



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULUSLARARASI SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİNDE
TAŞIMA MODU SEÇİM KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe CEYLAN

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Tezli Yüksek Lisans Programı

NİSAN 2025

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULUSLARARASI SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİNDE TAŞIMA MODU
SEÇİM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuğçe CEYLAN
(21435034033)
ORCID: 0000-0003-1698-6620**

**Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Uluslararası Ticaret ve Lojistik Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Doç. Dr. Tuğçe DANACI ÜNAL
ORCID: 0000-0002-5480-2653**

NİSAN 2025

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21435034033 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğçe CEYLAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ULUSLARARASI SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİNDE TAŞIMA MODU SEÇİM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :

.....

Jüri Üyeleri :

.....

.....

Teslim Tarihi :

Savunma Tarihi : 30.04.2025



20.04.2016 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Tuğçe CEYLAN

İmzası:



Teyzeme,

ÖNSÖZ

Değerli danışman hocam Doç. Dr. Tuğçe DANACI ÜNAL'a tüm destekleri için çok teşekkür ediyorum. Tez boyunca hep yanımda olan bana inanan teyzem Gülay Durmuş Gül'e çok teşekkür ediyorum.

Nisan 2025

Tuğçe CEYLAN
Hava Kargo Operasyon Sorumlusu

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR.....	x
SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Tezin Konusu	3
1.3 Tezin Yöntemi	3
1.4 Tezin Önemi	3
2. SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ.....	5
2.1 Tedarik Zinciri Kavramı	5
2.1.1 Tedarik zinciri yönetimi	5
2.1.2 Tedarik zinciri yönetimi çeşitleri	7
2.1.2.1 Yalın tedarik zinciri yönetimi	7
2.1.2.2 Çevik tedarik zinciri yönetimi.....	7
2.1.2.3 Yeşil tedarik zinciri yönetimi	8
2.1.2.4 Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi	9
2.2 Lojistik Kavramı.....	9
2.2.1 Lojistik yönetimi	11
2.2.1.1 Talep yönetimi.....	12
2.2.1.2 Taşıma yönetimi	12
2.2.1.3 Stok ve envanter yönetimi.....	15
2.2.1.4 Depolama yönetimi	15
2.2.1.5 Müşteri hizmetleri yönetimi	15
2.3 Soğuk Zincir Lojistiği Kavramı.....	16
2.3.1 Soğuk zincir lojistiği yönetimi	17
2.3.2 Soğuk zincir taşımacılığı	18
3. LİTERATÜR VE TEORİK ALTYAPI	20
3.1 Literatür Araştırması	20
3.2 Teorik Altyapı	33
4. METODOLOJİ	36
4.1 Araştırma Problemi	36
4.2 Araştırma Örneklemi ve Veri Seti.....	36
4.3 Araştırma Kısıtları	38
4.4 Araştırma Yöntemi	38
4.4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV).....	38

4.4.2 Bulanık sayılar.....	42
4.4.3 Analitik hiyerarşi prosesi (AHP).....	45
4.4.4 Bulanık analitik hiyerarşi prosesi (BAHP).....	50
4.5 Uygulama ve Bulgular.....	54
4.5.1 AHP yöntemi uygulama	54
4.5.2 Bulanık AHP yöntemi uygulama	57
4.5.3 Bulguların karşılaştırılması	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	79



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
EİBOPD	: En İyi Bulanık Olamayan Performans Değeri
SZL	: Soğuk Zincir Lojistiği
TD	: Ters Değer
TKM	: Teknoloji Kabul Modeli
TLM	: Toplam Lojistik Maliyeti
TO	: Tutarlılık Oranı
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim
3PL	: Üçüncü Parti Lojistik

SEMBOLLER

A	: Karar matrisi
$\tilde{A}$	: Bulanık sayı
$A_1, A_2, \dots, A_n$	: Kriterler
a_{ij}	: i kriteri ile j kriterinin ikili karşılaştırma değeri
$\tilde{a}_{ij}$	: Kriter i ile kriter j arasındaki göreceli önemi ifade eden üçgensel bulanık sayı
$\tilde{c}_{in}^{kn}$	: i ve n kriterleri arasında oluşmuş bulanıklaştırma değeri
$\lambda_{\max}$	: Özdeğer
LW_i	: Alt sınır
MW_i	: Orta değer
n	: Karşılaştırılan kriter veya alternatiflerin sayısı
$\mu_A(x)$	: A kümesinin üyelik fonksiyonu
UW_i	: Üst sınır
$w_1, w_2, \dots, w_n$	: Kriterlerin önem ağırlıkları
$1/\tilde{a}_{ij}$	: Ters karşılaştırma

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Taşıma modlarının karşılaştırılması	14
Çizelge 2.2 : Bozulabilir ürünlerin yıllara göre ihracat hacimleri (Bin ABD \$)	16
Çizelge 2.3 : Bozulabilir ürünlerin yıllara göre ithalat hacimleri (Bin ABD \$)	17
Çizelge 2.4 : SZL ile dayanıklı ürünlerin lojistiği arasındaki farklar	17
Çizelge 3.1 : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür	25
Çizelge 4.1 : Mutlak sayıların temel ölçeği	47
Çizelge 4.2 : RI değerleri	50
Çizelge 4.3 : Bulanık AHP ölçeği	51
Çizelge 4.4 : İkili karşılaştırma matrisi	55
Çizelge 4.5 : Normalize edilmiş karar matrisi (AHP)	55
Çizelge 4.6 : Kriterlerin öncelik vektör değerleri	56
Çizelge 4.7 : İkili karşılaştırma matrisi (Bulanık AHP)	58
Çizelge 4.8 : Bulanık geometrik ortalama değeri (r_i)	59
Çizelge 4.9 : Bulanık ağırlık değerleri (w_i)	59
Çizelge 4.10 : Kriterlerin durulaştırılmış ağırlık değerleri	60
Çizelge 4.11 : AHP yönteminde ana ve alt kriterlerin ağırlıkları	60
Çizelge 4.12 : Bulanık AHP yönteminde ana ve alt kriterlerin ağırlıkları	61

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1 : Katılımcıların mesleklere göre dağılımı	37
Şekil 4.2 : Katılımcıların sahip olduğu tecrübe (Yıl).....	37
Şekil 4.3 : Üçgensel üyelik fonksiyonu	44
Şekil 4.4 : Yamuk üyelik fonksiyonu	45
Şekil 4.5 : AHP yöntemi uygulama aşaması.....	46
Şekil 4.6 : Üç düzeyli karar hiyerarşisi yapısı	48
Şekil 4.7 : Üçgensel alan.....	51
Şekil 4.8 : Karar hiyerarşisi	54

ULUSLARARASI SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİNDE TAŞIMA MODU SEÇİM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Soğuk zincir özellikle raf ömrü kısa ürünlerin lojistik süreçlerinin uygun koşullarda yerine getirilmesini sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, her aşamada sıcaklık izleme, düzenleme ve kontrol imkânı sağlayan bilişim teknolojileriyle desteklenerek ürünlerin bozulmasını önlemeyi ve tedarik zincirinin devamlılığını sağlamayı amaçlamaktadır. Lojistik süreçlerin herhangi bir aşamasında meydana gelebilecek küçük bir aksaklık, ürünün bozulmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, soğuk zincir lojistiğinde taşıma modunun ve kullanılan ekipmanların dikkatle seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin önem derecelerine göre sıralanarak en önemli olanların ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Detaylı bir şekilde yapılan literatür taraması sonucunda soğuk zincir lojistiği taşıma modu seçiminde etkili olan kriterler elde edilmiş ve çalışmanın karar hiyerarşisi oluşturulmuştur. Elde edilen kriterler kapsamında ve çalışmanın metodolojisine uygun bir şekilde anket formları hazırlanmıştır. Çalışmanın örnekleme yargısal örnekleme metodu kullanılarak belirlenen soğuk zincir lojistik faaliyetlerinde uzman kişilerden oluşmaktadır. Uzman kişiler tarafından eksiksiz bir şekilde doldurulan otuz adet anket formu çalışmaya dahil edilmiştir. Anket sonuçlarından elde edilen veriler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) metotları kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda söz konusu kriterler önem derecelerine göre hiyerarşik olarak sıralanmıştır. Çalışmanın sonunda her iki yöntemden elde edilen bulguların benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre uluslararası soğuk zincir lojistiği taşıma modu seçiminde en yüksek öneme sahip alt kriterin izlenebilirlik olduğu bulunmuştur. Bu alt kriteri sırasıyla hız, ısı ve nem, güvenlik, taşıma maliyeti, kapasite, çevreye duyarlılık ve esneklik alt kriterleri izlemiştir. Çalışmanın bulguları ana kriterler kapsamında değerlendirildiğinde ise teknoloji yönlü kriterlerin, maliyet yönlü kriterlerden daha fazla öneme sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda özellikle soğuk zincir ürünlerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve güvenli bir biçimde nihai tüketiciye ulaştırılması sürecinde teknolojiye dayalı araç ve ekipmanların kritik bir rol oynadığı ve meydana gelebilecek maliyetlere katlanıldığı savunulmaktadır. Bu çalışmanın uluslararası soğuk zincir lojistiği kapsamında yapılacak benzer çalışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Uluslararası lojistik, Soğuk zincir, AHP, BAHP.

DETERMINATION OF TRANSPORTATION MODE SELECTION CRITERIA IN INTERNATIONAL COLD CHAIN LOGISTICS

SUMMARY

The cold chain is a system that enables the logistics processes of products with short shelf lives are carried out under appropriate conditions. This system aims to prevent spoilage of products and ensure continuity of the supply chain by supporting information technologies that provide temperature monitoring, regulation and control at every stage. A small malfunction that may occur at any stage of the logistics processes may lead to spoilage of the product. Therefore, it is of great importance to carefully select the transportation mode and the equipment used in cold chain logistics. This study aims to determine the transportation mode selection criteria in international cold chain logistics and to reveal the most important criteria by ranking them according to their importance. As a result of the detailed literature review, the criteria that are effective in the selection of the transportation mode in cold chain logistics were obtained and the decision hierarchy of the study was presented. Survey forms were prepared within the scope of the obtained criteria and in accordance with the methodology of the study. The sample of the study consists of experts in cold chain logistics activities determined using the judgement sampling method. Thirty survey forms, which were completely filled out by experts, were included in the study. The data obtained from the survey results were analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) methods among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. As a result of the analysis, the criteria in question were ranked hierarchically according to their importance levels. At the end of the study, it was determined that the findings obtained from both two methods were similar. Accordingly, it was found that the sub-criterion with the highest importance in the selection of the international cold chain logistics transportation mode was traceability. This sub-criterion was followed by the sub-criteria of speed, heat and humidity, security, transportation cost, capacity, environmental sensitivity and flexibility, respectively. When the findings of the study were evaluated within the scope of the main criteria, it was revealed that the technology-oriented criteria were more important than the cost-oriented criteria. In this context, it is argued that technology-based vehicles and equipment play a critical role and that the costs that may occur are accepted, particularly in the process of effectively managing cold chain products and safely delivering them to the end consumer. It is assumed that this study will contribute to similar studies to be conducted within the scope of international cold chain logistics.

Keywords: International logistics, Cold chain, AHP, FAHP.

1. GİRİŞ

Çalışmanın giriş bölümünde soğuk zincir lojistiği ve taşımacılığı ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir. Devamında tezin amacı, konusu, önemi ve yöntemi detaylı olarak aktarılmıştır.

Soğuk zincir lojistiği (SZL), bir ürünün nihai noktaya ulaştırılması sırasında başta uygun sıcaklık koşulları olmak üzere tüm gerekli şartların yerine getirildiği depolama, elleçleme, taşıma ve dağıtım süreçlerini kapsamaktadır (Ceylan ve Danacı Ünal, 2023). Uluslararası soğuk zincir lojistiği ise, özellikle gıda, ilaç gibi çabuk bozulmaya elverişli ürünlerin, ithalat ve / veya ihracat sürecinde, bozulmadan varış noktasına ulaştırılmasını ve sonrasında nihai tüketiciye güvenli bir şekilde iletilmesini sağlayan tüm lojistik süreçlerini ifade etmektedir (Ceylan ve Danacı Ünal, 2023). Bu kapsamda, soğuk zincir lojistiğinde süreçlerin başarılı bir şekilde tamamlanması büyük önem taşımaktadır.

Soğuk zincirde yer alan her bir halkanın kırılması gıda güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumdan dolayı soğuk zincirin her aşamasında ilgili süreçlerin titizlikle uygulanması büyük önem arz etmektedir. Ürünlerin taşınması esnasında hatalı ambalaj kullanımı, aynı ortamda bulunmaması gereken ürünlerin birlikte depolanması söz konusu ürünlerin kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini tehlikeye atmakta ve bu durum gıda güvenliğini riske sokmaktadır (Tümenbatur, 2022). Çabuk bozulmaya elverişli ürünlerde (et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, balık ve balık ürünleri, yaş meyve ve sebze, eczacılık ürünleri) bu gibi sorunların yaşanmaması gerekmektedir.

Et ve et ürünlerinde bulunan bakteriler, uygun sıcaklık koşulları sağlanmadığı takdirde hızla çoğalabilmektedir. Bu durum söz konusu soğuk zincir ürünlerinin hızla bozulmasına yol açarken, aynı zamanda tüketici sağlığını ciddi bir şekilde riske atmaktadır (Han ve diğ, 2021). Bu tür sorunların önlenmesi için bir dizi yenilikçi çözüm geliştirilmiştir. Bu çözümler arasında nesnelerin interneti, blok zincir gibi ileri düzey teknolojilerle entegre edilmiş akıllı paketleme sistemleri öne çıkmaktadır.

Sistemler teknik ekipmanların işlevselliğini ve verimliliğini arttırırken, aynı zamanda potansiyel risklerin yönetimini de önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır (Ren ve diğ, 2022; Schumann ve Schmid, 2018; Ndraha ve diğ, 2018). Bunun yanı sıra tarım ürünlerinin bozulmaya daha elverişli olmaları, taşımacılık süreçlerinin daha titiz bir şekilde gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi durumda, süreçlerde yaşanabilecek aksaklıklar nihai tüketicileri doğrudan olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple, etkilerin minimize edilmesi ancak etkin ve özenli bir soğuk zincir yönetimi ile mümkün olacaktır. Soğuk zincir yönetimi kapsamında yer alan araçların ve depolama alanlarının günümüz teknolojileriyle uyumlu hale getirilmesi, lojistik süreçlerin etkinliğini arttıracak ve bu süreçlerdeki verimliliği en iyi duruma getirecektir (Tümenbatur, 2022). Bağlantıların entegrasyonunun sağlanması da gıda israfını ve kaybını önleyici bir etki yaratacak, böylece lojistik süreçlerin sürdürülebilirliğini güçlendirecektir (Han ve diğ, 2021).

Soğuk zincir lojistiği, ülkelerin ekonomik kalkınmalarına olumlu etkiler sağlasa da çevresel açıdan bazı olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Örneğin soğuk zincir lojistiğine duyulan talebin artması, karbon salınımında da artışa yol açmaktadır. Ayrıca taşımacılıkta kullanılan araçlardan kaynaklanan emisyonlar ve diğer sera gazı salınımları hava kirliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır (Wang ve diğ, 2018). Bu çerçevede, literatürde emisyonların azaltılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmalar soğuk zincir taşımacılığında kullanılan araç sayısının ve taşıma sıklığının azaltılmasının, çevresel etkilerin minimize edilmesine katkı sağlayacağını ortaya koymaktadır (Shi ve diğ, 2022).

Taşımacılıkla ilgili olarak, hızlı, ekonomik, güvenli ve doğru taşımanın gerçekleşmesi temel bir gerekliliktir. Güvenli taşımacılık sürecinin sağlanabilmesi için, ürünün fiziksel olarak zarar görmemesi ve hırsızlık gibi güvenlik ihlallerinin yaşanmaması öncelikli unsurlardır. Ekonomik açıdan, yakıt masrafları önemli bir maliyet kalemi oluşturmaktadır. Bu noktada, taşınan yük ile harcanılan yakıt miktarı doğru hesaplanmalıdır. Beklenen sonuç; en az yakıt tüketimiyle en fazla yükün, taşınmasıdır. Bu taşıma süreci hem maliyet etkinliğini arttıracak hem de çevresel etkileri minimize edecektir. Hız kriteri açısından ise taşımada kullanılan araçların taşıma kapasitesi ile taşıma süresi arasında bir denge kurulmalıdır. Aracın taşıma yeteneği, hızın etkinliğini belirleyen bir faktördür (Aydın ve Atak, 2020). Bu nedenle

araçların taşıma kapasitelerine, sürelerine ve hız gereksinimlerine göre uyumlu şekilde optimize edilmesi gerekmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerini belirlemek ve bu kriterleri önem derecelerine göre hiyerarşik olarak sıralamaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın karar hiyerarşisi oluşturularak konu ile ilgili ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Çalışmanın bulguları, soğuk zincir lojistiğinde faaliyet gösteren firmaların taşıma modu seçimlerinde hangi kriterlerin öncelikli olduğunu göstermektedir.

1.2 Tezin Konusu

Tezin konusu uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerinin önem derecelerine göre nasıl sıralandıklarını incelemektir. Çalışmada soğuk zincir lojistiğinde taşıma modunu etkileyen kriterler detaylı yapılan literatür incelemesi sonucunda oluşturulan teorik altyapıya uygun bir şekilde belirlenmiştir. Çalışmanın modeline (karar hiyerarşisi) ve yöntemine uygun bir şekilde hazırlanan anket formları konusunda uzman kişiler tarafından doldurularak kriterlerin önem ağırlıkları ortaya çıkarılmış ve kriterler hiyerarşik olarak sıralanmıştır.

1.3 Tezin Yöntemi

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKV) Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak anket formu kullanılmış olup, anketler soğuk zincir lojistiği faaliyetlerinde görev alan uzman kişiler tarafından doldurulmuştur.

1.4 Tezin Önemi

Soğuk zincir lojistiği gıda ve ilaç başta olmak üzere raf ömrü kısa birçok ürünün lojistik süreçlerinin sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan gerek dünyada gerekse Türkiye’de önemi her geçen gün artan faaliyetler bütünüdür. Dolayısıyla bu kapsamda yapılan veya yapılacak olan bilimsel çalışmalar gün geçtikçe önem

kazanmaktadır. Konu ile ilgili yapılan detaylı literatür taraması sonucunda uluslararası soğuk zincir lojistiği kapsamında sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmış olması bu konuda yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bu çalışmanın uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerinin belirlenmesine yönelik olması çalışmayı birçok araştırmadan farklılaştırarak özgün kılmaktadır. Bu çalışmanın sonunda gerek akademik gerekse sektörel açıdan önemli bulgular elde edildiği düşünülmektedir.



2. SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ

Bu bölümde tedarik zinciri ve lojistik kavramları ile ilgili süreçler ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Devamında soğuk zincir lojistiği ve bu alandaki taşımacılık uygulamaları açıklanmıştır.

2.1 Tedarik Zinciri Kavramı

Tedarik zinciri kavramı, ürünün üretimden nihai tüketiciye kadar olan bütün süreçleri kapsayan sistem olarak ifade edilmektedir (Long, 2012). Sistemde yer alan işletmeler için sürekli değişiklik gösteren rekabet koşulları, zincirde yer alan tüm faaliyetlerin tek başına tamamlanıp devam ettirilmesini mümkün kılmamaktadır (Timur, 2013). Bu durumdan dolayı işletmeler Ford örneğinin ortaya çıkışından beri tedarikçilerini bünyelerine dahil ederek rekabet koşullarında avantaj kazanacağını düşünmüşlerdir. Ford örneği öncelikli olarak yalın düşünceyi kapsayan ürünün ham madde oluşumundan nihai kullanıcıya kadar geçen bütün süreçlerin aksaklık olmadan, daha çok değer yaratarak, tedarikçilerini de satın alarak bünyesinin altında toplayan bir yenilik olarak gösterilmektedir (Fırat ve Ceyhan, 2015). Ancak, şirketlerin tedarikçilerini satın alarak kendi bünyelerine dahil etmeleri, olumsuz sonuçları da beraberinde getirmektedir. Ford örneğinde olduğu gibi tedarikçilerin bünyeye dahil edilmesi şirketi olumsuz bir şekilde etkilemiştir. Bu nedenle şirketler, güçlü oldukları alanlarda ilerlemelidirler. Zayıf oldukları alanlarda ise o alanda güçlü olan diğer dış kaynaklardan ihtiyaçlarını karşılamaları gerekmektedir (Long, 2012).

2.1.1 Tedarik zinciri yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi, zincirde yer alan üretici, taşıyıcı, perakendeci ve nihai tüketicilerin arasında geçen ürün, para ve bilginin yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin amaçları şu şekilde ifade edilmektedir (Kehoe ve Boughton, 2001):

- Maliyetleri en aza indirmek,
- Stoklarla ilgili maliyetleri azaltmaya çalışmak,

- Müşteri memnuniyetini arttırmak,
- Ürünün fiziksel olarak hatalarını azaltmak.

Bu amaçların gerçekleştirilmesi, işletmelerin, tedarikçilerin ve müşterilerin tedarik zincirinin ilk halkalarına erişmesi ve entegre bir şekilde haberleşmenin, bilgi aktarımının yapılabilmesi ile mümkün olacaktır. Bilgi aktarımının ve haberleşmenin verimli bir şekilde tedarikçiler ve müşterilerle paylaşılması zincirin etkinliğini de arttıracaktır. Günümüzde firmalar sadece kendi aralarında rekabet içerisinde bulunmamaktadır. Aynı zamanda kendi işlerindeki tedarik zincirleri ile de rekabet etmektedir (Kehoe ve Boughton, 2001).

Tedarik zinciri yönetiminde ele alınan süreçler; müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri hizmet yönetimi, talep yönetimi, sipariş işleme, üretim akış yönetimi, tedarikçi ilişkileri yönetimi, ürün geliştirme ve ticarileştirme ve iade yönetimi olarak belirtilmektedir (Croxtton ve diğ, 2001).

- Müşteri ilişkileri yönetiminde, işletme ve müşterilerin ilişkilerinin sürdürülebilir olması esas alınır.
- Müşteri hizmet yönetiminde, müşteriye sunulacak bütün hizmetler sağlanır.
- Talep yönetimi, müşteri taleplerini tahmin etmek ve edilen taleplerin üretimden dağıtıma kadar olan süreçlerini kapsar.
- Üretim akış yönetimi, üretim sürecindeki akışın düzgün bir şekilde yönetilmesini kapsar.
- Tedarikçi ilişkileri yönetimi, tedarikçilerle olan ilişkinin düzgün bir şekilde ilerlemesini ve geliştirilmesini amaçlar.
- Ürün geliştirme ve ticarileştirme, ürünlerin geliştirilmesini ve dış pazarlarda satılmasını amaçlar.
- İade yönetimi, iade ve iptal gibi işlemlerin yönetilmesini kapsar.
- Sipariş işleme, müşterilerin ihtiyaçlarının belirlenmesini ve siparişlerin izlenmesini kapsar.

Tedarik zinciri yönetimi süreçlerinin kaliteli bir şekilde ilerleyebilmesi, işletmelerin yapmış olduğu doğru planlarla mümkün olmaktadır. Üretim sürecinde yapılmış yanlış planlamalar, ürünün kalitesini de etkileyecektir. İşletmeler bu süreçlerde daha az maliyetle daha yüksek kaliteyi hedeflemektedir. Bu sebeple tedarik zinciri

yönetimindeki süreçlerin doğru ilerlemesi işletmelerin de başarısını olumlu yönde etkileyecektir (Başkol, 2016).

2.1.2 Tedarik zinciri yönetimi çeşitleri

2.1.2.1 Yalın tedarik zinciri yönetimi

Yalın üretim kavramı, Toyota şirketinde uygulanan daha az insan çabası, maliyet ve zaman ile daha çok başarı elde etme felsefesiyle ortaya çıkmıştır (Liker, 2004). Bu felsefenin Womack ve Jones'a göre beş yalın ilkesi vardır (Womack ve Jones, 1996):

- Müşterilerin ürün veya hizmette ne istediğini bulabilmek,
- Değer akışını haritalandırarak tedarikçileri bulmak,
- Oluşabilecek aksaklıkları önlemek için sistem düzenlemek,
- Yalnızca müşterilerin ihtiyacı kadar üretmek,
- Sistemi düzenli olarak iyileştirme yoluna götürmek ve sorunlar için çözüm arayışlarında bulunmak.

Yalın tedarik zinciri yönetimi kavramı, yalın ilkeleri benimseyerek sistemdeki aksaklıklardan meydana gelen israfların ortadan kaldırılmasını ve sürekli iyileştirme yoluna giderek müşteri değerini artırmayı amaçlayan bir yönetim biçimi olarak ifade edilmektedir (Ugochukwu ve diğ., 2012). Tam zamanında üretim (TZÜ) felsefesini benimseyen yalın tedarik zinciri yönetimi, işletmelerin en az maliyet kullanarak kaliteli ürün elde edebileceğini savunmaktadır (Vrijhoef ve Koskela, 2000). Günümüzde de birçok işletme, yalın tedarik zinciri yönetimini benimseyip rekabet avantajı sağlamaktadır. İşletmeler yalın tedarik zincirine verdikleri önem ile maliyetlerini minimuma çekerek verimlilik elde etmektedir (Akben ve Güngör, 2018).

2.1.2.2 Çevik tedarik zinciri yönetimi

Çevik tedarik zinciri yönetimi; müşterilerin değişen taleplerini en hızlı şekilde yanıtlama, sunulan hizmetleri iyileştirme, ürünün piyasaya sunulma hızını planlama gibi süreçlerin tamamı olarak ifade edilmektedir (Swafford ve diğ., 2008). Bu yönetimin asıl amacı, küresel pazarlarda değişen müşterilerin taleplerini daha iyi anlamak ve ileride oluşabilecek aksaklıklara karşı tedbirler almak ve iyileştirmektir. Ayrıca daha az maliyet ile kısa sürede müşterilerin ihtiyaçlarını ürün ve hizmetlerle en iyi şekilde sunmaktır (Hauang ve diğ., 2002).

İşletmelerin rekabet üstünlüğü sağlamak gibi amaçlarının olması çevik tedarik zinciri yönetimini daha önemli bir konuma getirmektedir. Zincirin çevik bir şekilde ilerleyebilmesi için müşteri taleplerinin daha hızlı ve doğru bir şekilde karşılanması gerekmektedir (Ambe, 2010). Çevik ve yalın tedarik zinciri yönetiminin stratejileri birbirine benzer gibi görünse de aralarında belirgin farklar bulunmaktadır. Yalın tedarik zinciri yönetimi, zayıf girdilere sahip olan işletmelerin büyük pazarlarda daha çok verim aldıkları bir yönetim olurken çevik tedarik zinciri yönetimi değişkenlik gösteren pazarlarda işletmelerin daha çok hakimiyet kurdukları yönetim olmaktadır (Galankashi ve Helmi, 2016).

2.1.2.3 Yeşil tedarik zinciri yönetimi

Yeşil tedarik zinciri kavramı 20. yüzyılda dünya çapında çevresel sorunların ortaya çıkması, sorunların ilerleyerek çevreyi yok etmesi, gelişmiş ülkelerin kıtlık, açlık ve benzeri sorunların üstesinden gelememeleri durumu ile ortaya çıkmıştır (Büyükoçkan ve Vardaloğlu, 2008). Bu yönetimin temel amacı çevreye duyarlı ürünler geliştirmek ve üretmektir. Yeşil tedarik zinciri yönetimini benimseyen ve kullanan birçok işletme, kâr marjını ve müşteri memnuniyetini arttırmaktadır (Zhu ve Sarkis, 2004). Yeşil tedarik zinciri yönetimi faaliyetleri 5 ana başlık altında incelenmektedir. Yeşil satın alma, bu aşamada üretim esnasında kullanılacak aletlerin teknolojiye ve çevreye duyarlı olup satın alınmasını ifade etmektedir (Sarkis, 2003). Yeşil üretim, bu üretim sürecinin girdilerini ve çıktılarını düzeyli bir şekilde tutup iyileştirme süreçlerini içermektedir. Yeşil üretimde sadece kirli atıkların minimuma indirilmesi değil karbon emisyonunun ve atık suların azaltılması da önemli olmaktadır. Yeşil dağıtım bu süreçte doğru dağıtım merkezlerinin ve uygun taşıma modunun seçilmesinde önemlidir. Kullanılan yakıt ve mesafe yeşil dağıtım sürecini etkilemektedir (Sarkis 2003).

Yeşil paketlemede çevreye duyarlı paketleme işlemlerinin gerçekleşmesi ve en önemlisi geri dönüştürülebilir paketlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Tersine lojistik, kullanılan ürünleri nihai noktadan başlangıç noktasına yeniden iyileştirilerek kullanılmasını ve üretilmesini planlamak ve uygulamak olarak ifade edilmektedir (Nakıboğlu, 2007). Tersine lojistik sürecini etkin bir şekilde kullanan işletmeler, ürün değerini geri kazandırma, kar marjlarını arttırma, müşteri ilişkilerinde iyileşme ve

çevreye karşı sorumluluklarını yerine getirebilme gibi avantajlar kazanmaktadır (Nakıboğlu, 2007).

2.1.2.4 Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, işletmelerin ortak paydaşlarının ve müşterilerinin ihtiyaçlarını sürdürülebilirlik içerisinde üç boyutta (ekonomik, çevresel, sosyal) ele alarak, tedarik zinciri süreçleri boyunca bilgi ve malzeme akışının iyi bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir (Seuring ve Müller, 2008).

2.2 Lojistik Kavramı

Lojistik, ürün veya hizmetlerin doğru zamanda, doğru yerde en verimli şekilde taşınması, depolanması, dağıtılması ve yönetilmesi sürecidir. Bu süreç küreselleşmenin etkisiyle devletler arasında yapılan ticarette rekabeti de beraberinde getirmiştir. Bundan dolayı yerel ve küresel işletmelerin lojistik sektörü içerisinde rekabet avantajı elde etmeleri gerekmektedir (Oğuz ve Oğuz, 2019).

Halk arasında lojistik kavramı, kapıdan kapıya ürünlerin teslim edilmesi anlamına gelmektedir. Ancak bu kavram yalnızca bu anlamla sınırlı olmamaktadır (Gülen, 2011). Günümüzde lojistik kavramı, ürünün sadece bir yerden başka bir yere taşınması olarak ifade edilmemektedir. Lojistik faaliyet süreçleri ulaştırma, depolama, stoklama, elleçleme, sigorta, müşteri hizmetleri, ambalajlama, talep yönetimi ve sipariş izlemeden oluşmaktadır (Oğuz ve Oğuz, 2019). Lojistik faaliyetler dış ticaret, ekonomik büyüme ve birçok unsura bağlı kalarak sürdürülmektedir (Bayraktutan ve Özbilgin, 2015). Günümüzde lojistik, bütün bu faaliyet süreçlerinin doğru ve entegre bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir (Babacan, 2003). Belirtilen lojistik süreçlerde yaşanılacak herhangi bir sorun diğer süreçleri de etkilemektedir. Zincirin tamamen bozulmasına da sebep olabilmektedir. Bu sebepten dolayı lojistik süreçlerdeki her aşama bir önceki ve sonraki aşamayı dikkate alarak ilerlemelidir (Hacıbektaşoğlu, 2020).

Lojistik ilkeleri, lojistik faaliyet süreçlerinin yerine getirilmesinde dikkat edilmesi gereken temel unsurları kapsamaktadır. Bu temel 10 lojistik ilkesi şu şekilde ifade edilmektedir (Küçük, 2018: 80-81):

- Uygun lojistik modu: Uygun taşıma modunun, lojistiğin amaçları ve maliyetlerini göz önünde bulundurarak seçilmesidir.
- Lojistik araçlarının optimizasyonu: Taşıma modu seçiminden sonra en doğru taşıma aracının seçilmesidir.
- Maliyet optimizasyonu: Lojistik faaliyetlerinin en düşük maliyetle yerine getirilmesidir.
- Mesafenin optimizasyonu: En kısa mesafenin birbirinden farklı taşıma modlarını göz önünde bulundurarak seçilmesini ifade etmektedir.
- Ambalaj seçimi: Ürünün cinsine, özelliklerine ve kalitesine göre en uygun ambalajın seçilmesidir.
- Sigorta: Risk ve sorun oluşturmayacak en uygun sigorta tercihinin belirlenmesidir.
- Ödeme: Uluslararası taşımacılığın hangi ödeme şekilleriyle yapılacağını belirlenmesidir.
- Teslim biçimi: Ürünün hangi teslim biçimini kullanarak teslim edileceğidir. Teslim biçimi uluslararası taşımacılıkta önemlidir.
- Malzeme taşıma: Ürünün araçla veya elle taşınmasına ek olarak mesafe ve araç optimizasyonunu da içermektedir.
- Yükleme Araçlarının optimizasyonu: Ürünün miktarı, risk durumları, ambalaj seçimi ve taşıma aracı gibi önemli unsurların dikkate alınarak araç ile yükleme işleminin gerçekleşmesidir.

Lojistik karmaşı (7L), lojistik sürecinde meydana gelen durumları ve içerisinde bulunduğu temel hususları içermektedir (Küçük, 2018: 81). Lojistik'in 7L'si ise şu şekilde açıklanmaktadır (Küçük, 2018: 82):

- Lojistik modu, ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmadan nihai müşteriye ulaşmasında önemli bir husustur (Zhang ve diğ, 2024).
- Lojistik aracı, ürünün hasar göremeyeceği, müşteri memnuniyetinin sağlanacağı araçların seçilmesi noktasında önemlidir (Konstantakopoulos ve diğ, 2022).
- Lojistik rotası, işletmeler için en az yakıt oluşturacak ve karbon emisyonunun minimumda tutulacağı süreci kapsamaktadır (Ouyang, 2020).

- Lojistik ücreti, hizmet karşılığında ödenmesi gereken ücretleri, hizmet aşamasında çalışan kişilerin ücretlerini, araç bakım ve onarım ücretlerini kapsamaktadır (Ceran ve Alagöz, 2007).
- Lojistik sigortası, taşımacılık sürecinde meydana gelebilecek gecikmeler, aksaklıklar ve ürün hasarları gibi risklere karşı, oluşabilecek maddi kayıpların telafisini amaçlayan bir finansal güvence mekanizmasıdır (Dutta ve diğ, 2023).
- Lojistik dokümanlar, işletmelerin üretim, depolama ve dağıtım gibi temel süreçlerinin planlanması, yönetilmesi ve izlenmesi açısından düzen sağlayan önemli araçlar olarak değerlendirilmektedir (Hart ve diğ, 2014).
- Lojistik süreci, sürdürülebilir lojistik altında ekonomik, çevresel faktörlerin en düzgün şekilde gerçekleşmesidir (Benotmane ve diğ, 2018).

2.2.1 Lojistik yönetimi

Günümüzde küresel ticarete rekabet avantajı kazanılmasında lojistik süreçlerin ve stratejilerinin önemi giderek artmaktadır. Lojistik yönetimini eksiksiz bir şekilde gerçekleştiren ülkeler, uluslararası alanlarda daha çok rekabet avantajına sahip olmaktadır. Bu sebepten dolayı ülkeler doğru lojistik faaliyetlerin ve stratejilerinin uygulanmasına öncelik vermektedir (Erkan, 2014). Doğru lojistik faaliyetlerinin uygulanması hem ülkelere hem de işletmelere fayda sağlamaktadır.

Lojistik yönetimi, işletmelerin ürünü nihai tüketiciye ulaştırırken gerek rekabet gerekse maliyet avantajı sağlamasına destek vermektedir (Gümüş, 2012). Günümüzde küreselleşmenin etkisi altında olan işletmelerin, küresel pazarlardan elde ettikleri ürün tedariklerinin yerel işletmelere oranla daha fazla olduğu bunun da rekabet avantajı sağladığı görülmektedir. Küresel pazarlarda olan uluslararası işletmelerin de etkilendiği görülmektedir. Örneğin; Philips, Hewlett Packard ve Caterpillar gibi uluslararası işletmeler için lojistik faaliyet süreçleri önem arz etmektedir (Gümüş, 2012).

İşletmeler rekabet avantajı elde etme sürecinde hizmet unsurunu stratejik bir faktör olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda, talep edilen siparişin doğru zamanda ve doğru yerde hazır bulundurulması, lojistik hizmetlerin temelini oluşturmaktadır (Long, 2012). Lojistik hizmetlerinin etkin bir biçimde kullanılması, işletmelere rekabet avantajı sağlamakta ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır.

2.2.1.1 Talep yönetimi

Talep yönetimi süreci, nihai müşterilerin ihtiyaçları ile işletmelerin varlıklarının dengeli bir şekilde yürütülmesini hedeflemektedir. Müşterilerin talepleri ve bu talepleri doğrultusunda tam zamanında üretimin ve dağıtımın en iyi şekilde yönetilmesi olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda beklenilmeyen durumlar esnasında da alternatif yollar düşünülerek iyileştirmeye yönelik çalışmaların sürdürülmesidir (Özdemir, 2004).

2.2.1.2 Taşıma yönetimi

Taşıma yönetimi, lojistik faaliyet süreçlerinin en önemli aşamalarından biridir. Taşıma sürecinde taşıyıcı ve araç seçimi, doğru güzergahların belirlenmesi, sürecin kontrollü bir şekilde sağlanması işletmeler ve nihai tüketiciler için önemlidir. Taşıma sürecinde oluşacak aksaklıklar işletmeleri ve nihai tüketicileri doğrudan etkilemektedir. Bu noktada lojistik faaliyetlerde doğru taşıma yöntemlerinin seçilmesi söz konusu süreçleri daha iyi yönetilebilir kılmaktadır.

Taşımacılık, ürünlerin veya hizmetlerin bir noktadan başka bir noktaya etkin ve güvenli bir şekilde ulaştırılmasını sağlayan temel bir faaliyet alanı olarak tanımlanmaktadır (Görçün, 2018). Taşımacılık faaliyetleri, farklı modlar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu modlar arasında kara yolu, deniz yolu, demir yolu ve hava yolu taşımacılığı yer almakta olup, ayrıca multimodal ve intermodal taşımacılık sistemleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu taşıma modları, lojistik süreçlerin etkinliği, maliyet yapıları ve çevresel etkileri açısından birbirinden farklı avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır. Bu bölümde, taşımacılık modları kısaca tanımlanacak ve her bir modun temel özellikleri ile birlikte, modlar arasındaki farklılıklar ayrıntılı bir şekilde gösterilecektir.

Kara yolu taşımacılığı, malların belirli bir ücret karşılığında göndericiden alıcıya doğrudan ve aktarmasız biçimde teslim edilmesini esas alan bir lojistik faaliyet biçimidir. Bu faaliyet, taşıyıcı ile gönderici arasında yapılan sözleşmeler doğrultusunda yürütülmektedir. Süreç, ilgili uygulama usulleri, ulusal mevzuatlar ve uluslararası anlaşmalar kapsamında şekillenmektedir. Aynı zamanda kara yolu taşımacılığı, diğer taşıma modlarını tamamlayıcı bir işlev üstlenerek lojistik sistemlerin bütüncül yapısına katkı sunmaktadır (Koban ve Yıldırım Keser, 2015).

Yükün varış noktasına aktarmasız biçimde ulaştırılabilmesi ve yükün uygun taşıma aracının temin edilebilmesindeki kolaylık, kara yolu taşımacılığına olan talebi önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, ülkeler arasındaki kara yolu bağlantılarının yaygınlığı ve gümrük geçiş noktalarının çokluğu, kara yolu taşımacılığını uluslararası lojistikte daha işlevsel hale getirmektedir. Otoyol altyapısının hızlı gelişimi ise, kara yolu taşımacılığının hem hız hem de güvenilirlik açısından avantajlarını pekiştirmektedir (Enver, 2012). Deniz yolu taşımacılığı, küresel ticaret bağlamında güvenilirliği ve düşük maliyetli yapısı nedeniyle en yüksek paya sahip taşıma modu olarak öne çıkmaktadır. Taşınan bir ton yükün bir kilometrelik mesafedeki çevresel etkisi dikkate alındığında, deniz yolu taşımacılığı hava kirliliğine yol açan karbon emisyonları bakımından en karbon etkin taşıma türü olarak kabul edilmektedir (Yıldırım Keser ve Ceyhun, 2023). Sanayi Devrimi ile kullanılmaya başlayan demir yolu taşımacılığı, özellikle kömür, demir ve çelik gibi hammaddelerin düşük maliyetlerle taşınabilmesini sağlamıştır (Nalçakan ve Er, 2012). Bu taşıma modu, kara yolu taşımacılığından sonra en fazla tercih edilen ulaşım şekli olmuştur. Demir yolu taşımacılığının avantajlarından biri, kaza riskinin düşük olmasıdır. Ancak, demir yolu taşımacılığının ilk yıllarında doluluk oranlarının ve taşıma kapasitelerinin doğru bir şekilde hesaplanamaması, firmaların yüksek maliyetlerle karşılaşmasına yol açmış ve hız açısından diğer taşıma modlarına kıyasla daha düşük seviyelerde kalmasına neden olmuştur (Keskin, 2011). Hava yolu taşımacılığı hem yolu hem de yük taşımacılığı hizmetlerini sunmaktadır. Yük taşımacılığı, özellikle kargo uçakları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Kargo uçakları, tek seferde yaklaşık 250 ton yük taşıyabilme kapasitesine sahiptir. Hava yolu taşımacılığının tercih edilmesinde en önemli faktör, bu taşıma modunun sunduğu yüksek hızdır. Dezavantajı ise olumsuz hava koşullarından doğrudan etkilenebilir olması ve taşıma maliyetlerinin diğer taşıma türlerine kıyasla oldukça yüksek olmasıdır (Keskin, 2011). İntermodal taşımacılık, eşyaların iki veya daha fazla ulaşım modu arasında, aynı taşıma kabı ya da aracı kullanılarak, taşıma modu değişikliklerinde yükün doğrudan elleçlenmesine gerek kalmadan gerçekleştirildiği bir taşıma türüdür (Kasilingam, 1998). Modlar arası taşımacılık, değişen pazar koşulları ve dağıtım ihtiyaçlarına etkin bir şekilde yanıt verebilmesi, farklı ürün gruplarının müşteri memnuniyetini artıracak biçimde ve maliyet avantajı sağlayacak şekilde taşınabilmesine imkân tanınması bakımından, modern lojistik süreçlerinde önemli bir yere sahiptir (Kasilingam, 1998). Rekabetin artması, uluslararası ticaretin gelişmesi ve taşımacılığa yönelik altyapı yatırımlarının

ilerlemesiyle birlikte özellikle konteyner taşımacılığı temelinde hızla büyüyen multimodal taşımacılık, günümüzde hem işletmelere maliyet avantajı ve operasyonel verimlilik gibi çeşitli faydalar sunmakta hem de ülkeler açısından çevresel sürdürülebilirlik ile liman trafiğinin etkin yönetimi gibi stratejik katkılar sağlamaktadır (Barbanova, 2016). Öte yandan, boru hatları geçtiği ülkelerde inşaat süreci boyunca istihdam olanakları yaratarak ekonomik hareketliliğe katkı sağlamaktadır. İlgili projelerin tamamlanmasının ardından ise bu ülkeler, boru hattı sayesinde hem sürekli istihdam imkanlarına kavuşmakta hem de dönemsel olarak kayda değer gelirler elde etmektedir. Boru hattı taşımacılığı hem ulusal hem de uluslararası düzeyde lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılarken, birden fazla ülkeyi kapsayan hatlar ekonomik ve siyasi açılardan geniş bir etki alanı oluşturmaktadır. Bu durum, uluslararası boru hattı taşımacılığının stratejik önemini daha da pekiştirmektedir (Küçük, 2018). Su yolu taşımacılığı, büyük hacimli malların taşınması için en uygun yöntemlerden birisidir. Limanlar, deniz yolu taşımacılığının başlangıç ve bitiş noktalarını oluşturarak bu süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, su yolu taşımacılığı, kombine taşımacılıkta önemli bir yer tutmakta olup, maliyet açısından en ekonomik taşıma şekli olarak öne çıkmaktadır (Paksoy, 2019). Çizelge 2.1’de taşıma modlarının özellikleri karşılaştırmalı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 2.1 : Taşıma modlarının karşılaştırılması

Özellik	Demir yolu taşımacılığı	Kara yolu taşımacılığı	Deniz yolu taşımacılığı	Hava yolu taşımacılığı	Su yolu taşımacılığı	Boru hattı taşımacılığı
Ücret	Düşük	Yüksek	Düşük	Çok yüksek	Çok düşük	Çok düşük
Hız	Yavaş	Hızlı	Yavaş	Çok hızlı	Çok yavaş	Yavaş
Güvenilirlik	Orta	Orta	Çok yüksek	Çok yüksek	Düşük	Çok yüksek
Paketleme talepleri	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek	-
Hasar ve kayıp olasılığı	Yüksek	Orta	Çok düşük	Düşük	Orta	Çok düşük
Esneklik	Düşük	Yüksek	Çok düşük	Çok düşük	Düşük	Çok düşük
Çevreye olan etkisi	Düşük seviyede hava ve gürültü kirliliği	Hava ve gürültü kirliliği	Orta seviyede hava ve gürültü kirliliği	Hava ve gürültü kirliliği	Düşük seviyede ancak yüksek etkili bir çevresel risk	Düşük seviyede hava ve gürültü kirliliği
Enerji tüketimi	Düşük	Yüksek	Düşük	Çok yüksek	Düşük	-

Kaynak: Küçük, 2018, s. 318.

2.2.1.3 Stok ve envanter yönetimi

İşletmeler için en önemli maliyet kalemlerinden birisi stoklardır. Stoklar, faaliyet gösterdikleri alanlara göre değişkenlik göstermektedir. Küreselleşmenin etkisiyle oluşan rekabet avantajı ve ekonomik krizler birçok durumu beraberinde getirmektedir. Kar marjlarının azalması işletmeler için varlık kalemlerinin en uygun zamanda ve tedarikçilerden karşılanmasını, en uygun sürede elde bulundurulmasını ve en uygun bir şekilde nihai tüketiciye ulaştırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bundan dolayı stoklar doğru zamanda sipariş verilerek doğru miktarlarda tutulmalıdır (Küçük, 2018).

Envanter yönetiminde temel amaç, müşterilerin ihtiyaçlarını istenilen düzeyde tam zamanında üretmek ve hazır bir şekilde bulundurmaktır (Aydemir, 2015). Tam zamanında üretim (TZÜ), ihtiyaç duyulan ürünün gerekli miktarlarda üretilmesini, ihtiyaç halinde nihai tüketiciye sunulmasını ve sıfır envanteri hedef alan bir üretim modeli olmaktadır (Emiroğlu, 2016). Tam zamanında üretim (TZÜ) sürekli iyileştirmeyi, atıkların bertaraf edilmesini ve üretimin tam zamanında olmasını benimsemektedir (Mukwakungu ve diğ, 2019).

2.2.1.4 Depolama yönetimi

Lojistik süreçlerde depolama yönetimin doğru bir şekilde gerçekleşmesi önemlidir. Depolama ürünün nihai müşteriye geçiş noktasında istiflenme, paketlenme, ambalajlanma ve ayrıştırılma gibi faaliyetlerinin yerine getirildiği bölüm olarak adlandırılmaktadır. Depolama süreçleri esnasında ürünün hasar görmemesi önem arz etmektedir (Güler, 2006).

2.2.1.5 Müşteri hizmetleri yönetimi

Müşteri hizmetleri yönetim anlayışı, işletmelerin nihai müşterilerle doğrudan iletişim kurduğu süreci ifade etmektedir. Söz konusu süreçte nihai müşteriye ürünün varlığı, teslim zamanı ve sipariş süreçleri gibi konular anlatılmaktadır. Nihai müşteriye verilen bu bilgiler lojistik süreçler ile ortak bir şekilde ilerlemektedir. Müşteri hizmetleri yönetimi, nihai müşteriye sunulan ürün ve hizmet bilgisinden oluşmaktadır (Özdemir, 2004).

2.3 Soğuk Zincir Lojistiği Kavramı

Soğuk zincir, bozulmaya elverişli ürünlerin lojistik süreçlerde düzenli olarak izlenildiği ve denetlendiği bir sistemdir. Sistemde frigorifik araçlar, ekipmanlar ve prosedürler bulunmaktadır (Vesper ve diğ., 2010). Soğuk zincir, ürünlerin sadece uygun ısı ve nem aralıklarında tutulup izlenilmesi olarak anlaşılmamalıdır. Soğuk zincir maliyetlerinin minimum tutulduğu ve tedarik zincirindeki her halkanın etkin bir şekilde yönetildiği sistem olarak da görülmektedir (Forcinio ve Wright, 2005).

Soğuk zincir kapsamında değerlendirilen ürünler şu şekilde sıralanabilir: et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, yaş meyve ve sebze, aşilar, dondurulmuş gıdalar, deniz ürünleri ve yağ ürünleri. Deniz ürünlerinin dağıtım sürecine kadar, ürünün özelliğinin ve kalitesinin çok iyi bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı nihai müşteriye sunulacak deniz ürünlerinin güvenli ve doğru şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Süt ve süt ürünleri soğuk zincirde taşınması gereken önemli ürünlerdir. Et ve et ürünlerinde ise üretimden dağıtıma kadar olan süreçlerde yüksek teknolojik izleme yöntemlerinin kullanılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Costa ve diğ., 2013). Bozulabilir ürünler kategorisinde et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, balık ürünleri ve eczacılık ürünleri yer almaktadır. Çizelge 2.2’de 2015-2023 yılları arasında bu ürünlerin ihracat hacimleri gösterilmektedir. Söz konusu veriler incelendiğinde düzenli bir şekilde artış gösteren ürünün balık ürünleri olduğu tespit edilmiştir. Her yıl en çok ihracatın olduğu ürün ise eczacılık ürünleri olmuştur. En çok ihracat 2022 yılında gerçekleşmiştir. En az ihracatın gerçekleştiği yıl ise 2016 senesi olmuştur. 2023 yılında en az ihracat süt ve süt ürünlerinde olurken en çok ihracat eczacılık ürünlerinde (aşilar ve ilaçlar) gerçekleşmiştir.

Çizelge 2.2 : Bozulabilir ürünlerin yıllara göre ihracat hacimleri (Bin ABD \$)

Yıl	Et ve Et Ürünleri	Süt ve Süt Ürünleri	Balık Ürünleri	Eczacılık Ürünleri	Toplam Hacim
2015	474.848	557.654	650.200	1.051.904	2.734.606
2016	415.295	621.946	747.704	933.345	2.718.290
2017	597.677	723.902	802.182	995.168	3.118.929
2018	640.590	781.118	886.893	1.310.090	3.618.691
2019	639.752	686.689	969.006	1.430.666	3.726.113
2020	569.956	612.702	1.014.615	1.825.627	4.022.900
2021	878.930	858.580	1.299.705	1.905.033	4.942.248
2022	1.148.989	977.569	1.549.743	1.898.778	5.575.079
2023	846.241	759.271	1.624.101	2.199.316	5.428.929

Kaynak: TÜİK, 2023

Çizelge 2.3’de bozulabilir ürünlerin ithalat rakamları aktarılmıştır. En az ithalatın gerçekleştiği yıl 2016 olmuştur. En çok ithalat ise 2021 yılında gerçekleşmiştir. 2023 yılında en çok ithalatın gerçekleştiği ürünler eczacılık ürünleri (aşılar ve ilaçlar) olurken en az ithalatı gerçekleşen ürün grubu süt ve süt ürünleridir.

Çizelge 2.3 : Bozulabilir ürünlerin yıllara göre ithalat hacimleri (Bin ABD \$)

Yıl	Et ve Et Ürünleri	Süt ve Süt Ürünleri	Balık Ürünleri	Eczacılık Ürünleri	Toplam Hacim
2015	138.221	156.031	250.602	4.465.525	5.010.379
2016	94.385	139.542	181.476	4.259.456	4.674.859
2017	157.966	147.801	229.167	4.520.076	5.055.010
2018	323.554	153.176	193.330	4.489.315	5.159.375
2019	87.677	149.540	190.707	4.911.312	5.339.236
2020	74.365	121.895	149.433	4.958.092	5.303.785
2021	76.365	109.920	206.814	6.874.839	7.267.938
2022	140.580	134.714	304.590	4.559.581	5.139.465
2023	358.425	171.690	273.950	4.986.408	5.790.473

Kaynak: TÜİK, 2023

Dayanıklı ve bozulabilir ürünlerin arasında farklar oldukça fazladır. Çizelge 2.4’te soğuk zincir lojistiği ile dayanıklı (bozulmayan) ürünlerin lojistiği arasındaki farklar gösterilmektedir.

Çizelge 2.4 : SZL ile dayanıklı ürünlerin lojistiği arasındaki farklar

SZL	Dayanıklı (bozulmayan) ürünlerin lojistiği
Sıcaklık değişimine tepki veren ürünleri kapsar.	Sıcaklık değişimine tepki vermeyen ürünleri kapsar.
İlk üretimden nihai tüketiciye doğru geçen süreçte değer kaybı oluşabilmektedir.	Nakliye durumunda değer kaybı oluşmaz.
Trafik sürecinde soğutma sisteminin daha çok çalışması daha fazla maliyeti de beraberinde getirir.	Taşıma esnasındaki trafik sürecine dayanabilmektedir.
Farklı ürünler taşıma aracında yer alamayabilir, ürünlerin farklı sıcaklıklarda muhafaza edilmesi gerekmektedir.	Taşıma aracında farklı türde ürünler yer alabilmektedir
Nakliyesi için soğutmalı araçlar zorunlu olmaktadır.	Daha az maliyeti olan kamyonlar veya araçlar kullanılmaktadır.
Nihai müşteriye ulaştığında süreç bitmemekle birlikte müşteri uygulamaları da başlamaktadır.	Nihai müşteriye ulaştığında süreç tamamlanmış olmaktadır.

Kaynak: Joshi ve diğ, 2009, s. 1261.

2.3.1 Soğuk zincir lojistiği yönetimi

Soğuk zincir lojistiği, üretim aşamasından nihai tüketiciye kadar geçen süreçte çabuk bozulabilen ürünlerin kalite kaybını en aza indirmek amacıyla belirli sıcaklık aralıklarında muhafaza edilmesini sağlayan, ürünlerin taşıma, depolama ve dağıtım süreçlerini kapsayan bir lojistik yönetim sistemidir (Ma ve Guan, 2009).

İyi bir şekilde yönetilen bu sistemde ürünler raflara güvenli bir şekilde yerleşmekte ve nihai tüketiciye taze ürün olarak sunulmaktadır. Böylelikle müşteri memnuniyeti oluşmaktadır. Soğuk zincir ürünlerin ihracat süreçlerinde, genellikle taşıma ve elleçleme süreçleri uzun olabilmektedir. Böyle bir durumda soğuk zincir lojistiği yönetimi önemli olmaktadır (Sarısoy, 2011).

Soğuk zincir lojistiği yönetiminde birçok bilgi teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Lojistik süreçlerde soğuk zincir ürünlerinin diğer dayanıklı ürünlere göre daha çok dikkat edilerek taşınması gerekmektedir. Bu durumda taşıma sürecinde kullanılan bilgi teknolojileri ürünün israf ve kayıplarını minimum seviyeye indirecektir. Ayrıca gıda güvenliğini tehlikeye atacak unsurları da en aza düşürecektir (Badia-Melis ve diğ., 2018).

2.3.2 Soğuk zincir taşımacılığı

Çabuk bozulmaya elverişli oldukları için soğuk zincir ürünlerinin uygun sıcaklıklarda üretilmesi, paketlenmesi, depolama ve taşınma süreçlerinin en iyi şekilde yapılması gerekmektedir. Yurt dışına gönderilecek soğuk zincir ürünleri hava ve deniz yolu ile taşınmaktadır. Ürünler limanlara ve havalimanlarına taşınırken frigorifik araçlar tercih edilmektedir. Bu araçlar ısı derecelerini koruyarak ürünlerin bozulmasını engellemektedir. Ancak ürünlerin havalimanlarına aktarımı esnasında güneş ışığına maruz kalarak sıcaklıklarında yükselme olabilmektedir. Ürünlerin gemi ve uçaklara taşınması esnasında frigorifik sistemlerin kullanılması soğuk zinciri uzun vadede sağlayabilmektedir. Dağıtım sürecinde ise ürünler depolama alanına frigorifik araçlarla taşınmaktadır ve aynı şekilde nihai tüketiciye giderken de frigorifik araçlar kullanılmaktadır. Bu şekilde ürünün kalitesi korunmuş olmaktadır (İzer, 2017).

Taşıma sırasında ürünlerin kalitelerini etkileyecek önemli hususlar bulunmaktadır. Bu hususlar soğuk zincir ürünleri için geçerli olup ürünün kalitesini de doğrudan belirlemektedir. Sıcaklık artışı veya azalışı üründe birçok hasar oluşturmaktadır. Örneğin, sıcaklık artışında fiziksel olarak üründe buruşmalar meydana gelmektedir. Sıcaklık azalışında ise ürünün fazla soğumasından kaynaklı donma gibi hasarlar meydana gelmektedir. Sıcaklık değişiminde nem kaybı, fiziksel hasarlar ürünün kalitesini etkileyen önemli hususlar olmaktadır (Dündar, 2021).

Soğuk zincir ürünlerinin taşınmasında kullanılan ekipmanlar arasında RFID bilgi teknolojileri de yer almaktadır. RFID teknolojisi deniz yolu ile taşınan yüklerin

konteynerlerde sıcaklıklarını izlemeye fayda sağlamaktadır. Hava ve deniz yolu taşımacılığına ek günümüzde kara yolu araçlarının içerisindeki ürünlerin sıcaklık ve nem dereceleri izlenilmektedir. Soğuk zincir ürün ihracatı yapan işletmeler için de bilgi teknolojilerine sahip taşıma araçlarının seçilmesi stratejik bir öneme sahiptir (Yu ve diğ, 2018).

Gün geçtikçe taşıma modlarında karbon emisyonuna verilen önem artmaktadır. Yeşil bir çevre için taşıma araçları da karbon emisyonuna uygun tasarlanmaktadır. Hava yolu taşımacılığında, hava yolu firmalarının birçoğunda karbon emisyon oranları yer almaktadır. Bu doğrultuda soğuk zincir taşımacılığında soğutmalı araçlara ek olarak CO2 ayak izi oranları da taşıma modunu seçerken dikkat edilecek unsurlar arasındadır.

Öncelikli olarak katma değeri yüksek ürünler için, sıcaklık ve zaman hususlarının ürünün kalitesi üzerindeki etkilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Soğuk zincir ile taşınan ürünlerin soğutma işlemleri taşıma esnasında daha fazla CO2 emisyonu ürettiğinden, CO2 azaltıcı işlemlerin uygulanması gerekmektedir (Ma ve diğ, 2018). Yani ürünün tazelik gereksinimi ne kadar fazla olursa karbon ayak izindeki artış da o kadar fazla olmaktadır (Hu ve diğ, 2021).

Taşıma modları arasında yer alan kara yolu taşımacılığı, gıdaların taşınmasında yurt içinde daha yoğun kullanılmaktadır. Dış ticarete ise hava yolu taşımacılığı daha sık kullanılmaktadır. Bunun sebebi mesafe süresinin uzun olması ve soğuk zincirin bu süre zarfında değer kaybetmesinin yüksek olmasıdır. Hava yolunun sahip olduğu hız avantajının yanında yüksek maliyetler dezavantaj sağlamaktadır (Mercier ve diğ, 2017). Deniz yolu taşımacılığı, hava yolu taşımacılığına kıyasla çok daha yavaştır bu durumdan dolayı çabuk bozulmaya elverişli ürünlerin taşınmasında deniz yolu uygun bir taşıma modu olmamaktadır. Ek olarak soğuk zincir ürünlerinin taşınmasında demir yolu taşımacılığı kara yolu taşımacılığına göre dezavantajlı konumdadır (Sommar ve Woxenius, 2007).

3. LİTERATÜR VE TEORİK ALTYAPI

Çalışmanın bu bölümünde detaylı bir literatür taraması yapılmış, konu ile ilgili yerli ve yabancı bilimsel çalışmalara yer verilmiştir. Bununla birlikte çalışma konusu ile ilgili farklı araştırmalara ait bulgular karşılaştırılmış, çalışmanın teorik altyapısını oluşturan temel yaklaşımlar açıklanmıştır.

3.1 Literatür Araştırması

Literatürde SZL’de etkili olan faktörlerin ortaya çıkarıldığı yerli ve yabancı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Danişan ve diğ. (2022) çalışmalarında aşılardan sıcaklıklarının korunması için en doğru taşıma türünü seçmeyi amaçlamıştır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılan bu çalışmada aşılardan taşınmasında en önemli olan kriterlerin; sıcaklık, muhafaza süresi, erişebilirlik, kapasite, taşıma şekli (ekipman), fiyat, kullanım kolaylığı, tek veya çok kullanımlık, taşıma yolu olduğu bulunmuştur. Belirlenen alternatifler ise buzdolabı, soğutmalı araçlar, soğuk kutu, ultra soğuk dondurucu ve aşı nakil kabı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda önem derecesi en yüksek olan kriterin sıcaklık olduğu tespit edilirken en az önem derecesine sahip kriterin tek veya çok kullanımlık olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak TOPSIS yöntemi ile buzdolabı en iyi alternatif olarak bulunmuştur. Şen (2021) çalışmasında Covid-19 aşılardan taşınmasında havacılık sektörünün rolünü araştırmıştır. Araştırma sonucunda aşılardan, hava yolu ile taşınmasında kullanılan konteynerlerin sıcaklık kontrolünü yapması, kalite yönetim sisteminin uygulanabilirliği aşılardan hava yolu ile taşınmasında tercih edilme sebebi olarak belirlenmiştir. Öçal (2022) Covid-19 salgını sırasında Antalya ili ile havalimanının ihracat rakamlarına bakıldığında bitkisel gıda ve yaş meyve sebze ihracatının %27,1 ile %70,5 olarak arttığını gözlemlemiştir. Sonuç olarak pandemi öncesi bitkisel gıda ve yaş meyve sebze ihracat rakamları Covid -19 salgını sırasında oldukça artmıştır. Erdal ve Koruncuk (2019) çalışmalarında ilaç sektöründe yürütülen lojistik faaliyetlerinde raf ömrünün, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bulaşmanın, depo koşullarının izlenmesinin önemli olduğuna dikkat çekmiştir. Küçüktürkmen ve Bozkır

(2018) çalışmalarında biyofarmasötik ürünlerin stabilite kayıplarının en çok taşıma esnasında ortaya çıktığını ve soğuk zincirin kırılmasının yeterli bilgiye sahip olmayan personellerin bulunması ve sıcaklıkların takip edilmemesi gibi nedenlerden kaynaklı olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Özkan (2021) çalışmasında bozulan ürünlerin taşınacağı ülke ile uygun taşıma modunun belirlenmesini amaçlamıştır. Bu araştırma Antalya ilinde uygulanmıştır. Araştırma sonucunda kara yolu taşımacılığı en çok tercih edilen taşıma türü olmuştur. Yaş meyve ve sebze taşımacılığında ise deniz yolu (bazı yerler hariç) tercih edilen taşıma türü olmuştur. Literatürde kapasiteyi kriter olarak alan bir diğer çalışma Yang ve Lin (2017) tarafından yapılmıştır. Çalışmada soğuk zincir taşıma modunu etkileyen kriterler arasında yük kapasitesinin bir kriter olarak belirlendiği görülmüştür. Arslanhan ve Tosun (2021) çalışmalarında Kayseri ilinde kiraz ihracatı yapan bir firmanın taşıma modu seçim kriterlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Yöntem olarak ÇKKV yöntemlerinden WASPAS metodu kullanılmıştır. Detaylı literatür taramasından sonra kriterler şu şekilde belirlenmiştir: süre, taşıma maliyeti, güvenilirlik, depolama maliyeti, ambalajlama, nakliye seferlerinin sıklığı, farklı ağırlıkta ürünleri taşıyabilme esnekliği, rotada esneklik, taşınan ürün sayısında esneklik, teslimat noktasında esneklik, çevre üzerindeki etkiler, nakliye sırasında oluşabilecek hasar oluşumu ve zaman çizelgesinin değişebilirliği. Alternatif olarak belirlenenler ise kara yolu, çok modlu taşıma, hava yolu ve demir yoludur. Analizler sonucunda en çok önem derecesine sahip kriterin taşıma maliyeti olduğu ve en az önem derecesine sahip kriterin çevre üzerindeki etkiler olduğu görülmüştür. Alternatifler arasında ise önem derecesine göre sıralanma şu şekilde bulunmuştur: hava yolu, kara yolu, çok modlu, demir yolu. Tavasszy ve diğ. (2020) çalışmalarında farklı sektörlerden uzman kişiler tarafından taşıma modu seçim kriterlerinin önem derecelerine göre sıralanmasını amaçlamışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, esneklik kriteri bozulabilir gıda endüstrisi açısından tarım endüstrisine kıyasla daha yüksek bir öneme sahiptir. Ek olarak, ağırlık kriterinin bozulabilir gıda endüstrisinde en yüksek önceliğe sahipken, kimya endüstrisinde görece olarak daha düşük bir öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Dereli ve Sarı (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Denizli Çal Bölgesi'nin taşımacılık yapısı incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, bölgeden yapılan ürün sevkiyatının büyük ölçüde kara yolu aracılığıyla gerçekleştirildiği hem yurt içi hem de yurt dışı taşımacılıkta hava kargo kullanımının tercih edilmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Akay (2016) çalışmasında taşıma türü seçimini etkileyen kriterleri; taşıma maliyeti, hız, güvenilirlik, emniyet, izlenebilirlik, esneklik, yönetmelik/mevzuat, imaj olarak belirlemiş ve taşıma maliyetinin en etkili kriter olduğu sonucuna varmıştır. Tuzkaya ve Önüt (2008) taşıma modu seçimi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında ürün karakterleri, güvenlik, esneklik, izlenebilirlik, hız, güvenlik ve maliyet kriterlerini incelemişlerdir. Yöntem olarak bulanık ANP kullanılmıştır. Bulgulara bakıldığında alternatif taşıma modları arasında öncelikli olarak demir yolu, deniz yolu ve kara yolu belirlenmiştir. Ek olarak 0,200 ağırlıkla en önemli kriter maliyet olmuştur. Arencibia ve diğ. (2015) çalışmalarında lojistik taşıma modu seçiminde maliyet, sıklık, dakiklık, transit zamanı kriterler olarak almıştır. Vannieuwenhuyse ve diğ. (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Belçika'daki çikolata gıda enstitüsünde faaliyet gösteren lojistik firmalarının taşıma türü tercihlerini etkileyen kriterler ve bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre söz konusunu kriterler ve önem ağırlıkları şu şekilde sıralanmıştır: taşıma maliyeti (8.34), güvenlik (7.95), güvenilirlik (7.82), taşıma süresi (7.61), esneklik (7.05), çevresel etki (5.68), yönetmelik ve mevzuat (5.64), imaj (5.34), stratejik unsurlar (5.13), kapasite (5.02), ağırlık yoğunluğu (4.87). Söz konusu çalışmada ek olarak kara yolu taşımacılığı en uygun taşıma modu olarak kabul edilmiştir. Cullinane ve Toy (2000) çalışmalarında taşıma modu seçiminde etkili olan kriterleri belirlemeyi amaçlamıştır. Taşıma modu ile ilgili yapılmış çalışmaları içerik analizi ile incelemişler ve en çok tekrar eden kriterlerin maliyet, hız, taşıma süresinin güvenilirliği, taşınan ürünün özellikleri ve hizmetler olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Arslanhan (2019) çalışmasında Kayseri ilinde ihracat yapan bir firmanın taşıma modu seçiminde etkili olan faktörleri belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden WASPAS metodu kullanılmıştır. Analiz sonucunda kriterlerin önem dereceleri şu şekilde sıralanmıştır: 1- Taşıma maliyeti, 2-Süre, 3- Depolama maliyeti, 4- Güvenilirlik, 5- Ambalajlama, 6- Farklı ağırlıktaki ürünleri taşıyabilme esnekliği, 7- Teslimat noktasında esneklik, 8- Zaman çizelgesinin değişebilirliği, 9- Nakliye sefer sıklığı, 10- Nakliye sırasındaki hasar oluşumu, 11- Taşınan ürün sayısındaki esneklik, 12- Rotada esneklik, 13- Çevre üzerindeki etkiler. Çalışmada en çok önem derecesine sahip kriterin Taşıma maliyeti olduğu dikkat çekerken en az önem derecesine sahip kriterin Çevre üzerindeki etkiler olduğu ortaya çıkmıştır.

Ütücüler (2015) çalışmasında Türkiye’de ihracat yapan bir firma için en uygun taşıma modunu belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kriterler maliyet, güvenilirlik, hız, taşıma kapasitesi, esneklik, teslimat ve yakıt fiyatı olarak belirlenmiştir. Önem derecesine göre sıralandığında ise en çok önemli kriterin güvenilirlik olduğu tespit edilmiştir. En uygun taşıma türü olarak da hava yolu taşımacılığı seçilmiştir. Vashist ve Dey (2016) çalışmalarında Delhi ve Chennai arasındaki taşıma modu seçim kriterlerini değerlendirmiştir. Kriterler transit zamanı, maliyet, emniyet, güvenilirlik, kapasite, kolaylık ve hizmetler olarak; alternatifler ise yol kamyonu, demir yolu vagonu, intermodal konteyner ve bimodal yol römorku olarak belirlenmiştir. Yöntem olarak ÇKKV yöntemlerinden AHP metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada demir yolu vagonu en az tercih edilen taşıma modu olarak seçilmiştir. Güvenilirlik, kapasite, kolaylık ve hizmetler demir yolu vagonu tercihinde en etkili kriterler olmuştur. Demir yolu taşımacılığında sonra intermodal konteyner taşıma modu gelmektedir. Taşıma süresi, maliyet kriterleri demir yolu taşımacılığında en etkili kriterler olmuştur. En çok önem derecesine sahip taşıma modunun kara yolu kamyonu olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak çalışmada araştırılan sektörlerden hızlı tüketim mallarında en önemli kriterin güvenlik olduğu ortaya çıkmıştır. Alternatifler arasında ise en uygun taşıma modunun bimodal yol römorku olduğu tespit edilmiştir. Thompson ve diğ. (2021) Gana bölgesinin yük taşımacılığına ilişkin taşıma modu seçim kriterlerini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Yöntem olarak ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın sonunda önem derecesine sahip kriterler şu şekilde sıralanmıştır: taşıma maliyeti, taşıma süresi ve kapasitesi, güvenilirlik ve esneklik, risk hasar ve kayıp. Ek olarak kara yolu taşımacılığı en çok öneme sahip taşıma modu olmuştur. Aydın (2019) çalışmasında lojistik şirketinin taşıma modu seçimini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Yöntem olarak ÇKKV yöntemlerinden AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Alternatif taşıma modları kara yolu, kombine ve intermodal olarak belirlenmiştir. Detaylı literatür araştırması sonucunda kriterler şu şekilde elde edilmiştir: maliyet, güvenilirlik, çevreye etki, hız ve esneklik. AHP yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarda en çok önem derecesine sahip kriterin maliyet olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada alternatiflerin bileşik göreceli önem vektörü sıralamasında %0,52 kombine taşımacılığı, %0,27 intermodal taşımacılığı ve %0,21 kara yolu taşımacılığı gelmektedir. ELECTRE yöntemi ile incelendiğinde kombine taşımacılığının ilk sırada yer aldığı ikinci sırada intermodal taşımacılığının,

üçüncü sırada ise kara yolu taşımacılığının olduğu bulunmuştur. TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçlar kapsamında kombine taşımacılığının ideal çözüm olarak görüldüğü bunu intermodal taşımacılığının ve kara yolu taşımacılığının izlediği tespit edilmiştir. Aydın ve Atak (2020) çalışmalarında ÇKKV yöntemlerinden bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır. Araştırmanın amacı İstanbul'dan çıkarılan yükün Hollanda'ya hangi taşıma modu ile taşınacağını belirlemektir. Bu çalışmada kriterler olarak taşıma maliyeti, güvenilirlik, teslimat süresi ve sefer sıklığı incelenmiştir. Alternatif taşıma modları olarak da deniz yolu, demir yolu, hava yolu ve kara yolu ele alınmıştır. Bulgulara bakıldığında en uygun taşıma modunun deniz yolu olduğu tespit edilmiştir. Moon ve diğ. (2015) çalışmalarında ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Çalışmada taşıma modu seçim kriterleri nicel ve nitel olarak ikiye ayrılmıştır. Nicel olarak taşıma mesafesi, taşıma maliyeti ve süresi; nitel olarak ise ana kriterler taşıma hizmeti, farkındalık ve emniyet olarak belirlenmiştir. Kök ve Deveci (2019) çalışmalarında taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili yabancı makaleleri sistematik literatür taraması kapsamında incelemiştir. Çalışmanın sonunda en çok dikkate alınan kriterlerin taşıma süresi, taşıma maliyeti, sıklık, güvenilirlik, gecikme riski, kayıp ve hasar riski, esneklik ve hizmet kalitesi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Araştırma bulgularında seçim kriterlerinde en önemli kriterin taşıma maliyeti, süresi ve güvenilirliği olduğu belirlenmiştir. Kumru ve Kumru (2014) çalışmalarında Türkiye'de faaliyet gösteren bir lojistik firmasının taşıma modu seçimini AHP yöntemi ile analiz etmişlerdir. Söz konusu çalışmada incelenen değerlendirme kriterleri arasında maliyet, güvenilirlik, hız, esneklik, emniyet erişilebilirlik ve çevre dostu olma yer almaktadır. Analiz sonucunda demir yolu ve kombine taşımacılığının kara yolu taşımacılığından daha elverişli olduğu bulunmuştur. Erkayman (2007) çalışmasında hız, güvenlik, çevreye duyarlılık, esneklik, enerji kaynaklarının kullanılması, konfor ve coğrafi özelliklerin tüm taşımacılık modlarıyla entegre bir şekilde uygulanması ve kombine taşımacılığının özendirilmesi gerektiğini savunmuştur. Pham ve diğ. (2018) çalışmasında taşıma modu seçim kriterlerini ulaşım süresi, ulaşım maliyeti, güvenlik ve rota özellikleri olarak belirlemiştir. Yöntem olarak çalışmada Bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara bakıldığında kriterler önem derecelerine göre ulaşım maliyeti (0,83), ulaşım süresi (0,79), güvenilirlik (0,68), rota özellikleri (0,55) olarak sıralanmıştır.

Çizelge 3.1 : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Akay (2016)	Konya’da faaliyet gösteren lojistik firmaların taşıma modu seçim kriterlerini belirlemek ve önem derecelerine göre sıralamak amaçlanmıştır.	Nicel Verilere Dayalı Tarama Modeli	Taşıma Maliyeti Hız Güvenilirlik Emniyet İzlenebilirlik Esneklik Yönetmelik/Mevzuat İmaj	Bulgular sonucunda taşıma maliyeti en çok önem derecesine sahip kriter olmuştur.
Arencibia ve diğ. (2015)	Bu çalışmanın amacı, İspanya ile Avrupa arasındaki yük taşımacılığında tercih edilen taşıma modunun seçim kriterlerini analiz etmektedir.	Gelişmiş Seçim Modelleme Teknikleri	Maliyet Transit Zaman Dakiklik Sıklık	Bu çalışmada elde edilen bulgular maliyetin önemli bir kriter olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Arslanhan ve Tosun (2021)	Kayseri’de kiraz ihracatı yapan bir firmanın taşıma türü seçim kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	WASPAS	Süre Taşıma Maliyeti Güvenilirlik Depolama Maliyeti Ambalajlama Nakliye Seferlerinin Sıklığı Farklı Ağırlıkta Ürünleri Taşıyabilme Esnekliği Taşınan Ürün Sayısında Esneklik Teslimat Noktasında Esneklik Çevre Üzerindeki Etkiler Nakliye Sırasında Oluşabilecek Hasar Oluşumu Zaman Çizelgesinin Değişebilirliği	En çok önem derecesine sahip kriter taşıma maliyeti, en az önem derecesine sahip kriter ise çevre üzerindeki etkiler olarak bulunmuştur.
Aydın (2019)	Lojistik şirketinin taşıma modu seçimini değerlendirmeyi amaçlamışlardır.	AHP ELECTRE TOPSIS	Maliyet Güvenilirlik Çevreye Etki Hız Esneklik	Çalışmada AHP yöntemi ile elde edilen en çok önem derecesine sahip kriterin maliyet olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Aydın ve Atak (2020)	İstanbul ile Hollanda arasındaki yük taşımacılığı için taşıma modu seçim kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	EDAS	Taşıma Maliyeti Güvenilirlik Teslimat Süresi Sefer Sıklığı	Yöntemle birlikte bulgularda kriterlerin hepsinin önem derecelerinin eşit olduğu görülmüştür.
Danışan ve diğ. (2022)	Aşı taşımacılığında sıcaklık kontrolünü sağlamak amacıyla en uygun taşıma türünün seçilmesi hedeflenmiştir.	AHP TOPSIS	Sıcaklık Muhafaza süresi Erişebilirlik Kapasite Taşıma Şekli (Ekipman) Fiyat Kullanım Kolaylığı Tek veya Çok Kullanımlık Taşıma Yolu	En yüksek önem derecesine sahip kriterin sıcaklık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Erkayman (2007)	Lojistikte taşıma şekillerinin genetik algoritmalar ile araştırılması amaçlanmıştır.	Algoritmalar Tekniği: Genetik Algoritmalar	Hız Güvenlik Çevreye Duyarlılık Esneklik Enerji Kaynaklarının Kullanılması Konfor ve Coğrafi Özellikler	Kriterlerin tüm taşımacılık modlarıyla entegre bir şekilde uygulanması gerektiğini ve kombine taşımacılığının özendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.
Kök ve Deveci (2019)	Çalışmada, taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili sistematik literatür taraması yapılması amaçlanmıştır.	Sistematik Literatür Taraması	Taşıma Süresi Taşıma Maliyeti Sıklık Güvenilirlik Gecikme Riski Kayıp ve Hasar Riski Esneklik Hizmet Kalitesi	Çalışmada en çok önem derecesine sahip kriterlerin taşıma maliyeti, süresi ve güvenilirliği olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Kumru ve Kumru (2014)	Türkiye’deki bir lojistik şirketinin taşıma modu seçim kriterlerinin analizi amaçlanmıştır.	AHP	Maliyet Güvenilirlik Hız Esneklik Erişilebilirlik Çevre dostu olma	Bulgular sonucunda en önemli kriterin maliyet olduğu görülmüştür.
Moon ve diğ. (2015)	Bu çalışmanın amacı, Kore ile Avrupa arasındaki taşıma yolunun rekabet edebilirliğini analiz etmek ve önemli kriterleri belirlemektir.	TOPSIS	Nicel: Taşıma Mesafesi Taşıma Maliyeti Taşıma Süresi Nitel: Taşıma Hizmeti Farkındalık Emniyet	Elde edilen bulgularda nicel faktörler arasında en önemli kriterin taşıma maliyeti olduğu görülmüştür. Niteliksel faktörlerin ana kriterleri ile alt kriterlerinin hesaplanmasıyla elde edilen sonuçlar kapsamında taşıma hizmetleri ile emniyetin eşit öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Pham ve diğ. (2018)	Hong Kong ve New York arasında taşınan malların rota seçimindeki kararları etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.	Bulanık TOPSIS	Ulaşım Maliyeti Ulaşım Süresi Güvenilirlik Rota Özellikleri	Bulgulara bakıldığında en önemli kriterin ulaşım maliyeti olduğu görülmüştür.
Thompson ve diğ. (2021)	Gana Bölgesi'nde yük taşımacılığında taşıma modu seçim kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	AHP TOPSIS	Maliyet Taşıma Süresi ve Kapasitesi Güvenilirlik ve Esneklik Hasar ve Kayıp Riskleri	Çalışmada elde edilen bulgularla en çok önem derecesine sahip kriterin maliyet olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Tuzkaya ve Önüt (2008)	Almanya ile Türkiye arasındaki en uygun taşıma modunun Bulanık ANP yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.	Bulanık ANP	Ürün Karakterleri Güvenlik Esneklik İzlenebilirlik Hız Güvenlik Maliyet	Bulgulara bakıldığında en çok ağırlığa sahip kriterin maliyet olduğu görülmüştür.
Ütücüler (2015)	Türkiye’de ihracat yapan bir firma için en uygun taşıma modunun seçilmesi amaçlanmıştır.	AHP	Maliyet Güvenilirlik Hız Taşıma Kapasitesi Esneklik Teslimat ve Yakıt Fiyatı	Çalışmada elde edilen bulgularla en çok önem derecesine sahip kriterin güvenlik olduğu görülmüştür.
Vannieuwenhuyse ve diğ. (2003)	Belçika çikolata gıda endüstrisinde taşıma modu seçim kriterlerini araştırmak amaçlanmıştır.	ÇKKV	Taşıma Maliyeti Güvenilirlik Esneklik Taşıma Süresi Güvenlik Kapasite Ağın Yoğunluğu Yönetmelik ve Mevzuat Etki İmaj Stratejik Unsurlar	Çalışmada elde edilen bulgular taşıma maliyetinin en önemli kriter olduğu sonucunu göstermiştir.

Çizelge 3.1 (devam) : Taşıma modu seçim kriterleri ile ilgili literatür

Künye	Amaç	Yöntem	Kriterler	Sonuç
Vashist ve Dey (2016)	Bu çalışmanın amaçlarından biri, Delhi ile Chennai arasında taşıma modu seçim kriterlerinin değerlendirilmesidir.	AHP	Transit Zamanı Maliyet Emniyet Güvenlik Güvenilirlik Kapasite Kolaylık Hizmetler	Bu çalışmada 4 sektörde incelenen bulgularda hızlı tüketim mallarında en önemli kriterin güvenlik olduğu bulunmuştur.
Yang ve Lin (2017)	Bu çalışmanın amacı, ton balığında taşıma modu seçim kriterlerini belirlemek ve önem derecelerine göre sıralamaktır.	AHP	Bu çalışmada 16 kriter belirlenmiştir. Kriterler arasında yük kapasitesi bulunmaktadır.	Elde edilen bulgularda yük kapasitesinin önemli bir kriter olduğu görülmüştür.

Kaynak: Yazar tarafından ilgili kaynaklardan derlenmiştir

3.2 Teorik Altyapı

Bu çalışmanın teorik altyapısı Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ve Toplam Lojistik Maliyeti (TLM) yaklaşımlarına dayanmaktadır.

Teknoloji Kabul Modeli (TKM): Teknoloji Kabul Modeli, bireylerin teknolojik yeniliklere olan algılarını anlamak için ortaya çıkmış bir modeldir (Lin ve diğ, 2007). Modelin temel amacı, dışsal faktörlerin bireylerin inançları, tutumları ve niyetleri üzerindeki etkilerini izlemektir (Legris ve diğ, 2003). Kabul sürecinde bireylerin yeniliğe karşı ilgisi, benimsenen yeniliği değiştirme maliyetini değerlendirmeleri ve diğer bireylerin kabul oranları önemli etkenler olarak öne çıkmaktadır (Gatignon ve Robertson, 1985). Bu model 1987 yılında Fred D. Davis tarafından geliştirilmiştir. Modelde teknolojinin kabul görmesinde yararlanılan değişkenler arasında algılanan kullanım kolaylığı etkilidir (Davis, 1989). Algılanan kullanım kolaylığı, bireylerin kullanılan sistemi en az çaba sarf ederek kullanabilme derecesi olarak tanımlanmaktadır. Algılanan yarar ise bireylerin bilgi teknolojilerini kullanırken iş performanslarına ne derece katkı sağlayacağını veya etkileyeceğini değerlendirdikleri bir kavram olarak ifade edilmektedir. Algılanan yarar temelde algılanan kullanım kolaylığı, bireyin düşüncesi, dışsal etkenler ve benzeri değişkenlerden etkilenmektedir (Davis, 1989). Bu model Fishbein ve Ajzen'in 1975'teki Gerekçeli Eylem Teorisi'ne dayanmaktadır. Gerekçeli Eylem Modeli insan davranışlarını en temel prensip olarak ele alan bir modeldir. Modelde davranışlar tutumlarla belirlenirken tutumlar ise inançlardan etkilenmektedir (Fishbein ve Ajzen 1975). TKM birçok araştırmacı tarafından farklı alanlarda ve amaçlarla kullanılmıştır. Genellikle bilgi sistemlerinde yaygın ve etkili bir biçimde kullanılan bir teori olarak görülmektedir (Lee ve diğ, 2003). Söz konusu bu model bilgi teknolojileri üzerine geliştirilmiş olsa da diğer teknolojik yeniliklerin kabul edilmelerinde de kullanılmaktadır (Wang ve diğ, 2008).

Soğuk zincir lojistiğinde, taşınan ürünlerin uygun sıcaklık koşullarında ve uygun taşıma araçlarıyla taşınması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, taşıma işleminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için taşıma modunun doğru seçimi kritik bir faktördür. Literatürde, taşıma modunun seçiminde hız, izlenebilirlik, güvenlik ve sıcaklık gibi kriterler temel değerlendirme unsurları olarak ele alınmaktadır. Bu kriterler, taşıma sürecinin etkinliğini ve verimliliğini doğrudan etkileyen faktörler olarak çeşitli çalışmalarda incelenmiştir.

Danişan ve diğ. (2022) çalışmasında aşılarda sıcaklıklarının korunması için en doğru taşıma türünü seçmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada sıcaklık kriterinin en önemli kriter olduğu tespit edilmiştir. Soğuk zincir lojistiğinde gıdaların sıcaklıklarının izlenebilmesi çok önemlidir. Gelişen bilgi teknolojileri ile izlenebilirlik daha aktif bir yer almaktadır. Akay (2016) çalışmasında taşıma türü seçim kriterlerinde izlenebilirliğe yer vermiştir. Benzer şekilde izlenebilirlik kriteri Tuzkaya ve Önüt (2008) tarafından yapılan bir çalışmada da kriterler arasında yer almaktadır. Ceylan ve Danacı Ünal (2023) çalışmalarında SZL bilgi teknolojilerinin kullanımını değerlendirmiştir. Söz konusu çalışmadan elde edilen sonuçlar en önemli kriterin sıcaklık ve nem ölçümü olduğunu göstermiştir. Bu bulgular ışığında, soğuk zincir lojistiği kapsamındaki ürünlerin, sıcaklık ve nem ölçümünü doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleştiren araçlarla taşınmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Ek olarak Ütücüler (2015) çalışmasında en uygun taşıma modunu seçerken hız, taşıma kapasitesi ve güvenilirliği kriter olarak ele almıştır.

Toplam Lojistik Maliyeti (TLM): Bu model Blauwens ve diğ. (2006) ve Liedtke (2012) tarafından geliştirilmiştir. Liedtke (2012)'ye göre TLM teorisi Harris'in (1913) üç ana maliyet etkenini açıkladığı sipariş maliyeti, satın alma maliyeti ve stok maliyetine dayanmaktadır.

Nakliye maliyeti, stok taşıma maliyeti ve diğer maliyetlerin toplamı lojistik maliyetleri vermektedir. Taşıma modu seçimi de göndericinin katlanabildiği lojistik maliyetine göre seçilmektedir (Sheffi ve diğ, 1988). Bu bağlamda, taşıma modunun seçimi sürecinde lojistik maliyetler, önemli bir değerlendirme kriteri olarak öne çıkmakta ve taşımacılık kararlarının şekillenmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Ayrıca, çevreye duyarlılık taşıma modu seçiminde giderek önem kazanan bir diğer önemli faktör olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, taşıma modunun seçiminde çevreye duyarlılık ve lojistik maliyetler dikkat çeken temel unsurlar olmaktadır.

Literatürde taşıma modu seçiminde çevreye duyarlılık faktörünü kriter olarak ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Karbon emisyonunun etkilerinin düzenlemesine yönelik Hoen (2014) emisyon azaltımının mod seçiminde etkili olduğunu ancak teslim süresi gibi etkenlerin daha önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Soğuk zincirde taşıma modunu seçerken taşıma maliyeti ve çevreye duyarlılığa ek olarak kapasite, esneklik (ulaşım kolaylığı) önemli kriterler olarak görülmektedir. Özkan (2021) çalışmasında bozulan ürünlerin taşınmasında kriterler arasında taşıma maliyetine yer vermiştir.

Arslanhan ve Tosun (2021) çalışmalarında ihracat yapan bir firmanın taşıma modu seçim kriterlerinde en çok önem derecesine sahip kriterin taşıma maliyeti olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Benzer şekilde Akay (2016) çalışmasında taşıma türü seçimini etkileyen kriterler arasında taşıma maliyetinin en etkili kriter olduğunu savunmuştur. Tuzkaya ve Önüt (2008) taşıma modu seçimi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında en önemli kriteri 0,200 ile maliyet olarak bulunmuştur. Ek olarak Arencibia ve diğ. (2015) çalışmalarında maliyeti bir kriter olarak belirlemiştir. Moon ve diğ. (2015) yapmış oldukları çalışmada nicel kriterler arasında taşıma maliyetine yer vermiştir. Thompson ve diğ. (2021) çalışmalarında Gana bölgesinin yük taşımacılığına ilişkin taşıma modu seçim kriterlerinin sıralanmasında taşıma maliyetinin ilk sırada olduğunu bulmuştur. Vannieuwenhuyse ve diğ. (2003) çalışmalarında lojistik firmaların taşıma türü seçimini etkileyen kriterler arasında taşıma maliyetinin 8,34 ile en önemli kriter olduğuna dikkat çekmiştir. Bunlara ek olarak Aydın (2019) lojistik şirketinin taşıma modu seçimini değerlendirdiği çalışmasında en çok önem derecesine sahip kriterin maliyet olduğu sonucuna ulaşmıştır. Kök ve Deveci (2019) çalışmalarında elde edilen bulgularda en çok önem derecesine sahip kriterin taşıma maliyeti, süresi olduğunu tespit etmiştir. Pham ve diğ. (2018) de taşıma modu seçim kriterleri arasında en çok önem derecesine sahip kriterin taşıma maliyeti olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür incelendiğinde çalışmaların bir kısmında taşıma modu seçim kriterlerini etkileyen faktörler arasında kapasite, esneklik ve çevreye duyarlılık kriterlerinin ele alındığı görülmektedir. Yang ve Lin (2017) ton balığında taşıma modunu etkileyen kriterleri bulmayı amaçladıkları çalışmalarında kriterler arasında yük kapasitesini incelemiştir. Erkeyman (2007) lojistikte taşıma modu seçiminin belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada kriterler arasında çevreye duyarlılık ve esnekliğe yer vermiştir. Tavasszy ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmada, esneklik kriterinin tarım sektörüne kıyasla bozulabilir gıda sektöründe daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

4. METODOLOJİ

Bu bölümde uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterleri belirlenerek çalışmanın modeli (karar hiyerarşisi) oluşturulmuştur. Söz konusu kriterler ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile analiz edilmiş ve önem derecelerine göre hiyerarşik olarak sıralanmıştır. Daha sonra elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

4.1 Araştırma Problemi

Bu çalışmanın araştırma problemi “*Uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçimini etkileyen kriterler*” olarak ifade edilmektedir. Söz konusu kriterlerin ortaya çıkarılması ve önem derecelerine göre sıralanması için aşağıda yer alan araştırma soruları belirlenmiştir:

AS1: Uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçiminde en çok etkili olan ana kriter nedir?

AS2: Uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçiminde en çok etkili olan alt kriterler nelerdir?

AS3: Uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçiminde en az etkili olan alt kriterler nelerdir?

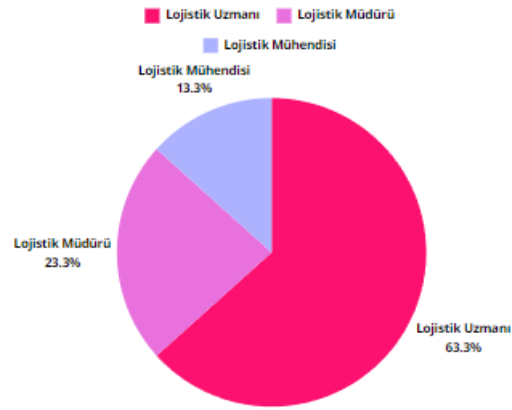
4.2 Araştırma Örnekleme ve Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye’de soğuk zincir ürünleri dış ticaretinde önemli paya sahip işletmelerin taşıma modu seçimi sırasında dikkate aldıkları kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin önem derecelerine göre sıralanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışmanın evrenini Türkiye’de uluslararası soğuk zincir lojistiğinde faaliyet gösteren firmalarda çalışan uzman kişiler oluşturmaktadır. Soğuk zincir alanında uzman kişiler yargısal örnekleme yöntemi kullanılarak seçilmiş ve çalışmanın örnekleme oluşturulmuştur. Yargısal örnekleme, araştırmacının problem çözümünde katılımcı

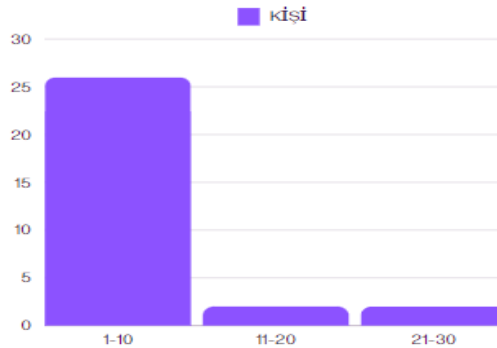
veya grupları kendisinin belirlediği örnekleme olarak ifade edilmektedir (Koçak ve Arun, 2006).

Bu çalışmada Bursa Teknik Üniversitesi Fen, Mühendislik ve Sosyal Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu tarafından etik kurul izni alınmıştır. Veri toplama aracı olarak çalışmanın metodolojisine uygun olarak hazırlanan anket formları kullanılmıştır. Anket formları elden ve /veya e-posta aracılığıyla gönderilmiştir. Anket soruları uluslararası soğuk zincir lojistik faaliyetlerinde görev alan uzman kişiler tarafından cevaplanmıştır. Çalışmaya katılan uzmanlardan elde edilen ve eksiksiz doldurulan 30 adet anket formundaki veriler analiz sürecine dahil edilmiştir.

Katılımcıların %63.3'ü lojistik uzmanı, %23.3'ü lojistik müdürü ve %13.3'ü lojistik mühendisidir (Şekil 4.1). Katılımcıların önemli bir kısmı 1-10 yıl arası tecrübeye sahiptir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 : Katılımcıların mesleklere göre dağılımı



Şekil 4.2 : Katılımcıların sahip olduğu tecrübe (Yıl)

4.3 Araştırma Kısıtları

Türkiye’de soğuk zincir lojistiğinde faaliyet gösteren uzman kişilerin sınırlı sayıda olması çalışmanın kısıtlı bir örnekleme sahip olmasına neden olmuştur. Bununla birlikte uzman kişilerin yoğun iş temposunda çalışması ve gönderilen anketlerin geri dönüşlerinin uzun sürmesi araştırma sürecinde zaman kısıtı olarak değerlendirilmektedir.

4.4 Araştırma Yöntemi

4.4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV)

1960’lı yıllarda, karar verme süreçlerinde yardımcı araçların geliştirilmesi amacıyla ÇKKV yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerin en temel amacı kriterler ve alternatifler arasında en doğru sonucu kolaylıkla bulabilmektir (Ballı, 2005). ÇKKV yönteminin uygulanmasında aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Ballı, 2005):

- Araştırma ile ilgili kriterler ve alternatifler belirlenmektedir.
- Elde edilen kriterlerin önem dereceleri bulunmaktadır.
- Alt kriterler kendi aralarında değerlendirilirken, ana kriterler de kendi aralarında değerlendirip en önemli kriterin belirlenmesini amaçlamaktadır.

ÇKKV yöntemlerini uygulama durumunda sıklıkla kullanılan bazı terimler vardır. Bu terimler aşağıda açıklamaları ile verilmiştir:

Alternatif: Belirlenen bir problem için en doğru ve uygun alternatiflerin seçilmesi olarak tanımlanmaktadır (Karakaşoğlu, 2008).

Kriterler ve alt kriterler: Alt kriterler, kriterlerin alt grubunda yer almaktadır. Kriterler daha genel olarak yer alan alternatiflerin özelliklerini, kalite düzeylerini ve verimliliklerini göstermeye yarayan bir araç olarak tanımlanmaktadır. Alt kriterler bu özelliklerin kendi aralarında sınıflandırılması olarak tanımlanmaktadır (Karakaşoğlu, 2008).

Amaçlar: Problem üzerinde belirlenen kriterlerin hangi amaç doğrultusunda ilerleyebileceğini göstermeye yaramaktadır (Karakaşoğlu, 2008).

Hedefler: Hedefler amaçlardan farklı olarak daha gerçekçi bir şekilde tasarlanmış süreç olarak ifade edilmektedir (Menteş, 2000).

Karar Matrisi: Karar matrisi belirlenen kriterlerin kendi aralarında değerlendirilip bir matris şeklinde sonucunun gösterilmesidir (Doğan, 1985).

ÇKKV yönteminde iki tane yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yaklaşım, karar vericilerin çeşitli kriterlere puan atayarak ve bu kriterleri birbirleriyle karşılaştırarak en uygun seçeneği belirlemeye çalıştığı çok kriterli karar verme problemine dayanır. İkinci yaklaşım ise, genellikle çelişkili bir durumun söz konusu olduğu ve bu çelişkiler doğrultusunda en iyi çözümün seçilmesini hedefleyen çok amaçlı karar verme problemidir (Karaatlı ve diğ, 2015).

ÇKKV yöntemleri, birçok alternatifin farklı yöntemler ve araçlarla doğru bir şekilde seçilmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen bilgilerin doğru ve tutarlı olması için klasik ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. Katılımcıların net bir karara sahip olmadığı süreçlerde bir seçim yapma yoluna gidilmesi durumunda da Bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır (Dalbudak ve Rençber, 2022).

ÇKKV yöntemleri kendi aralarında farklı açılardan sınıflandırılmaktadır. Guitouni ve Martel (1998) tarafından yapılmış olan sınıflandırma aşağıdaki gibidir:

- Basit yöntemler: Basit düzeyde toplama ile ağırlıklandırılmasıdır.
- Tekli sentezleme kriteri kullanan yöntemler: TOPSIS, UTA, AHS, SMART EVAMIX ve ÇNFT/ÇNDT yöntemleri bu sınıfta yer almaktadır.
- Üst sıralama (outranking) yöntemler: ELECTRE, PROMETHEE, MELCHIOR ORESTE, REGIME ve NAIADE yöntemleri bu sınıfta yer almaktadır.
- Karma yöntemler: Martel ve Zaras, QUALIFTEX ve bulanık ayrıştırıcı ve bağlayıcı yöntemler bu sınıfta yer almaktadır.

ÇKKV yöntemlerinin uygulanma süreci üç aşamada gerçekleşmektedir (Triantaphyllou, 2000: 5-6):

- Kriterler ve alternatiflerin belirlenmesi
- Kriterlerin önem derecelerinin hesaplanması ve alternatiflerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi
- Sayısal analizin yapılarak, her seçeneğin sıralamasının belirlenmesi

Tedarik zinciri, uluslararası ticaret, taşımacılık ve lojistik gibi alanlarda gerçekleştirilen çalışmalarda ÇKKV yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Dhir ve diğ. (2015) İngiltere’de gerçekleştirilen altyapı çalışmasında

demir yolu sektöründe en uygun üreticilerin belirlenmesi için yöntem olarak AHP yöntemini kullanmıştır. Kuşkunoğlu ve Önder (2015) yer altındaki kömür madenlerinin en uygun şekilde havalandırılmasına yönelik fan seçimini AHP yöntemiyle incelemiştir. Ren ve Lützen (2017) çalışmalarında taşımacılık alanında en uygun enerji kaynağını seçmeyi amaçlamışlardır. Seçiminde AHP yöntemini Dempster- Shafer teorisi ile kullanarak yeni bir model ortaya çıkarmışlardır. Modelin uygulanması sonucunda elde edilen bulgulara göre, taşımacılık alanında en sürdürülebilir enerji kaynağının nükleer enerji olduğu belirlenmiştir.

Ayhan (2013) çalışmasında bir motor işletmesinin en uygun tedarikçi seçimini BAHP yöntemi ile bulmayı amaçlamıştır. Çalışmada yer alan kriterler kalite, menşei, teslim süresi, satış sonrası hizmet ve maliyet olmuştur. Analiz sonucunda üç numaralı tedarikçi en uygun seçim olarak belirlenmiştir. Hruska ve diğ. (2014) çalışmalarında en uygun tedarikçi seçiminde kriterler arasındaki tercihi Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle belirlemişlerdir. En uygun seçimi belirlemeyi amaçlayan çalışmalar arasında Ilgaz (2018) yer almaktadır. Çalışmada lojistik sektörü içerisinde en uygun personel seçimini ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS kullanarak değerlendirmiştir. Benzer şekilde liman işletmesinde en uygun personel seçimi Efe ve Kurt (2018) tarafından yapılmıştır. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden BAHP ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Tedarikçi seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik bir diğer çalışma da Lin ve diğ. (2023) tarafından yapılmış ve çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır. Kriterler arasında ürün kalitesi, üretim teknolojisi, lojistik kapasitesi, servis kapasitesi ve tedarikçi geçmişi yer almaktadır. Çalışmanın sonucunda ürün kalitesinin en önemli kriter olduğu ortaya çıkmıştır. Sağlık alanında yapılan tedarikçi seçimi ile ilgili çalışma Doğan ve Akbal (2019) tarafından yapılmıştır. Çalışmada Niğde ilinde yer alan üniversite hastanesinin tedarikçi seçimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada satın alma uzmanlarıyla yapılan görüşme AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Supçiller ve Çapraz (2011) çalışmalarında en uygun tedarikçi seçimini AHP ve TOPSIS yöntemiyle analiz etmişlerdir. En uygun tedarikçi seçimi ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada Ak Oğuz ve Köksal (2018) tarafından olmuştur. Çalışmada beş farklı tedarikçi tarafından en uygun tedarikçi seçimi AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Türkiye için en uygun lojistik köyü seçimini amaçlayan Kaplan ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin

sıralanmasında ise TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Yürüyen ve Ulutaş (2020) çalışmalarında üçüncü parti lojistik (3PL) hizmet sağlayıcıların işletmeler tarafından seçimlerini değerlendirmiş ve ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP ve Bulanık EDAS yöntemlerini kullanmıştır. Üçüncü taraf lojistik seçimi ile ilgili bir diğer çalışma da Çakır ve diğ. (2016) tarafından yapılmıştır. Çalışmada Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Peng (2012) çalışmasında üçüncü parti lojistik sağlayıcıların seçimini AHP yöntemiyle değerlendirmiştir. Üçüncü parti lojistik sağlayıcı seçiminde yapılan bir diğer çalışma da Daim ve diğ. (2013) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üçüncü taraf lojistik sağlayıcıların seçimi AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Soğuk zincir lojistiğinde üçüncü taraf lojistik sağlayıcıların seçilmesine yönelik bir başka çalışma Singh ve diğ (2018) tarafından yapılmıştır. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Lojistik alanında en uygun personel seçmeyi amaçlayan çalışma Sezen Akar ve Çakır tarafından (2016) yılında yapılmıştır. Çalışmada yöntem olarak Bulanık AHP- MOORA yaklaşımı kullanılmıştır.

Multimodal taşımacılık kapsamında ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP yöntemini kullanarak Tayland'da kömür taşımacılığı yapan bir şirketin en uygun rota seçimini Kaewfak ve diğ. (2021) çalışmalarında değerlendirmiştir. Kaya ve Merdivenci (2020) çalışmalarında Türkiye içerisinde bulunan demir yolu istasyonlarının sundukları hizmetleri incelemiştir. Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanılmıştır. Demir yolu ile ilgili bir diğer çalışma Candan (2019) tarafından yapılmıştır. Çalışmada OECD üyesi olan 8 ülkenin demir yolu yük taşımacılığı alanındaki yetkinlikleri Bulanık AHP ve VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada taşıma miktarı, bakım giderleri, firma sayısı, altyapı yatırımları ve hat uzunluğu kriterler arasında yer almıştır. Çalışmanın sonucunda entegre şekilde yapılan yöntemle en çok önem derecesine sahip kriterin taşıma miktarı olduğu görülmüştür. Ülkelerin demir yolu yük taşımacılığındaki yetkinlikleri sıralandığında ise en yetkin ülkenin Polonya olduğu tespit edilmiştir. Görçün (2020) çalışmasında gemi türü seçimini etkileyen faktörleri AHP yöntemi ile değerlendirmiştir. Arıcan ve Kara (2024) yaptıkları çalışmada en uygun kimyasal tanker gemilerini seçmeyi amaçlamış ve AHP ile Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Özdemir ve Güneroğlu (2018) çalışmalarında kuru dökme yük gemisi işletmelerinin kargo tipi seçiminde en çok önem derecesine sahip kriteri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Bulanık

AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Türkiye içerisinde yer alan okyanus konteyner taşımacılığında en önemli kriterin belirlenmesini amaçlayan çalışma Ergin ve Alkan (2021) tarafından yapılmıştır. Çalışmada en önemli kriteri seçmek için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada ana kriterler olarak taşıma maliyeti, transit süre, servis sıklığı, müşteri memnuniyeti, güvenilirlik, özel yük taşıma olanakları, taşıma ve ekipman kapasitesi ve operasyon performansı ile 34 tane alt kriter belirlenmiştir. En önemli kriterin güvenilirlik olduğu sonucu elde edilmiştir.

4.4.2 Bulanık sayılar

Bulanık mantık, çok değerli mantığın bir uzantısı olarak geliştirilmiş olup, temel olarak bulanık küme teorisinden faydalanmaktadır. Bu mantık sistemi, kesin olmayan önermelerin işlenmesi için bir çerçeve sunmaktadır. Bulanık mantık, belirsizlik içeren dilsel ifadelerin, sayısal kavramların, doğruluk derecelerinin ve niteleyicilerin (pahalı, çok az, az doğru, muhtemelen vb.) nicel olarak ifade edilmesine olanak tanımaktadır (Cengiz, 1996). Bu sayede, geleneksel ikili mantık sistemlerinin sınırlarını aşarak, belirsizliğin ve derecelendirilmiş doğruluğun daha esnek bir şekilde modellenmesi sağlanmaktadır (Cengiz, 1996). Asıl amaç kesinlik düzeyi olmayan önermeleri olasılık adı altında değerlendirmektir. Bulanık mantık ilk olarak Zadeh (1965) yılında yayınladığı “Bulanık Kümeler” adlı çalışmasında ortaya çıkmaktadır. Bulanık mantık günümüze kadar birçok alanda kullanılmıştır. Kullanılan alanlar, video kayıt cihazları, ev aletleri, su ısıtıcısı, klimalar, fren sistemleri, asansör denetimidir. Yöntemin sıklıkla kullanıldığı alanlar arasında sinyal ve görüntü işleme, denetleyici ve uzman sistemler, veri tabanları ve madenciligi gelmektedir (Karakaşoğlu, 2008).

Bulanıklık kavramı denilince ilk akla gelen belirsizlik ifadesidir. Bulanık mantık yöntemleri de belirsizliğe netlik kazandırmak için kullanılmaktadır. Bu mantık çerçevesinde bulanık kümeler ortaya çıkmaktadır. Bulanık kümeler, eldeki net olmayan verilerle belirsizlik durumları içinde yeni çözüm yolları geliştirmeyi amaçlayan kümelerdir. Klasik küme, herhangi bir elemanın küme içerisinde eleman olduğunu ya da olmadığını göstermektedir. Klasik kümenin üyelik derecesi 0 ya da 1 olabilmektedir. Klasik kümenin tam tersi bulanık kümelerde $[0-1]$ aralığında çok fazla değer olduğundan dolayı net üyelik derecesi atanmamaktadır (Palabıyık, 2006). Örneğin yaklaşık ifadesinin önüne veya arkasına yerleştirilen ifadelerden yaklaşık 2 ya da 9’dan yukarı yaklaşık gibi kesinlik ifade etmeyen betimlemelerin gelmesiyle

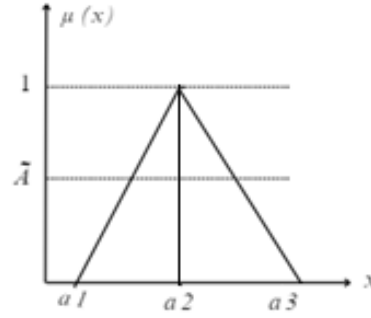
bulanık sayı ifadesi oluşmaktadır. Kendi içerisinde kesinlik ifade etmeyen sayılar, bulanık kümeler adı altında toplanmaktadır. Bulanık sayılar üzerinde yapılması gereken bütün işlemler öncelikli olarak bulanık küme işlemleriyle ilerlemektedir (Özbey, 2022).

Bulanık kümelerin aritmetik sonuçlarını elde edebilmek için bulanık sayılarda birkaç sınırlandırma yapılmaktadır. Bu sınırlandırmalar aşağıdaki gibidir (Şen, 2021; İbil, 2021):

- Bir sayıyı bulanık sayı olarak nitelendirebilmek için $\tilde{A}$ gösterilen bulanık kümenin yer alan her üyenin kapalı ve sonsuz bir aralığı ile normal-dış bükey şekilde olması gerekmektedir.
- Bulanık sayıların normal sayı olarak adlandırılabilmesi için kümenin içinde yer alan sayılardan en az bir tanesinin 1'e eşit bir şekilde yer alması gerekmektedir.
- Bulanık sayıların oluşabilmesi için $\tilde{A}$ kümesinin normal, konveks, kuvvetinin sınırlı ve α -kesiminin yer alan tüm $\alpha \in (0,1]$ için kapalı ifade oluşturması gerekmektedir (İbil, 2021).

Bulanık küme içerisinde yer alan elemanların her birinin 0 ile 1 arasında değişkenlik gösterilmesi ile $(\mu_A(x))$ ifade edilmektedir. Bir x elemanı A kümesinde kesin olarak aitlik bildiriyorsa $\mu_A(x)=1$ eğer bildirmiyorsa $\mu_A(x)=0$ gösterilmektedir. X faktörünün üyelik derecesinin yüksek olması, A kümesine olan aitliğinin de yüksek olduğunu göstermektedir (Dağdeviren, 2007). Bulanık mantıkta üçgen, gauss, yamuk ve cauchy başta olmak üzere birçok üyelik fonksiyon çeşidi bulunmaktadır. Aralarında en çok kullanılan fonksiyon çeşitleri üçgen ve yamuktur.

Üçgensel üyelik fonksiyonunda bulanık sayılar a_1, a_2, a_3 olarak ifade edilmektedir. Değer olarak a_1 en düşük, a_2 olabilme ihtimali yüksek a_3 ise en yüksek değeri ifade etmektedir. Notasyonel gösterimi $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ şeklindedir. Bulanık sayılar Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Üçgensel üyelik fonksiyonu

Kaynak: Chen, 2000

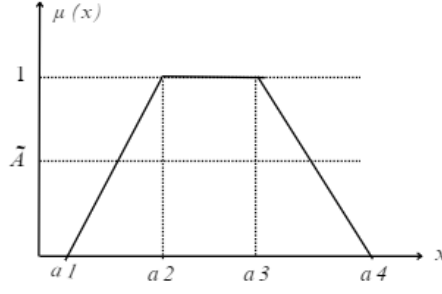
Üçgensel bulanık sayı denklemi aşağıdaki gibidir (Gani ve Assarudeen, 2012):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3-x)/(a_3-a_2), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (4.1)$$

Bulanık sayılar kullanılarak yapılan aritmetik işlemlerde bulanık mantığın aritmetik sistemi kullanılmaktadır. İki bulanık sayının toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerinin çarpmaya göre tersinin alınması ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistem üçgen sayılar üzerinde aşağıda gösterilmiştir (Cheng ve Lin, 2002).

$$\begin{aligned} \tilde{A}(+) \tilde{N} &= (a_1, a_2, a_3)(+)(n_1, n_2, n_3) = (a_1 + n_1, a_2 + n_2, a_3 + n_3) \\ \tilde{A}(-) \tilde{N} &= (a_1, a_2, a_3)(-)(n_1, n_2, n_3) = (a_1 - n_1, a_2 - n_2, a_3 - n_3) \\ \tilde{A}(x) \tilde{N} &= (a_1, a_2, a_3)(x)(n_1, n_2, n_3) = (a_1 \times n_1, a_2 \times n_2, a_3 \times n_3) \\ \tilde{A}(\div) \tilde{N} &= (a_1, a_2, a_3)(\div)(n_1, n_2, n_3) = (a_1 \div n_1, a_2 \div n_2, a_3 \div n_3) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Yamuk üyelik fonksiyonunda bulanık sayılar a_1, a_2, a_3, a_4 olarak ifade etmektedir. Bulanık sayı türleri arasında en yaygın olarak yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır. Özel durumlardan birisi olan $a_2=a_3$ durumunun ortaya çıkmasıyla yamuk bulanık sayı oluşmuştur. $\tilde{A}$ bulanık sayısı Şekil 4.4'de gösterilmiştir (Chen ve diğ. 2005).



Şekil 4.4 : Yamuk üyelik fonksiyonu

Kaynak: Chen ve diğ, 2005

Yamuk bulanık sayı denklemi aşağıdaki gibidir (Varghese ve Rosario, 2018):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ (a_4-x)/(a_4-a_3), & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.3)$$

4.4.3 Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

AHP yöntemi, ÇKKV yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılan ve Thomas L. Saaty tarafından 1971-1975 yılları arasında geliştirilen sistematik bir yaklaşımdır. Bu yöntem, karar problemlerinin hiyerarşik bir yapıda modellenmesini ve ana ile alt kriterlerin, belirli tercihlere dayalı olarak ikili karşılaştırmalar yoluyla önem düzeylerinin belirlenmesini esas alır (Saaty, 1987). İlgili kriterler arasında yapılan bu karşılaştırmalar, sayısal değerlerle ifade edilmekte ve bu sayede kriterlerin göreceli ağırlıkları hesaplanarak bir öncelik sıralaması elde edilmektedir. İkili karşılaştırma matrisi aracılığıyla en baskın kriter tanımlanmakta ve böylece alternatiflerin güçlü ve zayıf yönleri analitik olarak ortaya konulmaktadır (Görener, 2016).

AHP yönteminin en temel amacı ikili karşılaştırma matrisiyle kriterlerin bir üst kriteri ne kadar oranla etkilediğini ortaya çıkarmaktır. Yani kriterlerin en üst kriterle göre önem derecelerinin belirlenmesinde ikili karşılaştırılması gerekmektedir (Özbek ve Eren, 2013) AHP yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir (Saaty, 2008):

- Problemin Tanımlanması: Karar konusu belirlenir ve ihtiyaç duyulan bilgi türü netleştirilir.
- Hiyerarşi Kurulumu: En üstte hedef, ardından kriterler ve en altta alternatifler olacak şekilde karar yapısı oluşturulur.

- İkili Karşılaştırmalar: Her kriter, alt kriter veya alternatiflerle ikili olarak karşılaştırılır ve göreceli önemleri belirlenir.
- Önceliklerin Hesaplanması: Elde edilen öncelikler ağırlıklandırılarak alt seviyelere aktarılır, bu işlem en alt seviyedeki alternatiflerin toplam öncelikleri hesaplanana kadar sürdürülür.



Şekil 4.5 : AHP yöntemi uygulama aşaması

AHP yönteminin odak noktası problemi çözüme kavuşturmaktır. Yöntem problemin temel unsurlarını sistematik bir şekilde belirlemektedir. Problem için genel ve özel olarak birleşenler ayrılmaktadır. Bileşenler hiyerarşide öncelik sırasını belirlemek için karşılaştırma yapılarak analiz edilmektedir. AHP yöntemi sezgisel, rasyonel ya da irrasyonel durumları çözüme kavuşturmaktadır. AHP yönteminin sonucunda tutarlı ya da tutarsızlık dereceleri ortaya çıkmaktadır (Saaty, 1982).

AHP yönteminin uygulanmasında, çözüm süreci üç temel ilkeye dayandırılmaktadır: problem yapısının ayrıştırılması, karşılaştırmalı yargıların oluşturulması ve önceliklerin sentezlenmesidir (Saaty, 1986). Ayrıştırma ilkesi problemi oluşturan temel unsurların belirlenmesidir. Belirlenmesinde en etkili yol en çok öneme sahip kriterden en az öneme sahip kriterlere doğru daha kesin ve özel bir şekilde yol benimsemektir. En alt kriterlerden başlanarak bu kriterler için alternatifler ve kriterler belirlenmektedir (Saaty, 1986). AHP yönteminde kişiler belirli bir kıyaslama yapabilmek için aşağıda yer alan mutlak sayı ölçeğini kullanmaktadır (Saaty, 2008).

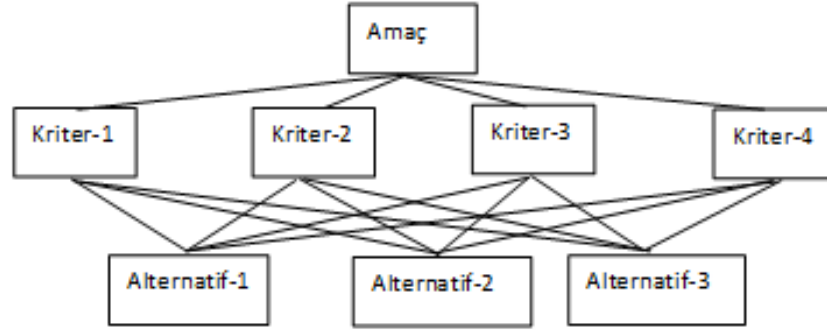
Çizelge 4.1 : Mutlak sayıların temel ölçeği

Önem Yoğunluğu	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkı sağlar.
2	Zayıf ya da hafif	
3	Orta düzeyde önem	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre biraz daha fazla tercih etmektedir.
4	Orta düzeyden fazla	
5	Güçlü önem	Deneyim ve yargı bir faaliyeti diğerine göre güçlü bir şekilde tercih etmektedir.
6	Fazla güçlü	
7	Çok güçlü ya da ispatlanmış önem	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü bir biçimde tercih edilmektedir, üstünlüğü uygulamada kanıtlanmıştır.
8	Çok, çok güçlü	
9	Aşırı derece önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesini destekleyen kanıt, mümkün olan en yüksek düzeyde kesinlik taşımaktadır.
Yukarıdakilerin tersleri	Eğer i faaliyeti, j faaliyetiyle karşılaştırıldığında yukarıdaki sıfırdan farklı değerlerden biri ile değerlendirilmişse, j faaliyeti de i faaliyetiyle karşılaştırıldığında bu değer tersi ile değerlendirilir.	Makul bir varsayım
1.1-1.9	Eğer faaliyetler çok yakınsa	En iyi değeri atamak zor olabilmektedir. Ancak daha belirgin şekilde farklı faaliyetlerle karşılaştırıldığında, küçük sayıların büyüklüğü çok fark edilmese bile, yine de faaliyetlerin göreceli önemini gösterebilir.

Kaynak: Saaty, 2008, s. 86.

Önem derecelerine bakıldığında, 1 sayısı iki faaliyetin birbirine eşit düzeyde katkı sağladığını belirtmektedir. 3 sayısı karar vericilerin bir faaliyeti diğerine göre sınırlı bir üstünlükle tercih ettiğini gösterirken 5 sayısı bir faaliyetin diğerine göre belirgin şekilde daha önemli olduğunu göstermektedir. 7 sayısı bir faaliyeti diğerine göre güçlü bir biçimde temsil ederken 9 sayısı karar vericilerin en belirgin ve en güçlü şekilde temsil ettiğini belirtmektedir. 1.1-1.9 en uygun değer atanmasında güç olsa da, belirgin farklılığa sahip faaliyetlerle karşılaştırıldığında küçük değerlerin daha göreceli önemi yansıttığını temsil etmektedir.

AHP karar hiyerarşisi en az üç kısımdan oluşmaktadır. Yöntemin ilk kısmında amaç yer almaktadır. Sonrasındaki ana kriterler ve varsa alt kriterler yer almaktadır. En alt kısımda ise karar seçenekleri yer almaktadır (Saaty, 2008). İkili matrisin doğru bir şekilde oluşabilmesi için kriterlerin sayısının doğru bulunması ve her kriterin kendi arasında doğru tanımlanması gerekmektedir. Kriterlerin önem dereceleri kendi aralarındaki ortak özellikleri dikkate alınarak belirlenmektedir (Özbek ve Eren, 2013). Üç düzeyli karar hiyerarşisi aşağıda gösterilmiştir (Saaty ve Vargas, 2013):



Şekil 4.6 : Üç düzeyli karar hiyerarşisi yapısı

Kaynak: Saaty ve Vargas, 2013, s. 7.

AHP yönteminde, özdeğer ve özvektör hesaplamaları, karar vericilerin tercihlerini nicel olarak değerlendirebilmek ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını ölçebilmek açısından temel bir rol oynamaktadır. Bu hesaplamalar aracılığıyla, karar kriterlerine ilişkin göreceli öncelik ağırlıkları belirlenmekte ve matrisin tutarlılık düzeyi değerlendirilerek karar sürecinin güvenilirliği artırılmaktadır.

Karşılaştırma matrisinde yer alan her satırın elemanlarının ortalaması alınarak normalize edilmektedir. Elde edilen vektör, karar kriterinin ağırlıklarını temsil etmektedir. Özdeğer ise, bu vektör ile karşılaştırma matrisinin çarpımının vektörün kendisine oranı olarak tanımlanmaktadır. AHP yöntemi, yüksek tutarlılığa sahip matrislerde iyi sonuçlar vermektedir (Cabala, 2010). Karar matrisinin oluşturulmasında birden fazla karar vericinin yer aldığı durumlarda, bireysel uzman görüşlerinin geometrik ortalamasının alınması, tek bir grup kararına ulaşmada temel ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olmaktadır (Saaty, 2008). Geometrik ortalamanın tercih edilme nedeni, ikili karşılaştırma matrislerinde yer alan simetrik elemanların birbirinin çarpmaya göre tersi olmasını zorunlu kılan yapısal kuraldan kaynaklanmaktadır (Ömürbek, 2013).

AHP yönteminin bir diğer aşaması ikili karşılaştırma matrisinin yapılmasıdır. Bu aşama hiyerarşik bir düzen içerisinde yer alan kriterlerin bir üst faktör bağlamında ikili bir şekilde karşılaştırılmasıdır. İkili karşılaştırma matrisi denklemi aşağıdaki gibidir (Saaty, 1997):

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4.4)$$

Denklem 4.4'te gösterilen ifadeler aşağıda açıklanmıştır:

A : Karşılaştırma (karar) matrisi

n : Kriter sayısı

$A_1, A_2, \dots, A_n$: Kriterler

$w_1, w_2, \dots, w_n$: Kriterlerin önem ağırlıkları

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki aşama öncelik vektörlerinin belirlenmesidir. Bu aşamada karar matrisi denklem 4.5 kullanılarak normalleştirilir. Sonrasında her bir kriterin önem ağırlıkları başka bir ifade ile öncelik vektörleri (özvektör) denklem 4.6 yardımıyla bulunmaktadır (Özbek ve Eren, 2013).

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.5)$$

Denklem 4.5'te a_{ij} : i kriteri ile j kriterinin ikili karşılaştırma değerini ifade etmektedir.

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad (4.6)$$

Denklem 4.6'da $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ olarak ifade edilmektedir.

Öncelik vektörlerinin belirlenmesinden sonraki aşama tutarlılık oranının hesaplanmasıdır. Bu aşamada önceki aşamalarda elde edilen sonuçların tutarlı olup olmadığı bulunmaktadır. Tutarlılık Oranı (TO) sırasıyla 4.7, 4.8 ve 4.9 numaralı denklemlerin hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Sonuçların tutarlı olabilmesi için Tutarlılık Oranının (TO) 0,10'dan küçük bir değer olması gerekmektedir. İlgili denklemler aşağıda gösterilmiştir (Saaty, 1994; Özbek ve Eren, 2013):

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right] \quad (4.7)$$

Denklem 4.7’de $\lambda_{\max}$ özdeğer olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin amacı, matrisin tutarlılığını test etmek için en büyük özdeğeri $\lambda_{\max}$ bulmaktır (Saaty, 1980).

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.8)$$

Denklem 4.8’de TI tutarlılık indeksi olarak tanımlanmaktadır.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (4.9)$$

Denklem 4.9’da RI Random İndeks olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 4.2’de gösterildiği üzere örneğin n: 8 ise RI: 1,41 alınır.

Çizelge 4.2 : RI değerleri

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RCI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Kaynak: Saaty, 2002

4.4.4 Bulanık analitik hiyerarşi prosesi (BAHP)

Günlük yaşamda kesin doğrular olarak algılayabileceğimiz yargılar her zaman mevcut olmayabilir. Bu nedenle, klasik ÇKKV yöntemlerinin çözüm bulamadığı sorunlara yanıt arayabilmek amacıyla yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi ve bulanık sayılar kullanılarak geliştirilen birçok bulanık yöntem bulunmaktadır. Literatür incelendiğinde bu yöntemlerin pek çok çalışmada kullanıldığı gözlemlenmektedir (Şahin, 2023).

Zadeh’in (1965) geliştirdiği bulanık mantık fikri, bilim ve teknoloji alanlarında atılmış en önemli adımlardan biri olmuştur. Klasik mantık çerçevesinde olmayan bulanık mantık bir esneklik yaratmıştır. Asıl amaç kesinlik ifade etmeyen önermeler üzerinde bulanık küme yardımı ile bulanık sonuçlar elde etmektir (Zadeh, 1965). Bulanık mantığı benimseyen yöntemler arasında Bulanık AHP yöntemi yer almaktadır. Bulanık AHP yöntemi, klasik AHP yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olarak da adlandırılabilir. Bu yöntem kesinlik ifade etmediği için klasik yönteme göre net ifadeler vermemektedir. Daha bulanık ve net olmayan sonuçlarla ele alınmaktadır (Bouyssou ve diğ, 2000).

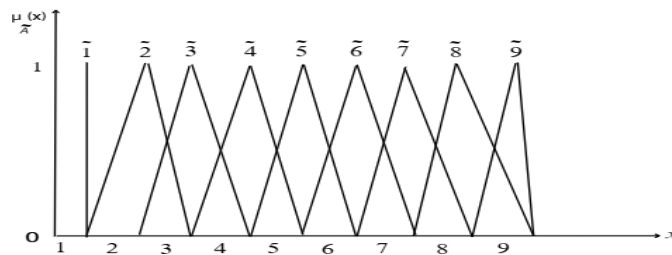
Bulanık AHP yöntemi, katılımcıların kesin olarak bir yargıya dayalı tercihler yapmasına odaklanmamaktadır. Daha net olmayan yani belirsiz tercihler yapmasına odaklanmaktadır. Bu belirsizlik bulanık sayılar sayesinde model haline gelebilmektedir. Katılımcıların seçimlerindeki bulanık algılar bu yöntemde bulanık sayılarla ifade edilmektedir (Sheu, 2004). Bulanık AHP yöntemi, klasik AHP yöntemine benzer adımlarla ilerlemektedir. Problemin ve amaçların belirlenmesi, klasik AHP yönteminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Karar hiyerarşisinin oluşturulması, önceliklerin belirlenmesi ve üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi, ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması, kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve sayıların durulaştırılması sonraki aşamaları teşkil etmektedir. Bulanık sayılar ile ilgili birçok ölçek tanımlanmıştır. Bu çalışmada kriterlerin ikili karşılaştırılmasında Çizelge 4.3'te gösterilen bulanık ölçekler kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 : Bulanık AHP ölçeği

Bulanık Sayı	Tanım (Dilsel ifade)	Karşıt Bulanık Sayı
$\tilde{1}$ (1,1,1)	Eşit derece önemli	(1,1,1)
$\tilde{2}$ (1,2,3)	Eşit ve orta düzeyde önemli	(1/3,1/2,1)
$\tilde{3}$ (2,3,4)	Orta derece daha önemli	(1/4,1/3,1/2)
$\tilde{4}$ (3,4,5)	Orta ve güçlü arasında önemli	(1/5,1/4,1/3)
$\tilde{5}$ (4,5,6)	Kesinlikle daha önemli	(1/6,1/5,1/4)
$\tilde{6}$ (5,6,7)	Güçlü ve çok güçlü önem arasında önemli	(1/7,1/6,1/5)
$\tilde{7}$ (6,7,8)	Çok güçlü daha önemli	(1/8,1/7,1/6)
$\tilde{8}$ (7,8,9)	Çok güçlü ile aşırı derecede güçlü arasında önemli	(1/9,1/8,1/7)
$\tilde{9}$ (8,9,9)	Son derece daha önemli	(1/9,1/9,1/8)

Kaynak: Hsu ve diğ, 2010

Söz konusu ölçeğe ait bulanık üçgensel alan Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7 : Üçgensel alan

Kaynak: Hsu ve diğ, 2010

Her yöntem için ilk adım, problem belirlendikten sonra kriterlerin tanımlanmasıdır. Kriterlerin belirlenmesinin ardından, ikili karşılaştırma matrisi üçgensel bulanık sayılar kullanılarak oluşturulmaktadır. İkili karşılaştırma matrisi denklem 4.10 ile elde edilmektedir (Buckley, 1985).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{12}^{-1} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{1n}^{-1} & \tilde{a}_{2n}^{-1} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

İkili karşılaştırmalar yapılırken, iki kriterin hangisinin daha önemli olduğu sorularak, dilsel terimler kullanılır ve bu terimler matrise yansıtılır. Bu matriste, her bir karşılaştırma değeri, bulanık sayılarla ifade edilmiştir ve karşılıklı olarak tersleriyle yer almaktadır (Hsieh ve diğ, 2004).

Denklem 4.10'te gösterilen ifadeler aşağıda açıklanmıştır:

$\tilde{A}$: Bulanık ikili karşılaştırma matrisidir.

$\tilde{a}_{ij}$: Kriter i ile kriter j arasındaki göreceli önemli ifade eden üçgensel bulanık sayıdır.

$\tilde{a}_{1n}^{-1}$: Ters karşılaştırmayı ifade etmektedir.

n : Kriter ya da alternatiflerin sayısını ifade etmektedir.

Klasik AHP'de kullanılan karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının ve ağırlıkların belirlenmesinde genellikle özdeğer yöntemi tercih edilirken, Buckley (1985) tarafından geliştirilen yaklaşımla birlikte geometrik ortalama yöntemi bulanık mantıkla bütünleştirilerek farklı bir boyut kazanmıştır. Buckley (1985) uzman görüşlerinin bulanık sayılarla ifade edildiği durumlarda, her bir kriter için yapılan ikili karşılaştırmaların geometrik ortalamasını alarak kriter ağırlıklarını belirlemenin daha anlaşılır ve uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, özellikle belirsizlik içeren durumlarda karar verme süreçlerinin daha esnek ve gerçekçi modellenmesine olanak sağlamıştır.

Buckley (1985) tarafından geliştirilen geometrik ortalama tekniği aşağıda detaylı olarak aktarılmıştır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \cdots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (4.11)$$

Burada $\tilde{a}_{in}$, i kriterinin n kriterine göre bulanık karşılaştırma değerini ifade eder. Bu bağlamda, $\tilde{r}_i$ kriter i 'nin diğer tüm kriterlere ilişkin bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamasıdır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (4.12)$$

$\tilde{w}_i$ ise, i kriterinin bulanık ağırlığıdır ve üçgensel bulanık sayı (TFN) olarak ifade edilmektedir.

$$\tilde{w}_i = (LW_i, MW_i, UW_i) \quad (4.13)$$

Burada:

LW_i : Alt sınır,

MW_i : Orta değer,

UW_i : Üst sınır, olarak i kriterinin bulanık ağırlığını tanımlar.

Sonraki aşama ağırlıkların durulaştırılmasıdır. Bu işlem, En İyi Bulanık Olmayan Performans Değeri (EİBOPD) olarak adlandırılmakta ve her bir üçgensel bulanık sayının belirli bir gerçek değere indirgenmesini sağlamaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016). Durulaştırma, belirsizlik içeren verilerin klasik sayısal değerlere dönüştürülmesi süreci olup, bulanık çıkarımların pratik uygulamalara uyarlanabilmesi açısından kritik bir adımdır (Şen, 2001). En İyi Bulanık Olmayan Performans Değeri formülü Ağırlık Merkezine Göre Kesinleştirme (COA) yöntemine dayanmaktadır. Özellikle üçgensel bulanık sayılar için kullanılmakta olan bu yöntem, Hsieh ve diğ. (2004) tarafından önerilmiş olan karar alternatiflerinin en iyi bulanık olmayan performans değerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Söz konusu bu formül aşağıda gösterilmektedir.

$$EİBOPD_i = \frac{(UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i)}{3} + LR_i \quad \forall_i \quad (4.14)$$

Bulanık ağırlıklarda UR üst değeri, LR alt değeri ve MR orta değeri göstermektedir.

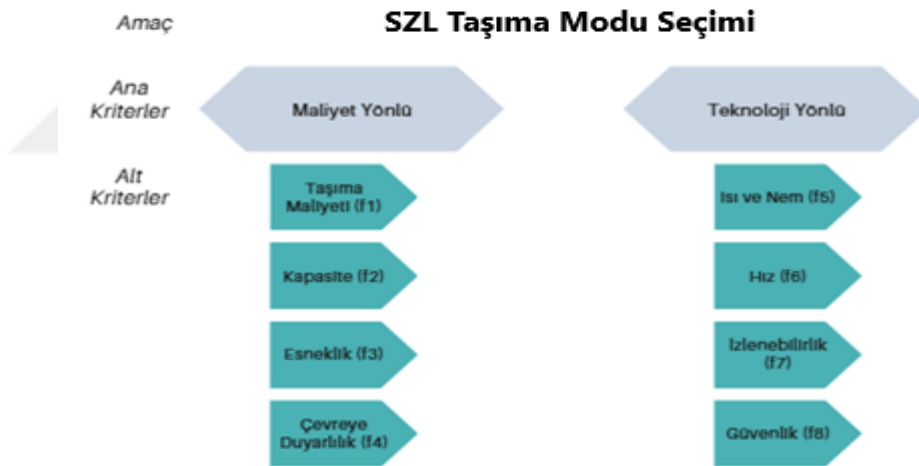
Bulanık AHP yönteminin son adımı durulaştırılmış ağırlıkların normalleştirilmesidir. Bu aşamada her bir kriterin bulanık olmayan ağırlıkları her sütunun 1'e eşitlenmesiyle normalize edilmektedir.

4.5 Uygulama ve Bulgular

4.5.1 AHP yöntemi uygulama

1. Adım: Problemin ve Karar Hiyerarşisinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, AHP yöntemi kullanılarak soğuk zincir lojistiğinde taşıma modunun (deniz yolu, kara yolu, hava yolu, demir yolu) seçiminde hangi kriterlere daha fazla önem verildiği belirlenmiştir. Çalışmanın problemi, öncelikle soğuk zincir lojistiğinde taşıma modunun seçiminde önem derecesi yüksek olan kriterlerin ortaya çıkartılmasıdır. Söz konusu kriterler kapsamlı literatür çalışmasıyla elde edilmiştir. Çalışmanın ana kriterleri teknoloji yönlü ve maliyet yönlü olarak belirlenmiştir. Her bir ana kriter, kendi içinde alt kriterlere ayrılmıştır. Bu kriterler: taşıma maliyeti (f1), kapasite (f2), esneklik (f3), çevreye duyarlılık (f4), ısı ve nem (f5), hız (f6), izlenebilirlik (f7) ve güvenlik (f8) kriteridir. Bu çalışmanın karar hiyerarşisi (çalışma modeli) Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Karar hiyerarşisi

2. Adım: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada, karar vericilerin öznel yargılarına dayalı olarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. İkili karşılaştırmalar, Saaty (1980) tarafından önerilen ve 1 ile 9 arasında değişen temel karşılaştırma ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu ölçek aracılığıyla kriterler ya da alternatifler, birbirlerine göre göreceli önem düzeylerine göre değerlendirilmiştir.

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması için öncelikle tek bir grup kararı elde edebilmek amacıyla uzman görüşlerinden elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınmıştır. Bu çalışmaya ait ikili karşılaştırma matrisi Denklem 4.4 kullanılarak oluşturulmuş ve Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : İkili karşılaştırma matrisi

	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8
f1	1,0000	0,7163	1,9698	2,3474	0,8163	1,0092	0,8843	0,9454
f2	1,3960	1,0000	1,1535	1,9049	0,8756	1,0466	0,8129	0,8553
f3	0,5077	0,8669	1,0000	0,5129	0,5581	0,4147	0,2439	0,5821
f4	0,4260	0,5250	1,9497	1,0000	0,6698	0,3185	0,5850	0,5426
f5	1,2250	1,1421	1,7918	1,4930	1,0000	1,6567	0,7611	1,0170
f6	0,9909	0,9555	2,4115	3,1394	0,6036	1,0000	1,3458	0,8729
f7	1,1308	1,2302	4,1000	1,7094	1,3139	0,7430	1,0000	1,2290
f8	1,0578	1,1692	1,7179	1,8431	0,9833	1,1456	0,8137	1,0000

3. Adım: Öncelik Vektörlerinin Belirlenmesi ve Kriterlerin Sıralanması

Bu aşamada Denklem 4.5 kullanılarak sütunlardaki sayıların toplamaları 1 olacak şekilde normalizasyon işlemleri yapıldıktan sonra her bir kriterin önem ağırlığı (öncelik vektörleri) hesaplanmaktadır. Bu çalışmanın normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5 : Normalize edilmiş karar matrisi (AHP)

	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8
f1	0,1293	0,0942	0,1224	0,1683	0,1197	0,1376	0,1372	0,1342
f2	0,1805	0,1315	0,0717	0,1365	0,1284	0,1427	0,1261	0,1214
f3	0,0656	0,1140	0,0621	0,0368	0,0818	0,0565	0,0378	0,0826
f4	0,0551	0,0690	0,1211	0,0717	0,0982	0,0434	0,0907	0,0770
f5	0,1584	0,1502	0,1113	0,1070	0,1466	0,2259	0,1181	0,1444
f6	0,1281	0,1256	0,1498	0,2250	0,0885	0,1363	0,2088	0,1239
f7	0,1462	0,1618	0,2548	0,1225	0,1926	0,1013	0,1551	0,1745
f8	0,1368	0,1537	0,1067	0,1321	0,1442	0,1562	0,1262	0,1420

Denklem 4.6 kullanılarak Çizelge 4.6'da yer alan öncelik vektör değerleri ve kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Buna göre kriterler önem derecelerine göre şu şekilde sıralanmıştır: birinci kriter (f7) izlenebilirlik, ikinci kriter (f6) hız, üçüncü kriter (f5) ısı ve nem, dördüncü kriter (f8) güvenlik, beşinci kriter (f1) taşıma maliyeti, altıncı kriter (f2) kapasite, yedinci kriter (f4) çevreye duyarlılık ve sekizinci kriter (f3) esnekliktir.

Çizelge 4.6 : Kriterlerin öncelik vektör değerleri

Kriter no	Özvektör / önem ağırlıkları	Sıralama	Alt Kriterler
f1	0,1304	5	Taşıma Maliyeti
f2	0,1298	6	Kapasite
f3	0,0672	8	Esneklik
f4	0,0783	7	Çevreye Duyarlılık
f5	0,1452	3	Isı ve Nem
f6	0,1483	2	Hız
f7	0,1636	1	İzlenebilirlik
f8	0,1372	4	Güvenlik

4. Adım: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

AHP yönteminde karar vericilerin yapmış oldukları ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını test etmek amacıyla Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanmaktadır (Saaty, 1980; Saaty, 2002). Bu çalışmanın tutarlılık oranı hesaplanmasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

Öncelikle en büyük özdeğerin hesaplanması gerekmektedir. Denklem 4.7’de a_{ij} karar matrisindeki elemanları, w_i ve w_j normalleştirilmiş ağırlık değerlerini temsil etmektedir. Her bir satır için karar matrisindeki değerler ağırlıklarla çarpılır ve ardından her bir satırın kendi ağırlık değerine bölünerek sonuç elde edilir. Bu işlemler sonucunda çıkan değerlerin ortalaması alınarak $\lambda_{\max}$ değeri hesaplanır. Bu değer matrisin tutarlılık düzeyini belirlemede kullanılır (Saaty, 1980). Bir diğer adım Tutarlılık İndeksinin hesaplanmasıdır. Denklem 4.8’de n karşılaştırılan kriter ya da alternatif sayısını ifade eder. Tutarlılık indeksi, elde edilen özdeğerin ne kadar tutarlı olduğunu belirlemek için kullanılır. Eğer karar verici tüm karşılaştırmalarında tamamen tutarlı davranmışsa, $\lambda_{\max} = n$ olur ve bu durumda Tutarlılık indeksi = 0 çıkar.

En son adım ise Tutarlılık Oranının (TO) hesaplanmasıdır. Denklem 4.9’da Saaty (2002) tarafından tanımlanan bu değerler, Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Söz konusu bu çalışmada değerlendirilen kriter sayısının ($n=8$) olması nedeniyle, tutarlılık oranı hesaplanmasında RI değeri olarak 1,41 kullanılmıştır. Çalışmanın tutarlı olabilmesi için tutarlılık oranının 0,10’dan küçük olması gerekmektedir.

Sırasıyla Denklem 4.7 ve 4.8 hesaplandıktan sonra TI (tutarlılık indeksi) 0,037 olarak bulunmuştur. TO (tutarlılık oranı) ise Denklem 4.9 kullanılarak 0,027 olarak elde edilmiştir. Çalışmada TO değerinin $0,027 < 0,10$ olarak bulunması başka bir ifade ile TO değerinin 0,10'dan küçük olması çalışma sonuçlarının tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.5.2 Bulanık AHP yöntemi uygulama

1. Adım: Problemin ve Karar Hiyerarşisinin Belirlenmesi

Bu bölümde belirlenen problem, karar hiyerarşisi ve kriterler bir önceki bölüm ile aynıdır.

2. Adım: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Bulanık AHP yönteminde, ikili karşılaştırmalar aracılığıyla karar vericilerden alınan kriterler arasındaki önem düzeyleri belirlenir. Bu karşılaştırmalar, karar vericilerin öznel yargılarına dayalı olarak oluşturulan sayısal değerlendirmelerle bir karar matrisine dönüştürülür. Her bir hücre, iki kriterin birbirine göre ne kadar önemli olduğunu ifade eder. Bu kapsamda, karar vericinin yargılarındaki belirsizlikleri daha doğru yansıtabilmek amacıyla bulanık sayılarla çalışmak temel alınmaktadır (Buckley, 1985).

AHP yönteminde olduğu gibi Bulanık AHP yönteminde de ikili karşılaştırma matrisinin yapılandırılmasında tek bir grup kararı oluşturabilmek için elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınmıştır. İkili karşılaştırma matrisi Denklem 4.10 kullanılarak elde edilmiş ve Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7 : İkili karşılaştırma matrisi (Bulanık AHP)

	f1			f2			f3			f4			f5			f6			f7			f8		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
f1	1,0000	1,0000	1,0000	0,6247	0,7163	0,8235	1,5104	1,9698	2,5357	2,0082	2,3474	2,6958	0,7264	0,8163	0,9245	0,8581	1,0092	1,1704	0,7130	0,8843	1,1112	0,8215	0,9454	1,0905
f2	1,2143	1,3960	1,6008	1,0000	1,0000	1,0000	0,9630	1,1535	1,3769	1,5834	1,9049	2,2830	0,7563	0,8756	1,0226	0,9215	1,0466	1,1976	0,6532	0,8129	1,0101	0,7529	0,8553	0,9724
f3	0,3944	0,5077	0,6621	0,7263	0,8669	1,0384	1,0000	1,0000	1,0000	0,4295	0,5129	0,6227	0,4907	0,5581	0,6540	0,3208	0,4147	0,5236	0,2094	0,2439	0,2951	0,5018	0,5821	0,7041
f4	0,3709	0,4260	0,4979	0,4380	0,5250	0,6316	1,6058	1,9497	2,3285	1,0000	1,0000	1,0000	0,5779	0,6698	0,7923	0,2643	0,3185	0,4056	0,4939	0,5850	0,7112	0,4655	0,5426	0,6552
f5	1,0816	1,2250	1,3766	0,9779	1,1421	1,3222	1,5291	1,7918	2,0378	1,2621	1,4930	1,7304	1,0000	1,0000	1,0000	1,3994	1,6567	1,8923	0,6610	0,7611	0,8646	0,9061	1,0170	1,1416
f6	0,8544	0,9909	1,1653	0,8350	0,9555	1,0852	1,9098	2,4115	3,1173	2,4558	3,1394	3,7842	0,5285	0,6036	0,7146	1,0000	1,0000	1,0000	1,1284	1,3458	1,5728	0,7709	0,8729	1,0194
f7	0,9000	1,1308	1,4025	0,9900	1,2302	1,5310	3,3888	4,1000	4,7747	1,4061	1,7094	2,0249	1,1566	1,3139	1,5129	0,6358	0,7430	0,8862	1,0000	1,0000	1,0000	1,0934	1,2290	1,3801
f8	0,9170	1,0578	1,2173	1,0283	1,1692	1,3282	1,4203	1,7179	1,9928	1,5262	1,8431	2,1480	0,8760	0,9833	1,1037	0,9810	1,1456	1,2973	0,7246	0,8137	0,9146	1,0000	1,0000	1,0000

3. Adım: Geometrik Ortalama Yöntemi ile Ağırlıkların Belirlenmesi

Bu çalışmada bulanık AHP sürecinde kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde, Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, her bir kriterin diğer kriterlere göre önem düzeyi, ilgili satırdaki üçgensel bulanık sayılar üzerinden hesaplanan geometrik ortalama ile temsil edilir. Her bir kriter için bulanık geometrik ortalama değeri Denklem 4.11 kullanılarak elde edilmiş ve Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Bulanık geometrik ortalama değeri ($\tilde{r}_i$)

Kriterler	ri değerleri		
	l	m	u
f1	0,9550	1,1086	1,2838
f2	0,9447	1,0874	1,2524
f3	0,4609	0,5417	0,6464
f4	0,5562	0,6438	0,7586
f5	1,0694	1,2166	1,3641
f6	1,0558	1,2253	1,4259
f7	1,1659	1,3599	1,5778
f8	1,0306	1,1732	1,3172
GO TOPLAM	7,2386	8,3566	9,6262
TOPLAM TERSİ	0,1039	0,1197	0,1381

Denklem 4.12 ve Denklem 4.13 kullanılarak kriterlerin bulanık ağırlık ($\tilde{w}_i$) değerleri bulunmuş ve Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 : Bulanık ağırlık değerleri ($\tilde{w}_i$)

l	$\tilde{w}_i$		Kriterler
	m	u	
0,0992	0,1327	0,1774	f1
0,0981	0,1301	0,1730	f2
0,0479	0,0648	0,0893	f3
0,0578	0,0770	0,1048	f4
0,1111	0,1456	0,1884	f5
0,1097	0,1466	0,1970	f6
0,1211	0,1627	0,2180	f7
0,1071	0,1404	0,1820	f8

4. Adım: Bulanık Değerlerin Durulaştırılması

Bu adımda Denklem 4.14 kullanılarak bulanık değerlerin durulaştırma işlemi yapılmıştır. Bu çalışmaya ait kriterlerin durulaştırılmış normalize ağırlıkları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 : Kriterlerin durulaştırılmış ağırlık değerleri

Kriter numarası	Kriter İsimleri	Durulaştırılmış Ağırlıklar	Normalize Ağırlıklar	Sıralama
f1	Taşıma maliyeti	0,1364	0,1328	5
f2	Kapasite	0,1338	0,1302	6
f3	Esneklik	0,0673	0,0655	8
f4	Çevreye duyarlılık	0,0799	0,0778	7
f5	Isı ve nem	0,1484	0,1444	3
f6	Hız	0,1511	0,1471	2
f7	İzlenebilirlik	0,1673	0,1628	1
f8	Güvenlik	0,1431	0,1393	4

4.5.3 Bulguların karşılaştırılması

Uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerinin belirlenmesine yönelik yapılan analizler sonucunda AHP yöntemi ile elde edilen ana ve alt kriterlerin önem ağırlıkları Çizelge 4.11’de gösterilmektedir. Buna göre kriterler önem derecelerine göre şu şekilde sıralanmaktadır: izlenebilirlik 0,1636, hız 0,1483, ısı ve nem 0,1452, güvenlik 0,1372, taşıma maliyeti 0,1304, kapasite 0,1298, çevreye duyarlılık 0,0783 ve esneklik 0,0672. Ana kriterlerin önem ağırlıkları ise sırasıyla Teknoloji yönlü 0,5943, Maliyet yönlü 0,4057 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.11 : AHP yönteminde ana ve alt kriterlerin ağırlıkları

Ana Kriterler	Sıra	Ağırlık	Alt Kriterler	Sıra	Ağırlık
Maliyet Yönlü	2	0,4057	Taşıma Maliyeti (f1)	5	0,1304
			Kapasite (f2)	6	0,1298
			Esneklik (f3)	8	0,0672
			Çevreye Duyarlılık (f4)	7	0,0783
			Isı ve Nem (f5)	3	0,1452
Teknoloji Yönlü	1	0,5943	Hız (f6)	2	0,1483
			İzlenebilirlik (f7)	1	0,1636
			Güvenlik (f8)	4	0,1372

Bulanık AHP yöntemi ile elde edilen alt kriterlerin önem sırası ve ağırlık değerleri Çizelge 4.12’de yer almaktadır. Bu değerler sırasıyla; izlenebilirlik 0,1628, hız 0,1471, ısı ve nem 0,1444, güvenlik 0,1393, taşıma maliyeti 0,1328, kapasite 0,1302, çevreye duyarlılık 0,0778 ve esneklik 0,0655 olarak belirlenmiştir. Ana kriterler için önem değerleri sırasıyla Teknoloji yönlü 0,5937, Maliyet yönlü 0,4063 olarak bulunmuştur

Çizelge 4.12 : Bulanık AHP yönteminde ana ve alt kriterlerin ağırlıkları

Ana Kriterler	Sıra	Ağırlık	Alt Kriterler	Sıra	Ağırlık
Maliyet Yönlü	2	0,4063	Taşıma Maliyeti (f1)	5	0,1328
			Kapasite (f2)	6	0,1302
			Esneklik (f3)	8	0,0655
			Çevreye Duyarlılık (f4)	7	0,0778
Teknoloji Yönlü	1	0,5937	Isı ve Nem (f5)	3	0,1444
			Hız (f6)	2	0,1471
			İzlenebilirlik (f7)	1	0,1628
			Güvenlik (f8)	4	0,1393

Her iki analiz sonucu karşılaştırıldığında elde edilen bulguların benzerlik gösterdiği görülmektedir. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlar izlenebilirlik kriterinin diğer alt kriterler arasında en çok önem derecesine sahip kriter olduğuna işaret etmektedir. İzlenebilirlikten sonra hız, ısı ve nem, güvenlik, taşıma maliyeti, kapasite, çevreye duyarlılık ve esneklik kriterleri gelmektedir. Her iki yöntemde ana kriterler arasında en çok önem derecesine sahip kriterin Teknoloji yönlü olduğu tespit edilmiştir. Teknoloji yönlü alt kriterlerin, maliyet yönlü alt kriterlere göre daha yüksek bir önceliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Başka bir ifade ile katılımcıların en fazla teknoloji faktörünün etkin şekilde kullanıldığı taşıma modlarını tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lojistiğin en temel amacı, ürünün üretimden nihai tüketiciye kadar olan tüm süreçlerini en iyi şekilde yerine getirmektir. Bu noktada nihai müşterinin ihtiyaç duyduğu ürünü doğru yerde ve doğru zamanda bulundurmak oldukça önemlidir. Lojistik süreçlerin (depolama, ambalajlama, paketleme ve dağıtım) güvenli ve doğru bir şekilde gerçekleşmesi işletmeler açısından dikkat edilen unsurlardır. Lojistik süreçlerde dayanıklı ürünlerin aksine soğuk zincir ürünleri özel taşıma ve depolama koşulları gerektiren, daha fazla özen gösterilmesi gereken ürün grubu olmaktadır. Bu ürünlerin başlıcaları et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, dondurulmuş ürünler, balık ürünleri ve eczacılık ürünleridir. Bu ürünlerin tedarik zinciri boyunca kırılmadan nihai tüketiciye ulaştırılmasında işletmelere ve birçok pay sahibine önemli görevler ve sorumluluklar düşmektedir. Soğuk zincir ürünleri raf ömürleri kısa olduğu için sıcaklığa karşı hassasiyet göstermektedir. Bu sebeple sıcaklık derecesindeki artış veya azalış ürünün bozulma riskini artırmaktadır. Ürünlerin depolama, ambalajlama, paketleme ve en önemlisi taşıma süreçlerinde doğru ekipman kullanımıyla risklerin minimum seviyeye indirilmesi sağlanmaktadır. Ek olarak taşıma sürecinde soğuk, donuk ve serin olarak kategorize edilen bu ürünler frigorifik araçlar ile taşınarak risklerin en aza indirilmesi sağlanmaktadır.

Taşıma esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ise izlenebilirliktir. İzlenebilirlik bilgi teknolojilerinin lojistik sektörüne entegrasyonu ile giderek daha fazla ön plana çıkmaktadır. İzlenebilirlik ürünlerin bozulmadan uygun koşullar altında taşınabilmesi için müdahale edilebilirliği arttıran önemli bir faktördür. Bu sayede, taşıma sürecinde sıcaklık değişimleri tespit edilerek gerekli işlemler hızlı bir şekilde yapılabilir. Ürün sıcaklıklarının izlenebilirliğine ek olarak, taşıma araçlarının izlenebilirliği de soğuk zincir lojistiği açısından önemli bir husustur. Taşıma esnasında, araç kapılarının açılması durumunda sensörlerin devreye girmesi, sıcaklık ve diğer kritik parametrelerdeki değişikliklerin anında tespit edilmesini ve gerekli müdahale yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede müdahale edilmiş ürünler,

soğuk zincir kırılmadan ve ürünün tazeliğini koruyarak güvenli bir şekilde ulaştırılmış olacaktır.

Soğuk zincir ürünlerinin sadece taşıma esnasında ısı kontrollerinin yapılması yeterli olmamaktadır. Ürünlerin depolama alanlarında araç değişimi, paketleme ve ambalajlama esnasında ısı kontrollerinin de en iyi şekilde yapılmış olması gerekmektedir. Tarım ürünlerinin hasat edilmesinin ardından kalitesinin korunabilmesi ve tüketici sağlığını tehlikeye atmaması için titiz bir kontrol süreci gerekmektedir. Hasat edilen ürünlerin, depolama, taşıma gibi süreçlerde hijyen, sıcaklık ve nem koşullarının titizlikle izlenmesi büyük önem arz etmektedir. Benzer şekilde eczacılık ürünlerinin taşınması ve saklanması da belirli kurallar çerçevesinde yapılmaktadır. Bu bağlamda, ilaçların sıcaklık, nem, ışık gibi çevresel faktörlerden etkilenmemesi için özel ambalajlama ve taşıma yöntemleri kullanılmalıdır. Yakın zamanda yaşadığımız Covid-19 salgını sürecinde birçok aşı ve ilacın taşınmasında gerekli önlemler alınmıştır. Aşı ve ilaçlar soğuk zincir lojistiği ile taşındığı için çok hassas bir şekilde takip edilmiştir. Bu süreçte yapılan yoğun takip soğuk zincir lojistiğinin önemini bir kez daha kanıtlamıştır.

Aşılar ve ilaçlar sadece sıcaklığa maruz kalarak bozulmamaktadır. Işığa maruz kaldıklarında da birçok bozulma meydana gelmektedir. Bu nedenle ürünlerin lojistik süreçlerinde sadece ısı kontrolünün değil bunun yanında ışık kontrolünün de en iyi şekilde sağlanması gerekmektedir. Soğuk zincir ürünlerinin taşınmasında dikkat edilmesi gereken ortalama sıcaklık dereceleri vardır. Örneğin deniz ürünleri -25 °C ile – 30°C sıcaklık arasında, et ve et ürünleri -10°C ile -20 °C arasında saklanmalıdır. Yaş meyve ve sebze ürünleri 2°C ile 4°C arasında, eczacılık ürünleri de 2°C ile 8 °C arasında saklanmalıdır. Bu sıcaklık aralıkları sadece ürünü taşıma esnasında geçerli değildir. Diğer lojistik süreçlerin içerisinde de belirlenen sıcaklık kontrollerinin yapılmasına devam edilmelidir. En son raflara geldikleri anda da sıcaklık kontrollerinin yapılması gerekir. Raflarda gerekli sıcaklıkların uygulanmadığı zamanlarda ürünlerde bozulmaların meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bazen bu bozulmalar fark edilmeden nihai tüketici ile buluştuğunda gıda zehirlenmesi gibi durumlar meydana gelebilir ve insan sağlığını tehlikeye atabilir.

Niş bir konu olan soğuk zincir lojistiği kapsamında yapılan bu çalışmanın amacı soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçim kriterlerini belirlemek ve bu kriterleri önem derecelerine göre sıralamaktır. Bu amaç doğrultusunda kapsamlı bir literatür taraması

yapılmıştır. Yerli ve yabancı makaleler, tezler ve bildiriler incelenerek birçok durum tespit edilmiştir. Tespit edilen ilk durum Türkiye ve yurt dışında soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçimi ile ilgili yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olmasıdır. Literatürde ağırlıklı olarak lojistikte taşıma modu seçim kriterlerine yönelik çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı çalışmanın kavramsal modelini oluşturan kriterler, lojistikte taşıma modu seçim kriterleri üzerine yapılmış çalışmalardan elde edilmiştir. Söz konusu kriterler; izlenebilirlik, ısı ve nem, hız, güvenlik, taşıma maliyeti, kapasite, çevreye duyarlılık ve esneklik olarak belirlenmiştir. Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ile Toplam Lojistik Maliyeti (TLM) yaklaşımları çerçevesinde çalışmanın teorik altyapısı oluşturulmuş ve kriterler ana ve alt kriterler olarak ayrılmıştır. Çalışmanın kavramsal modeli ve analiz yöntemine uygun şekilde hazırlanan anket formları Türkiye’de soğuk zincir lojistik faaliyetlerinde görev yapan uzman kişiler tarafından doldurulmuştur. Eksiksiz bir şekilde iletilen anket formları çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden AHP ve BAHP yöntemleri kullanılmıştır. AHP yönteminin sonuçları incelendiğinde en çok önem derecesine sahip kriterin izlenebilirlik olduğu tespit edilmiştir. Soğuk zincir ürünlerin hızlı bozulabilir özelliği nedeniyle her an izlenebilir olması ve sürekli olarak kontrol altında tutulması, işletmeler için hayati bir öneme sahiptir. İzlenebilirliğin en önemli kriter olarak belirlenmesi üretici firmaların düşük maliyetle yüksek fayda sağlama amacından ziyade, daha yüksek maliyetlere katlanarak nihai tüketiciye bozulmamış bir ürün sunmayı hedeflediklerini ortaya koymaktadır. Bu noktada, izlenebilirliğin özellikle de ürünlerin sıcaklık, nem ve ışık gibi çevresel faktörler açısından kontrol edilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Çalışmada elde edilen en önemli bulgulardan birisi, firmaların izlenebilirlik sağlamak için daha fazla maliyete katlanmak zorunda kalabilecekleridir. Taşıma maliyetlerinin öncelikli kriterler arasında yer almaması, bu durumu desteklemektedir. Elde edilen bulgular işletmelerin soğuk zincir ürünlerinin taşınmasında daha düşük maliyetler yerine, ürünlerin bozulmadan ve güvenli bir şekilde taşınabileceği araç ve ekipmanları tercih edebileceklerini desteklemektedir. Bu durum, soğuk zincir lojistiğinde özel gereksinimlerin göz önünde bulundurulduğunda, maliyetin her zaman birincil kriter olmadığını göstermektedir. Başka bir ifade ile soğuk zincir ürünlerinin taşınması söz konusu olduğunda, maliyetlerin göz ardı edilebileceği, hatta yüksek maliyetlerin işletmeler tarafından karşılanabilir bir durum

olarak değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılabilir. Anket çalışmasına katılan işletmeler için maliyetin, diğer faktörlerle karşılaştırıldığında daha az önemli olduğu ve ürünlerin güvenli taşınmasını sağlayacak uygun ekipman ve altyapıya yatırım yapmanın daha ön planda tutulduğu sonucuna varılabilir. Sonuç olarak, soğuk zincir taşımacılığında maliyetin, kalite ve güvenlik gibi faktörlerle dengelenmesi gerektiği ve işletmelerin, nihai tüketiciye güvenli bir şekilde ürün ulaştırmak amacıyla gerekli yatırımları yapmaya istekli olduğu söylenebilir.

İzlenebilirlik kriteri benzer şekilde başka çalışmalarda da önemli bir faktör olarak belirlenmiştir. Literatürde izlenebilirliği kriter olarak alan çalışmalar arasında Akay (2016) tarafından yapılan bir çalışma bulunmaktadır. Ayrıca Tuzkaya ve Önut (2008) taşıma modu seçimi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında da ürün karakterleri, güvenlik, esneklik, izlenebilirlik, hız, güvenlik ve maliyeti kriter olarak belirlemişlerdir. Ek olarak Ceylan ve Danacı Ünal (2023) çalışmalarında bilgi teknolojileri kullanımının soğuk zincir lojistiği üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kriterler arasında izlenebilirlik kriterine de yer vermiştir.

Bu çalışmada kullanılan Bulanık AHP yöntemi ve AHP yöntemi ile elde edilen sonuçlar birbirine paralellik göstermektedir. Her iki analizde de izlenebilirlik kriteri en çok önem derecesine sahip kriter olarak tespit edilmiştir. En az öneme sahip kriter ise esneklik kriteri olmuştur. Soğuk zincir ürünlerinin sıcaklık değerlerinin önemi ve hızı bu çalışmada çıkarılacak bir diğer sonuçtur. Kriter sıralanmasında ikinci ve üçüncü sırada hız, ısı ve nem yer almıştır. Bu iki kriter, ürünlerin bozulmadan ve istenilen kalite standartlarına uygun olarak tüketiciye ulaşabilmesi için gerekli olan parametrelerdir. İlk üç kriter sıralandığında, soğuk zincir ürünleri için en uygun ve nihai sıralamanın ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Her iki analiz sonucuna göre, teknoloji odaklı ana kriter altında yer alan alt kriterlerin, diğer kriterlere kıyasla daha yüksek bir öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, özellikle soğuk zincir ürünlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve güvenli bir biçimde nihai tüketiciye ulaştırılması sürecinde, teknolojiye dayalı araç ve ekipmanların kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Yang ve Lin (2017) çalışmalarında ton balığının taşıma modu seçim kriterlerini belirlenmiş ve AHP yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmada 16 kriter belirlenmiştir. Ancak çalışmanın bulgularına göre taşıma modu seçiminde en yüksek öneme sahip kriterin yük kapasitesi olduğu tespit edilmiştir. Yang ve Ling (2017) çalışmalarında belirlenen en yüksek önem derecesine

sahip kriter bu çalışmada öncelikli kriterler arasında yer almamaktadır. Bu çalışmada, kapasite kriteri her iki analiz sonucunda da altıncı sırada yer almıştır. Dereli ve Sarı (2021) tarafından yapılan çalışmada ise yaş meyve ve sebze dış ticaretinde hava kargo taşımacılığının zorluklarının olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak çalışmanın sonunda uluslararası taşımacılıkta en yaygın olarak kara yolunun kullanıldığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak uluslararası soğuk zincir lojistiğinde taşıma modu seçimi ile ilgili sınırlı sayıda çalışmanın olması bu çalışmayı özgün bulgular içermesi açısından farklı kılmaktadır. Buna ek olarak her iki analiz sonucunun ve kriter sıralamalarının birbirine paralel olması çalışmaya katılan uzmanların anket formlarını tutarlı bir şekilde doldurduklarını göstermektedir.

Teknolojiye dayalı araç ve ekipmanların kullanımı, günümüzde pek çok hasar ve kaybın önlenmesinde yardımcı olmakta ve ürünlerin güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, teknolojiye uyumlu olmayan araç ve ekipmanlarla taşınan ürünlerin bozulması nihai tüketiciye sağlıksız ürünlerin ulaşmasına neden olabilir ve tüketici sağlığını tehlikeye atabilir. Bu tür sorunların yaşanmaması adına en önemli çözüm, izlenebilir teknolojiye sahip araçlar ile soğuk zincir ürünlerinin kesintisiz bir şekilde taşınmasıdır. Son olarak, bu çalışmadan elde edilen bulguların ileride soğuk zincir lojistiği ile ilgili yapılacak çalışmaları destekleyeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ak Oğuz, M., Köksal M.** (2018). AHP ve TOPSIS ile tedarikçi seçimi, *İstanbul Commerce University Journal of Science*, 18 (34), 69-89.
- Akay, D.** (2016). *Uluslararası lojistikte taşıma modu seçimini etkileyen faktörler Türkiye uygulaması ve bir model önerisi.* (Yüksek Lisans Tezi). Karatay Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Akben, İ., Güngör, A.** (2018). Tedarik zinciri ve yalın tedarik zinciri, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5 (7), 1-12.
- Ambe, I. M.** (2010). Agile supply chain: Strategy for competitive advantage, *Journal of Global Strategic Management*, 7, 5-17.
- Arencibia, A. I., Feo-Valero, M., Garcia- Menendez, L., Roman, C.** (2015). Modelling mode choice for freight transport using advanced choice experiments, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75, 252-267.
- Arıcan, O. H., Kara, E. G. E.** (2024). Selection model of chemical tanker ships for cargo types using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS, *Regional Studies in Marine Science*, 75, 1-15.
- Arslanhan, H.** (2019). *Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünlük çok kriterli karar verme yöntemi ile çözümlenmesi ve bir uygulama.* (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Arslanhan, H., Tosun, Ö.** (2021). Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünlük en iyi-en kötü ve WASPAS yöntemleriyle çözülmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 13-23.
- Aydemir, E.** (2015). Envanter yönetimi ve uzantıları: Ekonomik üretim miktarı modelleri üzerine bir bilimsel yazın araştırması, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(3), 97-112.
- Aydın, R.** (2019). *Çok kriterli karar verme teknikleriyle bir lojistik şirketine taşıma türünün değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, U., Atak, Ü.** (2020). Yük taşımacılığı için EDAS yöntemi ile taşıma modu seçimi, *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(1), 24-33.
- Ayhan, M. B.** (2013). A fuzzy AHP approach for supplier selection problem: A case study in a gear motor company, *International Journal of Managing Value and Supplier Chains*, 4 (3), 11-23.
- Babacan, M.** (2003). Lojistik sektörünün ülkemizdeki gelişimi ve rekabet vizyonu, *Ege Academic Review*, 3 (1), 8-15.

- Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz- Garcia, L., Garcia-Hierro, J., Villalba, J.R.** (2018). New trends in cold chain monitoring applications a review, *Food Control*, 86, 170-182.
- Ballı, S.** (2005). *Fuzzy çok kriterli karar verme ve basketbolda oyuncu seçimine uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Barbanova, K.** (2016). Türkiye ihracatında multimodal taşımacılık, *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (41), 1-12.
- Başkol, M.** (2016). Bir rekabet aracı olarak tedarik zinciri yönetimi: Strateji ve yaklaşımlar, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 3 (5), 13-27.
- Bayraktutan, Y., Özbilgin, M.** (2015). Lojistik maliyetler ve lojistik performans ölçüleri, *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1 (2), 95-112.
- Benotmane, Z., Belalem, G., Neki, A.** (2018). A cost measurement system of logistics process, *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 10 (5), 23-29.
- Blauwens, G., Vandaele, N., Van de Voorde, E., Vernimmen, B., Witlox, F.** (2006). Towards a modal shift in freight transport? A business logistics analysis of some policy measures, *Transport Reviews*, 26 (2), 239-251.
- Buckley, J. J.** (1985). Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 17 (3), 233-247.
- Büyüközkan, G., Vardaloğlu, Z.** (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, *Lojistik Dergisi*, 8 (2008), 6-7.
- Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Perny, P., Tsoukias, A., Vincke, P.** (2000). *Evaluation Models: A Critical Perspective*, Boston, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Cabala, P.** (2010). Using the analytic hierarchy process in evaluating decision alternatives, *Operations Research and Decisions*, 20 (1), 5-23.
- Candan, G.** (2019). Bütünleşik bulanık AHP-VIKOR yaklaşımıyla demir yolu yük taşımacılığı etkinliklerinin değerlendirilmesi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (2), 331-346.
- Cengiz, K.** (1996). *İleri imalat teknolojilerinin ekonomik analizi ve esneklik faktörünün sayısallaştırılmasına bulanık kümeler yaklaşımı*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ceran, Y., Alagöz, A.** (2007). Lojistik maliyet yöntemi: Lojistik maliyetler ve lojistik maliyet muhasebesi, *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 5 (2), 137-156.
- Ceylan, T., Danacı Ünal, T.** (2023). Bilgi teknolojileri kullanımının uluslararası soğuk zincir lojistiği üzerine etkilerinin belirlenmesi, *İşletme*, 4 (1), 131-142.
- 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., Huang, S. F.** (2005). A Fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, 102, 1-13.
- Cheng, C. H., Lin, Y.** (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation, *European Journal of Operational Research*, 142 (1), 174-186.
- Cheng, J. H., Chen, S. S., Chuang, Y. W.** (2008). An application of fuzzy Delphi and Fuzzy AHP for multi-criteria evaluation model of fourth party logistics, *WSEAS Transactions on Systems*, 7 (5), 466-478.
- Coase, R.** (1992). The institutional structure of production, *The American Economic Review*, 82 (4), 713-719.
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarria, D., Menesatti, P.** (2013). A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 353-366.
- Croxtan, K. L., Garcia- Dastugue, S. J., Lambert, D. M., Rogers, D. S.** (2001). The supply chain management processes, *The International Journal of Logistics Management*, 12 (2), 13-36.
- Cullinane, K., 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.
- Çakır, E., Özdemir, M.** (2016). Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin altı sigma projeleri seçiminde uygulanması, *Business and Economics Research Journal*, 7, 167-201.
- Çakır, E., Tozan, H., Vayvay, Ö.** (2016). A method for selecting third party logistics service provider using Fuzzy AHP, *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 5 (3), 38-54.
- Dağdeviren, M.** (2007). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (4), 791-799.
- Dalbudak, E., Rençber, Ö. F.** (2022). Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine literatür incelemesi, *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4 (1), 1-17.
- Danışan, T., Gümüş, G., Ercan, Z., Güven, E., Tamer, E.** (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.
- Daim, T. U., Udbye, A., Balasubramanian, A.** (2013). Use of analytic hierarchy process (AHP) for selection of 3PL providers, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24 (1), 28-51.
- Davis, F. D.** (1989). Percieved usefulness, percieved ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13 (3), 319-340.
- Dereli, D. N., Sarı, A.** (2021). Yaş üzüm nakliyesi: Denizli Çal bölgesi örneği, *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (2), 240-255.

- Dhir, S., Marinov, M. V., Worsley, D.** (2015). Application of the analytic hierarchy process to identify the most suitable manufacturer of rail vehicles for high speed 2, *Case Studies on Transport Policy*, 3 (4), 431-448.
- Doğan, M.** (1985). *İşletmelerde Karar Verme Teknikleri*. İzmir: Bilgehan Basımevi.
- Doğan, N. Ö., Akbal, H.** (2019). Sağlık sektöründe tedarikçi seçim kararının AHP yöntemi ile incelenmesi: Bir üniversite hastanesi örneği, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(4). 440-456.
- Dutta, H., Nagesh, S., Talluri, J., Bhaumik, P.** (2023). A solution to blockchain smart contract based parametric transport and logistics insurance, *IEEE Transactions on Services Computing*, 1685), 3155-3167.
- Dündar, A. O.** (2021). *Tarım-Gıda Tedarik Zinciri Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Efe, B., Kurt, M.** (2018). Bir liman işletmesinde personel seçimi uygulaması, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*. 8 (2), 417- 427.
- Emiroğlu, A.** (2016). Yalın üretim ve tam zamanlı envanter yönetim stratejisi, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12 (12), 72-85.
- Erdal, H., Korucuk, S.** (2019). İlaç lojistiği kapsamında lojistik kriterlerinin Dematel yöntemi ile belirlenmesi: Erzurum ili örneği, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (1), 155-160.
- Ergin, A., Alkan, G.** (2021). Tedarik zinciri yönetiminde okyanus konteyner taşıyıcı seçimi bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yaklaşımı, *Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 3 (2), 115-135.
- Erkan, B.** (2014). Türkiye’de lojistik sektörü ve rekabet gücü, *Assam Uluslararası Hakemli Dergi*, 1 (1), 44-65.
- Erkayman, B.** (2007). *Lojistikte Taşıma Şekillerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fırat, İ., Ceyhan, S.** (2015). Yalın üretim sistemine geçişin işletme performansına olan katkısı Kahramanmaraş’ta hazır giyim işletmesinde bir uygulama çalışması örneği, *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 5 (9), 143-176.
- Fishbein, M., Ajzen, I.** (1975). Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research, *MA: Addison-Wesley*.
- Forcinio, H., Wright, C.** (2005). Cold chain concerns, *Pharmaceutical Technology*, 29 (4), 44-50.
- Galankashi, M. R., Helmi, S. A** (2016). Assessment of hybrid Lean -Agile (leagile) supply chain strategies, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27 (4). 470-482.
- Gani, A. N., Assarudeen, S. M.** (2012). A new operation on triangular fuzzy number for solving fuzzy linear programming problem, *Applied Mathematical Sciences*, 6 (11), 525-532.
- Gatignon, H., Robertson, T. S.** (1985). A propositional inventory for new diffusion research, *Journal of Consumer Research*, 11 (4), 849-867.

- Görçün, Ö.F.** (2018). *Ulaştırma Sistemlerine Giriş*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Görçün, Ö. F.** (2020). Gemi türü seçimini etkileyen faktörlerin analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi kullanarak değerlendirilmesi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (2), 36-50.
- Görener, A.** (2016). Türkiye’de medikal turizm sektörünün değerlendirilmesinde bütünsel SWOT-AHS yaklaşımı, *Alphanumeric Journal*, 4 (2), 159-170.
- Guitouni, A., Martel, J. M.** (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, *European Journal of Operational Research*, 109 (2), 501-521.
- Gülen, K. G.** (2011). *Lojistik Sektöründe Durum Analizi ve Rekabetçi Stratejiler*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Güler, E.** (2006). *Depo yönetiminde bilgi teknolojileri kullanımı*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gümü, Y.** (2012). *Lojistik Faaliyetler ve Maliyetler*. Ankara: Gazi Yayıncılık.
- Hacıbektaşoğlu, B.** (2020). *Lojistik sektörü ve lojistik süreçlerinin sağladığı maliyet ve iş gücü avantajları: Tekstil sektörü üzerine bir inceleme*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Han, J. W., Zuo, M., Zhu, W. Y., Zuo, J. H., Lü, E. L., Yang, X. T.** (2021). A comprehensive review of cold chain logistics for fresh agricultural products: Current status, challenges, and future trends, *Trends in Food Science & Technology*, 109, 536-551.
- Harris, F.** (1913). How many parts to make at once, *Factory: The Magazine of Management*, 10 (2), 135-136.
- Hart, M., Traba, P., Tomastik, M.** (2014). Drawing of layout documentation as the basis of logistics management system of a company literature review, new methodics, case study, In *2021 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, Tunisia: May 356-361,
- Hoen, K.M.R., Tan, T., Fransoo, J. C., Van Houtum, G. J.** (2014). Effect of carbon emission regulations on transport mode selection under stochastic demand, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26, 170-195.
- Hruska, R., Prusa, P., Babic, D.** (2014). The use of AHP method for selection of supplier, *Transport*, 29 (2), 195-203.
- Hsieh, T. Y., Lu, S. T., Tzeng, G. H.** (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings, *International Journal of Project Management*, 22 (7), 573-584.
- Hsu, Y. L., Lee, C. H., Kreng, V. B.** (2010). The application of Fuzzy Delphi method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection, *Expert Systems with Applications*, 37 (1), 419-425.
- Hu, ., Huang, B., Liu, Z., Guo, H., Chen, Z., Shi, L.** (2021). Optimization model of carbon footprint of fresh products in cold chain from the energy

- conservation and emission reduction perspective, *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-11.
- Huang, S. H., Uppal, M., Shi, J.** (2002). A product driven approach to manufacturing supply chain selection, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7 (4), 189-199.
- İlgaz, A.** (2018). Lojistik sektöründe personel seçim kriterlerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1 (32), 586-605.
- İbil, E. H.** (2021). *Tip-2 diyabet hastalığında kişiselleştirilmiş tedavi yöntemini temel alan karar destek sistemi önerisi: Küresel Bulanık AHP yöntemi ile risk durumuna göre en iyi ilaç kombinasyonunun oluşturulması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- İzer, D. A.** (2017). Soğuk zincir lojistiği içinde risklerin azaltılmasında yeni teknolojiler.
- Joshi, R., Banwet, D. K., Shankar, R.** (2009). Indian cold chain: modeling the inhibitors, *British Food Journal*, 111 (11), 1260-1283.
- Kaewfak, K., Ammarapala, V., Charoensiriwath, C.** (2021). Fuzzy AHP approach route selection in multimodal transportation: The case of coal industry in Thailand, *Science & Technology Asia*, 26 (1), 84-95.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z.** (2004). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 17 (6), 382-394.
- Kaplan, M. S., Gümüş, M., Özder, E. H.** (2024). Paris iklim anlaşması ve sürdürülebilir lojistik kapsamında lojistik köy yeri seçimi: Türkiye örneği, *Demiryolu Mühendisliği*, (20), 202-229.
- Karaath, M., Ömürbek, N., Budak, İ., Dağ, O.** (2015). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yaşanabilir illerin sıralanması, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (33), 215-228.
- Karakaşoğlu, N.** (2008). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kasilingam, R. J.** (1998). *Logistics and Transportation Design and Planning*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Kaya, S., Merdivenci, F.** (2020). Türkiye’de demir yolu istasyonlarının değerlendirilmesi için analitik hiyerarşi süreci uygulaması, *Demir yolu Mühendisliği*, (12), 106-115.
- Kehoe, D., Boughton, N.** (2001). Internet based supply chain management: A classification of approaches to manufacturing planning and control, *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (4), 516-524.
- Keskin, M. H.** (2011). *Kavramlar, Prensipler, Uygulamalar Lojistik El Kitabı ve Küresel Tedarik Zinciri Pratikleri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Koban, E., Yıldırım Keser, H.** (2015). *Dış Ticarete Lojistik*. Bursa: Ekin Yayınevi.

- Koçak, A., Arun, Ö.** (2006). İçerik analizi çalışmalarında örneklem sorunu, *Selçuk İletişim*, 4 (3), 21-28.
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P., Kechagies, E. P.** (2022). Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: A literature review and classification, *Operational Research*, 22 (3), 2033-2062.
- Kök, G. T., Deveci, D. A.** (2019). Freight transport mode choice with stated preference method: A systematic literature review, *Mersin University Journal of Maritime Faculty*, 1 (1), 17-29.
- Kumru, M., 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.
- Kurşunoğlu, N., Önder, M.** (2015). Selection of an appropriate fan for an underground coal mine using the Analytic Hierarchy Process, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 48, 101-109.
- Küçük, O.** (2018). *Lojistik İlkeleri ve Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Küçüktürkmen, B., Bozkır, A.** (2018). Özel saklama koşulu gerektiren veya soğuk zincire tabi ilaçlar ve uygulamalar açısından değerlendirmeler, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75 (3), 305-322.
- Lee, Y., Kozar, K. A., Larsen, K. R.** (2003). The technology acceptance model: Past, present and future, *Communications of the Association for information systems*, 12 (1), 752-780.
- Legris, P., Ingham, J., Collette, P.** (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model, *Information & Management*, 40 (3), 191-204.
- Liedtke, G. T.** (2012). Estimation of the benefits for shippers from a multimodal transport network, *Logistics Research*, 4, 113-125.
- Liker, J.** (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw- Hill.
- Lin, C. H., H. Y. Shih., Sher, P. J.** (2007). Integrating technology readiness into technology acceptance: The TRAM model, *Psychology & Marketing*, 24 (7), 641-657.
- Lin, G. H., Chuang, C. A., Tan, C. L., Yeo, S. F., Wu, F. Y.** (2023). Supplier selection criteria using analytical hierarchy process (AHP) based approach: A study in refractory materials manufacturers, *Industrial Management & Data Systems*, 123 (6), 1814-1839.
- Long, D. H.** (2012). *Uluslararası Lojistik: Küresel Tedarik Zinciri Yöntemimi: International Logistics: Global Supply Chain Management*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ma, G., Guan, H.** (2009). The application research of cold chain logistics delivery schedule based on JIT, *International Conference on Industrial Mechatronics and Automation*, Chengdu, China : May 368-370.
- Ma, Q., Wang, W., Peng, Y., Song, X.** (2018). An optimization approach to the intermodal transportation network in fruit cold chain, considering cost,

quality degradation and carbon dioxide footprint, *Polish Maritime Research* , 25, 61-69.

- Menteş, A.** (200). *Manevra ve sevk sistemi seçiminde bulanık çok kriterli karar verme.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., Uysal, I.** (2017). Time-temperature management along the food cold chain: A review of recent developments, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (4), 647-667.
- Moon, D. S., Kim, D. J., Lee, E. K.** (2015). A study on competitiveness of sea transport by comparing international transport routes between Korea and EU, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31 (1), 1-20.
- Mukwakungu, S. C., Mabasa, M. D., Mankazana, S., Burakeye, S. A.** (2019). The impact of Just in Time (JIT) in inventory management perspectives from two case studies in a South African environment, *In Proceeding of the 9th International Conference on Industrial Emgineering and Operations Management*, Bangkok: March 1271-1278.
- Nakıboğlu, G.** (2007). Tersine lojistik: Önemi ve Dünyadaki uygulamaları, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 181-196.
- Nalçakan, M. Er, F.** (2012). *Lojistik İlkeleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Oğuz, İ. H., Oğuz, D.** (2019). Türkiye ekonomisinde lojistik, *International Journal of Business and Economic Studies*, 1 (2), 65-74.
- Ouyang, F.** (2020). Research on port logistics distribution route planning based on artificial fish swarm algorithm, *Journal of Coastal Research*, 115 (SI), 78-80.
- Öçal, B.** (2022). Covid-19 sürecinde ihracat ve hava kargo taşımacılığı: Antalya havalimanı üzerine bir araştırma, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 29 (2), 259-280.
- Ömürbek, N.** (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkim bir örnek uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3), 47-70.
- Özbek, A., Eren, T.** (2013). Üçüncü parti lojistik (3PL) firmanın analitik hiyerarşi süreciyle (AHS) belirlenmesi, *International Journal of Engineering Research and Development*, 5 (2), 46-54.
- Özbey, A. U.** (2022). *Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanarak alt yüklenici seçim kararını iyileştirme.* (Yüksek Lisans Tezi). Doğuş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, A. İ.** (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23), 87-96.
- Özdemir, Ü., Güneroğlu, A.** (2018). Cargo type selection procedure using Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS techniques: The case of dry bulk cargo ships,

International Journal of Shipping and Transport Logistics, 10 (3), 259-280.

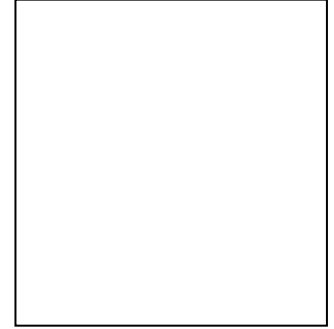
- Özkan, H.** (2021). *Bozulabilir gıda ürünleri taşımacılığı: Antalya ili uygulaması*. (Doktora Tezi). Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Paksoy, S.** (2019). Taşımacılık sistemlerine yönelik bir değerlendirme, *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 5 (15), 180-187.
- Palabıyık, H.** (2022). *AHP, Bulanık AHP ve Tereddütlü Bulanık AHP yöntemleriyle sağlık kurumları için performans göstergelerinin önceliklendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Peng, J.** (2012). Selection of logistics outsourcing service suppliers based on AHP, *Energy Procedia*, 17, 595-601.
- Pham, T. Y., Kim, K. Y., Yeo, G. T.** (2018). The Panama canal expansion and its impact on east-west liner shipping route selection, *Sustainability*, 10 (12), 4353.
- Ren, Q. S., Fang, K., Yang, X. T., Han, J. W.** (2022). Ensuring the quality of meat in cold chain logistics: A comprehensive review, *Trends in Food Science & Technology*, 119, 133-151.
- Ren, J., Lützen, M.** (2017). Selection of sustainable alternative energy source for shipping: Multi-criteria decision making under incomplete information, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1003-1019.
- Saaty, R. W.** (1987). The analytic hierarchy process- what it is and how it is used, *Mathematical Modelling*, 9 (3-5), 161-176.
- Saaty, T. L.** (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, T. L.** (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L.** (1982). The analytic hierarchy process: A new approach to deal with fuzziness in architecture, *Architectural Science Review*, 25 (3), 64-69.
- Saaty, T. L.** (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, 32 (7), 841-855.
- Saaty, T. L.** (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process, *Interfaces*, 24 (6), 19-43.
- Saaty, T. L.** (2002). Decision making with the analytic hierarchy process, *Sharif University of Technology*, 9 (3), 215-229.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1 (1), 83-98.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G.** (2013). The analytic network process. In decision making with the analytic network process, 1-40, Boston, MA: Springer.
- Sarkis, J.** (2003). A strategic decision framework for green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 11, 397-409.

- Sarısoy, G.** (2011). *Gıdaların soğuk zincir lojistiği*. (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Seuring, S., Müller, M.** (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 16 (15), 1699-1710.
- Sezen Akar, G., Çakır, E.** (2016). Lojistik sektöründe bütünleştirilmiş Bulanık AHP-MOORA yaklaşımı ile personel seçimi, *Journal of Management and Economics Research*, 14 (2), 185-199.
- Schumann, B., Schmid, M.** (2018). Packaging concepts for fresh and processed meat-recent progresses, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 88-100.
- Sheffi, Y., Eskandari, B., Koutsopoulos, H. N.** (1988). Transportation mode choice based on total logistics costs, *Journal of Business Logistics*, 9 (2), 137-154.
- Sheu, J. B.** (2004). A hybrid fuzzy-based approach for identifying global logistics strategies, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40 (1), 39-61.
- Shi, Y., Lin, Y., Lim, M. K., Tseng, M. L., Tan, C., Li, Y.** (2022). An intelligent green scheduling system for sustainable cold chain logistics, *Expert Systems with Applications*, 209, 1-21.
- Sing, R. K., Gunasekaran, A., Kumar, P.** (2018). Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: A Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS approach, *Annals of Operations Research*, 267, 531-553.
- Sommar, R., Woxenius, J.** (2007). Time perspectives on intermodal transport of consolidated cargo, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7 (2), 163-182.
- Supçiller, A., Çapraz, O.** (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması, *İstanbul University Econometrics and Statistics E-Journal*, (13), 1-22.
- Swafford, P. M., Ghosh, S., Murthy, N.** (2008). Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility, *International Journal of Production Economics*, 116 (2), 288-297.
- Şahin, M.** (2023). *Çok Kriterli Karar Verme Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Şen, G.** (2021). Covid-19 aşılarının lojistiğinde havacılık endüstrisinin rolü, *Journal of Aviation*, 5 (2), 127-141.
- Şen, Z.** (2001). *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. İstanbul: Bilge Kültür Sanat.
- Tavasszy, L., Van De Kaa, G., Liu, W.** (2020). Importance of freight mode choice criteria: An MCDA approach, *Journal of Supply Chain Management Science*, 1 (1-2), 27-44.

- Thompson, E. A., Abudu, R., Zheng, S.** (2021). Empirical analysis of multiple-criteria decision-making (Mcdm) process for freight transportation mode selection, *Journal of Transportation Technologies*, 12 (1), 28-41.
- Timur, M. N.** (2013). *Tedarik Zinciri Temel Kavramlar*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Triantaphyllou, E.** (2000). *Multi-Criteria Decision Making Methods A: Comparative Study*. Boston, US: Springer Science and Business Media.
- Tuzkaya, U. R., 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.
- Tümenbatur, A.** (2022). Sürdürülebilir gıda sistemleri kapsamında soğuk zincir lojistiğinin değerlendirilmesi, *Five Zero*, 2 (1), 35-47.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** (2023). Erişim: 29 Eylül 2024, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1>
- Ugochukwu, P., Engström, J., Langstrand, J.** (2012). Lean in the supply chain: A literature review, *Management and Production Engineering Review*, 3, 87-96.
- Ütücüler, Ü. M.** (2015). *Uluslararası taşımacılık yapan lojistik işletmesinin taşıma türünün analitik hiyerarşi yöntemiyle seçimi: Vestel Beyaz A.Ş'de uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Uşak Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.
- Vannieuwenhuysse, B., Gelders, L., Pintelon, L.** (2003). An online decision support system for transportation mode choice, *Logistics Information Management*, 16 (2), 125-133.
- Varghese, P. J., Rosario, G. M.** (2018). Some arithmetic operations in trapezoidal fuzzy numbers an intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers, *JASC: Journal of Applied Science and Computations*, 5 (12), 40-49.
- Vashist, J. K., Dey, A. K.** (2016). Selection criteria for a mode of surface transport: An analytic hierarchy process approach, *Amity Global Business Review*, 11, 86-95.
- Vesper, J., Kartoğlu, Ü., Bishara, R., Reeves, T.** (2010). A case study in experiential learning: Pharmaceutical cold chain management on wheels, *Journal of Continuing Education on the Health Professions*, 30 (4), 229-236.
- Vrijhoef, R., Koskela, L.** (2000) The four roles of supply chain management in construction, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6 (3-4), 169-178.
- Wang, S., Tao, F., Shi, Y.** (2018). Optimization of location-routing problem for cold chain logistics considering carbon footprint, *International Journal of Enviromental Research and Public Health*, 15 (1), 86.
- Womack, J. P., Jones, D. T.** (1996) Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection, *Harvard Business Review*, 74 (5), 140-151.
- Yang, Y. C., Lin, H. Y.** (2017). Cold supply chain of longline tuna and transport choice, *Maritime Business Review*, 2 (4), 349-366.

- Yıldırım, B. F., Önder, E.** (2022). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınları.
- Yıldırım Keser, H., Ceyhun, G. Ç.** (2023). Avrupa Yeşil Mutabakatının deniz yolu taşımacılığı kökenli hava kirliliği yönünden incelenmesi, *TESAM Akademi Dergisi*, 10 (1), 53-72.
- Yu, Z., Tianshan, M., Khan, S.A.R., Sharif, A.** (2018). The study on efficient cold chain logistics, *The 2nd International Conference on Economic Development and Education Management Advances in Social Science*, China : December 475-478.
- Yürüyen, A. A., Ulutaş, A.** (2020). Bulanık AHP ve Bulanık EDAS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firması seçimi, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 283-294.
- Zadeh, L. A.** (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
- Zhang, X., Zha, X., Dan, B., Liu, Y., Sui, R.** (2024). Logistics mode selection and information sharing in a cross-border e-commerce supply chain with competition, *European Journal of Operational Research*, 314 (1), 136-151.
- Zhu, O., Sarkis, J.** (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises, *Journal of Operations Management*, 22 (3), 265-289.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Tuğçe CEYLAN

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik
- **Ön Lisans**: 2021, Atatürk Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Lima Lojistik / Operations Executive-Air (Halen)

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Ceylan, T., Danacı Ünal T.** (2023). Bilgi teknolojileri kullanımının uluslararası soğuk zincir lojistiğinde etkilerinin belirlenmesi, *İşletme Dergisi*, 4(1), 131-142.
- **Ceylan, T.** (2023). 3 PL kullanımının işletmeye olan etkilerinin incelenmesi, *1. Uluslararası Ticaret ve Lojistik Sempozyumu*, (s.249-254). Bursa: Bursa Teknik Üniversitesi.
- **Ceylan, T.** (2024). Türkiye ile Seçilmiş Doğu Avrupa Ülkeleri'nin Gümrük Birliği Çerçevesinde Değerlendirilmesi, *II. Uluslararası Ticaret ve Lojistik Sempozyumu*, (s.155-164). Bursa: Bursa Teknik Üniversitesi.