

**T. C.  
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

**YÜK TAŞIMACILIĞINDA BULANIK TOPSIS  
YÖNTEMİ İLE TAŞIMACILIK TÜRÜ SEÇİMİNE  
YÖNELİK BİR UYGULAMA**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisa Nur VARINCA**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hacer Handan DEMİR

**İstanbul – 2024**



## TEZ TANITIM FORMU

**Yazar Adı Soyadı :** Nisa Nur VARINCA

**Tezin Dili :** Türkçe

**Tezin Adı :** Yük Taşımacılığında Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Taşımacılık Türü Seçimine Yönelik Bir Uygulama

**Enstitü :** İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

**Anabilim Dalı :** Uluslararası Ticaret ve Lojistik

**Tezin Türü :** Yüksek Lisans

**Tezin Tarihi :** 25.06.2024

**Sayfa Sayısı :** 95

**Tez :** Dr. Öğr. Üyesi Hacer Handan DEMİR

**Danışmanları**

**Dizin Terimleri :** Taşımacılık türleri, çok kriterli karar verme, bulanık TOPSIS

**Türkçe Özet :** Günümüzde ticaretin küresel bir hal almış olması taşımacılık sektörünün gelişmesine ve büyük bir iş hacmine ulaşmasına vesile olmuştur. İşletmelerin başarı sağlaması ve sağladıkları başarıyı sürdürebilmeleri hususunda taşımacılık türü seçimi kritik bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla taşınacak olan yükün hangi taşıma türü tercih edilerek taşınması gerektiği birçok faktör açısından değerlendirilmesi gereken bir karar haline gelmiştir. Ayrıca çeşitli faktörlerin etkilediği bu seçim problemi için sadece bazı faktörleri en iyileyen çözümlerin yeterli olmadığını ve bu seçimi firmanın optimum yararını gözeterek yapmanın gerekliliğini görmek kaçınılmaz olmuştur. Bu çalışmada taşımacılık türlerine değinilerek; bulanık ortamlarda, çok kriterin yer aldığı, grup kararı verilmesi gereken durumlarda

yararlanılan yöntemlerden biri olan bulanık TOPSIS yöntemi anlatılmaktadır ve İstanbul'da bulunan lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın gerçekleştireceği İstanbul-İtalya arasındaki yük taşımacılığı için en uygun taşımacılık türü seçimi bulanık TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Çalışmada ayrıca sözel ifadelerin değerlendirilebildiği bilimsel ve kolay uygulanabilir bir yöntemle taşımacılık türü seçimi yapılabildiği ve grup kararı alınabildiği gösterilmektedir.

**Dağıtım Listesi** : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne  
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

*İmzası*

*Nisa Nur VARINCA*

**T. C.  
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

**YÜK TAŞIMACILIĞINDA BULANIK TOPSIS  
YÖNTEMİ İLE TAŞIMACILIK TÜRÜ SEÇİMİNE  
YÖNELİK BİR UYGULAMA**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisa Nur VARINCA**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hacer Handan DEMİR

**İstanbul – 2024**

## BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Nisa Nur VARINCA

.../.../2024



**İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Nisa Nur VARINCA' nın “**Yük Taşımacılığında Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Taşımacılık Türü Seçimine Yönelik Bir Uygulama**” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

*İmza*  
Başkan  
*Dr. Öğr. Üyesi Andaç TOKSOY*

*İmza*  
Üye  
*Dr. Öğr. Üyesi Hacer Handan*  
*DEMİR*  
(Danışman)

*İmza*  
Üye  
*Dr. Öğr. Üyesi Özge TURHAN*

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 20..

*Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ*

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Günümüzde ticaretin küresel bir hal almış olması taşımacılık sektörünün gelişmesine ve büyük bir iş hacmine ulaşmasına vesile olmuştur. İşletmelerin başarı sağlaması ve sağladıkları başarıyı sürdürebilmeleri hususunda taşımacılık türü seçimi kritik bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla taşınacak olan yükün hangi taşıma türü tercih edilerek taşınması gerektiği birçok faktör açısından değerlendirilmesi gereken bir karar haline gelmiştir. Ayrıca çeşitli faktörlerin etkilediği bu seçim problemi için sadece bazı faktörleri en iyileyen çözümlerin yeterli olmadığını ve bu seçimi firmanın optimum yararını gözeterek yapmanın gerekliliğini görmek kaçınılmaz olmuştur. Bu çalışmada taşımacılık türlerine değinilerek; bulanık ortamlarda, birçok kriterin etkili olduğu, grup kararı verilmesi gereken durumlarda yararlanılan yöntemlerden biri olan bulanık TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solition) yöntemi anlatılmaktadır ve İstanbul’da bulunan lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın gerçekleştireceği İstanbul-İtalya arasındaki yük taşımacılığı için en uygun taşımacılık türü seçimi bulanık TOPSIS yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma vasıtasıyla ayrıca sözel ifadelerin değerlendirilebildiği bilimsel ve kolay uygulanabilir bir yöntemle taşımacılık türü seçimi yapılabildiği ve grup kararı alınabildiği gösterilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşımacılık türleri, çok kriterli karar verme, bulanık TOPSIS

## SUMMARY

Today, the globalization of trade has led to the development of the transportation sector and reach a large business volume. The choice of transportation type plays a critical role in achieving success and sustainability of that success of the business corporations. Therefore, which type of transportation should be preferred for the cargo to be transported, has become a decision that needs to be evaluated in terms of many factors. In addition, it has become inevitable to realize that for this selection problem, which is influenced by various factors, solutions that optimize only some factors are not sufficient but it is necessary to make this choice by considering the optimum benefit of the company. In this study, the fuzzy TOPSIS method, which is one of the methods used in fuzzy environments, where many criteria are effective and where a group decision needs to be made, is explained and the most appropriate transportation type for the freight transportation between Istanbul and Italy to be carried out by a company operating in the logistics sector in Istanbul is selected by the fuzzy TOPSIS method. Through this study, it is also shown that a scientific and easily applicable method that can evaluate verbal expressions can be used to select the type of transportation and make a group decision.

**Keywords:** Transportation modes, multi-criteria decision making, fuzzy TOPSIS

## İÇİNDEKİLER

|                        |      |
|------------------------|------|
| ÖZET.....              | i    |
| SUMMARY .....          | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....      | iii  |
| KISALTMALAR .....      | v    |
| TABLolar LİSTESİ.....  | vii  |
| GRAFİKLER LİSTESİ..... | viii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....  | ix   |
| EKLER LİSTESİ .....    | x    |
| ÖN SÖZ.....            | xi   |
| GİRİŞ .....            | 1    |

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### TAŞIMACILIK VE TAŞIMACILIK TÜRÜ SEÇİMİ

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1.1. Taşımacılık .....                             | 4  |
| 1.2. Taşımacılık Türleri .....                     | 4  |
| 1.2.1. Unimodal taşımacılık.....                   | 4  |
| 1.2.1.1. Kara yolu taşımacılığı.....               | 5  |
| 1.2.1.2. Deniz yolu taşımacılığı.....              | 6  |
| 1.2.1.3. Hava yolu taşımacılığı.....               | 8  |
| 1.2.1.4. Demir yolu taşımacılığı.....              | 10 |
| 1.2.2. Multimodal taşımacılık.....                 | 12 |
| 1.2.2.1. İntermodal taşımacılık .....              | 12 |
| 1.2.2.2. Kombine taşımacılık.....                  | 12 |
| 1.3. Taşımacılık Türlerinin Karşılaştırılması..... | 13 |
| 1.4. Taşımacılık Türü Seçimi.....                  | 14 |

### İKİNCİ BÖLÜM

#### BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Bulanık Mantık .....                               | 22 |
| 2.1.1. Bulanık küme teorisi.....                        | 24 |
| 2.1.2. Bulanık sayı .....                               | 28 |
| 2.1.2.1. Bulanık matris .....                           | 29 |
| 2.1.2.2. Üçgen bulanık sayı .....                       | 29 |
| 2.1.2.3. Üçgen bulanık sayılarla dört işlem .....       | 30 |
| 2.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi .....                       | 31 |
| 2.2.1. TOPSIS yöntemi.....                              | 31 |
| 2.2.2. Bulanık TOPSIS yöntemi ve uygulama alanları..... | 32 |
| 2.2.2.1. Yöntemin uygulama adımları .....               | 43 |

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**  
**YÜK TAŞIMACILIĞI YAPAN BİR LOJİSTİK FİRMASINDA**  
**BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE TAŞIMACILIK TÜRÜ**  
**SEÇİMİ**

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1. Uygulamanın Yapılacağı İşletme Hakkında Kısa Bilgi.....                                                                                         | 44        |
| 3.2. Bulanık TOPSIS Uygulama Adımları .....                                                                                                          | 46        |
| 3.2.1. Karar vericilerin, alternatiflerin ve kriterlerin saptanması.....                                                                             | 46        |
| 3.2.2. Karar kriterlerinin ve karar kriterleri dikkate alınarak alternatiflerin dilsel ifadelerle karar vericiler tarafından değerlendirilmesi ..... | 48        |
| 3.2.3. Kriterlerin önem derecelerinin saptanması.....                                                                                                | 52        |
| 3.2.4. Bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi.....                                                                                             | 53        |
| 3.2.5. Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi.....                                                                           | 53        |
| 3.2.6. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi.....                                                                 | 54        |
| 3.2.7. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümün saptanması.. ..                                                                  | 55        |
| 3.2.8. Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması.....                                                                                      | 55        |
| 3.2.9. Yakınlık katsayılarının hesaplanması .....                                                                                                    | 58        |
| 3.2.10. Alternatiflerin sıralanması .....                                                                                                            | 59        |
| <b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                                                                                                    | <b>61</b> |
| <b>KAYNAKÇA .....</b>                                                                                                                                | <b>65</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                                                                                                                    | <b>74</b> |

## KISALTMALAR

|                  |   |                                                                   |
|------------------|---|-------------------------------------------------------------------|
| <b>AHP</b>       | : | Analitik Hiyerarşı Prosesi                                        |
| <b>ANP</b>       | : | Analitik Ağ Süreci                                                |
| <b>BÇKKV</b>     | : | Bulanık Çok Kriterli Karar Verme                                  |
| <b>BNİÇ</b>      | : | Bulanık Negatif İdeal Çözüm                                       |
| <b>BPIÇ</b>      | : | Bulanık Pozitif İdeal Çözüm                                       |
| <b>BTOPSIS</b>   | : | Bulanık TOPSIS                                                    |
| <b>ÇD</b>        | : | Çok Düşük                                                         |
| <b>Çİ</b>        | : | Çok İyi                                                           |
| <b>ÇK</b>        | : | Çok Kötü                                                          |
| <b>ÇKKV</b>      | : | Çok Kriterli Karar Verne                                          |
| <b>ÇY</b>        | : | Çok Yüksek                                                        |
| <b>D</b>         | : | Düşük                                                             |
| <b>DEMATEL</b>   | : | The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory               |
| <b>ELECTRE</b>   | : | Elimination and Choice Expressing the Reality                     |
| <b>İ</b>         | : | İyi                                                               |
| <b>K</b>         | : | Kötü                                                              |
| <b>O</b>         | : | Orta                                                              |
| <b>OD</b>        | : | Orta Düşük                                                        |
| <b>Oİ</b>        | : | Orta İyi                                                          |
| <b>OK</b>        | : | Orta Kötü                                                         |
| <b>OY</b>        | : | Orta Yüksek                                                       |
| <b>PROMETHEE</b> | : | Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations |
| <b>SAW</b>       | : | Simple Additive Weighting                                         |
| <b>TOPSIS</b>    | : | Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solition |
| <b>vb.</b>       | : | Ve Benzeri                                                        |
| <b>vd.</b>       | : | Ve Diğerleri                                                      |
| <b>VIKOR</b>     | : | VIsekriterijumsko Kompromisno Rangiranje                          |
| <b>WPM</b>       | : | Ağırlıklı Çarpım Yöntemi                                          |

**Y** : Yüksek



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Karar Kriterlerinin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Değerleri..... | 37 |
| <b>Tablo 2.</b> Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Değerleri .....    | 37 |
| <b>Tablo 3.</b> Kabul Koşulları .....                                                                                      | 42 |
| <b>Tablo 4.</b> Karar Kriterlerinin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi .....                                           | 49 |
| <b>Tablo 5.</b> Karar Kriterleri için Dilsel Değişken Değerlerinin Üçgen Bulanık Sayılar Şeklinde İfadesi .....            | 49 |
| <b>Tablo 6.</b> Alternatiflerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi.....                                                | 50 |
| <b>Tablo 7.</b> Alternatiflerin Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık Sayılar Şeklinde İfadesi .....                    | 51 |
| <b>Tablo 8.</b> Kriterlerin Önem Dereceleri .....                                                                          | 52 |
| <b>Tablo 9.</b> Her Kriter için $A_i$ ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) ve $A^*$ Arasındaki Uzaklık.....                               | 56 |
| <b>Tablo 10.</b> Her Kriter için $A_i$ ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) ve $A^-$ Arasındaki Uzaklık.....                              | 56 |
| <b>Tablo 11.</b> Alternatiflerin $d_i^*$ ve $d_i^-$ Değerleri.....                                                         | 58 |
| <b>Tablo 12.</b> Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları ve Sıralamaları Tablosu .....                                        | 59 |

## GRAFİKLER LİSTESİ

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| <b>Grafik 1.</b> Yaşlılara Ait Bulanık Küme .....       | 26 |
| <b>Grafik 2.</b> Üyelik Fonksiyonunun Kısımları.....    | 28 |
| <b>Grafik 3.</b> $\tilde{n}$ Üçgen Bulanık Sayısı ..... | 30 |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Klasik Mantık ve Bulanık Mantık Şematik Gösterimi ..... | 25 |
| Şekil 2. Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı.....                | 48 |



## EKLER LİSTESİ

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| <b>EK-A</b> Bulanık Karar Matrisi.....                             | 74 |
| <b>EK-B</b> Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi .....          | 75 |
| <b>EK-C</b> Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi..... | 76 |



## ÖN SÖZ

Teknolojinin ilerlediği ve seçeneklerin arttığı günümüzde işletmelerin tercih edilmesi ve varlığını sürdürebilmesi sunulan hizmetin kalitesi ile doğrudan ilgilidir. Hizmetin kalitesini belirlemede ise taşımacılık türü seçimi kararının en doğru şekilde gerçekleştirilmesinin rolü yadsınamaz. Dolayısıyla bu kararın, fikir alışverişinin ötesine geçilerek bilimsel yöntemlerle verilmesi gerekmektedir. Karar esnasında göz önünde bulundurulan kriterler çok kriterli karar verme problemini meydana getirmektedir. Çalışmada işletmenin yük taşımacılığı için taşımacılık türü seçimi alternatif türler arasından, bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Tez öncesinde ve tezimin tüm aşamalarında ilmi ve deneyimleriyle yolumu aydınlatan tez danışmanım sayın Doktor Öğretim Üyesi Hacer Handan Demir'e, akademik birikimime katkı sağlayan İGÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim dalı öğretim üyeleri ile yardımcılara ve yaşamım boyunca desteklerini her daim hissettiğim aileme teşekkürlerimi sunarım.

## GİRİŞ

Taşımacılık insanlığın varoluşundan itibaren hayatımızın bir parçasıdır. Taşımacılık kısaca yolcu ve/veya ürünün A noktasından B noktasına hareketi olarak ifade edilmektedir. Geçmişte binek hayvanlar ile yapılan göçler, kervanlar ile yapılan ticaret düşünüldüğünde günümüzde taşımacılık adına büyük ilerleme kaydedildiği görülmektedir. Tekerleğin icadı taşımacılık faaliyetlerinin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. İlerleyen yıllarda gerçekleştirilen sanayi inkılabı ile kitlesel üretime geçilmiş ve bu durum daha fazla alıcıya ulaşma isteği ile hammaddeyi hızlı bir şekilde minimum maliyetle elde etme isteğini de beraberinde getirmiştir. Dünya’da artan ticaret hacmi, ticaretin şeffaflaşması, artan ithalat ve ihracat hacmi, küreselleşme, tüketicilerin bilinçlenmesi, ticari işlemlerin kolaylaşması ve gelişen teknolojinin de etkisiyle işletmeler arası rekabet her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla rekabet üstünlüğü sağlamak ulusal ve uluslararası işletmelerin hayatta kalabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Teknolojide yaşanan gelişmeler reklamların internet aracılığıyla daha hızlı bir şekilde ve daha fazla kişiye ulaşmasından taşımacılık türlerinin ve araçlarının çeşitlenmesine kadar her alanda kendini göstermektedir. Rekabet üstünlüğü sağlamanın en önemli yollarından biri de kalitenin artırılması ve artan müşteri taleplerine, işletmelerin ürünlerini en az maliyetle, mümkün olan en kısa zamanda, kayıp ve hasar olmadan alıcılara teslim ederek cevap verebilmesidir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise en uygun taşımacılık türü (modu) seçimini yapabilmek hayati önem taşımaktadır. Tercih edilen taşıma türünün ve taşıma aracının performansı bir firmanın tüm lojistik faaliyetinin etkinliğini ve verimliliğini etkilemektedir.

Lojistik faaliyetler müşterilerin talep ettikleri gereksinimlerin karşılanması maksadıyla her çeşit hammadde, yarı mamul ve malların başlangıç noktasından varış noktasına ulaşana kadar etkin ve verimli bir şekilde planlanmasını, yürütülmesini, elleçlenmesini, depolanmasını, ürünün teslimatını ve bu süre zarfı içerisinde ilgili taraflara bilgi akışının sağlanması gibi unsurları kapsamaktadır (Demirtaş, 2020, s. 1). Lojistik kavramı yedi doğru üzerinden faaliyet gösterir. Bu unsurlar; doğru ürün, doğru malzeme, doğru yer, doğru zaman, doğru miktar, doğru müşteri ve doğru maliyet şeklinde ifade edilmektedir (Korkmazyürek ve Aktaş, 2017, s. 50). Lojistik hizmeti sağlanırken bu kavramlardan bir tanesinin bile noksan olması işletmenin başarısız addedilmesine yeterli olup, müşteri kaybına neden olabilmektedir. Lojistik faaliyetler

firmaların stratejik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik rol oynamaktadır (Bilginer, Kayabaşı ve Sezici, 2008, s. 1-2). Lojistik sektöründe gelişme yaşanması birçok alanda uluslararası standartların sağlanması ile ilişkilidir. Lojistik faaliyetlerin başarı sağlaması kuruluş yeri, depo, satıcı seçimi gibi önemli kararlarla ilgilidir. Bir başka önemli karar alma süreci ise taşıma türü seçimidir (Ünlü, 2017, s. 1).

Kara yolu taşımacılığı hem bireysel hem ticari amaçlı araçların mevcudiyeti ve sunduğu imkanlar dolayısıyla en sık yararlanılan taşımacılık türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Bayraktutan ve Özbilgin, 2014, s. 82). Daha az ulaşım payına sahip olan hava yolu taşımacılığı yolcuların ve değerli yüklerin bir noktadan başka bir noktaya en hızlı ve en güvenli şekilde ulaşımını sağlamaktadır (Akoğlu ve Fidan, 2020, s. 32). Demir yolu taşımacılığı ise raylar arası açıklığın sabit olduğu durumlarda büyük miktarda yük ve yolcu ulaşımını mümkün kılmaktadır. Demir yolu taşımacılığı, kara yolu taşımacılığı seçeneği ile mukayese edildiğinde çevreye daha duyarlı bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır (Doludeniz, 2016, s. 717). Dört temel taşımacılık türü içinde birim maliyetleri daha düşük olan taşımacılık hizmeti sunan seçeneğin deniz yolu taşımacılığı olduğu görülmektedir. Deniz yolu taşımacılığı ayrıca kıtalar arasında çok büyük miktardaki yüklerin taşınmasını mümkün kılmaktadır (Akkartal, 2021, s. 212). Bu nedenlerle dünya ticaretinin uluslararası uzak mesafe yük taşımacılığının yaklaşık %80'inde deniz yolu taşımacılığının tercih edildiği, Türkiye'de ise bu oranın %87 civarında olduğu görülmektedir (Yurdakul, 2023, s. 23).

Taşımacılık türü seçimine bilimsel ve stratejik karar vermeye yardımcı olmak ve yapılacak seçimde hata payını azaltmak amacıyla günümüzde çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri kullanılabilmektedir. ÇKKV teknikleri; belirsizlik ortamında, birden çok karar vericinin söz sahibi olduğu, tüm karar kriterlerinin eş zamanlı olarak değerlendirilmesi gereken durumlarda kullanılmaktadır (Sarıkaya, 2019, s. 169). Bu tekniklerden bazıları; WPM, TOPSIS, SAW, DEMATEL, VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE, ANP, AHP vb. olarak sayılabilir. En sık kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinin AHP, PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR olduğu bilinmektedir. Bu yöntemler içerisinde en sık yararlanılan yöntemin ise TOPSIS olduğu görülmektedir. Matematiksel yöntemler ile karar vermek insan hatalarını en düşük seviyeye indirerek çözülmesi zor ve karmaşık problemlerin mantık çerçevesinde üstesinden gelinmesine olanak tanır.

Bu çalışmada dört temel taşımacılık türü olan; kara yolu taşımacılığı, deniz yolu taşımacılığı, demir yolu taşımacılığı ve hava yolu taşımacılığı belirlenen kriterler doğrultusunda avantaj ve dezavantajları ile incelenecektir. Örneğin, taşıma süresi kriteri düşünüldüğünde taşıma süresinin fazla olması olgunlaşmış meyvenin bozulmasına ve ticari ilişkilerin zedelenmesine neden olabilecekken, olgunlaşmamış meyvenin taşınması konusunda ise taşıma süresinin uzun olması üretimin aşamasını oluşturan bir avantaj olarak görülebilir. Dolayısıyla bir firma ve/veya ürün için avantaj olan bir unsurun başka bir firma ve/veya ürün için dezavantaj olması mümkündür. Kriterler ve önem dereceleri her koşulda aynı değildir; taşımacılık yapan firmaya, alıcı ve satıcı ihtiyaçlarına ve beklentilerine göre değişiklik gösterir. Bir taşımacılık faaliyetinde maliyet avantajı en önemli unsurken, bir başka taşımacılık faaliyetinde hız en önemli unsur olarak yer alabilir. Kriterler ve bu kriterlerin önem dereceleri duruma göre farklılık gösterir. Bu çalışmada İtalya'nın Treviso şehrinden Türkiye'nin Bilecik şehrine yük taşımacılığı yapacak olan bir firma ile görüşülmüş ve en uygun taşımacılık türü belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde taşımacılık kavramı, taşımacılık türleri ve taşımacılık türü seçimi konularında bilgiler verildikten sonra taşımacılık türü seçimi konusunda daha önce yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, bulanık mantık ve bulanık TOPSIS yöntemi ile ilgili teorik bilgiler verilerek yöntemin uygulama adımları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise uygulamanın yapılacağı firma ve uygulamaya konu olan taşımacılık faaliyeti ile ilgili bilgiler verildikten sonra firma yetkililerinden elde edilen anket verilerine bulanık TOPSIS algoritması uygulanarak belirlenen kriterlere göre taşıma türü alternatifleri için tercih sıralaması yapılmıştır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### TAŞIMACILIK VE TAŞIMACILIK TÜRÜ SEÇİMİ

Bu bölümde taşımacılık kavramının tanımı ve unsurlarına değinilecek, taşımacılık türleri incelenecektir, sonrasında taşımacılık türleri karşılaştırılacak ve taşımacılık türü seçimi ile ilgili yapılan literatür araştırmasına yer verilecektir.

#### 1.1. Taşımacılık

Taşımacılık kavramı; dünyada artan ticaret hacmi, ticaretin şeffaflaşması, artan ithalat ve ihracat hacmi, küreselleşme, tüketicilerin bilinçlenmesi, ticari işlemlerin kolaylaşması ve gelişen teknolojinin de etkisiyle günden güne artarak önem kazanmaktadır. Taşımacılık, yolcu ve/veya ürünün A noktasından B noktasına yer değiştirmesini sağlayan faaliyet olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada yük taşımacılığı üzerinde durulmuştur.

İşletmelerin varlığını sürdürebilmesi ve başarı sağlaması; rekabet üstünlüğü elde edip bu üstünlüğü devam ettirebilmeleri ile ilişkilidir. Rekabet üstünlüğü sağlamanın en önemli yolları kalitenin artırılması ve artan müşteri taleplerine işletmelerin, ürünlerini en az maliyetle, mümkün olan en kısa zamanda, kayıp ve hasar olmadan alıcılara teslim ederek cevap verebilmesidir. Bunu gerçekleştirebilmek için en uygun taşımacılık türü seçimini yapabilmek hayati önem taşımaktadır.

#### 1.2. Taşımacılık Türleri

Taşımacılık faaliyetinde bir yükün taşınması sırasında sadece bir taşımacılık türü kullanılabileceği gibi birden fazla taşımacılık türünden yararlanmak da mümkündür. Yükün çıkış noktasından varış noktasına tek taşımacılık türünden faydalanılarak ulaştırılması tek modlu (unimodal) taşımacılık, iki veya daha fazla taşımacılık türünden faydalanılarak ulaştırılması çok modlu (multimodal) taşımacılık olarak adlandırılmaktadır (Demirtaş, 2020, s. 1-3).

##### 1.2.1. Unimodal taşımacılık

Unimodal taşımacılık yükün farklı taşıma seçeneklerinden sadece bir tanesi kullanarak taşınmasına verilen genel isimdir. Geleneksel taşıma yöntemidir. Kara yolu, deniz yolu, hava yolu, demir yolu taşımacılığı ile sağlanabilmesinin yanı sıra az

da olsa boru hattı ve nehir yolu taşımacılığı ile de sağlanabilmektedir (Demirtaş, 2020, s. 1).

#### *1.2.1.1. Kara yolu taşımacılığı*

Kara yolu taşımacılığı, ticaretin gerçekleşmesinde söz konusu yükün kara yolu üzerinde uygun taşıma aracı vasıtasıyla bir yerden başka bir yere taşınması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu taşımacılık türünde taşımacılık hizmeti; kamyon, kamyonet, tır, çekici, tanker gibi çeşitli araçlar ile sağlanmaktadır (Akay, 2016, s. 42). Kara yolu taşımacılığı kullanılabilen araçların çeşitliliği ile de farklı özelliklerdeki yüklerin taşınmasında esneklik sağlamaktadır.

Günümüzde yük taşımacılığı sistemlerinde önemli bir yer edinen multimodal taşımacılıkta kara yolu taşımacılığı önemli bir rol üstlenmektedir. Çok modlu taşımacılıkta temel taşıma hizmetlerini hava yolu, demir yolu, deniz yolu türleri oluşturmakta ve hizmete konu eşyanın havalimanı, liman gibi ilgili ulaşım noktalarına iletimini sağlamaktadır. Kara yolu taşıma türü ise eşyanın bu noktalardan hedeflenen son varış noktasına ulaşımını gerçekleştirmektedir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2013, s. 82). Kara yolu taşımacılığının bu yönüyle kapıdan kapıya hizmet sunumunda vazgeçilmez bir taşıma türü olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Günümüzde halen çok tercih edilen bir taşımacılık türü olan kara yolu taşımacılığının birçok yönden diğer taşımacılık türlerine göre avantajlı olduğu söylenebilir.

Kara yolu taşımacılığının avantajları:

- Daha kolay ulaşım ağı kurulabilmektedir çünkü diğer taşıma türlerine kıyasla daha az ilk yatırım maliyetine ihtiyaç duyulmaktadır ve hemen hemen her yapıdaki araziye uygulanabilmektedir.
- Kapıdan kapıya ulaşım olanağına sahiptir.
- Aktarma olmaksızın taşıma gerçekleşebilmesi nedeniyle taşınan malların zarar görme ve değer kaybetme ihtimali minimum düzeye erişir.
- Taşıma araçlarının kapasiteleriyle ilgili olarak istenen miktarda yük taşıma esnekliği sağlar (Akay, 2016, s. 43).
- Genellikle terminal ihtiyacı çok azdır.

- Çıkış ve varış zamanı kolaylıkla düzenlenebilir.
- Araç tedarik etme kolaylığı mevcuttur.
- Sık sefer yapabilme olanağına sahiptir (Aydın, 2019, s. 76-77).
- Ulaşımın güç olduğu bölgelere ulaşım ağı sağlanarak üretim kapasitesi dışa açılır ve atıl kaynaklar aktive edilir bu sayede üretici için kolaylık ve üretimde artış sağlanır; talep artar, ticaret canlanır (Akay, 2016, s. 44).

Kara yolu taşımacılığının bahsedilen avantajların yanında dezavantajlı olduğu yönler de bulunmaktadır.

Kara yolu taşımacılığının dezavantajları:

- Kaza yaşanma ihtimali en fazla olan taşımacılık türüdür.
- Uzun mesafelerde yüksek taşıma maliyetleri ortaya çıkmaktadır.
- Fiyat belirsizliği yüksektir.
- Yüksek hacimli ve ağır yüklerin taşınmasında mevzuattan ve/veya altyapı yetersizliğinden kaynaklı sorunlarla karşılaşılabilir.
- Tek seferde taşınabilen yük miktarı diğer modlara oranla daha azdır.
- Çevreye duyarlı bir taşımacılık türü değildir.
- Araç bakım-onarım maliyetleri sık kullanımdan dolayı yüksektir.
- Kota problemi yaşanmaktadır.
- Ülkeler arası taşımacılıkta başka ülkeden de geçilmesi gerekmesi durumunda bu ülkenin mevzuat ve düzenlemelerinden kaynaklı sorunlar meydana gelebilir ve gümrükte meydana gelen bekleme süresi nedeniyle yük önceden belirtilen sürede teslim edilemeyebilir (Özoğlu ve Demirci, 2021, s. 672).

#### 1.2.1.2. Deniz yolu taşımacılığı

Deniz araçlarının taşıma faaliyeti esnasında seyir etmek durumunda oldukları yol deniz yolu olarak isimlendirilmektedir. Gemi, tanker, vapur, feribot deniz yolunda ulaşımı sağlayan araçlardır. Deniz yolu taşımacılığı yüklerin deniz yolu üzerinde deniz araçları vasıtasıyla bir limandan başka bir limana iletilmesi olarak tanımlanmaktadır (Doğan ve Beller Dikmen, 2018, s. 762).

Deniz yolu taşımacılığı global ekonominin ana unsurudur (Rodrigue, 2017, s. 7). Bir taraftan gelişmiş ülkelerde sanayi sektöründe meydana gelen ivme sonucu hammadde ve enerji talebinde ortaya çıkan artış; diğer taraftan hızla globalleşen dünyada üretim süreçlerinin başka lokasyonlarda başka üretim birimleri vasıtasıyla gerçekleştirilmesi, dış ticarete yaşanan canlanma ve gemi teknolojisinin gösterdiği ilerlemenin ulaşım zorluğunu azaltması deniz yolu taşımacılığını cazip hale getirmiştir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2015, s. 410).

Bu taşımacılık türü büyük hacimli ve ambalajlama gerektirmeden gemi ambarında taşınabilen katı ve sıvı dökme yükler (Tarı ve İnce, 2019, s. 2), canlı hayvan, konteyner yükleri ile kendi tekerleği vasıtasıyla aksiyon alabilen veya bu tekerlek aracılığıyla hareket ettirilebilen araçların tümünün taşınmasına aracılık etmektedir (Doğan ve Beller Dikmen, 2018, s. 762).

Uluslararası arenada oldukça geniş yer bulan deniz yolu taşımacılığının birçok yönden diğer taşımacılık türlerine göre avantajlı olduğu görülmektedir.

Deniz yolu taşımacılığı avantajları:

- Taşıma maliyetleri hava ve kara yolları taşımacılıklarına göre daha azdır.
- Deniz yolu taşımacılığı kara yolu taşımacılığına oranla 7 kat, demir yolu taşımacılığına oranla 2,5 kat daha az maliyetlidir; yakıt tüketimi açısından kara yolu taşımacılığına göre 4 kat, demir yolu taşımacılığına göre 2 kat daha az maliyetlidir (Develi, 2021, s. 1654).
- Yüksek hacime ve miktara sahip yüklerin uzun mesafe taşınmasına elverişlidir.
- Birim maliyet oldukça azdır.
- Enternasyonal taşımacılığın hususiyetle kara yolu veya hava yolu ile gerçekleşmesi durumunda farklı ülkelerin kara ve hava sahasının mevzu bahis olması gerginlik ve problem meydana gelme ihtimali oluşturmaktadır bu nedenle deniz yolu taşımacılığı daha emniyetlidir.
- Güvenilirliği yüksektir.
- Deniz yolu taşımacılığı hem küresel ekonomiye hem de ülke ekonomisine pozitif yönde etki etmektedir. Bu duruma yabancı ülkelere deniz sigortacılığı hizmeti sağlayan yerel sigorta firmalarının elde ettiği gelirler, deniz

işletmelerinin yabancı ülkelerden sağladığı navlun gelirleri, yabancı denizcilik firmalarının kiraladıkları yerel gemiler için sahiplerine ödedikleri kiralar örnek gösterilebilir (Akkartal, 2021, s. 212-213).

Bu avantajların yanı sıra deniz yolu taşımacılığının dezavantajlı olduğu yönler de bulunmaktadır.

Deniz yolu taşımacılığı dezavantajları:

- Yükleme-boşaltma noktalarında trafik problemi yaşanabilmektedir (Doğan ve Beller Dikmen, 2018, s. 763).
- Diğer taşıma türlerine göre taşımacılık faaliyeti daha yavaş tamamlanmaktadır.
- Doğada meydana gelebilecek olumsuz durumlardan etkilenme düzeyi yüksektir.
- Yüklerin taşıma aracına yüklenmesi ve taşıma aracından boşaltılması maliyeti yüksek ve zahmetli bir işlemdir.
- Kara yolu taşımacılığında olduğu gibi yükün direkt yükleme noktasından alınıp teslimat adresinde boşaltılması olanağı yer almamaktadır.
- Navlun endeksinin değişkenlik göstermesi farklı taşımacılık türlerinin tercih edilmesine sebep olmaktadır.
- Yatırım maliyeti yüksektir (Akkartal, 2021, s. 213).

#### 1.2.1.3. Hava yolu taşımacılığı

Hava yolu taşımacılığı hava sahasında hava araçları vasıtasıyla ticari maksat ile başka bir yere yk, yolcu veya posta taşınması olarak ifade edilmektedir (Sarılın, 2007, s. 3). Hava yolu taşımacılığı taze gıda, insani yardım ve öncelikli hammadde tedariki durumunda ihtiyaçlara azami hızda cevap vermektedir; bozulma ihtimali olan ve pahada ağır yüklerin taşınması için uygundur (Akoğlu ve Fidan, 2020, s. 33).

Günümüzde hava yolu taşımacılığına diğer taşımacılık türlerinden daha çok ilgi gösterilmektedir ve bu durumda günden güne artış yaşanmaktadır. Hava yolu taşımacılığı önemli boyutta ekonomik faydalar kazandırmakta ve küresel çapta en mühim ulaşım ağını sağlamaktadır. Ekonomik büyümede artış sağlamak hususiyetle

gelişmekte olan ülkeler için kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle ülkeler hava yolu bağlantılarını ekonomik ve toplumsal yararlarını gözeterek şekilde oluşturmaktadır (Çelik, 2017, s. 83).

İkinci Dünya Savaşı ardından büyümesi ivme kazanan hava yolu taşımacılığı sunduğu toplumsal ve ekonomik faydalarla çağdaş yaşamın vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir (Sarılğan, 2007, s. 4).

Gün geçtikçe ulaştırma faaliyetlerinde önemi günden güne artış gösteren hava yolu taşımacılığının diğer taşıma modlarına göre birçok avantajı bulunmaktadır.

Hava yolu taşımacılığı avantajları:

- En hızlı taşımacılık türüdür (Şahin ve Tektaş, 2021, s. 92).
- Ağırlığı fazla olmayan ancak maddi değeri yüksek olan yüklerin taşınması için uygundur (Erdoğan, 2016, s. 201).
- Emniyet ve güvenilirliği yüksektir.
- Sigorta primleri diğer taşımacılık türlerine göre daha düşüktür (Saygılı, 2023, s. 7397).
- Küresel çapta havaalanı ağı mevcuttur (Erdoğan ve Ercoşkun, 2021, s. 251).
- Kargo taşımacılığı planlı ve tarifelidir (Artık, 2022, s. 83).
- Yükleme ve elleçleme esnasında kargolara üst düzey özen gösterilmektedir (Takım ve Ersungur, 2015, s. 370).
- Ticari risk düşük düzeydedir.
- Firmalara lojistik faaliyetlerde zaman avantajı sağlar.
- Kara yolu taşımacılığı ve demir yolu taşımacılığına oranla daha az ambalajlama gerektirmektedir (Yayla, 2022, s. 66).

Hava yolu taşımacılığının bahsedilen birçok avantajına karşılık özellikle bazı durumlarda çok önemli olabilen bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Hava yolu taşımacılığı dezavantajları:

- Diğer türlere göre daha yüksek taşıma maliyeti ile karşı karşıya kalınmaktadır.

- Hava yolu taşımacılığında yükün belirtilen adrese teslimatı için kara yolu kullanımı elzemdir.
- İşletme maliyeti ve yakıt tüketimi açısından diğer taşımacılık türlerine göre dezavantajlıdır.
- Her lokasyonda havalimanı mevcudiyetinin mümkün olmaması hava yolu taşımacılığını daha az cazip hale getirmektedir (Yayla, 2022, s. 67).

#### 1.2.1.4. *Demir yolu taşımacılığı*

Çeken ve çekilen araçların bir araya getirildiği ve madeni bir yol üzerinde hareket ettirildiği taşımacılık sistemi demir yolu taşımacılığı olarak tanımlanmaktadır. Demir yolu taşımacılığını oluşturan ana unsurlar; raylar, köprüler, istasyonlar, tüneller, hatlar, çeken ve çekilen araçlar, sinyalizasyon, elektrifikasyon, telekomünikasyon sistemleri şeklinde ifade edilmektedir (Doğan ve Beller Dikmen, 2018, s. 763).

Bu taşımacılık türü zaman kısıtı bulunmayan durumlarda ağır ve hacimli yüklerin uygun maliyetlerle taşınmasına olanak tanır (Oğuz ve Oğuz, 2019, s. 68-69). Tarım ve orman ürünleri ile demir, kömür gibi yer altı kaynaklarının taşınması için uygundur. Çevreye duyarlı olan demir yolu taşımacılığı, taşımacılık faaliyetinin uzun mesafede gerçekleştiği durumlarda azımsanmayacak ölçüde maliyet avantajı sağlamaktadır (Saygılı, 2023, s. 7399).

Artan nüfusun etkisiyle her geçen gün daha da çoğalan yolcu ve yük taşımacılığı gereksinimlerini karşılamak üzere son dönemde teknolojinin de etkisiyle şekillenen ve sıklıkla tercih edilen demir yolu taşımacılığının birçok avantajı vardır.

Demir yolu taşımacılığı avantajları:

- Kara yolu trafik yükünü hafifletmektedir.
- Çevreyi korumaktadır.
- Trafik sınırlamalarından ve hava şartlarından meydana gelebilecek etkilenme en az düzeydedir.
- En güvenli taşımacılık türüdür.
- Fiyatlarda uzun dönem değişiklik olmayacağını temin etmektedir.
- Trafik problemi bulunmamaktadır.

- Ülkeler arası taşımacılıkta kara yolunda bulunan geçiş kısıtlarının aksine çevre dostu demir yolu taşımacılığı transit ülkeler tarafından tercih edildiği için geçiş üstünlüğüne sahiptir.
- Yolculuk süreleri değişkenlik göstermemektedir (Doludeniz, 2016, s. 717-718).
- Ağır ve tonajlı yükler için çok elverişli olup taşınan yükün yüksek hacimli olması durumunda maliyet yönünden avantaj sağlamaktadır (Saygılı, 2023, s. 7400).
- Taşınacak yükün fazla olması vagon eklenip alan ihtiyacı giderilebileceğinden sorun yaratmamaktadır.
- Araçlar belirli bir güzergah üzerinde yol aldıkları için ve farklı türde araçlar bu taşımacılık türünde yer almadığından kaza ve hasar meydana gelme ihtimali düşüktür (Ünlü, 2017, s. 44).

Her modun olduğu gibi demir yolu taşımacılığının da kendine göre bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Demir yolu taşımacılığı dezavantajları:

- Demir yolu taşımacılığının maliyet avantajı sağlaması ve ideal taşımacılık türü olarak karşımıza çıkması, araçların yüksek taşıma kapasitesinin tamamının kullanılmasına bağlıdır; aksi takdirde maliyet dezavantajı ortaya çıkabilir.
- Sefer süresi ve güzergah sabit olduğundan müşteri taleplerine her zaman cevap verememektedir.
- Araçlar raylar üzerinde hareket ettiğinden ve her bölgenin demir yolu için altyapısı uygun olmadığından sadece demir yolu ağına sahip bölgelerde aktiftir.
- Teslimat noktasına bağlı olarak ulaştırma faaliyeti deniz yolu ve kara yolu ile karşılaştırıldığında daha uzun sürebilir (Ünlü, 2017, s. 44-45).
- Yüksek altyapı ve ilk yatırım maliyeti gerektirir.
- Elleçleme gereksinimi fazladır (Aydın, 2019, s. 78).

### 1.2.2. Multimodal taşımacılık

Multimodal taşımacılık yükün taşınması için en az iki taşıma türünün entegre edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Ünlü, 2017, s. 48).

Ticaretin ulusal sınırları aşarak küresel arenada gerçekleştirilmesi rekabeti daha da artırmış ve işletmeleri tercih edilmek maksadıyla farklılık yaratma düşüncesine sevk etmiştir. Multimodal taşımacılık, taşımacılık faaliyetlerinde uygun türlerin bir araya getirilmesi aracılığıyla zaman ve maliyet avantajı sunmaktadır.

Multimodal taşımacılık yükün taşınma şekillerine göre intermodal taşımacılık ve kombine taşımacılık olarak sınıflandırılır (Demirtaş, 2020, s. 3).

#### 1.2.2.1. Intermodal taşımacılık

Intermodal taşımacılık yüklerin tek sözleşme ile tek sorumlu aracılığıyla tek taşıma birimi içinde farklı taşımacılık türlerinden yararlanılarak taşınmasıdır. Türler arası geçiş esnasında yükler taşıma birimi içerisinde bir araçtan diğerine aktarılır.

Intermodal taşımacılık uygun taşımacılık türleri ile gerçekleştirildiğinde maliyet, hız ve güvenlik optimizasyonunu beraberinde getirir (Saygılı, 2014, s. 205).

Intermodal taşımacılıkta straddle carrier, forklift, transtainer gibi ekipmanlardan yararlanılır (Deveci ve Çavuşoğlu, 2013, s. 101). Taşıma türleri arasında aktarım gerçekleştirilirken, kap ya da araç içerisindeki yükler için elleçlenme durumu söz konusu değildir fakat kap ya da araç elleçlenebilir. Hava yolu, deniz yolu ve demir yolu taşımacılık türleri çoğu zaman kapıdan kapıya teslim olanağı sağlayamadığından bu taşımacılık türlerine kara yolu taşımacılığı eşlik etmektedir. Kara yolu taşımacılığının yanı sıra çevreye daha duyarlı taşımacılık türlerinden de yararlanıldığı için bu taşımacılık türü çevre dostudur.

#### 1.2.2.2. Kombine taşımacılık

Kombine taşımacılık, yükün taşındığı araç ile birlikte başka bir taşımacılık türüne ait araca aktarılması ile gerçekleştirilir. Kara yolu taşımacılığı ve dolayısıyla da kara taşıtları bu taşımacılık türünde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. İkinci taşıma aracına yüklenen ilk taşıma aracı çoğunlukla kara yolu aracı olmaktadır. Bu durum kombine taşımacılık türünde taşımacılık faaliyetinin genellikle kara yolu taşımacılığı ile başladığına ve yine kara yolu taşımacılığı ile sonlandırıldığına işaret etmektedir.

Yükün elleçlenmesi durumu söz konusu değildir. Genellikle göndericiden kara yolu aracına yüklenen yük alıcı da araçtan indirilir. Amaç taşıma ihtiyacına daha çevre dostu çözümler sunarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak, daha az maliyet ile mümkün olan en kısa sürede yükün tesliminin sağlanmasıdır. Ro-Ro ve Ro-La taşımacılıkları kombine taşımacılık başlığı altında incelenir.

Tekerlekli araçların içerisindeki yük ile birlikte deniz aracına yüklenerek taşındığı taşımacılık türüne Roll on ve Roll of sözcüklerinin kısaltılması ile meydana gelen Ro-Ro taşımacılığı adı verilmektedir. Kara yolu aracının yüklendiği gemiye de Ro-Ro gemisi adı verilmektedir (Ünal, Arslan ve Arıcan, 2022, s. 61). Ro-Ro taşımacılığı konteyner limanlarında gerek duyulan; konteyner terminali, elleçleme vinçleri gibi ekipman ve araçlara gerek duyulmaksızın Ro-Ro limanlarında hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Ünal vd., 2022, s. 66).

Kara yolu yük taşıma aracının içerisindeki yük ile birlikte demir yolu istasyonunda vagona yüklenerek taşındığı ve sonrasında kara yolu aracının yoluna devam ettiği taşımacılık türüne Rollende Landstrasse taşımacılığı, kısaca Ro-La taşımacılığı adı verilmektedir. Ro-La taşımacılığı ile kara yolu trafik yükünü azaltmak ve hava kirliliği ile sera etkisinin önüne geçmek amaçlanmaktadır (İnaç ve Tanyaş, 2012).

### **1.3. Taşımacılık Türlerinin Karşılaştırılması**

Günümüz koşullarında bir firmanın hayatta kalabilmesi ve varlığını devam ettirebilmesi yalnızca kaliteli ve uygun maliyetli üretimiyle ilgili değil, aynı zamanda doğru malzemenin, doğru müşteriye, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru yerde, doğru durumda, doğru fiyatla ulaştırılması ile de ilgilidir (Bilginer vd., 2008, s. 1-2). Bu durum da göstermektedir ki lojistiğin temel unsuru olan taşımacılık faaliyeti ve dolayısıyla da taşımacılık türü seçimi başarıya giden yolda büyük önem arz etmektedir.

Firmalar ürünlerinin farklı lokasyonlara ulaştırılması faaliyetini kendi bünyelerinde gerçekleştirebilecekleri gibi bu alanda hizmet veren taşımacılık veya lojistik firmalarından destek alabilmeleri de mümkündür. Her iki durumda da fark yaratmak taşımacılık türü kararının doğru verilmesine, bu kararın doğru verilmesi ise taşımacılık türlerinin avantaj ve dezavantajları ile birlikte doğru bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır. Her bir taşıma türü diğer taşıma türlerine göre; hizmet

sağlama süresi, maliyet, güvenlik, esneklik vb. hususlarda üstünlüklere ve zayıflıklara sahiptir.

Kara yolu; geniş ulaşım ağına sahip olması ve kapıdan kapıya ulaşım imkanı sunması sebebiyle hem unimodal hem de multimodal taşımacılıkta çokça tercih edilmektedir. Ancak çevreye verdiği zararın yüksek olmasından ötürü gelişmiş ülkeler kara yolu araçlarının kullanımını kısıtlayıcı politikalar geliştirmektedir. Deniz yolu; kapasitesinin fazla olması, çevreye olumsuz etkisinin düşük olması ve en düşük birim maliyetli taşımacılık türü olması avantajlarının yanı sıra taşıma süresinin fazla olması dezavantajına sahiptir. Demir yolu büyük hacimli ve hususiyetle düşük değere sahip yüklerin uzun mesafeli taşınmasında azımsanmayacak ölçüde maliyet avantajı sağlamaktadır. Çevresel etkisinin az olması nedeniyle yeşil lojistik kapsamında kara yolu trafik yoğunluğunun demir yoluna aktarılması teşvik edilmektedir. Hava yolu yükte hafif pahada ağır ürünler için ve ulaştırılması aciliyet gerektiren yüklerin taşınmasında tercih edilebilir; en hızlı, en güvenli taşımacılık türüdür. Maliyet faktöründe diğer türlere göre dezavantajlı durumdadır (Smith, 2002, s. 65).

#### **1.4. Taşımacılık Türü Seçimi**

Gerçekleştirilecek taşımacılık hizmetinin kalitesi aracılığıyla firmaların isimlerinin iyi anılması da kötü anılması da mümkündür. Uygun taşımacılık türü seçimi firmaların isminin başarıyla anılması hususunda çok mühimdir. Taşımacılık türü seçiminde mümkün alternatifler ve alternatifler arasında seçim yapmayı kolaylaştıracak olan kriterler belirlenir. Alternatifler ve kriterler firmadan firmaya farklılık gösterebilir. Çünkü her firmanın sağlayabildiği hizmetler ve bu hizmetleri sunarken öncelikleri olan kriterler çoğu zaman aynı değildir.

Taşıma türü seçimini gerçekleştirebilmek amacıyla kullanılan kalitatif ve kantitatif kriterleri saptamak ve bu kriterleri analiz etmek için taşımacılık türü seçimi kararı ve bu karara etki eden kriterler ile ilgili geçmişte gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir.

Eirik Loetveit Pedersen ve Richard Gray, 1998 yılında yaptıkları “The transport selection criteria of norwegian exporters” isimli çalışmada, Norveç’te yer alan 300 ihracat firmasının katılımıyla anket gerçekleştirmişlerdir. Taşıma türü kararı almada saptanan kriterler; hizmet unsurları, güvenlik unsurları, fiyat unsurları ve zaman

unsurlarıdır. Anket sonucu; bu kriterler içinde fiyat unsurlarının firmalar tarafından en çok göz önünde bulundurulmuş kriter olduğuna işaret etmektedir.

Cullinane ve Toy, 2000 yılında gerçekleştirdikleri “Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: A content analysis” isimli çalışmada; literatürde yer alan çalışmalara, taşıma türü/rotası kararı almada kullanılan kriterleri belirlemek için içerik analizi uygulamışlardır. Elde edilen sonuca göre en sık kullanılan kriterlerin; maliyet, taşıma süresinin güvenilirliği, taşınan ürünlerin özellikleri, hız ve hizmetler olduğu tayin edilmiştir.

LR Rilett ve Dongjoo Park, 2001 yılında yaptıkları “Incorporating uncertainty and multiple objectives in real-time route selection” isimli çalışmada taşıma türü seçiminin gerçekleştirilmesi için; mesafe, rotanın zorluk derecesi, trafik tıkanıklığı, ulaştırma süresi, seyahat süresinin güvenilirliği kriterlerini belirlemişlerdir. Kriterler içerisinde en mühim olanın ulaştırma süresi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Taşıma modu seçiminde Entropi yöntemini kullanmışlardır.

Simona Bolis ve Rico Maggi, 2003 yılında literatüre kazandırdıkları “Logistics strategy and transport service choices: An adaptive stated preference experiment” isimli çalışmada İsviçre ve İtalya’da bulunan yirmi iki firmanın taşıma türü seçim kararını etkileyen kriterler incelenmiştir. Bu çalışmada uyarlanabilir sanal tercih deneyi metodu kullanılmıştır. Taşıma türü seçiminde taşıma ve lojistik olarak iki seviye saptanmıştır. Taşıma için güvenilirlik, fiyat, zaman kriterleri; lojistik için ise esneklik ve sıklık kriterleri tayin edilmiştir.

Bart Vannieuwenhuyse, Ludo Gelders ve Liliane Pintelon, 2003 yılında Belçika Flandre’de yer alan firmaların taşıma türü seçiminde göz önünde bulundurdıkları kriterleri belirlemek için gerçekleştirdikleri “An online decision support system for transportation mode choice” isimli çalışmada anket ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden fayda fonksiyonlarını temel alan fikir birliği metodundan yararlanmışlardır, bu metot uzman olmayan kişiler için kolay anlaşılır ve kolay uygulanabilir bir metottur. Taşıma türü seçiminde değerlendirmek üzere; güvenlik, güvenilirlik, taşıma maliyetleri, kapasite, esneklik, taşıma zamanı, yönetmelik ve kanunlar, etki, ağırlık yoğunluğu, stratejik etmenler ve imaj kriterleri belirlenmiştir.

Sevil Ay ve Aydın Erel, 2005 yılında “Yük taşımacılığında tür tercihi ve karar değişkenleri” isimli çalışmada; toplam maliyet/birim taşımacılık maliyeti, hız, kayıp/zarar, taşımacılık süresinin güvenilirliği ve taşıt özelliklerini incelemişlerdir. Öncelik sıralamasının; taşımacılık süresinin güvenilirliği, hız, toplam maliyet/birim taşımacılık maliyeti, kayıp/zarar, taşıt özellikleri şeklinde olduğu sonucuna ulaşmışlardır (s. 101-102).

Mustafa Gürsoy, 2005 yılında yayınlanan “Taşıma türü seçimi için karar destekleyici bir yöntem” isimli makalesinde; taşıma maliyeti, süresi, güvenliği ve türünün erişilebilirlik değeri kriterlerini kullanmıştır. Bu çalışma ile taşıma türü seçimi için yol gösterici olanın taşıma uzaklığına bağlı tür tercih ağırlıkları olduğu ve taşıma uzaklığına bağlı olarak, maliyet ve taşıma süresinin de hesaplanabileceği sonucuna ulaşmıştır (s. 149).

Burak Erkayman, 2007 yılında hazırlamış olduğu “Lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesi” isimli tez çalışmasında; maliyet, hız, güvenilirlik, emniyet, izlenebilirlik, esneklik faktörlerini kullanmıştır. Lojistik sektöründe ekonomi, hız, güvenlik, esneklik, en uygun elde edilebilir enerji kaynaklarının kullanılması, çevreye duyarlılık, ve coğrafi özellikler de göz önünde bulundurularak taşımacılık türlerinin tümünün olası kombinasyonlarla bir arada faaliyet göstermesine olanak tanınması gerektiği sonucuna ulaşmıştır (s. 38-84).

R. Pars Şahbaz ve Sedat Yüksel tarafından yapılan ve 2008 yılında yayınlanan “Türkiye’de ulaştırma aracı seçiminde etkili olan etkenler ve demiryollarının rekabet edebilirliği” isimli çalışmada ulaştırma modeli/aracı seçimini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla iki turlu bir Delphi Sorgulama Tekniği düzenlenmiştir. Dört tip ulaştırma aracının değerlendirmeye alındığı ve on dört etkenin kullanıldığı sorgulamaya 33 akademisyen panelist olarak katılmıştır. Taşıma modlarının karşılaştırıldığı kriterler; dakiklik, güvenlik, hız, konfor, ekonomiklik, mesafe, coğrafya ve alt-yapı şartları, hizmetin niteliği, erişilebilirlik, prestij, esneklik, çevresel etki, sosyallik, panoramik üstünlük olarak belirlenmiştir. Araştırmada demiryolları taşımacılığının ekonomiklik, çevreyle dost olma, güvenlik ve sosyallik etkenlerinde diğer taşımacılık türlerinden daha üstün olduğu sonucuna ulaşılmıştır (s. 197-208).

Umut R. Tuzkaya ve Semih Önüt’ün 2008 yılında gerçekleştirdikleri “A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between

Turkey and Germany: A case study” isimli çalışmada bir Türk lojistik firması için Türkiye-Almanya arasında taşıma alternatifleri incelenmiştir. En uygun alternatifin saptanması için kalitatif ve kantitatif kriterler mevcuttur. Belirsizliği bertaraf etmek için bulanık analitik ağ süreci yönteminden yararlanılmıştır. Alternatifler; güvenilirlik, esneklik, maliyetler, izlenebilirlik, hız, ürün karakterleri, riskler ve güvenlik sorunları kriterleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Demir yolu taşımacılığının en makul alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Lili Qu ve Yan Chen, 2008 yılında yapmış oldukları “A hybrid MCDM method for route selection of multimodal transportation network” isimli çalışmada; taşıma araçları, taşıma kalitesi, sosyal fayda, toplam taşıma maliyeti, toplam taşıma süresi, taşımacılıkta kullanılan servis kriterlerini kullanmışlardır. Çin’de multimodal taşımacılık yapan firmalar için en makul rotayı seçebilmek amacıyla kriterler bulanık AHP metodu vasıtasıyla derecelendirilmiştir. Elde edilen sonuca göre toplam taşıma maliyeti en mühim kriter olarak tespit edilmiştir.

Sevil Köfteci ve Haluk Gerçek, 2010 yılında yayınlanan “Yük taşımacılığında taşıma türü seçimi için lojistik maliyetlere dayalı ikili lojit model” isimli çalışmada taşıma süresi, güvenlik stoğu maliyeti, taşıma maliyeti, kayıp-zarar maliyeti ve diğer maliyetler kalemlerini incelemişlerdir. Duyarlılık analizi neticesinde; taşıma süresi, taşıma maliyeti ve aktarmada yaşanabilecek süre kaybı parametrelerinin taşıma türü seçiminde öncelikli rol oynadığı görülmüştür (s. 5094-5106).

Ilton Curty Leal Junior ve Márcio de Almeida D'Agosto, 2011 yılında yaptıkları “Modal choice for transportation of hazardous materials: the case of land modes of transport of bio-ethanol in brazil” ismini taşıyan çalışmada iki ana kriter belirlemiştir ve bu ana kriterler, finansal ve sosyo-çevresel faktörler olarak ele alınmıştır. Finansal faktörler; hız, erişebilirlik, maliyet, esneklik, teslimat süresindeki göreceli sapma, hasar ve kayıplar, sıklık, kapasite, güvenlik olarak tayin edilmiştir. Sosyo-çevresel faktörler ise gürültü kirliliği, su kirliliği, doğal kaynakların tükenmesi, enerji tüketimi, katı ve sıvı atıkların emisyonu, sera gazlarının ve atmosferi kirleten diğer gazların emisyonu, ozon tabakasına zararlı maddelerin emisyonu, geri dönüşüm imkanı, ısı kirliliği ve malzeme tüketimi olarak ifade edilmiştir.

Kerem Toker ve Ali Gözener tarafından yapılan 2013 yılında yayınlanan “Lojistik yönetimi kapsamında ulaştırma modunun seçimi: Tekstil sektöründe bir

uygulama” isimli çalışmada; maliyet, ürün karakteristikleri, izlenebilirlik, güvenilirlik, esneklik, çevreye duyarlılık ve risk kriterleri göz önünde bulundurularak İtalya-Türkiye arasında yük taşımacılığı yapan bir tekstil firmasının yük taşımacılığı için dört taşıma alternatifi içerisinde en uygun olanı belirlenmek istenmiştir. Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde AHP yöntemi, taşımacılık türü alternatiflerinin belirlenmesinde ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Mod seçimini etkileyen üç önemli kriter sırasıyla; taşıma maliyeti, varış stabilitesi ve taşıma riski olarak ifade edilmiştir. Alternatifler arasında kara yolu-deniz yolu-kara yolu en uygun çözüm olarak belirlenmiştir (s. 16-34).

Vesile Özçifçi ve Talip Arsu, 2013 yılında yapmış oldukları “Lojistik servis sağlayıcısı seçiminde AHP uygulaması” isimli çalışmada, Aksaray şehrinde faaliyet göstermekte olan bir üretim işletmesi için lojistik servis sağlayıcı seçimi kararı almak istemişlerdir. Kriterler; maliyet, kalite, yetenekler, teslimat olarak belirlenmiştir. Lojistik servis sağlayıcısı alternatifleri ise şirketin kendine ait lojistik sağlayıcısı altyapısı ile taşımanın gerçekleştirilmesi, A şirketi ve B şirketi olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre işletmenin kendi lojistik altyapısını kullanmasının en uygun seçenek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (s. 524-534).

Mesut Kumru ve Pınar Yıldız Kumru tarafından 2014 yılında gerçekleştirilen “Analytic hierarchy process application in selecting the mode of transport for a logistics company” isimli çalışmada, taşımacılık faaliyeti verimliliğinin tüm lojistik faaliyetinin başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiş ve taşımacılık faaliyetinin en verimli şekilde gerçekleşmesi için ise taşımacılık türü seçiminin önemi vurgulanmıştır. Bu çalışmada Türkiye’de bulunan bir lojistik firması için taşımacılık türü alternatifleri olarak; kara yolu, demir yolu ve kombine taşımacılık türü karşımıza çıkmaktadır. Taşımacılık türü seçimini gerçekleştirmek üzere güvenilirlik, zaman, ürün koruması, erişilebilirlik, maliyet ve güç gereksinimi kriterlerinden yararlanılmış; analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Sonuç; demir yolu taşımacılığının ve kombine taşımacılığın (kara yolu + demir yolu) kara yolu taşımacılığına göre daha avantajlı olduğu yönündedir.

Ana Isabel Arencibia, María Feo-Valero, Leandro García-Menéndez ve Concepción Román, 2015 yılında yaptıkları “Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments” isimli çalışmada zaman, sıklık,

dakiklik, maliyet, esneklik, izlenebilirlik, çevresel etkenler, hasarlar ve taşıma zaman programları kriterlerini kullanmışlardır. İspanya ve Avrupa arasında meydana gelen yük taşımacılığında kara yolu trafiğini azaltmak maksadıyla taşımacılık faaliyetinin demir yolu ve deniz yolu taşımacılık türlerine yönelmesinde alternatifler sunması için lojit modeli önermişlerdir.

Hava Aldın, Volkan Çetinkaya ve Ali Deveci tarafından 2015 yılında gerçekleştirilen “Türkiye-Avrupa ulaştırma koridorunda çoklu taşımacılık maliyetleri ve taşıma türü seçimi” isimli çalışmada, taşıma türü seçiminde ulaştırma maliyeti ve transit süreleri baz alınarak Beresford Modeli yardımı ile analizler yapılmış ve analiz sonucunda kara yolu/deniz yolu/demir yolu/kara yolu rotasının en makul alternatif olduğu belirlenmiştir (s. 169-179).

Jugal Kishore Vashist ve Ajoy Kumar Dey, 2016 yılında yayınlanan “Selection criteria for a mode of surface transport: An analytic hierarchy process approach” isimli çalışmada analitik hiyerarşi yöntemi ile Hindistan’da faaliyet gösteren yüzey taşıma türleri arasında seçim yapma problemini çözmeyi hedeflemişlerdir. Bu problemin çözümünde yardımcı olacak kriterler; doğrudan maliyetler, ek maliyetler, güvenlik, kapasite, taşıma süresi, güvenilirlik, ulaşılabilirlik ve katma değerli hizmetler şeklinde belirlenmiştir. Tüm endüstriler için güvenlik ve güvenilirlik kriterlerinin en mühim kriterler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dilek Akay, 2016 yılında yapmış olduğu “Uluslararası lojistikte taşıma modu seçimini etkileyen faktörler Türkiye uygulaması ve bir model önerisi” isimli tez çalışmasında, taşıma modu seçiminde; taşıma maliyeti, hız, emniyet, güvenilirlik, izlenebilirlik, yönetmelik ve mevzuat, esneklik faktörlerini incelemiş ve sırasıyla; imaj, yönetim ve mevzuat, emniyet, izlenebilirlik, taşıma maliyeti, esneklik, hız, güvenilirlik faktörlerinin etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır (s. 117-121).

Pradip Kundu, Samarjit Kar ve Manoranjan Maiti, 2017 yılında literatüre kazandırdıkları “A fuzzy multi-criteria group decision making based on ranking interval type-2 fuzzy variables and an application to transportation mode selection problem” isimli çalışmada değişkenlerin önceliklendirmesi maksadıyla tip-2 bulanık sayıların yer aldığı çok kriterli bir grup kararı verme metodunu kullanmışlardır. Demir yolu ve kara yolu alternatiflerinin yer aldığı çalışmada beş ana kriter üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu kriterler; hız, maliyet, güvenlik, esneklik ve ürün

karakteri olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmada demir yolu taşımacılığı kullanımının kara yolu taşımacılığı kullanımından daha makul olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Duygu Bilken Ünlü, 2017 yılında yapmış olduğu “Lojistikte taşıma modu seçim kararına etki eden faktörlerin analizi” isimli tez çalışmasında; taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti, depo maliyeti, ambalajlama, nakliye seferlerinin sıklığı kriterlerini kullanmıştır ve bu kriterlerin birbiri ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır (s. 80-81).

Bahadır Gülsün ve Burak Erkeyman 2018 yılında yazmış oldukları “Lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesi: Bir kombine taşımacılık örneği” isimli makalede taşımacılık şekli belirlenmesinde; güvenlik, maliyet, hız, verimlilik ve esneklik, çevrenin korunması, kalite, ilk tesis ve bakım onarım kolaylığı, kullanılan enerji miktarının minimum olması faktörlerini kullanmışlardır. Taşıma türlerinin bir arada kullanılmasının etkinliği ve esnekliği artırarak daha verimli sonuçlar sağlayacağı neticesine ulaşmışlardır (s. 39-50).

Rıdvan Aydın 2019 yılında hazırlamış olduğu “Çok kriterli karar verme teknikleriyle bir lojistik şirketine taşıma türünün değerlendirilmesi” isimli tez çalışmasında; ürünleri belli bir noktaya ulaştırabilmek için üç farklı taşıma seçeneği olan bir işletmede; kombine taşımacılık, intermodal taşımacılık ve kara yolu taşımacılığı türleri arasında seçim yapmaya etki eden esneklik, maliyet, güvenilirlik, hız ve çevreye etki kriterlerini kullanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda güvenilirlik, maliyet ve çevreye etki kriterleri göz önünde bulundurulduğunda kombine taşımacılık seçeneği en ideal seçenek iken, esneklik ve hız kriterleri için kara yolu taşımacılığı en ideal seçenek olarak saptanmıştır (s. 113).

Hakan Arslanhan ve Ömür Tosun tarafından 2020 yılında yayınlanan “Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünleşik en iyi-en kötü ve WASPAS yöntemleriyle çözülmesi” isimli makalede taşıma modu seçimi ile ilgili yapılan analizler sonucunda faktörlerin önem sıralamasına ilişkin ulaşılan sonuç şu şekildedir: Taşıma maliyeti, süre, depolama maliyeti, güvenilirlik, ambalajlama, farklı ebatla/ağırlıkta ürünleri taşıyabilme esnekliği, teslimat noktasında esneklik, zaman çizelgesinin değişebilirliği, nakliye sefer sıklığı, nakliye sırasında hasar oluşumu, taşınan ürün sayısında esneklik, rotada esneklik, çevre üzerindeki etkiler (s. 22).

Umut Aydın ve Üstün Atak, 2020 yılında yapmış oldukları “Yük taşımacılığı için bulanık EDAS yöntemi ile taşıma modu seçimi” isimli makale çalışmasında; maliyet, zaman, güvenilirlik, haftalık sefer frekansı kriterlerini kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda İstanbul’dan Hollanda’ya yük taşımak için en uygun modun deniz yolu taşımacılığı olduğu, deniz yolundan sonra en iyi ikinci modun demir yolu taşımacılığı olduğu ve bu modları kara yolu ve hava yolu taşımacılığının takip ettiği saptanmıştır (s. 31).

Tuğba Danışan, Gülşen Gümüş, Zeynep Ercan, Emel Güven ve Tamer Eren’in, 2022 yılında yapmış oldukları “Türkiye’de aşı taşıma sisteminde AHP ve TOPSIS yöntemleri ile taşıma türü seçimi” isimli çalışmada; ürün ile ilgili olarak; sıcaklık, muhafaza süresi, taşınma şekli, fiyat, erişilebilirlik, kullanım kolaylığı, kapasite ve ürünün tek veya çok kullanımlık olması kriterleri kullanılmıştır. Bu kriterlerin öncelik sıralaması; sıcaklık, kapasite, süre, taşınma şekli, fiyat, kolaylık, erişilebilirlik, aşının tek veya çok kullanımlık olması şeklinde ifade edilmiştir (s. 53-56).

## İKİNCİ BÖLÜM

### BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ

Bu bölümde tez probleminin çözümünde yararlanılan Bulanık TOPSIS yönteminin temelini oluşturan bulanık mantığın prensipleri hususunda bilgiler verilecek ve Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama adımları ifade edilecektir.

#### 2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramının daha iyi anlaşılması için bu bölümde öncelikle kavramın özünü oluşturan “bulanık (fuzzy)” sözcüğünün anlamına yer verilecek sonrasında bulanık mantığı oluşturan temel ilkeler üzerinde durulacak ve bulanık mantık, belirsizlik, dilsel değişken, bulanık küme teorisi ve bulanık sayı kavramları açıklanacaktır.

Bulanık sözcüğü kesin olmayan, belirsiz vb. gibi anlamları haizdir (Şen, 2001, s. 26). Bulanık (fuzzy) kavramının akademi dünyasına kazandırılması 1965 yılında Azeri asıllı profesör Lotfi Asker Zadeh tarafından gerçekleştirilmiştir (Bayazit Bedirhanoğlu ve Atlas, 2023, s. 1368; Zadeh, 1965, s. 338-353). Zadeh klasik sistem teorisinin matematiksel metotlarının gerçek hayatta hususiyetle insanları kapsayan karmaşık sistemlerin çözümünde kafi gelmediğini düşünmektedir (Zadeh, 1965, s. 338).

Bulanık mantık yaşamımızda var olan belirsizliklerin ve problemlerin sayısal fonksiyonlara dönüştürülerek ifade edilmesi ve makinelere aktarılması neticesinde hesap yapma olanağı sağlayan bir düşünce sistemidir. Bulanık mantık, dilsel ifadeler ve bu ifadeler arasındaki mantık ilişkileri temeli üzerinde şekillenmektedir (Sanca, Artun ve Okur, 2022, s. 131-132).

Belirsiz durumların meydana gelmesine sebep olan en önemli faktörlerden bir tanesi sözel ifadelerdeki belirsizliktir. Bu belirsizlik insanların kendilerini farklı sözcükler kullanarak ifade etmeleri ile açıklanabilir. İnsan sözel düşünebildiği için düşüncelerini ve öğrendiklerini diğer insanlarla sözel ifadelerle paylaşabilir dolayısıyla bu ifadelerin kesin olması beklenemez (Şen, 2001, s. 9).

İnsanlar iletişim kurmak için birbirleriyle konuşurlar. Bu iletişimde her insan kendine özgü bir dil kullanır. Dolayısıyla insan yargılarını ifade etmek için kullanılan

sözel ifadeler çoğu zaman öznel ve belirsizdir. Örneğin “hava sıcak” ifadesi kullanılarak fikir belirtildiğinde, sıcak kelimesinin manası göreceli olarak farklılık taşımaktadır. Erzurum’da ikamet eden bir birey için 20 °C sıcak olarak algılanabilirken Adana’da bulunan bir bireye hava sıcak denildiğinde aklında 40 °C gibi bir sıcaklık canlanması mümkündür. Başka kişilerin görüşü olarak arada farklı sıcaklık değerleri de bulunur. Böylece sıcak kelimesi, insanlara çağrıştırdığı sayısal değerlerin farklılığı sonucu bir belirsizlik içermektedir (Şen, 2004).

İnsan fikirleri, kararları çoğu zaman belirsizdir ve sayısal verilerle aktarma olanağı olamayabilir (Chen, 2000, s. 2). Yargı aktarılırken sayısal değerler yerine kullanılan kelime ve kelime gruplarına dilsel değişken adı verilmektedir. Dilsel değişkenler iyi tanımlanmamış ya da karmaşık durumların nicel bir biçimde ifade edilmesini sağlamaktadır. Başka bir deyişle nitel durumları modelleyebilmek ve bu modellerden faydalanarak değerlendirmelerde bulunabilmek için dilsel değişkenlerden yararlanılır (Chen, Lin ve Huang, 2006, s. 292-293). Dolayısıyla sayısal değerler yerine dilsel değişkenlerin kullanılması daha realist bir yaklaşım olmaktadır (Chen, 2000, s. 2). Örneğin “ağırlık” dilsel bir ifadedir ve “düşük, orta, yüksek, çok yüksek” gibi değerler alabilir, bu değerler yamuk bulanık sayılar ya da üçgen bulanık sayılar aracılığıyla üyelik fonksiyonları verilerek sayısal bir biçimde aktarılabilir (Zadeh, 1975).

Netlik ifade etmeyen böyle durumlar için Zadeh’in katkılarıyla geliştirilen bulanık tekniklerle analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler gerçek dünya sorunlarını çözüme ulaştırma maharetini haizdir. Bu maharet ise dilsel değişkenlerin ifade edilmesi ile mümkün olabilmektedir (Yalçın Seçme ve Özdemir, 2008, s. 177).

Sosyal hayatta sözel ifadelere itimat edilmektedir. Bunun nedeni insanların sayısal verilerle işlem gören bir aygıt misali nicel verilerle değil fikir belirten sözel ifadelerle iletişim kurmasıdır. Sözel veriler günden güne önem kazanmaktadır. İnsan kaynaklı sözel verileri, bir sistem içinde formülle ifade ederek, aygıtlardan alınan sayısal bilgilerle mühendislik sistemlerinde dikkate almak gerekmektedir. Mühendislik yaklaşımlarında, edinilebilen nicel ve nitel bilgilerin tamamı çözüm algoritmasına dahil edilerek, mantıklı çözümlere ulaşılabilir (Şen, 2001).

Bulanık mantık; hızlı-yavaş, sıcak-soğuk, alçak-yüksek gibi yalnızca iki seçenekten oluşan değişkenlerin oluşturduğu kesin dünyayı; çok sıcak, az yüksek, çok yavaş vb. gibi betimleyiciler vasıtasıyla gerçek dünyaya adapte eder (Ertuğrul, 1996).

Karar verme hususunda dilsel değişkenlerin söz konusu olduğu durumlarda kesin küme teorisi yeterlilik sağlayamayabilmektedir. Bulanık küme teorisinden faydalanmak böyle durumlarda karar vermeyi mümkün kılmaktadır.

### 2.1.1. Bulanık küme teorisi

Bulanık kümeler teorisi, net olmayan belirsiz sorunlarla başa çıkmak amacıyla geliştirilmiştir. Zadeh'ten günümüze dek bulanık mantık ve bulanık kümeler teorisi oldukça fazla sayıda alanda uygulanma olanağı bulmuş ve hızla gelişme göstermiştir (Janarthanan, Balamurali, Annappoorani ve Vimala, 2021; Özdemir ve Kalinkara, 2020; Tuş ve Aytaç Adalı, 2023).

Bulanık sistemlerin esas üzerinde duracağı konu dilsel değişkenler aracılığıyla bilgilerin elde edilmesi durumunda çözüme ulaşmak maksadıyla ne şekilde düşünülmesi gerektiğidir. Bu açıdan bulanık küme, mantık ve sistem ilkeleri, uzman bireyler tarafından da verilecek sözel bilgileri işleyerek bütünüyle çözüme ulaşmayı sağlar. Bulanık mantık; insan fikirlerine, algılayışına ve seçim yapmasına gerek duyulan durumlarda geçerlidir (Karataş, 2018, s. 158-159).

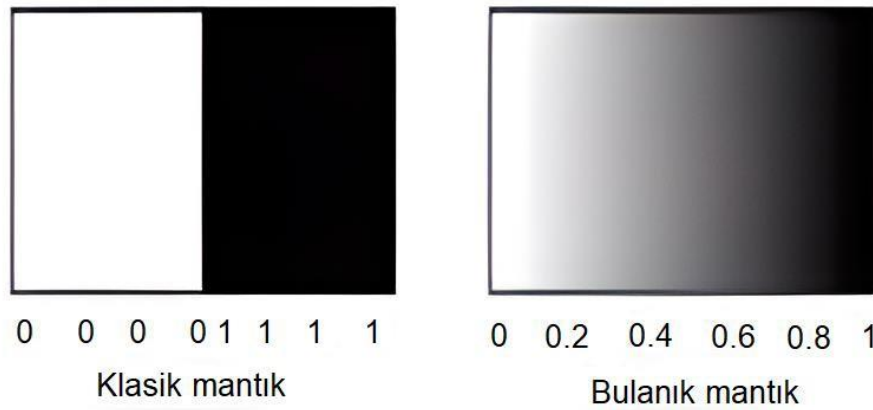
Bulanıklık “~” simgesi ile belirtilir ve bulanık bir kümeyi ifade etmek hususunda fayda sağlar (Bayazit Bedirhanoglu ve Atlas, 2023, s. 1368). Örneğin; bir elma tamamen kırmızı değilse ancak yeşil de değilse, belli bir yüzde oranı ile kırmızı olduğu belirtilebilir. Böylelikle; bir şey ya X'tir ya da X değildir kesin yargısı dışında çeşitli durumların mevcudiyetinden söz edilebilir (Timoçin, 2023, s. 49).

Sözel belirsizlik durumları tam net olmayan bilgi içeriğinden dolayı her zaman bulanıklık ve yaklaşıklık içermektedir. Lütfi Askerzade Zadeh tarafından 1965 yılında bu gibi belirsizlik durumlarında en makul yöntemin bilim esasının küme elemanlarına değişik üyelik dereceleri verilmesi ile gerçekleştirileceği ifade edilmiştir (Zadeh, 1965).

Aristoteles mantığı olarak da karşımıza çıkan ikili mantıktan yararlanan kesin kümeler 0 ya da 1 derecesine sahip karakteristik fonksiyon ile tanımlanır dolayısıyla kesin kümelerde bir nesne kümenin elemanıdır veya değildir. Ancak bulanık kümeler

0 ve 1 arasında değer alabilen üyelik fonksiyonu ile tanımlanır ve nesne kümenin kısmen elemanı olarak karşımıza çıkabilir (Ecer, 2006, s. 5; Erdin, 2019, s. 38). Başka bir deyişle; belirsizlik, kesinlik yaklaşımıyla gerçekçi bir biçimde modellenememektedir. Fakat bulanık kümeler bu modellemeyi gerçekleştirebilme özelliğini haizdir.

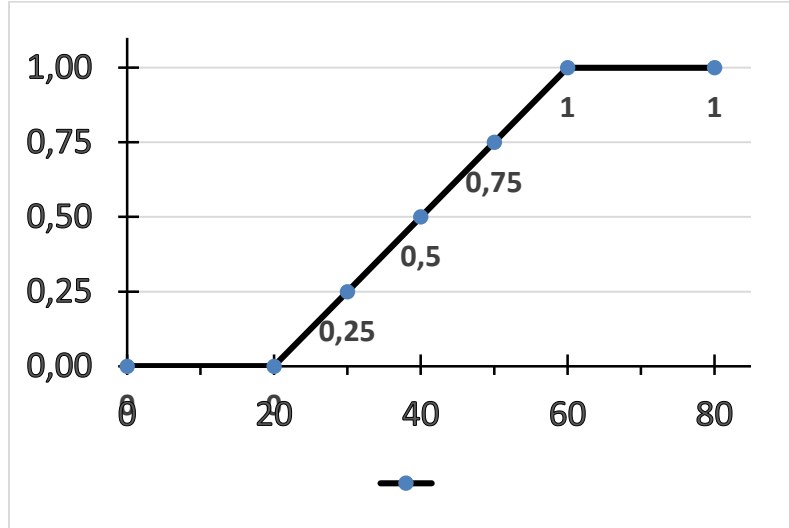
Aristo düşünce yapısına göre insanlar başarı açısından ya başarılıdır ya değildir. Ancak Zadeh yaklaşımında başarıliliğin kendi içinde farklı değerlendirmeleri söz konusudur. Başarılı kişilerden biri gerçek başarılı kabul edilecek olsa, bu kişiden daha başarılı veya daha başarısız olanlar başarılı değildir sonucuna varılamaz. Kabul edilen başarıliliğin üstündeki ve altındaki başarılar da başarılılar kümesine dahil olmaktadır ancak başarıliliğe ait olma derecesi aynı değil daha azdır. Okuldaki tüm öğrenciler kümesinde yer alan öğrencilerin hepsinin başarı bakımından birer başarılilik üyelik derecelerinin bulunduğu söylenebilir (Ecer, 2006).



**Şekil 1.** Klasik Mantık ve Bulanık Mantık Şematik Gösterimi

**Kaynak:** Yılmaz H ve Şahin ME (2023, s. 100)

Aristoteles mantığına uygun işleyen ve günümüze dek süregelen klasik küme kavramına göre bir kümeye ait olan unsurların üyelik dereceleri 1'e, ait olmayan unsurların üyelik dereceleri 0'a eşit kabul edilmiştir. 0 ile 1 arasında herhangi bir üyelik derecesinden söz edilemez. Ancak bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında farklılık gösteren farklı üyelik dereceleriyle karşılaşmak olasıdır (Bayazit Bedirhanoglu ve Atlas, 2023, s. 1368). Örneğin; 60 yaş ve üstü bireylerin yaşlı olarak nitelendirildiği, 20 yaş ve altı bireylerin ise gençleri meydana getirdiği bir kümemiz olsun. Eğer bu durumu ifade eden üyelik fonksiyonunu grafik ile belirtirsek (Şenol, 1999, s. 2).



**Grafik 1.** Yaşlılara Ait Bulanık Küme

**Kaynak:** Şenol H, (1999 s. 2)

Grafik 1’de yatay sütun yaş unsurunu, dikey sütun ise yaşların üyelik fonksiyonunu ifade etmektedir. Grafiğe göre;

- 60 yaş ve üstü bireyler yaşlı kümesine dahil edildiğinden, 80 yaşındaki bireylerin üyelik dereceleri 1’e eşittir ve yaşlılar kümesine tam üyedirler.
- 50 yaşındaki bireyler genç olmamakla birlikte yaşlı da değildirler ancak 60 yaşına daha yakındırlar. Üyelik dereceleri 0.75’tir ve yaşlılar kümesine üyelik oranları %75’tir.
- 30 yaşındaki bireyler yaşlı değildirler ancak genç yaş grubuna dahil olmamakla birlikte daha yakındırlar. Üyelik dereceleri 0.25’tir ve yaşlılar kümesine üyelik oranları %25’tir.
- 20 yaş ve altı bireyler genç kümesine dahil edildiğinden, 15 yaşındaki bireylerin üyelik dereceleri 0’a eşittir ve yaşlılar kümesinin elemanı olma durumları söz konusu değildir (Şenol, 1999, s. 2).

Karar verme prosesinde karşılaşılan belirsizlikler göz önünde bulundurulmazsa ortaya çıkan netice yanıltıcı olabilmektedir (Tsaur, Chang ve Yen, 2002, s. 108). Bulanık kümeler belirsizliği hassasiyetle ele alıp işleyerek matematiksel bir yol meydana getirmektedir (Kleyale, Korvin ve Karim, 1997; Zimmermann, 1987). Bundan dolayı bulanık küme teorisi, düşünce ve öznel ifadeler ile alakalı olan dilsel belirsizlik

modellenirken kalitatif değişkenlerin yorumlanmasına ve dilsel belirsizliğin bulanık sayılarla kantitatif bir biçimde aktarılabilmesine olanak tanır (Türkbey, 2003, s. 81).

Dilsel ifadelerin dilsel olgusunu izah eden teknik sayı değerine üyelik derecesi adı verilmektedir. Üyelik derecesi öznel bir biçimde saptanmaktadır. Sürekli bir değişken için üyelik derecesi üyelik fonksiyonuyla belirtilmektedir. Dolayısıyla bulanık küme, devamlı üyelik derecesini haiz ögeler kümesidir. Bulanık küme, ögelerin her birini 0 ile 1 arasında farklılık gösteren üyelik derecesini haiz üyelik fonksiyonu ile açıklanmaktadır (Öztürk, Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008, s. 787). Diğer bir ifadeyle, bulanık küme teorisinin esasını meydana getiren üyelik fonksiyonları, 0 ile 1 arasında farklılık gösteren üyelik derecelerini haizdir (Karataş, 2018, s. 158).

$X$ 'i evrensel bir küme kabul edelim.  $\tilde{A}$  bulanık kümesini tanımlayan üyelik fonksiyonu

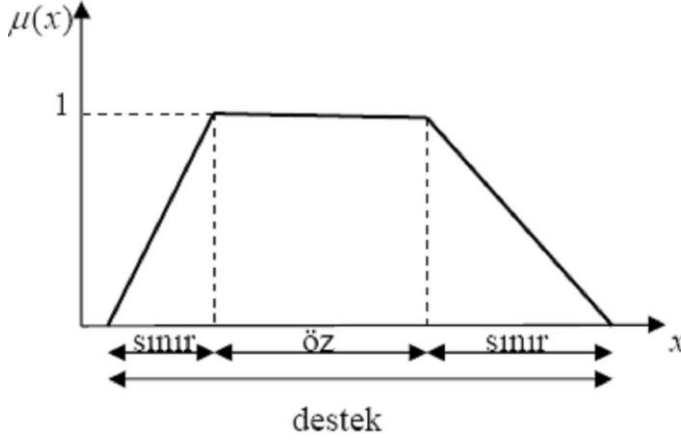
$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0,1] \text{ biçiminde tanımlanır (Sanca vd., 2022, s. 132).}$$

Bulanık kümeler teorisine göre karakteristik fonksiyonu genelleştirerek üyelik derecesi saptanır ve üyelik fonksiyonu olarak isimlendirilir.  $\{0,1\}$  kümesi yerine  $[0,1]$  aralığı alınır ve üyelik fonksiyonu şu şekilde belirtilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : x \rightarrow [0,1] \text{ veya } 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1.$$

Burada,  $\mu_{\tilde{A}}(x)=1$  olması  $x$ 'in  $\tilde{A}$ 'nın tam üyesi olduğunu,  $\mu_{\tilde{A}}(x)=0$  olması ise  $x$ 'in  $\tilde{A}$ 'nın üyesi olmadığını delalet etmektedir. 0 ile 1 arasında yer alan herhangi bir sayısal değer söz konusu ögenin kümeye kısmen üye olduğunu ifade etmektedir (Çelikkanat Filiz, 2014, s. 5).

En alışılagelen hali ile yamuk biçimindeki bir üyelik fonksiyonu, Grafik 2'de belirtildiği üzere farklı bölümlere ayrılabilir.



**Grafik 2.** Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

**Kaynak:** Şen Z, (2001 s. 33)

Görüldüğü üzere bir bulanık alt kümede yalnızca bir değil, birden fazla nesnenin üyelik derecesinin 1 olduğu kabul edilebilir. Böyle durumlarda, üyelik derecesi 1 olan nesnelerin tam manasıyla herhangi bir endişeye yer vermeksizin yalnızca alt kümeye dahil olduğu neticesine ulaşılır. Böyle üyelik derecesini haiz olan nesneler alt kümenin orta bölümünde bir araya gelmiştir (Şen, 2001, s. 33).

### 2.1.2. Bulanık sayı

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir (Yılmaz ve Şahin, 2023, s. 109). Bulanık sayı kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için bulanık mantığa ilişkin iki terim tanımlanacaktır. Tanımı yapılacak kavramlar normallik ve konveksliktir.

$X$ 'in bir veya daha fazla sayıda elemanı için üyelik değeri “1”olan  $\tilde{A}$  bulanık kümesi normaldir (Katrancı ve Kundakçı, 2020, s. 66).

$A$ 'nın artan değerleri için üyelik değerleri önce tekdüze artıp akabinde tekdüze azalan ya da tekdüze artan veya azalan oluyorsa  $A$  kümesi konvektir (Bingöllü, 2012, s. 65).

Normal ve konveks olan bulanık kümeye bulanık sayı adı verilmektedir (Bandemer ve Gottwald, 1995). En yaygın kullanılan bulanık sayılar yamuk ve üçgen bulanık sayılardır (Peker ve Nasibov, 2019, s. 164).

Üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x): R \rightarrow [0,1]$  olan “ $\tilde{A}$ ” bulanık sayısının özellikleri aşağıdaki gibi belirtilebilir (Kaptanoğlu ve Özok, 2006, s. 197):

$\mu_A(x)$ , Reel sayılar kümesinden 0,1 kapalı aralığına sürekli bir fonksiyondur,

$\mu_A(x)$  bir konveks bulanık alt kümedir,

$\mu_A(x_0) = 1$  yapan bir  $x_0$  sayısı vardır.

Pozitif yamuk bulanık sayılarla veya pozitif üçgen bulanık sayılarla sözel ifadelere üyelik fonksiyonu verilerek bu ifadelerin matematiksel değerlere dönüşmesi sağlanır. Sonrasında bu değerlerden hesaplamalarda yararlanılabilir (Ecer, 2007, s. 190).

Yaklaşık 3, 10 civarı, hemen hemen 17 gibi yaklaşık veya kesin olmayan sayısal miktarların nitelenmesinde bulanık sayılar son derece yarar sağlar (Öztürk, Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008, s. 788). Bu çalışmada üçgen bulanık sayılardan faydalanılmıştır.

#### 2.1.2.1. Bulanık matris

Bulanık matris en az bir elemanı bulanık sayı olan matris olarak tanımlanabilir.  $\tilde{x}_{ij}$  için  $(\forall i, j)$  bir bulanık sayıyı sembolize etmek üzere  $\tilde{D}$  bulanık matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Chen, 2000, s. 5):

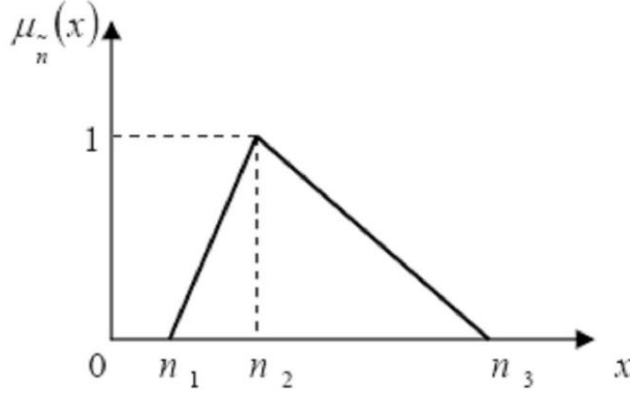
$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

#### 2.1.2.2. Üçgen bulanık sayı

Üçgen bulanık sayılar kolay uygulanabilir olması nedeniyle sıklıkla kullanılan bulanık sayı türüdür.  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  biçiminde gösterilen üçgen bulanık sayılar için  $\mu_{\tilde{n}}(x)$  üyelik fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir (Chen, 2000, s. 3):

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1, \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1}, & n_1 \leq x \leq n_2, \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3}, & n_2 \leq x \leq n_3, \\ 0, & x > n_3. \end{cases} \quad (2)$$

Üçgen üyelik fonksiyonu  $n_1, n_2, n_3$  parametreleri ile belirtildiği durumda üçgen üyelik fonksiyonu ve sayısal ifadesi Grafik 3'te yer almaktadır:



**Grafik 3.  $\tilde{n}$  Üçgen Bulanık Sayısı**

**Kaynak:** Chen C T, (2000 s. 3)

$\tilde{n}$  üçgen bulanık sayısının üyelik fonksiyonu Grafik 3'te gösterilmiştir. Bu durumda  $n_1 \leq n_2 \leq n_3$  'tür ve  $n_1$  en küçük olası değeri,  $n_2$  net değeri,  $n_3$  ise en büyük olası değeri temsil etmektedir.

#### 2.1.2.3. Üçgen bulanık sayılarla dört işlem

Çok kriterli bulanık karar verme sorunlarında çok sık yararlanılan üçgen bulanık sayılarla dört işlem; üçgen bulanık sayılar  $\tilde{m}$  ve  $\tilde{n}$ ;  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  şeklinde ise ve  $p$  de pozitif bir doğal sayı ise aşağıda görüldüğü gibi hesaplanır (Mahapatra ve Mahapatra, 2009, s. 168-177):

$$\tilde{m} (+) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (+) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3)$$

$$\tilde{m} (-) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (-) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 - n_1, m_2 - n_2, m_3 - n_3)$$

$$\tilde{m} (\times) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (\times) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3)$$

$$\tilde{m} (\times) p = (m_1, m_2, m_3) (\times) p = (m_1 p, m_2 p, m_3 p)$$

Bulanık sayıların arasındaki mesafe hesaplanırken Vertex yönteminden faydalanılır. Vertex yöntemiyle,  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  üçgen bulanık sayıları arasındaki mesafe hesaplanırken, aşağıdaki formülden yararlanılır (Chen, 2000, s. 3):

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

Bu çalışmada karar kriterlerinin önem dereceleri ve alternatifler için aldıkları değerler dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiştir. Bu dilsel ifadeler üçgen bulanık sayılar kullanılarak sayısallaştırılmıştır.

Bu bölümde verilen bilgiler göz önünde bulundurularak, çalışmanın bir sonraki bölümünde, belirsizlik ortamında dilsel değişkenlerin sayısallaştırılması yoluyla hesaplama yapma imkanı sunan bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemi, ithalat yapan bir lojistik firmasının yüklerinin taşınması için taşımacılık türü seçimi sorununun çözüme kavuşturulmasında üçgen bulanık sayılardan faydalanılarak uygulanacaktır.

## 2.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

BTOPSIS yönteminin esası, belirsizlik ortamında TOPSIS yönteminin bulanık küme teorisi temelinde uygulanması ile açıklanabilir. Bu bölümde BTOPSIS yönteminin temelini oluşturan TOPSIS yöntemi ile ilgili ön bilgi verildikten sonra BTOPSIS yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.

### 2.2.1. TOPSIS yöntemi

TOPSIS yöntemi ÇKKV sorunlarını çözüme kavuşturma amacıyla 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen, aşına olunan klasik ÇKKV yöntemlerinden bir tanesidir (Hwang ve Yoon, 1981). TOPSIS yöntemi, negatif ideal çözümden en uzak ve pozitif ideal çözüme en yakın alternatifin tercih edilmesi temeli üzerine kuruludur (Chen, 2000, s. 2). Bir başka deyişle TOPSIS yöntemi ideal çözümlere yakınlık aracılığıyla çözümlerin önceliklendirilmesi tekniği şeklinde de ifade edilebilir.

Pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak çözümlerin saptanmasına öncülük eden TOPSIS yönteminde pozitif ideal çözüm, yarar kriterlerini en büyükleyen ve zarar kriterlerini en küçükleyen çözüm şeklinde ifade edilirken, negatif ideal çözüm zarar kriterlerini en büyükleyen ve yarar kriterlerini en küçükleyen çözüm olarak ifade edilebilir (Vural Aslan, 2023, s. 31). Başka bir deyişle, kriterlerin tümü dikkate alındığında en iyi düzeyde olan alternatife pozitif ideal alternatif, en kötü düzeyde olan alternatife de negatif ideal alternatif adı verilmektedir (Yong, 2006, s. 839).

İnsanların ifade ettikleri fikirleri çoğu zaman belirsizdir ve kesin değildir. Bu sebeple matematiksel değerlerin değil dilsel değerlerin kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Bu bağlamda bulanık TOPSIS yönteminde gerçek dünyadaki bu muğlak ortam göz önünde bulundurularak grup kararı belirlenirken kriterlerin önem dereceleri ve alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmeleri sözel ifadeler aracılığıyla yapılır. BTOPSIS yöntemi, sözel belirsizliğin bulunduğu ortamlarda grup kararı verilmesi gereken sorunların çözülmesinde, insan hükümlerinden dolayı ortaya çıkan muğlaklığı bertaraf etmek için geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemidir (Chen, 2000, s. 4). Yöntem 2.2.2.'de detaylandırılacak ve kullanım alanları hakkında bilgiler verilecektir.

### **2.2.2. Bulanık TOPSIS yöntemi ve uygulama adımları**

Belirsizlik durumunda karar almak son derece zorlayıcıdır. Belirsizlik durumunda kararların alındığı, eş zamanlı olarak gaye ve sınırlamaların belirgin olmadığı ortama bulanık (fuzzy) ortam adı verilmektedir. Zadeh tarafından literatüre kazandırılan Bulanık Kümeler Teorisini esas alan yöntemlerden faydalanmak karar almayı daha kolay kılabilir (Ecer, 2006, s. 78). Bulanık Küme Teorisi TOPSIS yönteminde esas alınarak karar alma sürecinde insan hükümlerinden kaynaklı muğlak ortamın oluşmasını engellemek amacıyla BTOPSIS yöntemi literatürde yerini bulmuştur.

Chen 2001 yılında yaptığı çalışmasında kantitatif ve kalitatif kriterleri beraber dikkate almak ve bu kriterlerin önem derecelerine göre bir tercih sıralaması yapmak gerektiğinde bir bulanık çok kriterli karar verme yöntemine ihtiyaç duyulacağını ifade etmiştir (Chen, 2001, s. 66).

Kararın tek başına veya grup üyeleriyle bir arada alınması mümkündür. Grup kararı, kararların en az iki kişi tarafından alınmasını, farklı bireysel seçimlerin tek bir seçim haline getirilmesini gerektirir. BTOPSIS yöntemi ile grup kararı verilirken oluşabilecek anlaşmazlıkların önüne geçilmiş olur ve problemin çözümüne daha kolay bir şekilde ulaşmak mümkün olur (Demir, 2010, s. 89).

Bir başka deyişle, BTOPSIS yöntemi birden çok karar kriteri göz önünde bulundurularak, belirsizlik ortamında, alternatiflerin değerlendirilerek önceliklendirilmesine, bu sayede doğru seçim kararı alınmasına öncülük eden bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Özçakar ve Demir, 2011, s. 33). BTOPSIS

yönteminin en ayırt edici özelliği ise karar kriterlerinin çeşitli önem ağırlıklarını haiz olabilmelerine olanak sağlamasıdır (Chen, 2000, s. 5).

BTOPSIS yönteminin esasını, Bulanık Pozitif İdeal Çözüm'e (BPIÇ) en yakın ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm'den (BNİÇ) en uzak konumda yer alan alternatifin tercih edilmesi meydana getirmektedir (Chen, Lin ve Huang, 2006, s. 291). BTOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda grup kararı almada yararlanılan, sözel ifadelerle gerçekleştirilen değerlemelere üyelik fonksiyonu atayarak onlara matematiksel anlam kazandıran ve algoritması aracılığıyla alternatifleri değerlendirme olanağı tanıyan bir yöntemdir (Ecer, 2006, s. 83). Taşımacılık türü seçimi kriterlerinin büyük bir kısmını kalitatif kriterler oluşturmaktadır. Bu kriterlere göre türlerin matematiksel değerler ile değerlendirilmesinden ziyade “kötü”, “orta iyi”, “iyi” ve “çok iyi” gibi sözel ifadelerden yararlanılarak değerlendirilmesi daha pratik ve yerinde neticeler vermektedir.

Dilsel bir biçimde tanımlanan değerlerden meydana gelen değişkene “dilsel değişken” adı verilmektedir. Dilsel değişkenler net tanımlanamamış ya da karmaşık ifadelerin tanımlanmasında son derece elverişlidir. (Chen, 2000, s. 3). Başka bir deyişle; dilsel değişken, değerlerini ana dildeki tümcelerle oluşturduğu değişkendir. Uzaklık dilsel bir değişken olarak örnek verilebilir. Çünkü bir ülkeye, şehre veya yerleşim yerine ilişkin uzaklık için uzak, çok uzak, epey uzak, yakın, çok yakın şeklinde öznel değerlendirmelerde bulunulabilir. Bu türde insan hükümlerini kapsayan dilsel ifadeler bulanık sayılar aracılığıyla somutlaştırılabilir.

İç ve Yurdakul 2008 yılında yaptıkları çalışmada bulanık sayıların etkileri üzerine odaklanmışlardır ve ÇKKV yöntemlerinde bulanık sayıların yer almasının kararsızlık durumlarının modellenbilmesinde yeğlenebilecek mühim bir araçtır neticesine varmışlardır (İç ve Yurdakul, 2008, s. 138).

Yapılan çalışmalarda, dilsel ifadeleri matematik ifadelerine dönüştürme basamağında üçgen bulanık sayıların çoğunlukla yeğlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Kararsızlık durumunda üçgen bulanık sayıların yeğlenmesinin sebebi, karar vericiler açısından hesaplama ve kullanım hususlarında sağladığı kolaylıktır (Dağdeviren, Yavuz ve Kılınç, 2009, s. 8144). Bu çalışmada da dilsel ifadeler üçgen bulanık sayılardan yararlanılarak matematiksel ifadelere dönüştürülmüştür.

TOPSIS yönteminde bulanık değerler aracılığıyla gerçekleştirilen çalışmaların ilk defa Negi'nin 1989 yılında bir doktora teziyle ortaya atıldığı ve Chen ve Hwang'ın 1992'de akademiye kazandırdıkları eser ile devam ettirildiği, ilerleyen zamanlarda BTOPSIS yöntemi ve uygulama adımlarının sonuçlandırılmasının ise Chen'in 2000 senesinde yaptığı çalışma ile gerçekleştiği literatürde yer almaktadır (Ögel ve Nuryyev, 2021, s. 313).

Chen (2000) grup kararı gerektiren durumlarda BTOPSIS metodunu izah eden bir çalışma gerçekleştirmiştir, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi ve tüm kriterlerin ağırlıklarını, üçgen bulanık sayılarla belirtilen dilsel değişkenler ile tanımlayan BTOPSIS metodunu tavsiye etmiştir (Chen, 2000, s. 1-9).

Chen, Lin ve Huang (2006), tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçim sorununu incelemek amacıyla bulanık karar verme yaklaşımını kullanmışlardır, Chen (2000) ile algoritması aynı ancak sayısal hesaplamaları ile farklılık gösteren bir model önermişlerdir. Metoda ilişkin önceki yıllarda çeşitli algoritmaların gerçekleştirilmiş olması zihinlerde neden tek bir algoritma olmadığı ve farklı algoritmaların karar vericileri farklı neticelere mi ulaştıracağı sorularının oluşmasına neden olmuştur. Bu sebeple “Grup Kararı Vermede Yararlanılan Farklı Fuzzy TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama” adını taşıyan çalışmada, Chen (2000) ve Chen vd. (2006) çalışmalarında tanımlanan ve algoritmalarında bazı değişiklikler bulunan iki BTOPSIS metodu incelenerek teori ve uygulama açısından kıyaslanmıştır. BTOPSIS metodunun bu iki farklı modeli perakendecilik sektöründeki bir mağazanın kuruluş yeri sorununun çözümünde tatbik edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda mağaza kuruluş yerlerinin yakınlık katsayılarında biraz farklılıklar olsa da sıralamalarının farksız olduğu anlaşılmıştır. Sonucun bu şekilde olması iki modelin tutarlılığını göstermiştir ve aynı zamanda BTOPSIS metodundan kuruluş yeri seçiminde yararlanılabileceğini ortaya koymuştur (Ecer, 2008, s. 229-241).

Günümüze kadar geçen süre zarfında, geniş uygulama alanı bulan BTOPSIS metodundan çok farklı sektörlerde ve farklı konularda yararlanıldığı gözlemlenmektedir. Yönetici seçimi, personel seçimi ve personel performans değerlendirmesi; perakende sektörü, otomotiv yan sanayi sektörü gibi çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler için tedarikçi seçimi; işletmenin kuruluş yeri seçimi; sigortacılık, savunma sanayi ve bankacılık gibi değişik alanlarda hizmet veren

firmaların finansal performans değerlendirmesi; çok çeşitli sektörlerde firma performansı değerlendirmesi; insansız hava aracı sistemleri seçimi; yazılım seçimi; yatırım öncelikli sektörlerin belirlenmesi; üretimi yapılacak ürün tipinin belirlenmesi; ar-ge projelerinin seçimi; finans alanında portföy seçimi gibi birçok alanda BTOPSIS metodunun kullanıldığına dair literatürde yer alan çalışmalar bu durumu örneklendirmektedir (Balbaş ve Turan, 2019, s. 93-111; Elmas, 2022, s. 595-602; Erdemir, Öztürk ve Kaya, 2022, s. 1809-1821; Erdin, 2019, s. 37-50; Esen ve Çırpın, 2022, s. 18-33; Güler, Avcı, Alkan ve Aladağ, 2018, 1-11; Gülsün ve Erdoğan, 2021, s. 1-15; Karcıoğlu ve Yalçın, 2022, s. 151-184; Kiraz, Genç, Taş ve Teke, 2018, s. 53-66; Onat ve Kaçtıoğlu, 2020, s. 65-79; Ögel ve Nuryyev, 2021, s. 307-326; Özdemir ve Keçeci, 2017, s. 47-57; Özen ve Borat, 2020, s. 152-171; Pala, 2022, s. 218-235; Seçme, 2022, s. 457-480; Tekinay ve Bozoğlu Batı, 2022, s. 78-103).

BTOPSIS metodunun bu kadar yaygın uygulama alanı bulmasında en önemli etken; metodun fazla sayıda karar kriteri mevcut olduğu durumlarda, belirsizlik ortamında grup kararı verirken kalitatif verilerin kullanılmasına imkan sağlayarak fikir ayrılığının önüne geçmesidir (Ögel ve Nuryyev, 2021, s. 324). Metodun herkes tarafından anlaşılabilir ve kolaylıkla uygulanabilir olması da metodun tercih edilmesinde ve yaygın bir şekilde kullanılmasında etkili olmuştur.

Taşımacılık sisteminde taşımacılık türü seçimi aşağıda yer alan ifadelerle tanımlanabilen bir grup çok kriterli karar verme problemidir. Bu ifadelerin tanımlanması BTOPSIS metodunun taşımacılık türü seçiminde uygulanması için ilk adımdır (Chen vd., 2006).

- K adet karar verici
- $A_i$  ile ifade edilen, m adet mümkün taşımacılık türleri  $A_i = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$
- $C_i$  ile ifade edilen, taşımacılık türlerinin performansının değerlendirilmesinde yararlanılan n adet karar kriteri  $C_i = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$
- $\tilde{w}_j$  ile tanımlanan,  $C_j$  kriterlerinin önem ağırlıkları
- $\tilde{x}_{ij}$  ile ifade edilen  $C_j$  kriterlerine göre  $A_i$  alternatiflerinin performans değerleri

Bu çalışmada, Chen (2000) tarafından geliştirilmiş olan BTOPSIS yöntemi ile uluslararası lojistik faaliyeti gösteren bir lojistik firmasının yapacağı uluslararası bir

taşımacılık faaliyeti için taşımacılık türleri içerisinde en uygun olan taşımacılık türünün seçim kararı verilecektir.

Yöntemin algoritması, karar vericiler tarafından karar kriterlerinin ve ardından karar kriterlerine göre alternatiflerin değerlendirilmesi ile başlar. Bu değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. Ardından kriterlerin önem dereceleri matrisi ve bulanık karar matrisi oluşturulur. Yapılan birtakım hesaplamaların ardından ise normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi meydana getirilir. BPIÇ ve BNIÇ değerleri tayin edilir ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi aracılığıyla tüm alternatifler için bulanık ideal çözümlerden olan uzaklıklar hesaplanır. Bulanık ideal çözümlerden olan uzaklık değerlerinin kullanıldığı bir hesaplama ile yakınlık katsayıları hesaplanır. Son olarak her alternatif için elde edilmiş olan yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatifler arasında öncelik sıralaması gerçekleştirilir. En büyük yakınlık katsayısına sahip olan alternatif en çok tercih edilen alternatif olur (Chen, 2000, s. 1).

Yakınlık katsayısının yüksek değerde olması o alternatifin hem bulanık pozitif ideal çözüme (BPIÇ) daha yakın hem de bulanık negatif ideal çözümden (BNIÇ) daha uzak olduğunu ifade etmektedir. Yakınlık katsayıları 0 ile 1 arasında bir değer alırken, yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakın olursa alternatifin seçilme olasılığı o denli yüksek olmaktadır (Chen vd., 2006, s. 295).

Özetle, BTOPSIS yöntemi yukarıda bahsedilen birçok farklı alandaki karar alma işleminde olduğu gibi taşımacılık türü seçimi gibi birçok kriterin etkili olduğu bir karar alma işleminde de, nitel verileri rasyonel bir şekilde değerlendirme imkanı sunarak bilimsel yolla pratik ve kolay uygulanabilir bir şekilde grup kararı almayı sağlayabilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir (Chen vd., 2006, s. 300).

Dilsel değişken, değerlerini ana dildeki tümcelerini oluşturduğu değişkendir. BTOPSIS yönteminde farklı kriterlerin önem dereceleri ve kriterler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen alternatif değerlendirmeleri dilsel değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğerlerinden daha iyi olan alternatifin saptanması için, birçok kriterin etkisi altında olan bir bulanık karar verme yöntemi, dilsel değerlendirmelerin yapılmasını ve kriterlerin önem derecelerinin saptanmasını gerektirmektedir (Chen, 2001, s. 66). Karar vericiler karar kriterlerinin önem derecelerini ve bu kriterleri dikkate alarak alternatifleri değerlendirmek amacıyla uygun olan dilsel değişkenlerden

yararlanmaktadır. Bu dilsel değişkenler Tablo 1 ve Tablo 2’de ifade edildiği üzere üçgen bulanık sayılarla gösterilebilirler (Chen, 2000, s. 5).

**Tablo 1.** Karar kriterlerinin değerlendirilmesinde yararlanılan dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı değerleri

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| <b>Çok Düşük (ÇD)</b>   | (0,0,0,0,0.1) |
| <b>Düşük (D)</b>        | (0,0,0.1,0.3) |
| <b>Orta Düşük (OD)</b>  | (0.1,0.3,0.5) |
| <b>Orta (O)</b>         | (0.3,0.5,0.7) |
| <b>Orta Yüksek (OY)</b> | (0.5,0.7,0.9) |
| <b>Yüksek (Y)</b>       | (0.7,0.9,1.0) |
| <b>Çok Yüksek (ÇY)</b>  | (0.9,1.0,1.0) |

**Kaynak:** Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 5.

Tablo 1 ve Tablo 2’de yer alan 7’li ölçek, bu yöntemden verimli sonuçlar elde edebilmek için ilk olarak Chen tarafından geliştirilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. BTOPSIS yöntemi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar gözlemlendiğinde 3, 5 ya da 9’lu ölçeklerden de yararlanılabileceği görülmektedir. Ölçek sayısında meydana gelebilecek artış, işlemleri daha duyarlı kılmakta ve yöntem uygulamasındaki ayrıntıları arttırmaktadır. Ölçek sayısında yaşanabilecek azalma ise duyarlılığı azaltmakta ve işlemleri daha basit bir hale getirmektedir (Eleren, 2007, s. 287).

**Tablo 2.** Alternatiflerin değerlendirilmesinde yararlanılan dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı değerleri

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>Çok Kötü (ÇK)</b>  | (0,0,1)   |
| <b>Kötü (K)</b>       | (0,1,3)   |
| <b>Orta Kötü (OK)</b> | (1,3,5)   |
| <b>Orta (O)</b>       | (3,5,7)   |
| <b>Orta İyi (OI)</b>  | (5,7,9)   |
| <b>İyi (İ)</b>        | (7,9,10)  |
| <b>Çok İyi (Çİ)</b>   | (9,10,10) |

**Kaynak:** Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 5.

BTOPSIS yönteminde kriterlerin önem dereceleri direkt olarak karar vericilerin kendileri tarafından saptanabileceği gibi farklı metotlarla da belirlenebilir. Bu çalışmada uygulanan Chen (2000)'in modelinde, karar vericilerin Tablo 1 ve Tablo 2'de bulunan dilsel değişkenlerden yararlanarak, kriterlerin önem derecelerini tayin etmeleri ve karar kriterlerini göz önünde bulundurarak alternatifleri değerlendirmeleri tavsiye edilmiştir (Chen, 2000, s. 5).

K adet karar vericiden meydana gelen,  $\tilde{w}_j^K$ 'nin K'ıncı karar vericinin değerlendirdiği karar kriterinin önem derecesini,  $\tilde{x}_{ij}^K$ 'nin ise i. alternatifin kriter değerini ifade ettiği bir grupta, karar vericilerin karar kriterleri ve alternatifler yapmış oldukları değerlendirmeler, neticede her biri için tek bir değerlendirme olacak biçimde bir araya getirilerek, kriterlerinin önem dereceleri ve alternatiflerin kriter değerleri (4) ve (5) numaralı formüller yardımıyla hesaplanır (Chen, 2000, s. 5).

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \cdots (+) \tilde{w}_j^K] \quad (4)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1(+) \tilde{x}_{ij}^2(+) \cdots (+) \tilde{x}_{ij}^K] \quad (5)$$

Kriter ve alternatiflerin tümü için tek bir değere erişildikten sonra, n kriterli ve m alternatifli bir BÇKKV problemi matrisi ve kriter ağırlığı vektörü,

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad \tilde{W} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 & \tilde{w}_2 & \cdots & \tilde{w}_n \end{bmatrix}. \quad (6)$$

(6) numaralı formül yardımıyla hesaplanır.

Burada  $\forall i, j$  için  $\tilde{x}_{ij}$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için  $\tilde{w}_j$  dilsel değişkenler olup, bu dilsel değişkenler  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  gibi üçgen bulanık sayılar ile gösterilebilir.  $\tilde{W}$  Karar Kriterlerinin Önem Ağırlıkları Matrisi'ni,  $\tilde{D}$  ise Bulanık Karar Matrisi'ni ifade etmektedir.

Yöntemin algoritmasına göre, bulanık karar matrisinin meydana getirilmesinden sonra normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmalıdır. Bunun için bulanık karar matrisi bir dizi hesaplama ile normalize edilir. Alternatifler için kriterlere mahsus verilere bakıldığında, değişik özellikleri haiz oldukları gözlenmektedir. Bu değişiklikler, verilerin kantitatif ya da kalitatif olması, kantitatif verilerin büyüklüklerinin farklılıklar göstermesi sebebiyle meydana gelmektedir. Bu durumda ilk olarak verilerin aynı kategoride bulunmasının önemi anlaşılmaktadır. Verilerin tamamının aynı kategoride olması için TOPSIS yönteminde normalize etme olarak ifade edilen işlem gerçekleştirilir. Normalize etme işlemi değerlerin kendi sütununda oransal anlamda [0- 1] arasına indirgenmesine olanak sağlamaktadır.

Klasik TOPSIS yöntemindeki karmaşık normalizasyon metodunu kullanmamak için BTOPSIS yönteminde çeşitli kriter ölçeklerini kıyaslanabilir bir ölçek haline getirmek gayesiyle lineer ölçek dönüştürme kullanılmıştır (Chen, 2000, s. 5). Bir başka deyişle, BTOPSIS yönteminde Lineer Normalizasyon Tekniğinden yararlanılmaktadır.

Normalize edilmiş bulanık karar matrisini ( $\tilde{R}$ ) oluşturmak için bulanık karar matrisi normalize edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (7)$$

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi ( $\tilde{R}$ ), (7) numaralı formüle göre oluşturulur.

Karar kriterleri, fayda veya maliyet olarak iki farklı şekilde oluşabilmektedir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, \quad c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad (8)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C, \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (9)$$

Yukarıda verilen formüllerde fayda kriteri B, maliyet kriteri ise C ile ifade edilmektedir.

(8) ve (9) numaralı formüllerde görüldüğü gibi fayda kriteri bulunması halinde normalize edilmiş bulanık karar matrisine, sütunların tümündeki elemanların, o sütundaki elemanların üçüncü bileşenleri içerisinde en büyük olanına bölünmesiyle ulaşılmaktadır. Maliyet kriteri mevzu bahis olduğunda ise tüm sütunlardaki elemanların, o sütundaki elemanların ilk bileşenleri içerisinde en küçük olanına bölünmesiyle normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Normalizasyon metodu ile  $[0, 1]$  aralığında olması gereken normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar elde edilir (Chen, 2000, s. 5).

Yöntemin algoritması gereği normalize edilmiş bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra, karar kriterlerinin değişik önem derecelerine sahip olması nedeniyle normalize edilmiş bulanık karar matrisi ağırlıklandırılmaktadır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (10) numaralı formüle göre oluşturulur.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \quad (11)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisini oluşturmak için (11) numaralı formülden yararlanılır.

(11) numaralı formülden de anlaşılacağı gibi normalize edilmiş bulanık karar matrisinin her bir elemanı, bulunduğu sütuna ait olan karar kriterinin önem derecesiyle çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre  $\forall i, j$  için  $\tilde{v}_{ij}$  elemanları normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır ve  $[0,1]$  aralığında bulunurlar (Chen, 2000, s. 5).

Yine yöntemin algoritması gereği bulanık pozitif ideal çözüm ( $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözümün ( $A^-$ ) belirlenmesi gerekmektedir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*), \quad (12)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \quad (13)$$

Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ( $A^*$ ) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm ( $A^-$ ) sırasıyla (12) ve (13) numaralı formüllere göre oluşturulur.

Bu ifadelerde Chen (2000)'in BTOPSIS modeli gereği;  $j=1, 2, \dots, n$ ,  $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$  olarak kabul edilmektedir. Başka bir deyişle  $A^*$ 'da, mevcut karar kriteri kadar (1, 1, 1),  $A^-$ 'de ise mevcut karar kriteri kadar (0, 0, 0) değeri bulunur.

Alternatiflerin her birinin pozitif ideal çözümünden ( $A^*$ ) ve negatif ideal çözümünden uzaklıkları aşağıda yer alan (14) ve (15) numaralı formüller yardımıyla bulunmaktadır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (14)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (15)$$

(14) ve (15) numaralı formüllerde görülen  $d(\dots, \dots)$  iki bulanık sayı arasındaki mesafeyi ifade etmektedir ve Vertex Yöntemi yardımıyla hesaplanır.

BPİÇ'e ve BNİÇ'e olan uzaklıklar bulunduktan sonra, alternatiflerin sıralamasını saptayabilmek amacıyla alternatiflerin her biri için yakınlık katsayıları (CCi) aşağıda görülen (16) numaralı formül yardımıyla hesaplanır (Chen, 2000, s. 6).

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

Yakınlık katsayısı, BPİÇ'e ve BNİÇ'e olan uzaklığı eş zamanlı olarak göz önünde bulundurur.

(16) numaralı formülden de anlaşılacağı gibi,  $CC_i$  1'e yaklaştıkça  $A_i$  alternatifi  $BPIÇ$ 'e yaklaşır,  $BNİÇ$ 'ten uzaklaşır. Bu sebeple alternatiflerin öncelik sıralaması yakınlık katsayılarına göre yapılabilir ve olası alternatifler içinden en iyi olan alternatif birinci sırayı alır, onu sırasıyla daha az tercih edilen alternatifler takip eder (Chen vd., 2006, s. 295). Bir başka ifadeyle  $A_i = A^-$  ise  $CC_i = 0$  ve  $A_i = A^+$  ise  $CC_i = 1$  olur (Mahapatra ve Mahapatra, 2009, s. 175). Alternatifler yakınlık katsayılarına göre en yüksek puandan en düşük puana doğru sıralanırlar (Erdemir vd., 2022, s. 1814). Yakınlık katsayısı 1'e en yakın olan alternatif aynı zamanda en yüksek  $CC_i$  değerine sahip olduğundan en iyi alternatif olarak belirlenir (Elmas, 2022, s. 598).

Alternatiflerin sıralanması sonuçların hayata geçirilmesi için yeterli olmamaktadır, alternatiflerin uygunluk sıralamasının yanında hangi alternatifin tercih edilmemesi gerektiği veya tercih edilecek alternatifler için katlanılacak risk durumu gibi bilgilere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda sözel ifadelerden yararlanarak yakınlık katsayısı değerlerine göre alternatiflerin durumunu saptamak yöntemin algoritmasının sonuçlarını daha kullanışlı hale getirmektedir. Alternatiflerin her birinin durumunu saptamak için  $[0-1]$  aralığının beş alt aralığa ayrılması sağlanarak, alternatiflerin durumunu beş farklı sınıfta değerlendirmek amacıyla her alt aralık için beş dilsel değişken belirlenmiştir. Bu beş sınıfın kabul koşulları Tablo 3'te ifade edilmektedir (Chen vd., 2006, s. 295).

**Tablo 3.** Kabul koşulları

| Yakınlık Katsayısı $CC_i$ | Değerlendirme                   |
|---------------------------|---------------------------------|
| $CC_i \in [0, 0.2)$       | Tavsiye edilmez.                |
| $CC_i \in [0.2, 0.4)$     | Yüksek risk ile tavsiye edilir. |
| $CC_i \in [0.4, 0.6)$     | Düşük risk ile tavsiye edilir.  |
| $CC_i \in [0.6, 0.8)$     | Kabul edilir.                   |
| $CC_i \in [0.8, 1.0)$     | Kabul edilir ve tercih edilir.  |

**Kaynak:** Chen, C. T., Lin, C. T. ve Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 296.

Alternatifler için değerlendirmeler, Tablo 3’te görülen farklı yakınlık katsayısı aralıklarına göre alternatiflerin tercih edilme durumları dikkate alınarak yapılır. Değerlendirme sonucuna göre aynı sınıfa dahil olan alternatiflerin yakınlık katsayıları dikkate alınarak sıralama gerçekleştirilir (Chen vd., 2006, s. 296).

#### 2.2.2.1. Yöntemin uygulama adımları

Çalışmada yer alan bilgiler ışığında BTOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıdaki sırayla özetlenebilir (Chen, 2000, s. 6):

Adım 1. Karar vericilerin, alternatiflerin ve kriterlerin saptanması

Adım 2. Karar kriterlerinin ve karar kriterleri dikkate alınarak alternatiflerin dilsel ifadelerle karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Adım 3. Kriterlerin önem derecelerinin saptanması

Adım 4. Bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi

Adım 5. Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi

Adım 6. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi

Adım 7. Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin tayin edilmesi

Adım 8. Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması

Adım 9. Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Adım 10. Alternatiflerin sıralamasının yapılması

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **YÜK TAŞIMACILIĞI YAPAN BİR LOJİSTİK FİRMASINDA BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE TAŞIMACILIK TÜRÜ SEÇİMİ**

Bu bölümde uygulamanın yapılacağı firma ve firmanın faaliyet alanı ile ilgili kısaca bilgi verildikten sonra taşımacılık türü seçimi probleminin çözümünde BTOPSIS yönteminin uygulama adımları detaylı bir şekilde izah edilmiştir.

#### **3.1. Uygulamanın Yapılacağı İşletme Hakkında Kısa Bilgi**

Çalışmada yer alan uygulamaya konu firma İstanbul Avrupa Yakası'nda bulunan lojistik hizmet üretici bir firmadır. İtalya'nın Treviso şehrinden, Türkiye'nin Bilecik şehrine taşınan 7 ton brüt ağırlığa sahip tekstil makinesi ekipmanları ithalatı için taşımacılık türü seçimi gerçekleştirilmek istenmektedir. Yük incelendiğinde yükün tüm taşımacılık türlerine uygun olduğu görülmüş olup araştırmada belirlenen kriterler ile bu kriterlere göre alternatifler farklı departmanların yöneticileri tarafından değerlendirilmektedir.

Farklı departmanların değerlendirmede bulunmalarının nedeni, bir taşıma yapılırken her departmanın önceliğinin farklı bir kriter olmasıdır. Operasyon departmanı için öncelik operasyonun sorunsuz bir şekilde ilerlemesidir, finans departmanı için öncelik maliyettir, satış departmanı müşteri memnuniyetini öncelikli tutmaktadır. Yönetim Kurulu Başkanı için ise firmanın genel anlamda karlılığı önemlidir.

Kara yolu tercih edildiğinde, araç Slovenya-Hırvatistan-Sırbistan-Bulgaristan-Türkiye güzergahını izleyerek İstanbul Erenköy Gümrüğü'ne varır ve gümrük işlemleri sonrasında teslimat için ithalatçı firmanın Bilecik'te bulunan fabrikasına doğru hareket eder.

Intermodal kara-deniz yolu tercih edildiğinde, anlaşma yapılan armatör firma tarafından gönderilen konteynerin dolumu sağlanır ve sonrasında Ancona Limanı'ndan hareket edip Derince'de bulunan Safi Port Limanı'na varışı planlanan gemiye teslim edilir. Varışa müteakip konteyner son taşıma aracıyla limandan alınarak

ithalat gümrüğünün yapılacağı İstanbul Erenköy Gümrük Müdürlüğü'ne doğru hareket eder. Gümrük işlemleri bitiminden sonra yükün teslimi Bilecik'e yapılır.

Intermodal kara-hava yolu tercih edildiğinde, ürünler ön taşıma aracıyla Bologna Havalimanı kargo bölümüne taşınır. Sonrasında kap ölçüleri uygun olduğu için tarifeli uçağın alt bölümünde İstanbul Havalimanı'na taşınır ve varışı takiben teminatlı araçla alınarak önce İstanbul Erenköy Gümrük Müdürlüğü'nde gümrük işlemleri tamamlanır, sonrasında ise Bilecik'te bulunan fabrikaya teslim edilir.

Intermodal kara-demir yolu tercih edildiğinde, öncelikle demir yolu firmasının göndereceği konteynerin dolumu yapılır. Konteynerin Milano terminalinden, Budapeşte aktarmalı olarak Halkalı terminaline varışını takiben Erenköy Gümrük Müdürlüğü'ne nakli gerçekleştirilir. Gümrük işlemlerinden sonra konteyner, boşaltma adresine nakledilir.

Kombine taşımacılık tercih edildiğinde, taşıyıcı firmanın aracı yükleme adresine sevk edilir, yükleme yapılır ve sonrasında araç Trieste şehrinden Pendik Limanı'na hareket edecek olan Ro-Ro'ya teslim edilir. Varış sonrasında araç ithalat gümrüğü için İstanbul Erenköy Gümrük Müdürlüğü'ne hareket eder, ithalat gümrük işlemlerinin bitimine müteakip teslim için ithalatçı firmanın belirlediği teslimat adresine gider.

Bu çalışmada kara yolu, intermodal kara-deniz yolu, intermodal kara-hava yolu, intermodal kara-demir yolu ve kombine taşımacılık olmak üzere 5 alternatif arasından en makul olanın seçim kararının BTOPSIS yöntemi ile belirlenmesinde mutabık olunmuştur.

Uygulama yapılan firma ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmede araştırmada kullanılacak kriterlere ilişkin olarak firma yöneticilerinin fikirleri alınmıştır. Tecrübeleri ve uzmanlıkları doğrultusunda farklı kriterleri önemle vurgulayan yetkilileriyle alternatifler hakkında da değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucu firma yetkililerinin önerileri ve yapılan literatür araştırmaları sonucu belirlenen kriterlere önem dereceleri tayin etmeleri istenmiştir. Kriterlerin önem ağırlıkları tablosu oluşturulmuştur. Daha sonra firma yetkililerinden her taşıma türü için belirlenmiş olan kriterleri değerlendirmeleri istenmiş ve alternatiflerin değerlendirilmesi tablosu oluşturulmuştur.

Çalışmada uygulanacak olan Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama adımları bu bölümde örnekler verilerek açıklanacaktır.

### 3.2. Bulanık TOPSIS Uygulama Adımları

Bu bölümde BTOPSIS yöntemi algoritması uyarınca ilk olarak karar kriterleri, akabinde bu kriterler dikkate alınarak her bir alternatif dilsel değişkenlerden yararlanılarak karar vericiler tarafından değerlendirilir. Karar vericilerin kullandıkları dilsel ifadeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür ve yöntemin uygulama adımları uyarınca belli başlı formüller uygulanarak elde edilen yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe doğru sıralanması ile alternatifler arasında önceliklendirme gerçekleştirilir. Gerçekleştirilen önceliklendirme sonucunda birinci sırada bulunan alternatif, alternatifler arasından seçim yapmayı gerektiren durumlarda karar vericiler tarafından tercih edilir.

#### 3.2.1. Karar vericilerin, alternatiflerin ve kriterlerin saptanması

Çalışmanın uygulamasının yapılacağı firma yetkilileri ortak bir grup kararı vermek istemektedirler. Karar grubunu oluşturan yetkililer; yönetim kurulu başkanı, finans departmanı yöneticisi, operasyon departmanı yöneticisi ve satış departmanı yöneticisi olmak üzere 4 kişilik bir jüri taşımacılık türü seçim kararını vermek amacıyla bir araya gelmiştir. Seçim işlemi kara yolu ( $A_1$ ), intermodal kara-hava yolu ( $A_2$ ), intermodal kara-demir yolu ( $A_3$ ), intermodal kara-deniz yolu ( $A_4$ ) ile kombine taşımacılık ( $A_5$ ) gibi söz konusu firmanın yükünü taşıma imkanı olabilen taşıma türleri arasından gerçekleştirilecektir. Geçmişte yapılmış olan çalışmalar incelenerek karar kriterleri ile ilgili bir fikir oluşturulmuştur. Ardından karar verici grubunun bu konudaki fikirleri alınarak taşıma türü seçiminde kullanılacak olan 7 kriter belirlenmiştir.

Uygulamada kullanılan karar kriterleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir:

**1.Maliyet avantajı (C1):** Lojistik maliyetlerinde meydana gelebilecek azalma karlılık üzerinde çok etkilidir. Lojistiğin ana faaliyeti olan taşımacılık toplam lojistik maliyetinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Köfteci ve Gerçek, 2010, s. 5092). Bu nedenle taşımacılık maliyetini azaltmak işletmeler için rekabet avantajı sağlamaktadır. Taşımacılık maliyetini azaltmanın en öncelikli yolu taşıma türünü doğru seçmektir,

Çünkü taşımacılık maliyetleri tercih edilen t re göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, hava yolu taşımacılığının maliyeti daha fazla iken deniz yolu taşımacılığının maliyeti nispeten daha düşüktür.

**2.Taşınan yüke uygunluk (C2):** Yükün sahip olduğu ağırlık, boyut, yoğunluk, ellelenebilirlik, istiflenebilirlik, maddi değer ve benzeri özellikler; bazı taşımacılık türlerini ön plana çıkarırken, bazı taşımacılık türlerini ise arka plana itmektedir (Erdoğan, 2010, s. 78). Her yük her taşıma türü ile taşınamayacağından ötürü taşımacılık türü seçiminde yükün özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

**3.Güvenilirlik (C3):** Yükün sözleşmede belirtilen zamanda, zarar görmeden ulaştırılmasında sağlanan istikrarı ifade etmektedir. Köfteci 2008 yılında yayınlanan doktora tezinde güvenilirlik gibi bazı kriterlerin bazı taşıma operasyonlarında taşımacılık maliyetinden daha önemli olabileceğini belirtmiştir. (Köfteci, 2008, s. 9).

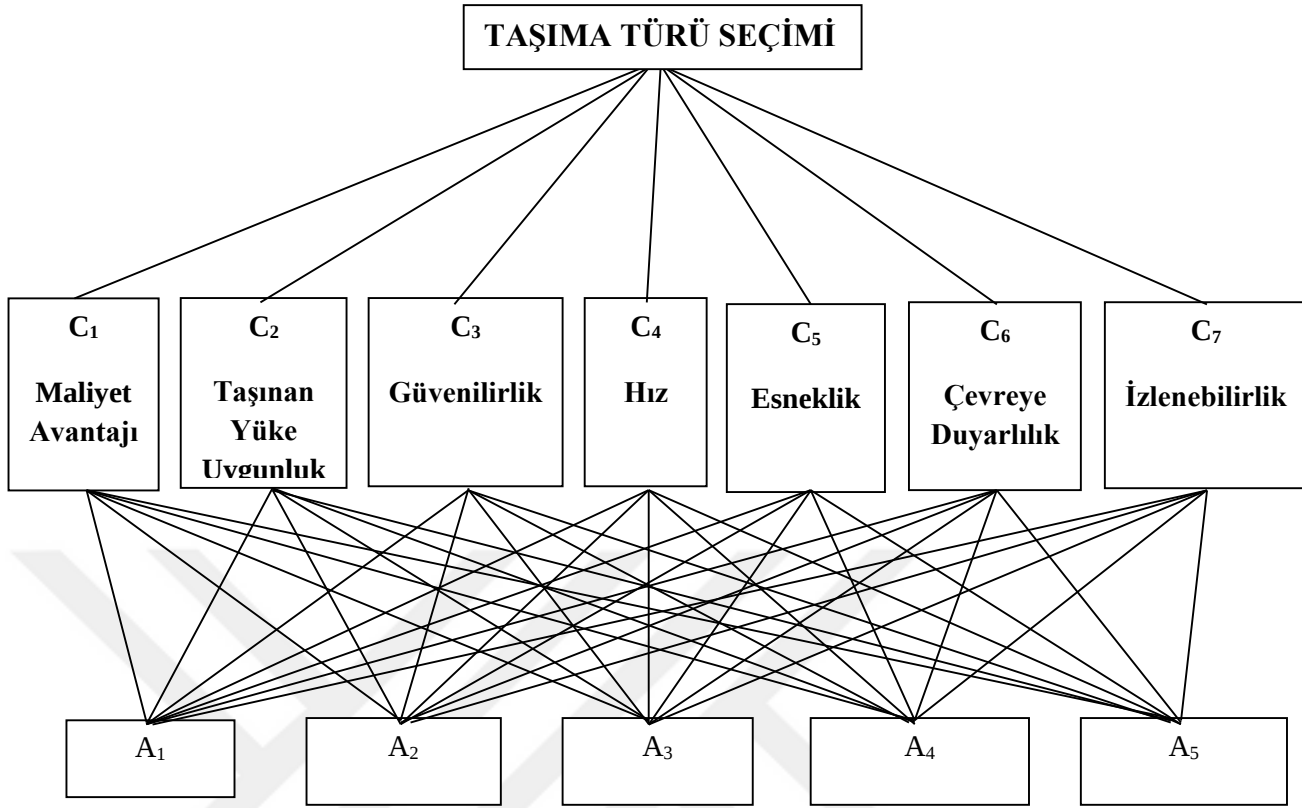
**4.Hız (C4):** Yükün taşınması gereken mesafeyi ne kadar sürede tamamlayacağını belirtmektedir (Küçük Yılmaz, 2019, s. 20). Süre ile hız ters orantılıdır.

**5.Esnelik (C5):** Taşıma türünün esnekliği; farklı ağırlıkta/ebatta ürünlerin taşınma esnekliği, taşınan ürün sayısında esneklik, teslimat noktasında esneklik ve rotada esneklik durumlarını ifade eder. ( nl , 2017, s. 74-75).

**6.Çevreye duyarlılık (C6):** Taşımacılık faaliyeti esnasında canlılara ve doğaya verilebilecek zararı önlemek amacıyla alınan tedbirler çevresel duyarlılık olarak ifade edilmektedir (Dündar ve Kolay, 2021, s. 329).

**7.İzlenebilirlik (C7):** Taşımacılık faaliyetini gerçekleştiren araçların ve taşınan yükün teknolojik sistemler vasıtasıyla takip edilerek izlenmesi anlamını taşımaktadır (etin, 2019, s. 18).

Hiyerarşik yapının doğru saptanması yöntemin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için çok önemlidir. Gerçekleştirilen araştırmalar ışığında karar probleminin hiyerarşik yapısı aşağıdaki gibi saptanmıştır.



**Şekil 2.** Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı

Hiyerarşik yapısı Şekil 2’de gösterilen karar probleminde, aralarında seçim yapılacak taşımacılık türü alternatifleri  $A_i = (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5)$  ve bu seçim sürecinde karar vericilere yardımcı olacak karar kriterleri  $C_i = (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7)$  olarak tayin edilmiştir.

### 3.2.2. Karar kriterlerinin ve karar kriterleri dikkate alınarak alternatiflerin dilsel ifadelerle karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Karar vericilerin en makul seçimi yapması hususunda yol gösterici olan karar kriterlerinin önem ağırlıklarının tayin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle karar vericiler karar kriterlerini en düşük (ED) ve en yüksek (EY) ile ve bu ikisi arasında yer alan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirmektedirler. Yararlanılan dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayı olarak karşılıkları Tablo 1’de yer almaktadır. Karar kriterleri alternatifler arasında seçim yapabilmek hususunda önemli bir role sahiptir. Karar kriterleri göz önünde bulundurularak alternatiflerin

değerlendirilmesinde yararlanılan çok kötü (ÇK) ve çok iyi (Çİ) ile bu ikisi arasında kalan dilsel değişkenler kendilerine karşılık gelen üçgen bulanık sayılar ile Tablo 2’de yer almaktadır.

Karar vericiler Tablo 1’de yer alan dilsel değişkenlerden yararlanarak kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemektedirler. Karar vericilerin dilsel değişkenleri kullanarak karar kriterlerini değerlendirme neticesi Tablo 4’te yer almaktadır. Örneğin ilk karar kriterinin ifade ettiği önemi; birinci, ikinci ve dördüncü karar vericiler çok yüksek, üçüncü karar verici yüksek şeklinde belirtmektedirler.

**Tablo 4.** Karar kriterlerinin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi

| Kriterler | Karar Vericiler |     |     |     |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----|
|           | KV1             | KV2 | KV3 | KV4 |
| C1        | ÇY              | ÇY  | Y   | ÇY  |
| C2        | ÇY              | O   | ÇY  | Y   |
| C3        | ÇY              | O   | ÇY  | ÇY  |
| C4        | Y               | Y   | ÇY  | ÇY  |
| C5        | OY              | O   | ÇY  | ÇY  |
| C6        | Y               | O   | OY  | OY  |
| C7        | ÇY              | O   | ÇY  | ÇY  |

KV<sub>i</sub>: i. Karar Verici, C<sub>j</sub>: j. Karar Kriteri, ÇY: Çok Yüksek, Y: Yüksek, OY: Orta Yüksek, O: Orta,

Değerlendirme neticesinde elde edilen bulgular, çalışmanın ileriki safhalarında yöntemi uygulayabilmek maksadıyla sayısal ifadelere dönüştürülür. Dönüşüm gerçekleştirilirken, dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıklarının yer aldığı Tablo 1’den faydalanılır. Örneğin; karar vericilerden birinin karar kriterini değerlendirirken “Orta” ifadesini kullanması halinde bu ifade üçgen bulanık sayı karşılığı olan (0.3,0.5,0.7) değerine dönüştürülür.

**Tablo 5.** Karar kriterleri için dilsel değişken değerlerinin üçgen bulanık sayılar şeklinde ifadesi

| Kriterler | Karar Vericiler |                 |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | KV1             | KV2             | KV3             | KV4             |
| C1        | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C2        | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.3, 0.5, 0.7) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.7, 0.9, 1.0) |
| C3        | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.3, 0.5, 0.7) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C4        | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C5        | (0.5, 0.7, 0.9) | (0.3, 0.5, 0.7) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C6        | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.3, 0.5, 0.7) | (0.5, 0.7, 0.9) | (0.5, 0.7, 0.9) |
| C7        | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.3, 0.5, 0.7) | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |

KV<sub>i</sub>: i. Karar Verici, C<sub>j</sub>: j. Karar Kriteri

Değerlendirme neticeleri Tablo 5’te üçgen bulanık sayılar ile belirtilmektedir.

Karar vericiler kriterlerin her birini göz önünde bulundurarak taşımacılık türü alternatiflerini değerlendirmektedirler. Karar vericilerin Tablo 2’de yer verilen dilsel değişkenlerden yararlanarak gerçekleştirdikleri değerlendirme neticeleri Tablo 6’da ifade edilmektedir. Örneğin, ilk karar kriteri göz önünde bulundurularak alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında birinci karar verici alternatifleri sırasıyla iyi, çok kötü, orta iyi, çok iyi, iyi şeklinde değerlendirmiştir.

**Tablo 6.** Alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi

| Kriterler | Alternatifler | Karar Vericiler |     |     |     |
|-----------|---------------|-----------------|-----|-----|-----|
|           |               | KV1             | KV2 | KV3 | KV4 |
| C1        | A1            | İ               | oİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A2            | ÇK              | ÇK  | ÇK  | ÇK  |
|           | A3            | oİ              | oİ  | oİ  | oİ  |
|           | A4            | Çİ              | Çİ  | İ   | Çİ  |
|           | A5            | İ               | oİ  | Çİ  | Çİ  |
| C2        | A1            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A2            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A3            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A4            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A5            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
| C3        | A1            | İ               | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A2            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A3            | oİ              | oİ  | oİ  | Çİ  |
|           | A4            | oİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A5            | oİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
| C4        | A1            | İ               | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A2            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A3            | O               | O   | O   | O   |
|           | A4            | O               | O   | O   | O   |
|           | A5            | İ               | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
| C5        | A1            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
|           | A2            | K               | K   | K   | K   |
|           | A3            | K               | K   | K   | K   |
|           | A4            | K               | K   | K   | K   |
|           | A5            | Çİ              | Çİ  | Çİ  | Çİ  |
| C6        | A1            | İ               | Çİ  | İ   | İ   |
|           | A2            | oİ              | oİ  | oİ  | oİ  |
|           | A3            | İ               | İ   | Çİ  | oİ  |
|           | A4            | İ               | Çİ  | Çİ  | İ   |

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
|    | A5 | Çİ | Çİ | Çİ | Çİ |
| C7 | A1 | Çİ | Çİ | Çİ | Çİ |
|    | A2 | Çİ | Çİ | Çİ | Çİ |
|    | A3 | K  | K  | K  | K  |
|    | A4 | İ  | İ  | İ  | Çİ |
|    | A5 | İ  | İ  | Çİ | Çİ |

KV i: i. Karar Verici, C i: i. Karar Kriteri, A i: i. Alternatif, Çİ: Çok İyi, İ: İyi, Oİ: Orta İyi, O: Orta, K: Kötü, ÇK: Çok Kötü

Değerlendirme neticeleri bulanık karar matrisinin elde edilebilmesine aracılık eden işlemlerde yararlanılmak üzere üçgen bulanık sayılarla ifade edilir. Tablo 2 vasıtasıyla gerçekleştirilen üçgen bulanık sayılara dönüştürme aşamasında örneğin bir karar verici bir karar kriterine göre alternatifi “Çok iyi” olarak değerlendirdiğinde üyelik fonksiyonu olarak (9, 10, 10) değeri verilir. Değerlendirme neticelerinin üçgen bulanık sayılar ile gösterimi Tablo 7’de yer almaktadır.

**Tablo 7.** Alternatiflerin değerlendirme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklinde ifadesi

| Kriterler | Alternatifler | Karar Vericiler |             |             |             |
|-----------|---------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|           |               | KV1             | KV2         | KV3         | KV4         |
| C1        | A1            | (7, 9, 10)      | (5, 7, 9)   | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A2            | (0, 0, 1)       | (0, 0, 1)   | (0, 0, 1)   | (0, 0, 1)   |
|           | A3            | (5, 7, 9)       | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   |
|           | A4            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) |
|           | A5            | (7, 9, 10)      | (5, 7, 9)   | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
| C2        | A1            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A2            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A3            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A4            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A5            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
| C3        | A1            | (7, 9, 10)      | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A2            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A3            | (5, 7, 9)       | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   | (9, 10, 10) |
|           | A4            | (5, 7, 9)       | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A5            | (5, 7, 9)       | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
| C4        | A1            | (7, 9, 10)      | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A2            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|           | A3            | (3, 5, 7)       | (3, 5, 7)   | (3, 5, 7)   | (3, 5, 7)   |
|           | A4            | (3, 5, 7)       | (3, 5, 7)   | (3, 5, 7)   | (3, 5, 7)   |
|           | A5            | (7, 9, 10)      | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
| C5        | A1            | (9, 10, 10)     | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |

|    |    |             |             |             |             |
|----|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|    | A2 | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   |
|    | A3 | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   |
|    | A4 | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   |
|    | A5 | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|    | A1 | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) | (7, 9, 10)  | (7, 9, 10)  |
| C6 | A2 | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   | (5, 7, 9)   |
|    | A3 | (7, 9, 10)  | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) | (5, 7, 9)   |
|    | A4 | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (7, 9, 10)  |
|    | A5 | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|    | A1 | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
| C7 | A2 | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|    | A3 | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   | (0, 1, 3)   |
|    | A4 | (7, 9, 10)  | (7, 9, 10)  | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) |
|    | A5 | (7, 9, 10)  | (7, 9, 10)  | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |
|    | A1 | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) | (9, 10, 10) |

KV<sub>i</sub>: i. karar verici, C<sub>i</sub>: i. karar kriteri, A<sub>i</sub>: i. alternatif

### 3.2.3. Kriterlerin önem derecelerinin saptanması

Tablo 4’te karar vericilerin kriterler için dilsel değişkenlerden yararlanarak gerçekleştirdiği değerlendirmeler yer almaktadır ve bu değerlendirmelerin üçgen bulanık sayılar ile ifadesi Tablo 5’te gösterilmektedir. Karar vericilerin kriterler için gerçekleştirdikleri değerlendirmelerin üçgen bulanık sayı olarak karşılıklarına, (4) numaralı formül her bir kriter için ayrı ayrı uygulanarak her bir kriter için önem ağırlığı bulunur ve Tablo 8 oluşturulur.

Örneğin, Tablo 4’te karar vericiler birinci kriter için “Çok yüksek”, “Çok yüksek”, “Yüksek”, “Çok yüksek” değerlendirmelerinde bulunmuşlardır. Bu dilsel ifadelerin üçgen sayı karşılıkları sırasıyla (0.9, 1.0, 1.0), (0.9, 1.0, 1.0), (0.7, 0.9, 1.0) (0.9, 1.0, 1.0) olarak Tablo 5’te gösterilmektedir. Birinci karar kriterinin önem ağırlığı;

$$\tilde{W}_1 = 1/4[(0.9,1.0,1.0)+(0.9,1.0,1.0)+(0.7,0.9,1.0)+(0.9,1.0,1.0)]$$

$$\tilde{W}_1 = (0.85,0.98,1.00)$$

şeklinde elde edilir.

**Tablo 8.** Kriterlerin önem dereceleri

| Kriterler | Ağırlıklar         |
|-----------|--------------------|
| C1        | (0.85, 0.98, 1.00) |
| C2        | (0.70, 0.85, 0.93) |

|           |                    |
|-----------|--------------------|
| <b>C3</b> | (0.75, 0.88, 0.93) |
| <b>C4</b> | (0.80, 0.95, 1.00) |
| <b>C5</b> | (0.65, 0.80, 0.90) |
| <b>C6</b> | (0.50, 0.70, 0.88) |
| <b>C7</b> | (0.75, 0.88, 0.93) |

C<sub>i</sub>: i. karar kriteri

Tablo 8’de yer alan bilgiler ışığında yedi karar kriteri arasında maliyet avantajı kriterinin diğer karar kriterlerinden daha büyük önem ağırlığını haiz olduğu ve çevreye duyarlılık karar kriterinin diğer karar kriterlerinden daha küçük önem ağırlığını haiz olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.2.4. Bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi

Karar vericilerin kriterleri dikkate alarak her bir alternatifi dilsel değişkenlerle değerlendirdiği Tablo 6’dan yararlanılarak oluşturulan dilsel değerlendirmelerin üçgen bulanık sayı karşılıklarının yer aldığı Tablo 7’den yararlanılarak Bulanık Karar Matrisi meydana getirilir. Kriterlerin her biri tek tek göz önünde bulundurularak alternatifler için karar vericilerin ayrı ayrı yaptıkları değerlendirmelerin (5) numaralı formülden yararlanılarak her karar kriterine göre her alternatif için tek bir değerlendirme haline getirilmesi ile bulanık karar matrisi oluşturulur (Ek A).

Örneğin; karar vericilerin ilk karar kriterini göz önünde bulundurarak birinci alternatif için yaptıkları değerlendirmeler Tablo 6’da iyi, orta iyi, çok iyi, çok iyi şeklinde ifade edilmiştir. İfade edilen bu dilsel değişkenler, önce üçgen bulanık sayılara dönüştürülür, daha sonra (5) numaralı formül yardımıyla A<sub>1</sub> alternatifinin C<sub>1</sub> kriterine göre değerlendirilmesi

$$\tilde{x}_{11} = 1/4[(7,9,10)+(5,7,9)+(9,10,10)+(9,10,10)]$$

$$\tilde{x}_{11} = (7.5,9.0,9.8)$$

şeklinde ifade edilir.

### 3.2.5. Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi

Yöntemin uygulama adımlarına göre Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi (7), (8), (9) numaralı formüllerden yararlanılarak elde edilir. Normalizasyon işlemi kriterin fayda kriteri olup olmamasına göre farklılık göstermektedir. Fayda kriterlerinin her biri için (8) numaralı formül gereği, bulanık karar matrisinde

gösterilen üçgen bulanık sayıların üçüncü bileşenlerinin en büyük değerinin ( $c_j^*$ ), maliyet kriteri için ise (9) numaralı formülde ifade edildiği üzere üçgen bulanık sayıların birinci bileşenlerinin en küçük değerinin ( $a_j^-$ ) kullanılması ile normalize edilir.

Bu çalışmada yalnızca fayda kriterleri yer aldığı için Bulanık Karar Matrisindeki tüm değerler bulunduğu sütunun üçüncü bileşeninde ifade edilen en büyük değere bölünür. Bulanık Karar Matrisi incelendiğinde her bir sütundaki bulanık sayıların üçüncü bileşenlerinin en büyük değerinin 10 olduğu görülmektedir. Bu nedenle normalizasyon işlemini gerçekleştirmek için değerlerin her biri en büyük değer olan 10'a bölünür. Normalizasyon adımı sonrasında ulaşılan Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisindeki değerlerin [0-1] arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir (Ek B).

Örneğin; Bulanık Karar Matrisinde daha önce değinildiği gibi tüm kriterler fayda kriteri olduğu için diğer kriterler gibi C1 kriteri için de sütundaki tüm değerler o sütunun üçüncü bileşenindeki en büyük değer olan 10'a bölünür. A<sub>1</sub> alternatifinin C<sub>1</sub> kriterine göre normalizasyon işlemi (8) numaralı formül yardımıyla hesaplanır.

$$7.5/10=0.75$$

$$9.0/10=0.90$$

9.8/10=0.98 işlemleri sonucu Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi'nde alacağı değer (0.75,0.90,0.98) olarak elde edilir.

### **3.2.6. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin meydana getirilmesi**

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, (10) ve (11) numaralı formüller Normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve Kriterlerin önem ağırlıkları tablosuna uygulanarak oluşturulur.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisini oluşturmak için Normalize edilmiş bulanık karar matrisinde alternatiflerin her biri için kriterlerin aldığı değerler, yer aldıkları sütundaki kriterin önem ağırlığı ile çarpılır. (Ek C).

Örneğin; Normalize edilmiş bulanık karar matrisinde  $C_1$  kriteri için  $A_1$  alternatifinin değeri (0.75,0.90,0.98) olarak belirtilmiştir. (11) numaralı formüle göre önem ağırlığı tablosunda  $C_1$  e karşılık gelen (0.85,0.98,1.00) değeri ile çarpılır ve

$$0.75 \times 0.85 = 0.64$$

$$0.90 \times 0.98 = 0.88$$

$0.98 \times 1.00 = 0.98$  hesabı ile  $A_1$  alternatifinin  $C_1$  kriteri için Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde alacağı değer (0.64,0.88,0.98) olarak elde edilir.

### 3.2.7. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümün saptanması

Bu çalışmada yararlanılan Chen (2000)'in modeli gereği, 7 kriterli karar problemi için  $n = 7$  olduğundan Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ( $A^*$ ) için (12) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm ( $A^-$ ) için (13) numaralı formüller yardımıyla  $A^*$  ve  $A^-$  aşağıdaki gibi belirlenir.

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

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

BPİÇ ve BNİÇ'in her ikisinin de eleman sayısının karar verme probleminde yer alan kriter sayısına eşit olduğu görülmektedir.

### 3.2.8. Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması

Çalışmada yer verilen alternatiflerin Bulanık Pozitif İdeal Çözüm'den (BPİÇ) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm'den (BNİÇ) uzaklıklarının hesaplanması için Vertex Yöntemi olarak isimlendirilen (3) numaralı formülden yararlanılır. Formül gereği BPİÇ'ten olan uzaklık hesaplanırken, (1,1,1) üçgen bulanık sayısı ile Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde her bir alternatifin her bir kriter için mevcut olan değerlerinin sırasıyla;

Farkları alınır,

Elde edilen farkların kareleri ( $^2$ ) alınır,

Bulunan değerler toplanarak 3'e bölünür ve karekökü alınır.

Sonrasında (14) numaralı formül uygulanarak bir alternatifin her bir kriter için bulunan uzaklıkları toplanır ve elde edilen toplam değer o alternatifin BPİÇ'ten olan uzaklığını verir ( $d_i^*$ ).

Alternatifin BNİÇ'ten uzaklığının ( $d_i^-$ ) hesaplanması için ise, (0,0,0) üçgen bulanık sayısı ile Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde bulunan değerlerin farkları alınır ve yine vertex yöntemi gereği sırasıyla uygulanması gereken adımlar, BPİÇ'ten uzaklığın hesaplanması için uygulanan adımlara benzer şekilde takip edilir. Son adımda (15) numaralı formülden yararlanılarak, BPİÇ'ten uzaklığın hesaplanmasında da gerçekleştirildiği üzere her alternatif için tüm kriterlerin ayrı ayrı BNİÇ'ten olan uzaklıkları toplanır ve elde edilen toplam değer o alternatifin BNİÇ'ten olan uzaklığını verir (Chen, 2000, s. 6).

Her bir alternatifin her bir kriter için aldığı değer BPİÇ'ten uzaklığı Tablo 9'da bulunmaktadır.

**Tablo 9.** Her kriter için  $A_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) ve  $A^*$  arasındaki uzaklık

| Kriterler | $d(A_1, A^*)$ | $d(A_2, A^*)$ | $d(A_3, A^*)$ | $d(A_4, A^*)$ | $d(A_5, A^*)$ |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| C1        | 0.2194        | 0.9678        | 0.3790        | 0.1633        | 0.2194        |
| C2        | 0.2340        | 0.2340        | 0.2340        | 0.2340        | 0.2340        |
| C3        | 0.2266        | 0.2014        | 0.3734        | 0.2585        | 0.2585        |
| C4        | 0.1891        | 0.1642        | 0.5592        | 0.5592        | 0.1891        |
| C5        | 0.2696        | 0.8906        | 0.8906        | 0.8906        | 0.2696        |
| C6        | 0.4169        | 0.5375        | 0.4422        | 0.4014        | 0.3683        |
| C7        | 0.2014        | 0.2014        | 0.8844        | 0.2774        | 0.2520        |

**Tablo 10.** Her kriter için  $A_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ ) ve  $A^-$  arasındaki uzaklık

| Kriterler | $d(A_1, A^-)$ | $d(A_2, A^-)$ | $d(A_3, A^-)$ | $d(A_4, A^-)$ | $d(A_5, A^-)$ |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| C1        | 0.8455        | 0.0577        | 0.7002        | 0.9018        | 0.8455        |
| C2        | 0.8133        | 0.8133        | 0.8133        | 0.8133        | 0.8133        |
| C3        | 0.8194        | 0.8370        | 0.6876        | 0.7875        | 0.7875        |
| C4        | 0.8808        | 0.8983        | 0.5092        | 0.5092        | 0.8808        |
| C5        | 0.7742        | 0.1626        | 0.1626        | 0.1626        | 0.7742        |
| C6        | 0.6687        | 0.5558        | 0.6446        | 0.6790        | 0.6993        |
| C7        | 0.8370        | 0.8370        | 0.1698        | 0.7855        | 0.8022        |

Tablo 9'da alternatiflerin yer aldığı her bir sütundaki değerlerin toplamı, o sütunda bulunan alternatifin BPİÇ'ten uzaklığını gösterir. Tablo 10'da her bir sütundaki değerlerin toplamı o sütunda bulunan alternatifin BNİÇ'ten uzaklığını gösterir.

Alternatiflerin BPİÇ'ten uzaklıkları bulunurken birinci alternatif için Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde tüm kriterlerin (1,1,1)'e uzaklıkları ayrı ayrı hesaplanır (Tablo 9). Elde edilen değerlerin toplanması ile birinci alternatifin BPİÇ'ten uzaklığı bulunur ( $d_1^*$ ). Aynı işlem çalışmada yer alan 5 alternatif için uygulanarak, alternatiflerin her birinin BPİÇ'ten uzaklık değerleri elde edilir.

Alternatiflerin BNİÇ'ten uzaklıkları bulunurken, BPİÇ'ten uzaklık değerleri elde edilmesi için gerekli işlemler yapılır. Farklı olarak Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki değerlerin (0,0,0)'a uzaklıkları hesaplanır. Alternatiflerin her biri için, o alternatifin değerlendirildiği kriter sütununda bulunan değerlerin ayrı ayrı BNİÇ'ten uzaklıkları hesaplanır ve toplanır. Elde edilen değer o alternatifin BNİÇ'ten uzaklığını ifade eder ( $d_i^-$ ).

$$\begin{aligned}
 d_1^* &= \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.64)^2 + (1 - 0.88)^2 + (1 - 0.98)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.63)^2 + (1 - 0.85)^2 + (1 - 0.93)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.64)^2 + (1 - 0.86)^2 + (1 - 0.93)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.68)^2 + (1 - 0.93)^2 + (1 - 1.00)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.59)^2 + (1 - 0.80)^2 + (1 - 0.90)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.38)^2 + (1 - 0.65)^2 + (1 - 0.88)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.68)^2 + (1 - 0.88)^2 + (1 - 0.93)^2]} \\
 &= 1.7570 \text{ (Tablo 11)}
 \end{aligned}$$

$$d_1^- = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.64)^2 + (0 - 0.88)^2 + (0 - 0.98)^2]}$$

$$\begin{aligned}
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.63)^2 + (0 - 0.85)^2 + (0 - 0.93)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.64)^2 + (0 - 0.86)^2 + (0 - 0.93)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.68)^2 + (0 - 0.93)^2 + (0 - 1.00)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.59)^2 + (0 - 0.80)^2 + (0 - 0.90)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.38)^2 + (0 - 0.65)^2 + (0 - 0.88)^2]} \\
& + \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.68)^2 + (0 - 0.88)^2 + (0 - 0.93)^2]} \\
& = 5.6389 \text{ (Tablo 11)}
\end{aligned}$$

Alternatiflerin BPİÇ ve BNİÇ'ten olan uzaklıkları Tablo 11'de gösterilmiştir.

**Tablo 11.** Alternatiflerin  $d_i^*$  ve  $d_i^-$  değerleri

| Alternatifler | $d_i^*$ | $d_i^-$ |
|---------------|---------|---------|
| A1            | 1.7570  | 5.6389  |
| A2            | 3.1969  | 4.1617  |
| A3            | 3.7628  | 3.6873  |
| A4            | 2.7844  | 4.6389  |
| A5            | 1.7909  | 5.6028  |

A<sub>i</sub>: i. alternatif,  $d_i^*$ : i. alternatifin BPİÇ'ten uzaklığı,  $d_i^-$ : i. alternatifin BNİÇ'ten uzaklığı

### 3.2.9. Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Tercih sıralamasının oluşmasında kullanılmak üzere, her bir alternatif için yakınlık katsayıları, her alternatifin kendine ait BPİÇ ve BNİÇ'ten uzaklık değerleri

aşağıda görüldüğü gibi (16) numaralı formülde uygun yerlere yerleştirilerek hesaplamaların yapılmasıyla belirlenir.

$$CC_1: 5.6389/(1.7570+5.6389)$$

$$CC_1: 0.7624$$

$$CC_2: 4.1617/(3.1969+4.1617)$$

$$CC_2: 0.5656$$

$$CC_3: 3.6873/(3.7628+3.6873)$$

$$CC_3: 0.4949$$

$$CC_4: 4.6389/(2.7844+4.6389)$$

$$CC_4: 0.6249$$

$$CC_5: 5.6028/(1.7909+5.6028)$$

$$CC_5: 0.7578 \quad \text{şeklinde elde edilir.}$$

### 3.2.10. Alternatiflerin sıralanmasının yapılması

Yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe doğru sıralanması ile alternatifler arasında tercih sıralaması yapılmış olur. Yakınlık katsayılarının sıralaması  $CC_1 > CC_5 > CC_4 > CC_2 > CC_3$  olarak elde edildiğinden alternatifler arasında gerçekleşecek tercihte en öncelikli alternatifin  $A_1$  olduğu ve birinci alternatifi sırasıyla  $A_5, A_4, A_2, A_3$  alternatiflerinin takip ettiği saptanır.

**Tablo 12.** Alternatiflerin yakınlık katsayıları ve sıralamaları tablosu

| Alternatifler | CC <sub>i</sub> | Sıralama |
|---------------|-----------------|----------|
| A1            | 0.7624          | 1        |

|           |        |   |
|-----------|--------|---|
| <b>A2</b> | 0.5656 | 4 |
| <b>A3</b> | 0.5355 | 5 |
| <b>A4</b> | 0.6249 | 3 |
| <b>A5</b> | 0.7578 | 2 |

$A_i$ : i. alternatif,  $CC_i$  : i. alternatifin yakınlık katsayısı



## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojide yaşanan gelişmeler; iletişim kurma, reklam verme, sektör ve işleyiş hakkında bilgi edinme gibi işlemleri kolaylaştırmış olup bu işlemleri kolaylıkla gerçekleştirebilmek hem girişimciler hem de farklı pazarlara açılmayı düşünen mevcut işletmeler için ilham kaynağı olmuştur. Rekabetin artması ile işletmelerin varlığını sürdürebilmesi arasındaki negatif korelasyon dikkate alındığında, günümüzde yöneticilerin gerekli analizleri gerçekleştirerek işletmeleri adına doğru kararlar vermesi kaçınılmazdır. Ürün üreten bir işletme için bu kararların içerisinde en önemli olanlardan bir tanesi de lojistik hizmeti eğer dışarıdan sağlanacaksa hangi lojistik hizmet üretici firma ile çalışılacağıdır. Çünkü böyle bir durumda sadece ana işletme içerisindeki işleyişin başarısı yeterli olmamaktadır, işletmenin faaliyeti için gerekli hammaddeyi zamanında temin etmesi ve üretimi gerçekleştirerek ürünü kalitesi bozulmadan istenilen zamanda ve yerde müşteriye teslim etmesi de gerekmektedir. Tüm bu gereklilikler göz önünde bulundurulduğunda lojistiğin ana faaliyet alanı olan taşımacılık faaliyetini işletme kendi bünyesinde gerçekleştirdiğinde de bu hizmeti dışarıdan sağladığında da taşımacılık türü seçimi kararının önemi yadsınamaz. İşletmenin başarılı olabilmesi için taşımacılık faaliyetini doğru bir şekilde yapması birçok açıdan çok önemlidir. Taşımacılık faaliyetini doğru bir şekilde yapabilmek için alınması gereken kararlardan en öncelikli olan karar ise taşımacılık türü seçim kararıdır.

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan bir lojistik hizmet üretici firmanın, İtalya'dan Bilecik iline gerçekleştireceği ithalat işleminde tercih edilecek taşımacılık türü için kara yolu ( $A_1$ ), intermodal kara-hava yolu ( $A_2$ ), intermodal kara-demir yolu ( $A_3$ ), intermodal kara-deniz yolu ( $A_4$ ) ve kombine taşımacılık ( $A_5$ ) alternatifleri arasında seçim kararı alınmaya çalışılmıştır. Bu karar birden çok karar vericinin oluşturduğu bir grup tarafından, birden fazla karar kriteri göz önünde bulundurularak verilmesi gereken karar vericilerin sözel ifadelerine dayanan bir karar olduğundan ÇKKV yöntemlerinden biri olan BTOPSIS yönteminden yararlanılarak alınmıştır.

Taşımacılık temelde unimodal taşımacılık ve multimodal taşımacılık olarak ikiye ayrılmaktadır. Unimodal taşımacılık taşımacılık faaliyeti esnasında tek taşıma türünden yararlanılmasını ifade etmektedir ve çalışmada; kara yolu, hava yolu, deniz

yolu ve demir yolu başlıkları altında incelenmiştir. Kara yolu taşımacılığını diğer taşımacılık türlerinden ayıran en belirgin özelliği kapıdan kapıya hizmet olanağı sağlamasıdır. Hava yolu taşımacılığının ağır olmayan, maddi değeri yüksek ve hızlı ulaştırılması gereken yüklerin taşınması için uygundur. Deniz yolu taşımacılığı yüksek hacme ve miktara sahip yüklerin uzun mesafe taşınmasına elverişlidir. Demir yolu taşımacılığı ise kara yolu trafik yükünü hafifletmektedir ve çevre dostudur. Multimodal taşımacılık en az iki taşımacılık türünün bir arada kullanılmasını ifade eder, intermodal taşımacılık ve kombine taşımacılık başlıkları altında incelenir. Intermodal taşımacılık yükün içerisinde bulunduğu konteyner veya kap ile bir taşıma türünden başka taşıma türüne aktarılmasını ifade eder. Intermodal taşımacılıkta yük elleçlenmez ancak yükün içinde bulunduğu konteyner veya kap elleçlenir; hız, maliyet ve güvenlik optimizasyonu sağlar. Kombine taşımacılık, yükün taşındığı araç ile birlikte başka bir taşımacılık türüne ait araca aktarılması ile gerçekleştirilir. Kombine taşımacılık daha az maliyet ile çevre dostu çözümler sunmaktadır.

Üç bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde taşımacılık kavramı ve taşımacılık türleri incelenmiş sonrasında taşımacılık türleri karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Birinci bölümün sonunda daha önce taşımacılık türü seçimi ile ilgili literatürde bulunan çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde ise uygulamanın daha iyi anlaşılabilmesi için, bulanık mantık ve bulanık sayılar için kavramsal çerçeve çizilmiştir ve çalışmada kullanılan bulanık TOPSIS yöntemi ile ilgili bilgiler verilerek uygulama adımları ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise uygulamanın yapıldığı lojistik firmasının taşımacılık türü seçimi probleminin çözümünde BTOPSIS yönteminin uygulama adımları sırasıyla örneklendirilerek anlatılmıştır.

Taşımacılık türü seçimi probleminin çözümünde BTOPSIS yöntemi gereği oluşturulan jüride; yönetim kurulu başkanı, finans departmanı yöneticisi, operasyon departmanı yöneticisi ve satış departmanı yöneticisi olmak üzere dört karar verici yer almıştır. Yapılan literatür araştırması ve jüri üyelerinin görüşleri neticesinde; maliyet avantajı, taşınan yüke uygunluk, güvenilirlik, hız, esneklik, çevreye duyarlılık ve izlenebilirlik olmak üzere yedi karar kriteri saptanmıştır. İlk olarak karar vericiler tarafından karar kriterleri çok yüksek, yüksek, orta yüksek, orta, orta düşük gibi dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir; sonrasında bu kriterler göz önünde

bulundurularak her bir alternatif için çok iyi, iyi, orta iyi, orta kötü, kötü, çok kötü gibi dilsel değişkenlerle değerlendirmede bulunulmuştur. İkinci bölümde belirtilen dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları tablolarından yararlanılarak karar vericilerin ifade ettiği dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları elde edilmiştir. Her bir kriter için önem ağırlığı hesaplanmıştır, bu özellik BTOPSIS yönteminin haiz olduğu en mühim özelliklerden bir tanesidir. Bu sayede değerlendirme daha duyarlı bir şekilde daha emin sonuçlarla gerçekleştirilmektedir.

Karar vericilerin kriterler için gerçekleştirdiği değerlendirmeler ışığında kriterlerin önem ağırlıkları sıralaması; maliyet avantajı, hız, güvenilirlik, izlenebilirlik, taşınan yüke uygunluk, esneklik ve çevreye duyarlılık olarak belirlenmiştir. Bir diğer ifadeyle; bu çalışmada karar vericiler için taşımacılık türü seçiminde en önemli kriter maliyet avantajı iken ikinci önemli kriter hız olmuştur, güvenilirlik ve izlenebilirlik kriterleri eşit derecede öneme sahip iken ve bu kriterleri sırasıyla taşınan yüke uygunluk, esneklik ve çevreye duyarlılık kriterleri takip etmiştir. Daha sonra her bir kriter göz önünde bulundurularak alternatifler değerlendirilmiştir. Karar vericiler aracılığıyla elde edilen sözel değerler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek yöntemin adımları uygulandığında alternatiflerin her biri için yakınlık katsayısı değerleri elde edilmiştir. Böylece alternatifler en yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatiften başlanarak en düşük yakınlık katsayısına sahip alternatife doğru sıralanmıştır.

Uygulama sonucunda beş alternatif arasından kara yolu taşımacılığı ( $A_1$ ) alternatifi, en yüksek yakınlık katsayısına sahip olduğundan lojistik hizmet üretici işletme için en uygun taşımacılık türü olarak belirlenmiştir. Kara yolu alternatifinden sonra en uygun alternatiflerin sırasıyla; kombine taşımacılık ( $A_5$ ), intermodal kara-deniz yolu taşımacılığı ( $A_4$ ), intermodal kara-hava yolu taşımacılığı ( $A_2$ ) ve intermodal kara-demir yolu taşımacılığı ( $A_3$ ) olduğu saptanmıştır.  $A_1$  ile  $A_5$  alternatiflerinin yakınlık katsayılarının birbirine çok yakın olması karar vermenin zorluğunu bir kere daha göstermiş ve bu önemli karar verilirken bilimsel bir yöntem gerekliliğine dikkat çekmiştir. ÇKKV tekniklerinden BTOPSIS vasıtasıyla meydana gelebilecek fikir ayrılıklarının önüne geçilmiş ve gerekli işlem adımları takip edilerek en uygun alternatif önerilmiştir.

Bulgular Tablo 3’te yer alan alternatif kabul koşullarına göre incelendiğinde; A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>, ve A<sub>4</sub> alternatifleri için “Kabul edilir”; A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub> alternatifleri için ise “Düşük risk ile tavsiye edilebilir” değerlendirilmesine ulaşılmıştır.

Yöntemin uygulanmasında karar vericilerin yetkili kişiler arasından doğru bir şekilde belirlenmesi ve kriterlerin en doğru şekilde tayin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Karar verici, alternatif ve kriter sayılarının artması daha uygun olan sonuca daha çok yaklaşılmasını sağlayabilir ancak aynı zamanda yöntemin uygulanmasını güçleştirebilir. Bu güçlüğü önüne geçmek amacıyla yazılımlar kullanılabilir ve BTOPSIS yönteminden birçok kriterin etkili olduğu, birçok alternatif arasından seçim ve değerlendirme yapılması gereken her karar verme probleminin çözümünde sektörlerin tümünde yararlanılabilir.

Taşımacılık türü seçim kararının sahip olduğu kritik önem işletmeler tarafından göz ardı edilerek günlük hayatın akışında verilen çoğu karar gibi bu karar da çoğu zaman sezgisel yöntemlerle verilmektedir. Bu çalışmada taşımacılık türü seçimi kararının işletmeler için önemi üzerinde durulmuş ve işletmeler için kullanışlı ÇKKV tekniklerinden biri olan BTOPSIS yöntemi önerilmiştir. Bu sayede önemli kararların alınmasında bilimsel bir yöntem olan BTOPSIS yönteminin daha geniş kitlelerce tanınıp kullanılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Akay, D. (2016). *Uluslararası lojistikte taşıma modu seçimini etkileyen faktörler Türkiye uygulaması ve bir model önerisi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Akkartal, G. R. (2021). Uluslararası denizyolu taşımacılığında yaşanan tehditler ve çözüm önerileri. *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(2), 210-222.
- Akoğlu, B., ve Fidan, Y. (2020). Dünyada hava kargo taşımacılığı pazarı ve Türkiye'nin yeri. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 4(1), 30-51.
- Aldın, H., Çetinkaya, V., ve Deveci, D. A. (2015, Mayıs). *Türkiye-Avrupa ulaştırma koridorunda çoklu taşımacılık maliyetleri ve taşıma türü seçimi*. 11. Ulaştırma kongresi, İstanbul.
- Arencibia, A. I., Feo-Valero, M., García-Menéndez, L. ve Román, C. (2015). Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75, 252-267.
- Arslanhan, H., ve Tosun, Ö. (2020). Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünleşik en iyi-en kötü ve WASPAS yöntemleriyle çözülmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 13-23.
- Artık, E. (2022). *Fiyat algılamasının müşteri sadakatine etkisi: havayolu kargo taşımacılığı üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Ay, S., ve Erel, A. (2005, Mayıs). *Yük taşımacılığında tür tercihi ve karar değişkenleri*. 6. Ulaştırma kongresi, İstanbul.
- Aydın, R. (2019). *Çok kriterli karar verme teknikleriyle bir lojistik şirketine taşıma türünün değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Aydın, U., ve Atak, Ü. (2020). Yük taşımacılığı için bulanık EDAS yöntemi ile taşıma modu seçimi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(1), 25-33.
- Balbaş, O., ve Turan, E. (2019). Tersanelerde inşa edilecek gemi tipinin belirlenmesinde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin uygulanması. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (215), 93-111.
- Bandemer, H., ve Gottwald S. (1995). Fuzzy sets, fuzzy logic, fuzzy methods with applications. England: John Wiley & Sons Publications.
- Bayazıt Bedirhandoğlu, Ş., ve Atlas, M. (2023). Nötrosofik bulanık çok amaçlı optimizasyon tekniği ve tekstil üretim planında uygulaması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(4), 1363-1392.

- Bayraktutan, Y., ve Özbilgin, M. (2013). Türkiye’de iller düzeyinde karayolu yük trafiği dağılımının analizi. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 17(2), 81-92.
- Bayraktutan, Y., ve Özbilgin, M. (2015). Uluslararası ve yurtiçi ticarete taşıma türlerinin payı: Bir analitik hiyerarşi prosesi (AHP) uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi SBE Dergisi*, 6(2), 405-436.
- Bilginer, N., Kayabaşı, A., ve Sezici, E. (2008). Lojistik faaliyetlerin süreçsel etkinliğine etki eden faktörlerin değerlendirilmesi üzerine ampirik bir çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (22), 1-21.
- Bingöllü, M. K. (2012). *Bulanık TOPSIS yönteminin bir kamu hastanesinde iç kaynaklardan hemşire seçimine uygulanması* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Bolis, S., ve Maggi, R. (2003). Logistics strategy and transport service choices: An adaptive stated preference experiment. *Growth and Change*, 34(4), 490- 504.
- Chen, C. T. (2001). A fuzzy approach to select the location of the distribution center. *Fuzzy Sets and Systems*, 118(5), 65-73.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Chen, C. T., Lin, C. T., ve Huang S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289-301.
- Cullinane, K., ve Toy, N. (2000). Identifying Influential Attributes in Freight Route/Mode Choice Decisions: A Content Analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36(1), 41- 53.
- Çelik, D. S. (2017). Havayolu taşımacılığı endüstrisi ve ekonomik etkileri. *The Journal of International Scientific Researches*, 2(8), 82-89.
- Çelikkanat Filiz, S. (2014). *Bulanık hedef programlama yaklaşımının araç rotalama problemine uygulanması* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Çetin, H. (2019). *Karayolu taşımacılığında izlenebilirlik üzerine bir uygulama* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Dağdeviren, M., Yavuz, S., ve Kılınç, N. (2009). Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8143-8151.
- Danışan, T., Gümüş, G., Ercan, Z., Güven, E., ve Eren, T. (2022). Türkiye’de aşı taşıma sisteminde AHP ve TOPSIS yöntemleri ile taşıma türü seçimi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36), 47-58.

- Demir, H. H. (2010). *İmalat sektöründe bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi seçimi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Demirtaş, F. (2020). Uluslararası lojistikte temel kavramlar. Şanlıurfa: Akademisyen Yayınevi.
- Deveci, D. A., ve Çavuşoğlu, D. (2013). İntermodal demiryolu taşımacılığı: Türkiye için fırsatlar ve tehditler. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(1), 93-120.
- Develi, E. İ. (2021). Lojistik türlerinden denizyolu taşımacılığı ve Türkiye pazarı özelinde bir durum (GZFT) analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(42), 1640-1661.
- Doğan, Z., ve Beller Dikmen, B. (2018). Türkiye'deki ulaştırma sektörü ve ulaştırma türlerinin karşılaştırılması. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(56), 758-770.
- Doludeniz, A. E. (2016). Demiryolu işletmeciliği rekabet modellerinin Türkiye'ye uyarlanması üzerine bir çalışma. *PressAcademia Procedia*, 2(1), 715-722.
- Dündar, A. O., ve Kolay, A. (2021). Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 317-334.
- Ecer, F. (2006). Bulanık ortamlarda grup kararı vermeye yardımcı bir yöntem: Fuzzy TOPSIS ve bir uygulama. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2), 77-96.
- Ecer, F. (2008). Grup kararı vermede yararlanılan farklı fuzzy TOPSIS yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(2), 229-241.
- Ecer, F. (2007). Satış elemanı adaylarının değerlendirilmesine ve seçimine yönelik yeni bir yaklaşım: Fuzzy TOPSIS. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 187-204.
- Eleren, A. (2007). Kuruluş yeri seçiminin fuzzy topsis yöntemi ile belirlenmesi: Deri sektörü örneği. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 7(13), 280-295.
- Elmas, G. (2022). Bulanık TOPSIS yöntemi ile personel seçimi: Bir freight forwarder şirketinde uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 595-602.
- Erdemir, N., Öztürk, F., ve Kaya, G. K. (2022). Kamu personeli performans değerlendirmesi için entegre karar destek modeli: AHP ve bulanık TOPSIS kullanımı. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University/Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(4), 1809-1821.
- Erdin, C. (2019). Bulanık topsis yöntemiyle yönetici seçimi. *Yıldız Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 37-50.

- Erdoğan, E. (2010). *Demiryolu taşımacılığı seçimini etkileyen kriterlerin analitik hiyerarşi proses yöntemiyle belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Erdoğan, H. T. (2016). Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 187-215.
- Erdoğan, M., ve Ercoşkun, Ö. Y. (2021). Artvin Rize Havalimanı'nın ulaşım ve çevreye etkileri. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(1), 250-267.
- Erkayman, B. (2007). *Lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Esen, T. E. Ç., ve Çırpın, B. K. (2022). Bir hizmet işletmesinin kuruluş yeri seçiminde bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması. *Ardahan Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 18-33.
- Ertuğrul, İ. (1996). *Bulanık mantık ve bir üretim planlamasında uygulama örneği* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Güler, E., Avcı, S., Alkan, A., ve Aladağ, S. (2018). Ar-ge projelerinin seçim sürecinde bulanık topsis yaklaşımı: Bir üretim işletmesi örneği. *Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 2(6), 1–11.
- Gülsün, B., ve Erdoğan, K. N. (2021). Bankacılık sektöründe bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile finansal performans değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 1-15.
- Gülsün, B., ve Erkayman, B. (2018). Lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesi: Bir kombine taşımacılık örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(2), 37-51.
- Gürsoy, M. (2005). Taşıma türü seçimi için karar destekleyici bir yöntem. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 137-151.
- Hwang, C. L., ve Yoon, K. (1981). Methods for Multiple Attribute Decision Making, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and applications a state of-the-art survey*, 58-191.
- İç, Y. T., ve Yurdakul, M. (2008). Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan makine-ekipman seçim çalışmalarında bulanıklığın sonuçlara etkisinin incelenmesi. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 125-140.
- İnaç, H., ve Tanyaş, M. (2012, Mayıs). *İstanbul' un kentsel lojistik analizi ve çözüm önerilerinin AHP ile değerlendirilmesi*. Ulusal lojistik ve tedarik zinciri kongresi, Konya.
- Janarthanan, R., Balamurali, R., Annapoorani, A., ve Vimala, V. (2021). Prediction of rainfall using fuzzy logic. *Materials Today: Proceedings*, 37, 959-963.

- Junior, I. C. L., ve Márcio de Almeida, D. A. (2011). Modal choice for transportation of hazardous materials: The case of land modes of transport of bio-ethanol in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 19(2), 229- 240.
- Kaptanoğlu, D., ve Özok, A. F. (2006). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. *İTÜ Dergisi/d mühendislik*, 5(1), 193-204.
- Karataş, İ. (2018). Bulanık mantık ile klasik ve sembolik mantık ilişkisi (karşılaştırılması). *European Journal of Educational & Social Science*, 3(2), 144-163.
- Karcioğlu, R., ve Yalçın, S. (2022). Sezgisel bulanık TOPSİS yöntemiyle portföy seçimi: Borsa İstanbul'da bir uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (94), 151-184.
- Katrancı, A., ve Kundakcı, N. (2020). SWARA temelli bulanık COPRAS yöntemi ile soğuk hava deposu seçimi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 63-80.
- Kiraz, A., Genç, N., Taş, M., ve Teke, Ç. (2018). Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile Sakarya ilinin yatırım öncelikli sektörlerinin belirlenmesi. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 53-66.
- Kleyle, R., Korvin, A. D., ve Karim, K. (1997). Investing in New Companies in an Unstable Economic Environment: A Fuzzy Set Approach. *Managerial Finance*, 23 (6), 68-80.
- Korkmazıyrek, Y., ve Aktaş, M. (2017). Sanal lojistik organizasyonlar için kritik başarı faktörleri. *Toros Üniversitesi İİSBF Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), 49-71.
- Köfteci, S. (2008). *Bir kara ulaştırma koridorunda yük taşımacılığı tür seçiminin lojistik maliyete göre modellenmesi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Köfteci, S., ve Gerçek, H. (2010). Yük taşımacılığında taşıma türü seçimi için lojistik maliyetlere dayalı ikili lojit model. *İMO Teknik Dergi*, 21(103), 5087-5112.
- Kumru, M., ve Kumru, P. Y. (2014). Analytic hierarchy process application in selecting the mode of transport for a logistics company. *Journal of Advanced Transportation*, 48(8), 974-999.
- Kundu, P., Kar, S., ve Maiti, M. (2017). A fuzzy multi-criteria group decision making based on ranking interval type-2 fuzzy variables and an application to transportation mode selection problem. *Soft Computing*, 21(11), 3051– 3062.
- Küçük Yılmaz, A. (2019). Hava taşımacılığı. Eskişehir: T. C. Anadolu Üniversitesi Yayını.

- Loetveit Pedersen, E., ve Gray, R. (1998). The transport selection criteria of Norwegian exporters. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(2), 108- 120.
- Mahapatra, S., ve Mahapatra, S. S. (2009). A fuzzy multi-criteria decision making approach for supplier selection in supply chain management. *African Journal Of Business Management*, 3(4), 168-177.
- Oğuz, İ. H., ve Oğuz, D. (2019). Türkiye ekonomisinde lojistik. *Uluslararası İşletme ve Ekonomi Çalışmaları Dergisi*, 1(2), 65-74.
- Onat, A., ve Kaçtıoğlu, S. (2020). Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi: Perakende sektöründe bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(37), 65-79.
- Ögel, S., ve Nuryyev, K. (2021). Borsa İstanbul’da işlem gören savunma sanayi şirketlerinin bulanık TOPSIS yöntemi ile finansal performans analizi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 9(1), 307-326.
- Özçakar, N., ve Demir, H. H. (2011). Bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 22(69), 25-44.
- Özçifçi, V., ve Arsu, T. (2013). Lojistik servis sağlayıcısı seçiminde AHP uygulaması. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 5(1), s. 524-536.
- Özdemir, B., ve Keçeci, B. (2017). OSSA gurubu üyesi bir tasarım firmasında kalite süreçleri dikkate alınarak ERP yazılımı seçimi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 15(2), 47-57.
- Özdemir, O., ve Kalıncara, Y. (2020). Bulanık mantık: 2000-2020 yılları arası tez ve makale çalışmalarına yönelik bir içerik analizi. *Acta Infologica*, 4(2), 155-174.
- Özen, M., ve Borat, O. (2020). Otomotiv yan sanayi sektöründe Tedarikçi seçiminde AHP, bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yaklaşımı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(38), 152-171.
- Özoğlu, B., ve Demirci, S. B. (2021). Türkiye’de karayolu taşımacılığının değerlendirilmesi: Bir literatür taraması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(2), 670-687.
- Öztürk, A., Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N. (2008). Nakliye firması seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 25(2), 785-824.
- Pala, O. (2022). BIST sigorta endeksinde CRITIC ve MULTIMOOSRAL tekniklerine dayalı finansal analiz. *İzmir İktisat Dergisi*, 37(1), 218-235.
- Peker, S. ve Nasibov, E. (2019). Tip II genelleştirilmiş çan şekilli bulanık sayısının tip II parametrik yamuk bulanık sayı yakınsanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 163-169.

- Qu, L., ve Chen, Y. (2008). *A hybrid MCDM Method for route selection of multimodal transportation network*. International Symposium on Neural Networks, Springer Berlin Heidelberg.
- Rilett, L. R., ve Park, D. (2001). Incorporating uncertainty and multiple objectives in real-time route selection. *Journal of Transportation Engineering*, 127(6), 531-539.
- Rodrigue, J. P. (2017). Maritime transport. USA: International Encyclopedia of Geography.
- Sanca, M., Artun, H., ve Okur, M. (2022). Fen eğitiminde bulanık mantık uygulamaları neden kullanılmalıdır?. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi*, 6(1), 130-144.
- Sarıkaya, K. (2019). Araştırma üretkenliğine dayalı olarak bulanık TOPSIS yöntemi ile akademik personel seçimi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 8(3), 167-179.
- Sarılgan, A. E. (2007). *Bölgesel havayolu taşımacılığı ve Türkiye’de bölgesel havayolu taşımacılığının geliştirilmesi için yapılması gerekenler* (Doktora tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Saygılı, M. S. (2014). Intermodal taşımacılığın maliyet avantajları: Karayolu-denizyolu entegrasyonu üzerine bir araştırma. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 11(41), 203-214.
- Saygılı, Z. (2023). Ulaştırma sektöründe havayolu taşımacılığının alternatif ulaştırma yollarıyla mukayesesi. *International Social Sciences Studies Journal*, 9(112), 7394-7405.
- Seçme, G. (2022). Firma performans değerlendirmesine çok kriterli yaklaşım: Bankacılık sektörü üzerine bir uygulama. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 457-480.
- Smith, J. M. (2002). Logistics and the out-bound supply chain. Londra: Routledge.
- Şahbaz, R. P., ve Yüksel, S. (2008). Türkiye’de ulaştırma aracı seçiminde etkili olan etkenler ve demiryollarının rekabet edilebilirliği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(25), 197- 211.
- Şahin, B., ve Tektaş, N. (2021). Havacılıkta SWOT analizi: Türkiye için durum değerlendirmesi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi*, 4(1), 87-98.
- Şen, Z. (2001). Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri. İstanbul: Bilge Kültür Sanat.
- Şen, Z. (2004). Mühendislikte bulanık (fuzzy) mantık ile modelleme prensipleri. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Şenol, H. (1999). *Bulanık mantık temelli kayan kipli denetim* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.

- Takım, A., ve Ersungur, Ş. M. (2015). Taşıma şekillerine göre Türkiye’de dış ticaretin analizi: Mevcut durum, sorunlar ve beklentiler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 357-376.
- Tarı, R., ve İnce, M. R. (2019). Denizyolu taşımacılığı piyasası kapsamında küresel ticaret hacminin analizi: Markov rejim değişim modeli. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (37), 1- 20.
- Tekinay, O. N., ve Bozoğlu Batı, G. (2022). Askeri alanlarda kullanılmak üzere insansız hava aracı (İHA) sistemleri seçiminde TOPSIS ve bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 44(1), 78-103.
- Timoçin, C. (2023). XII. Mantık çalıştay kitabı. İstanbul: Mantık Derneği Yayınları.
- Toker, K., ve Görener, A. (2013). Lojistik yönetimi kapsamında ulaştırma modunun seçimi: Tekstil sektöründe bir uygulama. *İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 24(74), 16- 37.
- Tsaur, S. H., Chang, T. Y., ve Yen, C. H. (2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 23(2), 107-115.
- Tuş, A., ve Aytaç Adalı, E. (2023). İnternet servis sağlayıcı seçim probleminin çözümünde bulanık sıralama ağırlık tabanlı bulanık MARCOS yöntemi. *Politeknik Dergisi*, 26(1), 61-72.
- Tuzkaya, U. R., ve Önüt, S. (2008). A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A case study. *Information Sciences*, 178(15), 3133- 3146.
- Türkbey, O. (2003). Çok amaçlı makina sıralama problemi için bir bulanık güçlü metod. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(3), 81-98.
- Ünal, A. U., Arslan, O., ve Arıcan, O. H. (2022). Türkiye’de Ro-Ro taşımacılığının önemi ve geleceği hakkında örnek bir çalışma. *Denizcilik Araştırmaları Dergisi: Amfora*, 1(1), 60-79.
- Ünlü, D. B. (2017). *Lojistikte taşıma modu seçim kararına etki eden faktörlerin analizi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.
- Vannieuwenhuyse, B., Gelders, L., ve Pintelon, L. (2003). An online decision support system for transportation mode choice. *Logistics Information Management*, 16(2), 125- 133.
- Vashist, J. K., ve Dey, A. K. (2016). Selection criteria for a mode of surface transport: An analytic hierarchy process approach. *Amity Global Business Review*, 11(1), 86- 95.
- Vural Aslan, R. (2023). *Bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile bir paslanmaz çelik firmasında yeşil tedarikçi seçimi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi.

- Yalçın Seçme, N., ve Özdemir A. İ. (2008). Bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile çok kriterli stratejik tedarikçi seçimi: Türkiye örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 175-191.
- Yayla, T. (2022). Uluslararası ticarete havayolu yük taşımacılığının gelişimi ve performansını etkileyen faktörler: Türkiye üzerine teorik bir inceleme. *Konşimento Dergisi*, 1(1), 63-76.
- Yılmaz, H., ve Şahin, M. E. (2023). Bulanık mantık kavramına genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 11(1), 94-129.
- Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7), 839-844.
- Yurdakul, E. M. (2023). Türkiye'nin deniz yoluyla uluslararası ticareti ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 9(1), 22-29.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zimmermann, H. J. (1987). Fuzzy sets, decision making and expert systems. USA: Kluwer Academic Publishers.

## EKLER

EK-A

### BULANIK KARAR MATRİSİ

| Alternatifler | Kriterler        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | C1               | C2                | C3                | C4                | C5                | C6                | C7                |
| A1            | (7.5, 9.0, 9.8)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (8.5, 9.8, 10.0)  | (8.5, 9.8, 10.0)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (7.5, 9.3, 10.0)  | (9.0, 10.0, 10.0) |
| A2            | (0.0, 0.0, 1.0)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (9.0, 10.0, 10.0) | (9.0, 10.0, 10.0) | (0.0, 1.0, 3.0)   | (5.0, 7.0, 9.0)   | (9.0, 10.0, 10.0) |
| A3            | (5.0, 7.0, 9.0)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (6.0, 7.8, 9.3)   | (3.0, 5.0, 7.0)   | (0.0, 1.0, 3.0)   | (7.0, 8.8, 9.8)   | (0.0, 1.0, 3.0)   |
| A4            | (8.5, 9.8, 10.0) | (9.0, 10.0, 10.0) | (8.0, 9.3, 9.8)   | (3.0, 5.0, 7.0)   | (0.0, 1.0, 3.0)   | (8.0, 9.5, 10.0)  | (7.5, 9.3, 10.0)  |
| A5            | (7.5, 9.0, 9.8)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (8.0, 9.3, 9.8)   | (8.5, 9.8, 10.0)  | (9.0, 10.0, 10.0) | (9.0, 10.0, 10.0) | (8.0, 9.5, 10.0)  |

Ai: i. Alternatif, Ci: i. Kriter

## NORMALİZE EDİLMİŞ BULANIK KARAR MATRİSİ

| Alternatifler | Kriterler        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|               | C1               | C2               | C3               | C4               | C5               | C6               | C7               |
| A1            | (0.75,0.90,0.98) | (0.90,1.00,1.00) | (0.85,0.98,1.00) | (0.85,0.98,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.75,0.93,1.00) | (0.90,1.00,1.00) |
| A2            | (0.00,0.00,0.10) | (0.90,1.00,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.00,0.10,0.30) | (0.50,0.70,0.90) | (0.90,1.00,1.00) |
| A3            | (0.50,0.70,0.90) | (0.90,1.00,1.00) | (0.60,0.78,0.93) | (0.30,0.50,0.70) | (0.00,0.10,0.30) | (0.70,0.88,0.98) | (0.00,0.10,0.30) |
| A4            | (0.85,0.98,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.80,0.93,0.98) | (0.30,0.50,0.70) | (0.00,0.10,0.30) | (0.80,0.95,1.00) | (0.75,0.93,1.00) |
| A5            | (0.75,0.90,0.98) | (0.90,1.00,1.00) | (0.80,0.93,0.98) | (0.85,0.98,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.80,0.95,1.00) |

A<sub>i</sub>: i. Alternatif, C<sub>j</sub>: i. Kriter

## AĞIRLIKLI NORMALİZE EDİLMİŞ BULANIK KARAR MATRİSİ

| Alternatifler | Kriterler          |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|               | C1                 | C2                 | C3                 | C4                 | C5                 | C6                 | C7                 |
| A1            | (0.64, 0.88, 0.98) | (0.63, 0.85, 0.93) | (0.64, 0.86, 0.93) | (0.68, 0.93, 1.00) | (0.59, 0.80, 0.90) | (0.38, 0.65, 0.88) | (0.68, 0.88, 0.93) |
| A2            | (0.00, 0.00, 0.10) | (0.63, 0.85, 0.93) | (0.68, 0.88, 0.93) | (0.72, 0.95, 1.00) | (0.00, 0.08, 0.27) | (0.25, 0.49, 0.79) | (0.68, 0.88, 0.93) |
| A3            | (0.43, 0.69, 0.90) | (0.63, 0.85, 0.93) | (0.45, 0.69, 0.86) | (0.24, 0.48, 0.70) | (0.00, 0.08, 0.27) | (0.35, 0.62, 0.86) | (0.00, 0.09, 0.28) |
| A4            | (0.72, 0.96, 1.00) | (0.63, 0.85, 0.93) | (0.60, 0.82, 0.91) | (0.24, 0.48, 0.70) | (0.00, 0.08, 0.27) | (0.40, 0.67, 0.88) | (0.56, 0.82, 0.93) |
| A5            | (0.64, 0.88, 0.98) | (0.63, 0.85, 0.93) | (0.60, 0.82, 0.91) | (0.68, 0.93, 1.00) | (0.59, 0.80, 0.90) | (0.45, 0.70, 0.88) | (0.60, 0.84, 0.93) |

A<sub>i</sub>: i. Alternatif, C<sub>j</sub>: i. Kriter

