/Antalya

Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2008). Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1), s. 19-28.

Ertuğrul, İ. ve Özçil, A. (2014). Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), s. 267-282.

Eş, A. ve Kocadağ, D. (2020). Entropi Tabanlı MAUT ve VIKOR Yöntemleriyle Tedarikçi Seçimi: Bir Kamu Kurumu Örneği. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18, s. 265-280.

Gencer, C., Gürpınar, D. (2007). "Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in An Electronic Firm," *Applied Mathematical Modelling*, 31, 2475–2486.

Genç, T. (2013). PROMETHEE Yöntemi ile GAIA Düzlemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi* 15(1), s. 133-154.

Gökalp, B. ve Soylu, B. (2011). Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 23(1), s. 4-15.

Görener, A. (2013). Tedarik Zinciri Stratejisi Seçimi: Bulanık VIKOR Yöntemiyle İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi International Journal of Alanya Faculty of Business*, 5(3), s. 47-62.

Güler, D. Ve Saner, G. (2017). Türkiye'de Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Tedarik Zinciri Yönetiminin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomi Dergisi*, 23(2), s. 165-171.

Günay, Z. ve Ünal, Ö. F. (2016). AHP - TOPSIS Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi (Bir Telekomünikasyon Şirketi Örneği). *PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), s. 37-53.

Haq, A.N. ve Kannan G. (2006). Fuzzy Analytical Hierarchy Process for Evaluating and Selecting a Vendor in a Supply Chain Model. *Int J Adv Manuf Technol*, 29, 826–835.

Hatipoğlu, C. ve Altan, İ. M. (2021). Türkiye'de e-Ticaret Hizmetlerinin MOORA Yöntemi ile İncelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (68), s. 372-383.

Kabadayı, N. , Çırpın, B. K. (2020). Gri İlişkisel Temelli TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Risk Değerlendirmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(2), s. 767-788.

Karaöz, A.E., Akyüz, G. A. ve Tekin, K. (2019). Tedarikçi Seçimi Uygulamaları: Bilgi Ve İletişim Teknolojileri Perspektifli Bir Literatür Taraması. Selçuk Üniversitesi Müh. Bilim ve Tekn. Derg., 7(2), s. 362-378.

Kazançoğlu, Y. ve Ada, E. (2010). Perakende Sektöründe Tedarikçi Seçiminin Bulanık AHP İle Gerçekleştirilmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 9 (1), s. 29-52.

Liu, F.H., Hai, H.L. (2005). “The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier”, Int. J. Production Economics, (97), s. 308–317.

Madenoğlu, F. S. (2019). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Ortamında Yeşil Tedarikçi Seçimi. Business & Management Studies: An International Journal, 7(4), s. 1850-1869.

Ömürbek, N. , Karaatlı, M. , Cömert, H. G. (2016). AHP-SAW ve AHP-ELECTRE Yöntemleri ile Yapı Denetim Firmalarının Değerlendirilmesi. Yönetim Bilimleri Dergisi, 14(27), s.171-199.

Özdemir, A.İ. (2004). Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (23), s. 87-96.

Özder, E. H. , Eren, T. (2016). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi ve Hedef Programlama Teknikleri ile Tedarikçi Seçimi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi. 4(3), s. 196-207.

Öztürk, D. (2016). Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçlerini Etkileyen Faktörler. Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi, International Journal of Social and Economic Sciences, 6 (1), s. 17-24.

Polat, G. , Eray, E. , Bingöl, B.N. (2017). An Integrated Fuzzy MCGDM Approach for Supplier Selection Problem. Journal of Civil Engineering and Management Volume 23(7), s. 926-942.

Saaty, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operation Research 48(1), s. 9-26.

Sarioğlan, M. ve Arslan, K. (2020). Yiyecek İçecek İşletmelerinde MOORA Yöntemi ile Tedarikçi Seçiminin Uygulanabilirliği. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi 19(73), s. 254-270.

Soba, M. (2012). PROMETHEE Yöntemi Kullanılarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama. Journal of Yasar University, 28(7), s. 4708 – 4721.

Seçme, N. Y., ve Özdemir A. İ. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22(2), s. 175-191.

Şekerci, A. Z. , Yazıcıoğlu O. (2019). AHP Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Gıda Sektöründe Bir Uygulama. Al Farabi Sosyal Bilimler Dergisi, 3(2), s. 23-41.

Şenkayas, H. , Öztürk, M. , Sezen, G. (2010). Lojistik Tedarikçilerinin Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi: Mondial Şirketinde Bir Uygulama. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (5), s. 161-175.

Şişman, B. ve Doğan, M. (2016). Türk Bankalarının Finansal Performanslarının Bulanık AHP ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Yönetim ve Ekonomi, 23(2), s. 353-371.

Supçiller, A. A. ve Deligöz, K. (2018). Tedarikçi Seçimi Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uzlaşık Çözümü. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi 18. EYİ Özel Sayısı, 355-368, ISSN 1307-9832.

Supçiller, A. A. , Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, (13), s. 1-22.

Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E. (2013). Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (40), s. 143-165.

Şişman, B. ve Eleren, A. (2018). En Uygun Otomobilin Gri İlişkisel Analiz ve ELEVTRE Yöntemleri ile Seçimi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 18(3), s.411-429.

Tayalı, H. A. (2017). Tedarikçi Seçiminde WASPAS Yöntemi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5(47), s. 368-380.

Tayyar, N. (2012). Pet Şişe Tedarikçisi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yaklaşımı. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 17(3), s.351-371.

Tekez, E. K ve Bark, N. (2016). Mobilya Sektöründe Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. SAÜ Fen Bil Dergisi 20(1), s. 55-63.

Tez, H. Ö. , Tez, E. , Yılmaz A. (2012). Tedarik Zincirinde Karşılaşılan Sorunların FMEA ile Çözümlemesi ve Yönetilmesi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 4(2).

Tezcan, Ö. , Aytekin, O. , Kuşan, H. , Özdemir, I. (2012). İnşaat Proje Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması. E- journal of New World Sciences Academy NWSA- Engineering Sciences, 7(1), s. 229-238.

Toptancı, Ş. Ve Potur, E. A. (2021). Bulanık Bütünleşik Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli ile Arsa Seçimi. Veri Bilimi Dergisi, 4(3), s. 106-112.

Uğur, L.O. (2007). İnşaat Firmalarının Maliyet ve Süre Belirleme Yöntemleri Üzerine Bir Alan Çalışması, 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, 30-31 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye.

Uğur, L. O. (2017). MOORA Optimizasyon Yaklaşımı ile İnşaat Proje Müdürü Seçimi: Çok Kriterli Bir Karar Verme Uygulaması. Politeknik Dergisi, 20(3), s. 717-723.

Uygurtürk, H. (2015). Bankaların İnternet Şubelerinin Bulanık MOORA Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 11(25), s.115-128.

Vatansever, K. Ve Tellioglu, S. (2020). Aralık Tip-II Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Bir Konaklama İşletmesinde Tedarikçi Seçimi. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Özel Sayı, s. 133-155.

Wang, W. P. (2010). A Fuzzy Linguistic Computing Approach to Supplier Evaluation Mathematical Modelling, 34(10), s. 3130-3141.

Weber, C. & Current, J. & Benton, W. C (1991). “Vendor Selection Criteria and Methods ”, European Journal of Operational Research, 50 (1), 2-18.

Yangınlar, G. (2018). Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önemi. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD), 5(8), s. 236-250.

Yiğit, M. E. , Akpınar, M. E. (2021). Rüzgar Türbin Kulesi Alternatiflerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 23, s. 386-393.

Yılmaz, T. ve Yazıcıoğlu, O. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Global Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Yan Sanayide Bir Uygulama. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 6(5), s. 296-307.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. Information And Control, 8(3), s. 338-353.

