

# Karayolu Taşımacılığı Yapan Bir Lojistik Firmasının Araç Seçimi Probleminin Entropi Tabanlı Topsis ve Aras Yöntemleri ile Çözülmesi

(Araştırma Makalesi)

*Solution of Vehicle Selection Problem of a Logistics Company Making Road Transport Using Entropy Based TOPSIS and ARAS Methods*

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1048672

**Mert ÖZGÜNER**

*Dr. Öğr. Üyesi, Adıyaman Üniversitesi, Besni Ali Erdemoğlu Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü*

*mozguner@adiyaman.edu.tr*

*Orcid No: 0000-0003-4919-9391*

**Esra OVALI**

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme A.B.D.,*

*esraovali01@gmail.com*

*Orcid No: 0000-0002-2099-807X*

**Bu makaleye atıfta bulunmak için:** Özgüner, M., & Ovalı, E. (2022). Karayolu Taşımacılığı Yapan Bir Lojistik Firmasının Araç Seçimi Probleminin Entropi Tabanlı Topsis ve Aras Yöntemleri İle Çözülmesi. *Alanya Akademik Bakış*, 6(3), Sayfa No3287-3308.

## ÖZET

### Anahtar kelimeler:

Araç Seçimi  
Problemi,  
Çok Kriterli Karar  
Verme,  
ENTROPİ,  
TOPSİS,  
ARAS

Makale Geliş Tarihi:

27.12.2021

Kabul Tarihi:

03.06.2022

Karayolu taşımacılığında sorunsuz bir taşıma işlemi gerçekleştirebilmek için kullanılacak araçların fonksiyonel yapısına dikkat edilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda lojistik firmalarının, taşıma aracı seçimi esnasında bu özelliklerini göz önünde bulundurarak kendi stratejilerine uygun olan taşıma aracını belirlemeleri büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme modellerinden ENTROPİ, TOPSİS ve ARAS yöntemleri kullanılarak karayolu taşımacılığı yapan bir lojistik firmasının araç seçim probleminin çözümüne yönelik çeşitli alternatifler sunmak amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, geniş bir literatür araştırması sonucunda araç seçimi için kullanılacak 5 kriter ve en çok tercih edilen 5 araç markası belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, araç seçiminde dikkat edilen en önemli kriterin satış sonrası hizmetler olduğunu ortaya koymuştur. Yine belirlenen kriter ağırlıklarına göre öncelikli olarak önerilecek araç markalarının sırasıyla; Mercedes-Benz ve Volvo olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## ABSTRACT

To carry out a smooth transportation process in road transportation, it is necessary to pay attention to the functional structure of the vehicles to be

**Keywords:**

Vehicle Selection  
Problem,  
Multi-Criteria  
Decision Making,  
ENTROPY,  
TOPSIS,  
ARAS

*used. In this direction, it is of great importance for logistics companies to determine the vehicle that is suitable for their strategies by considering these features during the selection of vehicles.*

*This study, it is aimed to present various alternatives for the solution of the vehicle selection problem of a logistics company engaged in road transport by using the Multi-Criteria Decision Making models ENTROPY, TOPSIS, and ARAS methods. In this context, 5 criteria to be used for vehicle selection and 5 most preferred vehicle brands were determined in line with wide literature research. The findings revealed that the most important criterion in vehicle selection is after-sales services. Again, according to the criteria weights determined, it was concluded that the vehicle brands to be recommended in the first place are Mercedes-Benz and Volvo, respectively.*

**1. GİRİŞ**

Günümüz küresel pazarlarındaki şiddetli rekabet ortamı, ürünlerin yaşam döngülerinin kısalması ve müşterilerin yüksek beklentileri gibi sebepler firmaları lojistik yönetimine odaklanmaya ve yatırımlarını bu alanlarda arttırmaya zorlamaktadır. Lojistik yönetimi; sipariş alma, stok yönetimi, paketleme, depolama, taşıma vb. faaliyetler bütünüdür (Harisson ve van Hoek, 2008:6; Maier vd. 2021: 266). Firmalar önceden tüm bu lojistik faaliyetleri kendi bünyesinde gerçekleştirirken, şimdilerde bu faaliyetleri bu alanda uzmanlaşmış lojistik firmaları üzerinden gerçekleştirmektedir.

Lojistik yönetimi ile taşımacılık faaliyeti birbiriyle sürekli karıştırılan iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Hâlbuki taşımacılık, lojistik yönetiminin alt faaliyetlerinden biridir. Taşımacılığın ürünlere kattığı belirgin bir getirisi olmazken, bu ürünler için katlanılan maliyetlere etkisi oldukça yüksektir. Bu nedenle lojistik firmaları kendi kârını maksimize edecek ve maliyetlerini minimize edecek optimal bir taşımacılık işlemi yapmayı amaçlamaktadır (Wolff ve Yıldız, 2018: 187)

Taşımacılık, ürün ve hizmetlerin bir yerden başka bir yere götürülmesi, konumlarının değiştirilmesi işlemine denilmektedir. Ürün ve hizmetlerin tam zamanında, zarara uğramadan, istenilen kalitede, istenilen yere ve müşteri memnuniyetini arttıracak şekilde taşınması faaliyeti işletmeye artı bir değer sağlamaktadır (Kılıç, 2019: 44). Bu nedenle taşımacılık işlemi müşteri memnuniyetini etkileyen önemli bir faktördür (Aktaş, 2004: 35). Birçok taşıma yöntemi olmasına karşın karayolu taşımacılığı düşük sabit yatırım maliyetleri, yüksek hızlı yük taşıma özelliği ve yüksek düzeydeki tutarlılık ve güvenilirlik özellikleri sayesinde yaygın olarak tercih edilen bir taşıma yöntemi olarak öne çıkmaktadır (Önür Aslan, 218: 67).

Karayolu taşımacılığının, diğer taşıma türlerine kıyasla daha yaygın şekilde tercih ediliyor olmasında dünya genelinde ülkeler arası transit geçişlere imkân veren gelişmiş karayolu hatlarının yaygın bir biçimde bulunuyor olmasının etkisi oldukça büyüktür. Bunun yanı sıra karayolu taşımacılığı; ürünlerin araçlara kolaylıkla yüklenmesi ve birçok yükleme şekillerinin rahatlıkla uygulanabilmesi, üretim yerinden tüketicilere doğrudan teslim imkânı sunması, ulaşım kolaylığı ve çoklu taşımaya uygun olmaması, elde edilen kârın yapım maliyetlerini rahatlıkla karşılaması ve ulaşım kolaylığı sağlaması gibi nedenlerle çok fazla tercih edilmektedir (Sezgin, 2008: 63).

Türkiye’de karayolu taşımacılığı lojistik sektöründe yapılan taşımacılık faaliyetleri içerisinde yaklaşık %93’lük bir orana sahiptir. Ayrıca ülkemizin 68.633 km karayolu ağının olması bu

taşımacılık türünü diğer taşımacılık türlerine karşı üstün konuma getiren önemli bir faktördür (www.kgm.gov.tr).

Türkiye'nin sahip olduğu üstün jeopolitik konumu ve güçlü karayolu altyapısı nedeniyle ülkemizde karayolu taşımacılığı her geçen gün önemini artırmaktadır (Macit, 2020: 849). İleri düzey teknolojilerle donatılmış ürün ve hizmete sahip olan batı ülkeleriyle, yeraltı zenginliklerine sahip olan doğu ülkeleri arasında gerçekleştirilen ticari ilişkilerde ülkemiz, Asya-Afrika-Avrupa kıtalarıyla bağlantılı bir köprü görevi görmektedir. Ülkemizin bu konumu, kötü durumdaki karayolu yapısının iyileştirilmesine ve daha modern bir karayolu ağının yapılması ihtiyacını doğurmuştur (MEB, 2011: 5). Ayrıca, geçiş noktası olma özelliğinden dolayı uluslararası karayolu taşımacılığıyla ilgili yapılan ticari sözleşmelerde ülkemizde önemli bir yer almaktadır. Bu sözleşmelerden bazıları 1950'de Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonunun oluşturduğu 'Uluslararası Ana Trafik Arterleri Sözleşmesi'dir. Bu sözleşmeyle Avrupa'dan ülkemize E-70, E-80 ve E-90 olan üç ana arter hattı oluşmuştur (Bölükbaş, 2016: 70) Diğer bir sözleşme de stratejik öneme sahip olan ve 12 ülkeyi kapsayan Karadeniz Ekonomik İş birliği Örgütüdür. Bu sözleşmeyle Karadeniz havzasındaki ülkelerin yakınlıklarından ve ekonomik gelişmelerinden dolayı birbirleriyle olan ticari ilişkilerinin geliştirilmesi yönünde adımlar atılacaktır. Bunlara ilaveten ülkemiz önemli geçiş noktası olan İstanbul'daki karayolunu daha aktif hale getirebilmek için Avrasya tüneli ve Yavuz Sultan Selim köprüsünü inşa etmiştir (İstanbul Lojistik Sektör Analiz Raporu, 2014: 84).

Taşımacılık türleri arasında yaygın öneme sahip olan karayolu taşımacılığında sorunsuz bir taşıma işlemi gerçekleştirebilmek için her türlü koşula cevap veren, piyasa koşullarına uyum sağlayan, yüksek nitelikli araçların tercih edilmesine dikkat edilmelidir. Lojistik firmaların, güvenlik, güç, konfor, yakıt gibi faktörleri göz önüne alarak en uygun aracı seçmeleri büyük önem taşımaktadır (Tonhauser ve Ristvej, 2021: 1600)

Lojistik firmaları, maddi varlıklarını oluşturduğu taşıma araçlarını büyük yatırımlar sonucu filolarına dahil edebilmektedir. Bu nedenle, doğru araç seçimi de yatırımlara kıyasla büyük önem taşımaktadır. Araç seçiminde gerekli özverinin gösterilmemesi durumunda yüksek maliyetlerle satın alınan bu araçlardan istenilen verimliliğin alınamaması riski ortaya çıkmaktadır. Yine, yanlış araç tercihleri firmaların yatırım maliyetlerini artırdığı gibi müşterilerin talep ettiği ürünlerin zamanında teslim edilememesine ve müşteri kayıplarına neden olmaktadır. Firmaların yatırımlarını boşa harcamamak için doğru araç seçimini gerçekleştirmeleri hayati önem taşımaktadır (Demirci, 2020: 18).

İnsanlar doğal yaşam ortamında karşılaştıkları en küçük bir seçimde bulunurken bile alternatifler karşısında kararsız kalabilmektedir. Birçok seçim kriterine sahip olan araç markaları arasında tek bir araç markası belirlemek kolay olmamaktadır. En doğru kararı alabilmek için çok kriterli karar alma yöntemlerine başvurulabilmektedir. Bu yöntemler sayesinde çok fazla kriter karşısında daha hızlı daha uygun daha fonksiyonlu araç markası seçebilmek mümkün hale gelmektedir (Yannis, vd. 2020: 413).

Bu çalışmada Türkiye'deki karayolu taşımacılığı hakkında bilgi vererek, karayolu taşımacılığı yapan bir lojistik firmasının araç seçim probleminin çözümüne yönelik çeşitli alternatifler sunulmaktadır. Bu kapsamda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Entropi, ARAS ve TOPSİS yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında konuya ilişkin açıklamalara ve literatürde mevcut çalışmalara yer verilmektedir. Ardından

çalışmada kullanılacak Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine ilişkin açıklamalarda bulunulmuştur. Çalışmanın üçüncü kısmında, yapılan literatür araştırması ve buna ilaveten alınan uzman görüşleri sonucunda araç seçimi için kullanılacak 5 kriter ve en çok tercih edilen 5 araç markası belirlenmiş ve kriterlerin ağırlıkları Entropi yöntemi ile ortaya konulmuştur. Daha sonra bu kriterlerden yola çıkılarak araç seçimi probleminin çözümüne yönelik araç markası önceliklendirmeleri TOPSİS ve ARAS yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen bulgular yorumlanmış ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak konuya ilişkin yerli ve yabancı literatürde mevcut çalışmalara değinilmektedir. Ayrıca çalışmada kullanılan Entropi, TOPSİS ve ARAS yöntemlerinin kullanıldığı bazı araştırmalara da yer verilmektedir.

Ballı vd. (2007) sayısal verilerle ifade edilemeyen bulanık girdilerle genişletilerek oluşturulan PROMETHEE yöntemini 7 farklı otomobil arasından en uygun araç seçimi için kullanılmıştır. Yine, Soba (2012) yapmış olduğu araştırmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden PROMETHEE yönteminden yararlanarak 6 panelvan otomobil arasından oluşturduğu 7 kiterlere uygun otomobili seçmiştir. Sonuçların uygun ve tutarlı olduğu görülmüştür. Yavaş, Ersöz, Kabak ve Ersöz (2014) yılında yaptığı incelemede AHP ve ANP yöntemlerini kullanarak müşterilerin otomobil seçimleri incelenerek kriterler belirlenmiş ve uygulama sonuçları karşılaştırılmıştır.

Aydın ve Kahraman (2014)'de yaptığı araştırmada fuzzy VIKOR yöntemini kullanarak toplu taşıma için araç seçim probleminde çözüm bulmaya çalışmıştır. Ayrıca parametredeki değişikliklerin nasıl etkilendiği sonuçları karşılaştırarak göstermişlerdir. Yine, Arslan (2017) çalışmasında AHP-ARAS hibrit yöntemiyle lojistik firmasına ait taşıma araç seçim probleminde çözüm bulmaya çalışmıştır. Gürcistan merkezli lojistik firmasının toplu araç alımı karşısında oluşacak ekonomik zararları önlemek için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmıştır. AHP yöntemi ile belirlenen kriterleri ağırlıklandırarak ARAS yöntemine entegre edilmiş ve en iyi taşıma araç seçimi noktasında karar vericilere alternatifler sunulmuştur. Doğan vd. (2017) yaptıkları çalışmada bir lojistik firmasının araç filosuna almayı düşündüğü yeni ağır ticari araç alımı probleminde COPRAS-G yöntemini kullanarak 8 önemli araç markası arasından en iyi araç seçimi yapılmıştır.

Ulutaş ve Yürüyen (2019) çalışmalarında taşıma araç seçim probleminde çok kriterli karar alma yöntemlerinden PSI, ARAS, OCRA ve MOORA yöntemleri kullanılarak oluşturduğu alternatif sıralama sonuçlarını karşılaştırmış ve bu yöntemlerin sonucunda kriter ağırlıklarının değişkenliği test edilmiştir. Yine, Demirci (2020) araştırmasında bir taşımacılık firmasının karşılaştığı araç seçim probleminde yedi alternatif arasından çok kriterli karar alma yöntemlerinden VIKOR ve TOPSİS yöntemlerini kullanarak bir seçim yapmıştır. Görçün (2019) bir taşımacılık firmasının çekici araç seçimine sorununa karşı AHP, ENTROPİ ve TOPSİS yöntemini kullanmış ve hibrid bir model önermiştir. Son olarak, Parsakhoo ve Hosseini (2009) İran Hyrcanian ormanlarında ikincil ulaşım sektöründe farklı stratejik eylem yolları değerlendirmiştir. Stratejiler, İran orman sanayisinden uzman kişiler tarafından puanlaması yapılmış ve kriterlerin önem ağırlığı AHP ile değerlendirilmiştir.

Entropi, TOPSİS ve ARAS Yöntemleri ile ilgili diğer alanlarda yapılan bazı çalışmalar şunlardır;

Chen (2019) çalışmasında ENTROPİ temelli TOPSİS yöntemde kullanılan normalizasyon etkisini analiz edilmiştir. İki yöntem arasındaki kombinasyon tartışılmıştır. Ayrıca TOPSİS yönteminde farklı normalizasyon teknikleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda normalizasyonun, niteliksel bilgi çeşitliliğinin etkisinden dolayı ENTROPİ-TOPSİS yönteminin karar sonucunu etkilediği anlaşılmıştır. Bir diğer çalışmada, Goswami ve Behera (2020) altı önemli kriter temelinde yedi alternatif grup arasından mühendislik uygulamaları için en uygun malzemeyi bütünlük ENTROPİ-ARAS yöntemlerini kullanarak seçim yapmıştır. Yine, Goswami vd. (2021) çalışmalarında gerçek zamanlı robot seçim problemini TOPSİS-ARAS ve COPRAS-ARAS yöntemlerinden yararlanarak çözüm elde etmeye çalışmışlardır. İki hibrit modelden elde edilen robot alternatiflerinin sıralamaları da karşılaştırılmıştır. İki yöntemin alternatiflerinin sıralamasında biraz farklılık olsa da robot 12 en iyi alternatif olurken, robot 4 ise en kötü alternatif tespit edilmiştir.

Sun ve Yu (2021) çalışmasında Basit normleştirme, ENTROPİ tabanlı TOPSİS ve K-ortalama yöntemlerini kullanarak şehir ölçeğinde ofis binası için veriye dayalı iyileştirilmiş bir bina enerji performansı değerlendirme ve sıralama yaklaşımı önermiştir. Yine, Ghenai vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada 4 yenilebilir enerji sistemi için 5 başlıca sürdürülebilir göstergeleri değerlendirmek üzerine Aras yöntemini kullanarak yeni bir sonuç sunmaktadır.

Brodny ve Tutak (2021) ENTROPİ-TOPSİS yöntemlerini kullanarak Polonya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Macaristan ülkelerindeki sürdürülebilir enerji güvenliğini enerji, iklim, ekonomik ve sosyal açıdan 10 yıllık (2008-2018) dönemi kapsayacak şekilde değerlendirmeler yapmıştır. Diğer bir çalışmada ise, Wang vd. (2021)'de Çin'deki üç büyük kentsel bölgedeki endüstriyel yeşil gelişmeler ve yeşil rekabetlilik farklarını ENTROPİ temelli TOPSİS ve Thell index yöntemleriyle analiz etmiş ve karşılaştırmıştır. Analiz sonucunda endüstriyel yeşil kalkınma seviyesi Pearl'deki en yüksek seviyede Yangtze Nehri Deltası'ndaki en düşük seviye olduğu belirlenmiştir. Gök-Kısa vd. (2022) yılında yaptıkları çalışmada TOPSİS ve ARAS yöntemleri kullanarak Türkiye'de özelleştirilen limanların performanslarını değerlendirmişlerdir. Entropi, ARAS ve TOPSİS yöntemlerinin sonuçlarını karşılaştırmış ve Mersin limanının en yüksek performansa sahip liman olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Entropi Yöntemi

Rudolf Clausius'un 19. yüzyılın sonlarına doğru ileriye sürdüğü, termodinamiğin ikinci yasası olarak da belirtilen entropi kavramı evrendeki tüm sistemlerin herhangi bir enerjiye maruz kalmadan doğal ortamlarına bırakıldığında tüm sistemlerin zamanla düzensizliğe, dağınıklığa ve bozulmaya doğru gideceğini belirtmektedir (Taslaman, 2006: 90). Birçok disiplinde kullanılan ve fiziksel bir kavram olan Entropi, 1948'de Shannon tarafından enformasyon teorisine uyarlanmıştır. Enformasyon Entropisine göre bir karar verme sorunu karşısında mevcut verilerin sayısı ve değeri, kararın geçerliliğinin ve kalitesinin miktarını ölçmektedir (Wu vd., 2011: 5163).

Entropi yönteminde kriterlerin değerlendirilmesi yapılmadan başlangıç matrisiyle kriter ağırlıkları belirlenerek hesaplama yapılmaktadır. Karar vericilerin kişisel görüşleri olmadan

alternatiflerin gerçek değeri üzerinden hesaplamalar yapıldığı için diğer kriter ağırlık hesaplama yöntemlerinden farklı olarak objektif sonuçlar vermektedir (Alp vd., 2015: 68; Özgüner, 2020: 1114).

Entropi yönteminin uygulama adımları aşağıda sıralanmıştır (Wang ve Lee, 2009: 8983; Del ve Tabrizi, 2020: 137; Yeh vd. 2019: 2815)

**Adım 1.1:** İlk olarak karar matrisi düzenlenmektedir.

$$F = [f_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad [1.1]$$

$f_{ij}$ :  $i$ . Alternatifin  $j$ . kriterde gösterdiği performansı tanımlanmaktadır.

$i$ : Alternatif değer (1,2,...,  $m$ )  $j$ : Kriter değer (1,2,...,  $n$ )

Belirli alternatiflerin ( $i$ ) belirli kriterler ( $j$ ) karşısındaki değeri,  $f_{ij}$  karar matrisinde gösterilmiştir.

**Adım 1.2:** Karar matrisinin normalizasyonu ( $e_{ij}$ ) ile hesaplanmaktadır.

$$e_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{i=1}^m f_{ij}} \quad [1.2]$$

Karar matrisinin normalizasyonunda ise farklı ölçü biriminde olan kriterlerin aynı ölçü birimine indirgenmesi ve hesaplamaları kolaylaştırarak ortak bir değer oluşturulma işlemidir.

**Adım 1.3:** Kriterlere ait Entropi değerleri ( $E_j$ ) ile hesaplanmaktadır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m e_{ij} \ln(e_{ij})$$

$k$ :  $1/\ln(m)$  ( Entropi katsayısı) [1.3]

$d_j = 1 - E_j$  (Farklılaşma derecesi)

**Adım 1.4:** Aşağıdaki eşitlikle her bir kriterin ağırlığı ( $w_j$ ) ile hesaplanmaktadır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n (1-E_j)} \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad [1.4]$$

### 3.2. TOPSİS Yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından 1981'de geliştirilen The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSİS) yöntemi, çok kriterli karar alma yöntemleri arasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntemin temel prensibi, tercih edilen alternatiflerin pozitif ideal çözüme yani arzu edilen noktaya en kısa mesafede olması istenir; negatif ideal çözüme uzak mesafede olması istenmektedir (Şimşek, 2013: 40). Pozitif ideal çözüm noktasına yaklaştıkça faydanın maksimum seviyeye, maliyetlerin minimum seviyeye geldiği varsayılmaktadır. Negatif ideal çözüm noktası ise pozitif ideal çözümün tam tersi olarak ifade edilmektedir (Eş, 2008: 73).

Bu yöntemde maksimum fayda sağlayacak optimal çözümü bulmak için ise maksimum maliyet sağlayacak olan noktadan uzak olanın seçilmesi istenmektedir. Pozitif ideal ve negatif ideal noktasına olan alternatiflerin mevcut uzaklıkları ve yakınlıkları karar alıcıların tercih sırasını belirlemede yardımcı olmaktadır (Kabakçı, 2014: 67). Pozitif ideal çözüm noktası 1 olarak kabul edilirken, negatif ideal çözüm noktası 0 olarak kabul edilir. Alternatiflerin sadece 0 ile 1 arasında değerler alabilmesine olanak sağlamaktadır (Uludağ ve Doğan, 2016: 26).

TOPSİS yönteminin uygulama adımları aşağıda sıralanmıştır (Hwang, Lai ve Liu, 1993: 892; Wang, Cheng and Kun-Cheng, 2009: 380).

**Adım 2.1:** Karar matrisinin oluşturulması

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad [2.1]$$

$A_{ij}$  Matrisinde m karar noktasını, n değerlendirme kriterlerin sayısını vermektedir. Karar vericiler mevcut alternatifleri kriterler karşısında değerlemesi yaparak başlangıç matrisini oluşturur (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012: 103)

**Adım 2.2:** Karar Matrisinin Normalize edilmesi

Normalize işleminde, aynı ölçüm özelliklerini taşımayan kriterlerin tek bir değer haline dönüştürülmesi amaçlanır.

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

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad [2.2]$$

Normalleştirilmiş karar matrisi  $R$  oluşturulmuş olur.

**Adım 2.3:** Normalleştirilen Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Entropi yöntemiyle bulunan ağırlık değeri ( $w_i$ ), normalize edilmiş olan  $R$  matrisinin her sütunundaki değerlerle çarpılarak ağırlıklı karar matrisi ( $V$ ) elde edilir.  $w_j$  kriter ağırlıklarının toplamı 1 eşit olmalıdır.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad [2.3]$$

**Adım 2.4:** İdeal  $A^+$  Çözüm ile Negatif İdeal  $A^-$  Çözümün Bulunması

Oluşturulan ağırlıklı karar matrisinde her sütunda yer alan değerlerin maksimum ve minimum değerler bulunmaktadır.

$$A^+ = \{(max_i v_{ij} | j \in J), (min_i v_{ij} | j \in J')\} \quad [2.4]$$

Hesaplamalar sonucu  $A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$  Maksimum değerler olarak gösterilmektedir.

$$A^- = \{(min_i v_{ij} | j \in J), (max_i v_{ij} | j \in J')\}$$

Aynı şekilde  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$  minimum değerler olarak hesaplanmaktadır.

**Adım 2.5:** Alternatiflerin Arasındaki Mesafe Ölçümlerinin Hesaplanması

Bu noktada her alternatifin pozitif ideal çözüm ( $S_i^+$ ) ve negatif ideal çözümden ( $S_i^-$ ) uzaklığı hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1,2,3,\dots,m \quad [2.5]$$



**Adım 2.6:** İdeal Çözüme Göreceli Yakınlığın Hesaplanması

Her alternatifin ideal çözüme yakınlık ( $C_i^+$ ) hesaplanırken ideal olan ve olmayan çözümlere uzaklıktan faydalanılır.

$$C_i^+ = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \quad [2.6]$$

$C_i^+$  değeri  $0 \leq C_i^+ \leq 1$  arasında bir değer almaktadır.  $C_i^+=1$  ideal alternatife eşit olduğu,  $C_i^+=0$  ideal olmayan çözüme eşit olduğunu göstermektedir. Tüm aşamalar tamamlandıktan sonra alternatiflerin negatif ideale olan göreceli uzaklıklarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Böylece alternatiflerin önem sırası belirlenmektedir. Büyük olan değer sıralamada üst sırada yer alan ve en iyi olan alternatiftir.

**3.3. ARAS Yöntemi**

Additive Ratio Assesment (ARAS) yöntemi, Zavadskas ve Turskis tarafından ilk kez 2010 yılında geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, alternatiflerin birçok özelliği göz önünde bulundurarak en iyi alternatifi seçmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntem diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak, her bir alternatifin önem derecesi, belirlenen optimal değerle karşılaştırılarak nihai sıralama yapılmaktadır. Ayrıca bu yöntemin uygulanması kolay, açık ve etkili olduğu için çok farklı alanlarda kullanım alanı bulmuştur (Zavadskas ve Turskis, 2010:165).

Aras yönteminin uygulama aşamaları şöyledir (Ramezanali vd. 2020: 4)

**Adım 3.1:** Karar matrisinin oluşturulması ve Optimal Performans Oranların belirlenmesi

İlk adımda her bir alternatif ve bu alternatiflerin belirli kriterlere göre puanlama yapılmış olduğu karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisinde diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak kriterlerin optimal performans oranlarının gösterdiği bir satır bulunmaktadır.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{01} & x_{02} & \cdots & x_{0n} \\ x_{i1} & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad [3.1]$$

Karar matrisinde  $x_{ij}$  elemanı i. alternatifin j. Kriterine göre performansını gösterirken;  $x_{0j}$  ise j. kriterin optimum performansını göstermektedir. Optimum performans oranı şu şekilde hesaplanır;

$$\text{Kriterlerin fayda yönlü olması: } x_{0j} = \max x_{ij}$$

$$\text{Kriterlerin maliyet yönlü olması: } x_{0j} = \min x_{ij}$$

**Adım 3.2:** Normalize Karar Matrisinin oluşturulması

Karar matrisinde kullanılan kriter değerlerinin farklı ölçü birimlerinde olması hesaplamaları zorlaştıracağı için aynı ölçü birimine çevrilmesi gerekmektedir. Bu işleme normalizasyon işlemi denmektedir. Böylelikle farklı birimlerde olan verilerin hesaplamalardaki hata payının

daha az olması sağlanmaktadır. Kriterlerin fayda fonksiyonlu olması durumunda normalize işlemi aşağıdaki denklikle hesaplanır.

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad [3.2]$$

Kriterlerin maliyet fonksiyonlu olması durumunda öncelikle fayda fonksiyonuna çevrilip daha sonra normalize işlemi yapılmaktadır.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}}$$

$$\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*}$$

$\overline{x_{ij}}$  = normalize edilmiş değerler

$x_{ij}$  = i. alternatifin j. kriter için fayda değerleri

$x_{ij}^*$  =fayda fonksiyonuna dönüştürme

Normalize işlemi yapıldıktan sonra normalize karar matrisi oluşturulur.  $\overline{X}$  normalize karar matrisi aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\overline{X} = \begin{bmatrix} \overline{x_{01}} & \overline{x_{02}} & \cdots & \overline{x_{0n}} \\ \overline{x_{i1}} & \overline{x_{ij}} & \cdots & \overline{x_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \overline{x_{m1}} & \overline{x_{m2}} & \cdots & \overline{x_{mn}} \end{bmatrix}$$

### Adım 3.3: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin oluşturulması

Bu aşamada kriterlerin önem ağırlıkları ( $w_j$ ) hesaplanmaktadır. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi ( $\hat{x}_{ij}$ ), ağırlık değerlerinin normalize karar matrisine ( $\overline{x_{ij}}$ ) entegre edilerek bulunmaktadır.

$$\hat{x}_{ij} = \overline{x_{ij}} \cdot w_j$$

Hesaplanan  $\hat{x}_{ij}$  ağırlıklandırılmış normalize işleminden sonra  $\hat{X}$  matris formatı oluşturulur.

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \hat{x}_{02} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \hat{x}_{i1} & \hat{x}_{ij} & \cdots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad [3.3]$$

### Adım 3.4: Optimallik Fonksiyonlu Değerlerin hesaplanması

Bu yöntemin son adımında  $i$ . alternatifin ait optimal performansının ( $S_i$ ) hesaplanmasına geçilir.  $S_i$  değerinin büyük olması ile alternatifin etkinliğiyle orantılıdır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij} ; \quad i=0,1,2,\dots,m \quad [3.4]$$

Her bir alternatifin fayda derecesi olan  $K_i$  eşitliği,  $S_i$  değerinin, en iyi alternatifin optimal fonksiyonuna ( $S_0$ ) oranlanarak bulunur. Hesaplanan  $K_i$  değeri büyükten küçüğe doğru sıralanarak en iyi alternatif belirlenir.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}$$

#### 4. UYGULAMA

Bu çalışmada karayolu taşımacılığı yapan bir lojistik firmasının taşıma aracı seçimi problemine yönelik olarak, belirli alternatifler arasından çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmaktadır. Çalışmada kullanılmak üzere geniş bir literatür taraması ve uzman görüşleri ile elde edilen kriterler; Fiyat, Yakıt, Güvenlik, Beygir Gücü ve Satış Sonrası Servis Hizmetidir. Çalışmada kullanılacak alternatif araç markaları ise Türkiye satış rakamları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Buna göre; Volvo (Alternatif 1), Mercedes (Alternatif 2), Scania (Alternatif 3), Ford (Alternatif 4) ve DAF (Alternatif 5) markaları çalışmada kullanılacak alternatifler olarak belirlenmiştir. Ulaşılan sonuçlar sadece bu araştırma ile sınırlıdır. Markalara ilişkin genel çıkarımlarda bulunulmamıştır. Çalışma kapsamında ikisi sektör temsilcisi, birisi Uluslararası Ticaret ve Lojistik bölümü öğretim üyesi olmak üzere toplam üç uzman görüşüne başvurulmuştur. Bu uzmanlardan, 5 araç markasını belirlenen kriterlere göre 1-10 arasında puanlayarak değerlendirmeleri istenmiştir. Uzman görüşlerinin aritmetik ortalaması alınarak Karar Matrisi oluşturulmuştur. Entropi yöntemi ile belirlenen önem ağırlıkları, TOPSİS ve ARAS yöntemine entegre edilerek alternatiflerin tercih sıralaması belirlenmiştir.

##### 4.1. Entropi yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

###### Adım 1.1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Entropi yönteminin ilk adımı karar matrisinin oluşturulmasıdır. Karar matrisinin satırlarında Türkiye’de en çok tercih edilen 5 taşıma aracı ve sütunlarında karar vermede kullanılacak 5 değerlendirme kriterleri yer almaktadır. Oluşturulan matriste karar vericilerin görüşleri doğrultusunda her bir görüş değerlendirilerek aritmetik ortalaması alınmıştır. Oluşturulan nihai tablo karar matrisi olarak ifade edilmiştir.

**Tablo 1. Karar Matrisi**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
<b>Alternatif 1</b>	8,667	9,333	7,667	8,667	9,333
<b>Alternatif 2</b>	8,667	8,667	7,667	8,667	9,667
<b>Alternatif 3</b>	8,333	8,333	6,667	7,667	8,667
<b>Alternatif 4</b>	7,333	9,667	6	7	7

<b>Alternatif 5</b>	7,333	8,333	6,667	7,333	8
---------------------	-------	-------	-------	-------	---

**Adım 1.2:** Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Entropi yönteminin ikinci adımında normalize edilmiş karar matrisi bulunmaktadır. Karar matrisinin sütundaki her değeri, ilgili sütundaki değerlerin toplamına bölünerek normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Bu matris aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 2. Normalize Karar Matrisi**

	<b>Fiyat (TL)</b>	<b>Yakıt (L/100 km)</b>	<b>Güvenlik</b>	<b>Beygir Gücü (Hp)</b>	<b>Satış Sonrası Servis Hizmeti</b>
<b>Alternatif 1</b>	0,21488607	0,2105203	0,22115495	0,22034372	0,21874047
<b>Alternatif 2</b>	0,21488607	0,19549771	0,22115495	0,22034372	0,22656854
<b>Alternatif 3</b>	0,20660501	0,18796381	0,19230991	0,19492042	0,20313122
<b>Alternatif 4</b>	0,1818114	0,21805427	0,17307026	0,17796308	0,16406121
<b>Alternatif 5</b>	0,1818114	0,18796381	0,19230991	0,18642904	0,18749853

**Adım 1.3:** Kriterlere İlişkin Entropi Değeri Belirlenmesi

Önceki adımda hesaplanan her bir normalleştirilmiş karar matrisi elemanlarını kendi logaritmik değeri ile çarpılarak kriterlere ilişkin Entropi değeri bulunmaktadır. Entropi değerini gösteren bu matris aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 3. Kriterlere İlişkin Entropi Değeri Belirlenmesi**

	<b>Fiyat (TL)</b>	<b>Yakıt (L/100 km)</b>	<b>Güvenlik</b>	<b>Beygir Gücü (Hp)</b>	<b>Satış Sonrası Servis Hizmeti</b>
<b>Alternatif 1</b>	-0,33041898	-0,32802713	-0,3336988	-0,3332845	-0,33245693
<b>Alternatif 2</b>	-0,33041898	-0,31909265	-0,3336988	-0,3332845	-0,33638807
<b>Alternatif 3</b>	-0,32580504	-0,31418261	-0,31705117	-0,31872683	-0,32377148
<b>Alternatif 4</b>	-0,30994943	-0,33209911	-0,30357521	-0,30719616	-0,29654321
<b>Alternatif 5</b>	-0,30994943	-0,31418261	-0,31705117	-0,31314571	-0,31386959

<b>k= 1/ ln(m)</b>	0,621334935
--------------------	-------------

$E_j$	0,99820059	0,9988481	0,9972893	0,99763887	0,99601810
-------	------------	-----------	-----------	------------	------------

#### Adım 1.4: Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması

Bu aşamada her bir seçim kriterinin ağırlık değerleri hesaplanmaktadır. Öncelikle hesaplanan Entropi değerini 1'den çıkarılarak farklılaşma derecesi ( $D_j$ ) bulunur. Kriterler ağırlığı ( $W_j$ ) hesaplanırken her kriterin farklılaşma derecelerini toplam farklılaşma derecelerine bölünmesi ile bulunmaktadır. Önem ağırlıklarının toplamı her zaman 1 tam sayısını vermesi gerekmektedir.

**Tablo 4. Entropi Yöntemiyle Hesaplanan Kriter Ağırlıkları**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
<b>Ağırlık</b>	0,14988931	0,09594596	0,22579475	0,19668069	0,33168926

Entropi yöntemini kullanarak hesaplanan önem ağırlıklarının sıralaması şu şekildedir; Satış Sonrası Servis Hizmeti birinci sırada yer alırken ikinci en önemli ağırlık güvenlik kriterine aittir. Sıralamada Beygir Gücü ve Fiyat, 3. ve 4. olurken, en az öneme sahip olan kriter Yakıt olarak belirlenmiştir. En yüksekle en düşük arasındaki önem ağırlıkları arasındaki farkın çok fazla olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.2. TOPSİS Yöntemine Göre Alternatiflerin Sıralanması

Bu adımda Entropi yöntemiyle bulunan önem ağırlıklarını, TOPSİS yöntemi ile bütünleşik hale getirilmektedir.

**Tablo 5. Karar Matrisi**

Ağırlık değeri ( $w_j$ )	0,14988931	0,09594596	0,22579475	0,19668069	0,33168926
	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
<b>Alternatif 1</b>	8,667	9,333	7,667	8,667	9,333
<b>Alternatif 2</b>	8,667	8,667	7,667	8,667	9,667
<b>Alternatif 3</b>	8,333	8,333	6,667	7,667	8,667
<b>Alternatif 4</b>	7,333	9,667	6	7	7
<b>Alternatif 5</b>	7,333	8,333	6,667	7,333	8
	<b>Min</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>max</b>	<b>Max</b>

#### Adım 2.1: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Oluşturulan her bir karar matrisinin kareleri alınmaktadır. Daha sonra her sütundaki değerler toplanarak karekökü alınır. İlgili matris değerine bölünerek normalleştirilen karar matrisi oluşturulmaktadır.

**Tablo 6. Normalleştirilmiş Karar Matrisi**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
<b>Alternatif 1</b>	0,47912618	0,46986164	0,49238206	0,49083781	0,48607221
<b>Alternatif 2</b>	0,47912618	0,43633246	0,492382068	0,490837816	0,503467276
<b>Alternatif 3</b>	0,46066211	0,41951753	0,428161112	0,434204861	0,451386251
<b>Alternatif 4</b>	0,40538044	0,48667658	0,385325735	0,396430681	0,364567181
<b>Alternatif 5</b>	0,40538044	0,41951753	0,428161112	0,415289455	0,416648206

**Adım 2.2:** Normalleştirilen Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Entropi yöntemi kullanılarak hesaplanan önem ağırlıkları ( $w_j$ ) ile normalleştirilen karar matrisinin çarpımı sonucu aşağıdaki matris oluşturulur.

**Tablo 7. Normalleştirilen Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
<b>Alternatif 1</b>	0,071815897	0,045081331	0,111177286	0,096538323	0,161224936
<b>Alternatif 2</b>	0,071815897	0,041864341	0,111177286	0,096538323	0,166994691
<b>Alternatif 3</b>	0,06904833	0,040251016	0,096676532	0,085399714	0,149719974
<b>Alternatif 4</b>	0,060762199	0,046694656	0,087004528	0,077970262	0,120923021
<b>Alternatif 5</b>	0,060762199	0,040251016	0,096676532	0,081679419	0,138197738
<b>Ağırlık değeri (<math>w_j</math>)</b>	0,149889318	0,095945969	0,225794751	0,196680696	0,331689266
	Min	Min	Max	max	Max

**Adım 2.3:** İdeal A+ Ve Negatif İdeal A- Çözümlerin Belirlenmesi

İdeal A+ çözüm setinin oluşturulması için ağırlıklandırılan karar matrisinin ilgili sütundaki istenilen min/max değerlemelere tabi tutarak en büyüğü seçilmektedir. Negatif A- çözüm setinin oluşturulması için ağırlıklandırılan karar matrisinin ilgili sütunundaki istenilen min/max değerlemelere tabi tutarak en küçüğü seçilmektedir.

**Tablo 8. İdeal (A+) ve Negatif İdeal (A-) Çözümün Belirlenmesi**

<b>A+</b>	0,060762199	0,040251016	0,111177286	0,096538323	0,166994691
-----------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

A-	0,071815897	0,046694656	0,087004528	0,077970262	0,120923021
----	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

**Adım 2.4:** Alternatifler Arasındaki Mesafe Ölçümlerin Yapılması

Her kriterin ideal ve negatif ideal çözümlerden olan uzaklıkları belirlenmektedir.

**Tablo 9. Alternatifler Arasındaki Mesafe Ölçülerinin Hesaplanması**

	Si+	Si-
<b>Alternatif 1</b>	0,013371847	0,050556328
<b>Alternatif 2</b>	0,011170814	0,055452916
<b>Alternatif 3</b>	0,026484265	0,001027189
<b>Alternatif 4</b>	0,055616674	0,011053699
<b>Alternatif 5</b>	0,035501035	0,023862651

**Adım 2.5:** İdeal Çözüme Yakınlığın Hesaplanması

Pozitif ideal çözüme en yakın mesafede olan seçenek en uygun karar seçeneği olarak belirlenir.  $C_i +$  değeri 0 ile 1 arasında değer alır. 1 değeri ideal çözüm değeri iken 0 negatif ideal değeridir. İdeal çözüm seçeneğini belirlemek için 1 değerine en yakın olan seçilir. Son olarak sıralama yapılmaktadır.

**Tablo 10. İdeal Çözüme Yakınlığın Hesaplanması**

	$C_i +$	RANK
<b>Alternatif 1</b>	0,790830153	2
<b>Alternatif 2</b>	0,832329809	1
<b>Alternatif 3</b>	0,037336771	5
<b>Alternatif 4</b>	0,165796263	4
<b>Alternatif 5</b>	0,401973878	3

TOPSİS yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen alternatifler sıralanmıştır. Sıralamaya göre taşıma araç seçimi için en uygun araç markası Mercedes-Benz olmaktadır. Sonrasında sıralamayı Volvo, DAF, Ford ve Scania takip etmektedir.

**4.3. ARAS Yöntemine Göre Alternatiflerin Sıralanması****Adım 3.1:** Karar matrisinin oluşturulması ve Optimal Performans Oranların belirlenmesi

ARAS yönteminde karar matrisine, kriterlerin optimal değerini gösteren satır eklenerek oluşturulur. Kriterlerin fayda veya maliyet fonksiyonlarına bakılarak i. kriterin maksimum veya minimum değerleri bulunur. Böylelikle optimum değerleri hesaplanır.

**Tablo 11. Optimum Değerlerin Belirlendiği Karar Matrisi**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
	Min	Min	Max	Max	Max
$W_j$	<b>0,149889318</b>	<b>0,095945969</b>	<b>0,225794751</b>	<b>0,196680696</b>	<b>0,331689266</b>
<b>OPTİMUM</b>	7,333	8,333	7,667	8,667	9,667
<b>Alternatif 1</b>	8,667	9,333	7,667	8,667	9,333
<b>Alternatif 2</b>	8,667	8,667	7,667	8,667	9,667
<b>Alternatif 3</b>	8,333	8,333	6,667	7,667	8,667
<b>Alternatif 4</b>	7,333	9,667	6	7	7
<b>Alternatif 5</b>	7,333	8,333	6,667	7,333	8

**Adım 3.2:** Normalize Karar Matrisini

Bu aşamada ilgili kriter değerinin karar matrisindeki sütunların toplamına bölünerek hesaplanır.

**Tablo 12. Normalize Karar Matrisi**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
$W_j$	<b>0,149889318</b>	<b>0,095945969</b>	<b>0,225794751</b>	<b>0,196680696</b>	<b>0,331689266</b>
<b>OPTİMUM</b>	0,153841312	0,158223522	0,181103106	0,180558738	0,184717392
<b>Alternatif 1</b>	0,181827718	0,177211104	0,181103106	0,180558738	0,178335308
<b>Alternatif 2</b>	0,181827718	0,164565374	0,181103106	0,180558738	0,184717392
<b>Alternatif 3</b>	0,174820627	0,158223522	0,157481989	0,159725839	0,165609355
<b>Alternatif 4</b>	0,153841312	0,183552956	0,141726704	0,145830295	0,133756258
<b>Alternatif 5</b>	0,153841312	0,158223522	0,157481989	0,152767651	0,152864295

**Adım 3.4:** Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Bu aşamada kriterlerin önem ağırlıkları ile her bir matris değeri çarpılarak hesaplanır.

**Tablo 13. Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisi**

	Fiyat (TL)	Yakıt (L/100 km)	Güvenlik	Beygir Gücü (Hp)	Satış Sonrası Servis Hizmeti
$W_j$	<b>0,149889318</b>	<b>0,095945969</b>	<b>0,225794751</b>	<b>0,196680696</b>	<b>0,331689266</b>
<b>OPTİMUM</b>	0,023059169	0,015180909	0,040892131	0,035512418	0,061268776



<b>Alternatif 1</b>	0,027254033	0,017002691	0,040892131	0,035512418	0,059151907
<b>Alternatif 2</b>	0,027254033	0,015789384	0,040892131	0,035512418	0,061268776
<b>Alternatif 3</b>	0,026203745	0,015180909	0,035558606	0,031414989	0,054930846
<b>Alternatif 4</b>	0,023059169	0,017611166	0,032001146	0,028682004	0,044365515
<b>Alternatif 5</b>	0,023059169	0,015180909	0,035558606	0,030046448	0,050703446

**Adım 3.4:** Optimallik Fonksiyonlu Değerlerin Hesaplanması

**Tablo 14. Optimallik Fonksiyonlu Değerlerin Hesaplanması**

	<b>Sİ</b>	<b>Kİ</b>	<b>Rank</b>
<b>OPTİMUM</b>	0,175913	1	
<b>Alternatif 1</b>	0,179813	1,022168	2
<b>Alternatif 2</b>	0,180717	1,027304	1
<b>Alternatif 3</b>	0,163289	0,928235	3
<b>Alternatif 4</b>	0,145719	0,828355	5
<b>Alternatif 5</b>	0,154549	0,878548	4

$K_i$  değerinin en yüksek olduğu Mercedes-Benz sonrasında Volvo, Scania, DAF ve son olarak Ford tercih sıralamasını vermektedir. ARAS yöntemi ve TOPSİS yöntemi sonucunda en önemli alternatif çözüm önerilerinin aynı olduğu görülmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme modellerinden Entropi, TOPSİS ve ARAS yöntemleri kullanılarak karayolu taşımacılığı yapan bir lojistik firmasının araç seçim probleminin çözümüne ilişkin olarak karar vericilere çözüm önerilerinde bulunmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda araç seçimini etkileyen 5 kriter ve en çok tercih edilen 5 araç markası alternatif olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulguların, lojistik firma sahiplerinin araç seçimi konusunda sahip oldukları belirsizlikleri ortadan kaldırması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında araç seçiminde kullanılan kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için yapılan Entropi analizi sonucunda en büyük öneme sahip kriterin satış sonrası hizmetler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu kriteri sırasıyla; güvenlik, beygir gücü, fiyat ve yakıt kriterleri izlemiştir.

Çalışma kapsamında ağırlıkları belirlenen kriterlere göre markaların tercih edilme sıraları TOPSİS ve ARAS yöntemlerinin entegre olarak kullanılması yoluyla belirlenmiştir. İki farklı yöntem kullanılarak ulaşılan sonuçlar birbiriyle kıyaslanarak ulaşılan sonuçların tutarlılığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. TOPSİS yöntemi sonuçlarına göre sırasıyla Mercedes-Benz ve Volvo en uygun çözüm alternatifi olarak sunulmaktadır. ARAS yöntemi sonuçları da benzer şekilde Mercedes-Benz ve Volvo tercihlerinin ilk sırada olduğunu göstermektedir. Bu noktada her iki yöntem sonuçlarının da ilk iki tercih sıralamasında aynı çözüm alternatiflerini

sunuyor olması elde edilen sonuçların tutarlılığının oldukça yüksek olduğunun bir göstergesidir.

Kriterlerin önem ağırlıkları sıralamasında ilk sıralarda yer alan Satış Sonrası Servis Hizmeti, Güvenlik ve Beygir Gücünün Mercedes-Benz'nin uzman kişiler tarafından yapılan karar matrisindeki değerlendirme verileriyle paralellik gösterdiği anlaşılmıştır. Mercedes-Benz bu kriterlerdeki puanlamaların diğer alternatifler karşısında en yüksek verilere sahip olduğu karar matrisindeki bilgilerle ispat edilmiştir.

Mercedes-Benz 2020 yılının üretim ve satış raporlarına bakıldığında en çok tercih edilen 1'inci markası olmuştur. Elde edilen sonuçların satış rakamları ile tutarlı olduğu görülmektedir. Yurt içinde 10 araçtan 6'sını üreten Mercedes-Benz, üretimiyle, AR-GE çalışmalarıyla, sağladığı istihdamla ve ihracatıyla ekonomiye önemli katkılar sağlamaya devam etmektedir. Ayrıca Türkiye'de bir ilk olan şaft test alanları bu araç markası tarafından kurulmuştur. Bu alanlarda yapılan test sürüşlerinde Mercedes-Benz'nin tam puan almış olması, aracın yüksek güvenli donamına sahip olduğunu ispatlamakta ve küresel alanlarda da rekabet imkânı sağlamaktadır Ayrıca 2020 yılında yapılan ihracatta her 10 araçtan 8'inin üretimini yapmıştır. 2020 yılı ile 2019 yılı karşılaştırıldığında satışlarda yüzde 141 artışın sağlandığı görülmektedir ([www.roadstars.mercedes-benz-trucks.com.tr](http://www.roadstars.mercedes-benz-trucks.com.tr)).

Tercih sıralamasında 2'inci sırada yer alan Volvo, lojistik sektörüne kattığı teknolojik gelişmelerle hem yurtiçinde hem yurtdışında yenilikçi bir marka olma özelliği taşımaktadır. Bu araç markası, sürücülerine güvenli sürüş özelliği sağlarken aynı zamanda araçların iç konforu sayesinde verimli ve etkin taşıma işlemi gerçekleştirmektedir. Volvo, 2022 yılının sonlarına doğru karayolu taşımacılığında gerçekleştirmeyi planladığı elektrikli araçlar sayesinde hem yakıt maliyetinden tasarruf etmeyi hem de çevreye karşı duyarlı davranarak sürdürülebilir çevre projesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. ([www.volvotrucks.com.tr](http://www.volvotrucks.com.tr))

Satış sonrası hizmetleri ile fark oluşturan Volvo, 2020 yılında Pazar payında önemli ölçüde büyüme yaşamış ve yüzde 146 büyüme gerçekleştirerek pazar payını 7,6'ya yükselmiştir. 2021 yılında satış rakamlarını daha da arttırıp Pazar paylarını çift haneye taşımayı planlamaktadır. Volvo, 130'dan fazla ülkede 2100 servis noktasından müşterilerine hizmet verirken dünyanın dört bir yanındaki 14 ülkede üretim yapmaktadır.

Yapılan bu çalışmayla lojistik sektöründeki karar vericilere araç tercihi sırasında ortaya çıkan sorunlara çözüm bulmada kolaylık sağlayacak çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Hızlı ve pratik olan bu yöntemler sayesinde firmalar hem zamandan tasarruf sağlamakta hem de katlanacakları yanlış seçim maliyetlerini en aza indirmektedir. Bundan sonra benzer konularda yapılması düşünülen çalışmalarda farklı Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılarak daha fazla kriter ve alternatif üzerinden problemlerin ele alınması yazarlara önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

- AKTAŞ, A. O. (2004). Lojistik Yönetiminde Kombine Taşımacılık. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.
- ALP, İ., ÖZTEL, A. & KÖSE, M.S. (2015).” ENTROPİ Tabanlı MAUT Yöntemi ile Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı Ölçümü: Bir Vaka Çalışması”. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11(2): 65-81.

- ARSLAN, H. M. (2017). "Determination Of Optimal Vehicle Selection Of Logistics Companies With AHP-ARAS Hybrid Method". *Alphaumeric Journal*, 5(2): 271-282.
- AYDIN, S. & KAHRAMAN, C. (2014). "Vehicle Selection For Public Transportation Using an Integrated Multi Criteria Decision Making Approach: A Case of Ankara". *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 26: 2467-2481.
- BALLI, S., KARASULU, B. & KORUKOĞLU, S. (2007). "En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması". *İzmir İktisat Dergisi*, 22(2): 139-147.
- BÖLÜKBAŞ, Ö. (2016). *Türkiye’de Lojistik Sektörü ve Lojistik Köyler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.*
- BRODNY, J. & TUTAK, M. (2021). "The Comparative Assessment of Sustainable Energy Security in the Visegrad countries. A 10-Year Perspective". *Journal of Cleaner Production*, 317: 128427.
- CHEN, P. (2019). "Effects of Normalization on the ENTROPY-Based TOPSIS Method", *Expert Systems With Applications*. 136: 33-41.
- DEL, T. T. S. M. & TABRIZI, S. K. (2020). "The Methodological Assessment of the Importance of Physical Values in Architectural Conservation Using Shannonn Entropy Method". *Journal of Cultural Heritage*, 44: 135-151.
- DEMİRCİ, A. (2020). "Nakliye Aracı Seçimi: Çok Kriterli Karar Verme Modeli Önerisi". *Antalya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1): 17- 33.
- DOĞAN, E.M., EREN, M. & ÇELİK, K (2017). "Lojistik Sektöründe Ağır Ticari Araç Seçimi Problemine Yönelik Copras-G Yöntemi ile Karar Verme". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1): 153-178.
- EŞ, A. (2008). *Sürdürülebilirlik ve Firma Düzeyinde Sürdürülebilirlik Performans Ölçümü. Yüksek Lisans Tezi, Bolu: Abant izzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bölümler Enstitüsü.*
- GHENAI, C., ALBAWAB, M. & BETTAYEB, M. (2020). "Sustainability Indicators for Renewable Energy Systems Using Multi-Criteria Decision-Making Model and Extended SWARA/ARAS hybrid Method". *Renewable Energy*, 146: 580-597.
- GOSWAMI, S. S. & BEHERA, D. K. (2020). "Implementation of ENTROPY-ARAS Decision Making Methodology in the Selection of Best Engineering Materials". *Materials Today: Proceeding*, 38 (5): 2256-2262.
- GOSWAMI, S.S., BEHERA, D. K., AFZAL, A., KALADGI, A.R., KHAN, S.A., RAJENDRAN, P, SUBBIAH, R. & ASIF, M. (2021). "Analysis of a Robot Selection Problem Using Two Newly Developed Hybrid MCDM Models of TOPSIS-ARAS and COPRAS-ARAS". *Symmetry*, 13(8): 1331.
- GÖK KISA, A.C., ÇELİK, P. & PEKER, İ. (2022). "Performance evaluation of privatized ports by entropy-based TOPSIS and ARAS approach". *Benchmarking: An International Journal*, 29(1): 118-135.

- GÖRÇÜN, Ö.F. (2019).” Uluslararası Taşımacılık İşletmelerinin Çekici Araç Seçimlerinin Entegre AHP, ENTROPİ ve TOPSİS Yöntemleri Kullanılarak Analizi”. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 21(3): 899-922.
- HARISSON, A. & VAN HOEK, R. (2008). Logistics Management and Strategy: Competing Through The Supply Chain, Prentice Hall, London.
- [https://roadstars.mercedes-benz-trucks.com/tr\\_TR/magazine/2018/september/mercedes-benz-trucks-products.html](https://roadstars.mercedes-benz-trucks.com/tr_TR/magazine/2018/september/mercedes-benz-trucks-products.html). Erişim Tarihi: 05.12.2021
- <https://www.volvotrucks.com.tr/tr-tr/news/press-releases/2020/dec/volvo-trucks-2020-de-buyumesini-surdurdu.html>. Erişim Tarihi: 06.12.2021
- HWANG, C. L., LAI, Y.J. & LIU, T. Y. (1993). “A New Approach For Multiple Objective Decision Making”, Computers ve Operations Research, 20(8): 889-899.
- İstanbul Lojistik Sektör Analiz Raporu. (2014). [https://musiad.org.tr/uploads/yayinlar/arastirma-raporlari/pdf/lojistik\\_sektor\\_analizi\\_1\\_1.pdf](https://musiad.org.tr/uploads/yayinlar/arastirma-raporlari/pdf/lojistik_sektor_analizi_1_1.pdf), Erişim Tarihi: 10.07.2021.
- KABAKÇI, C. Ç. (2014). Tarıma Dayalı Sanayi İşletmelerinde TOPSİS Yöntemiyle Finansal Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- KILIÇ, Z. (2019). Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı İçin Swot Analizi ve Politika Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- MACİT, D. (2020). “Karayolu Yük Taşımacılığının Ekonomik Büyüme ve Ticaret Hacmi Üzerindeki Etkisine Yönelik Ampirik Bir Analiz”. Alanya Akademik Bakış Dergisi, 4 (3): 843-860.
- MAIER, J.T., HEUER, T., NYHUIS, P. & SCHMIDT, M. (2021). “The Effects Of Hybrid Order Processing Strategies On Economic”. Logistic Objectives, 9: 266-271.
- MEB. (2011). Karayolu Taşımacılığı. Ankara: MEB.
- ÖNÜR ASLAN, A. (2018). Lojistik. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Yayınları.
- ÖZGÜNER, Z. (2020). “Dış Kaynak Kullanımı Kapsamında Entegre Entropi-TOPSIS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi Probleminin Çözülmesi”. İşletme Araştırmaları Dergisi, 12(2): 1109-1120.
- PARSAKHOO, A. & HOSSEINI, S. A. (2009).” Formulation of Truck Selection Process for Secondary Transportation in Hyrcanian Forests”. World Applied Sciences Journal, 6 (2): 283-288.
- RAMEZANALI, A. K., FEIZI, F., JAFARIRAD, A. & LOTFI, M. (2020). “Application of Best-Worst Method and Additive Ratio Assessment in Mineral Prospectivity Mapping: A Case Study of Vein-Type Copper Mineralization in the Kuhsiah-e-Urmak Area, Iran”. Ore Geology Reviews, 117: 103268.
- SEZGİN, T. (2008). Lojistik Kavramı ve Türkiye’deki Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- SOBA, M. (2012). "PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama". *Journal of Yasar University*, 28(7): 4708-4721.
- ŞİMŞEK, A. (2013). *Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleriyle Online Alışveriş Sitelerinin Seçimi Üzerine Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- SUN, F. & YU, J. (2021). "Improved Energy Performance Evaluating ve Ranking Approach for Office Buildings Using Simple-Normalization, Entropy-based TOPSIS and K-means Method". *Energy Report*, 7: 1560-1570.
- TASLAMAN, C. (2006). "Din Felsefesi Açısından ENTROPİ Yasası". *Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, (30): 89-111.
- TONHAUSER, M. & RISTVEJ, J. (2021). "Implementation of New Technologies to improve Safety of Road Transport". *Transportation Research Procedia*, 55: 1599-1604.
- ULUDAĞ, A. S. & DOĞAN, H. (2016). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması". *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2): 17-47.
- ULUTAŞ, A. & YÜRÜYEN, A. (2019). "Nakliye Aracı Seçimi İçin Karşılaştırmalı Çalışma", II. International Conference On Empirical Economics And Social Science, 20-22 Haziran, Bandırma.
- YANNIS, G., KOPSACHEILI, A., DRAGOMANOVITS, A. & PETRAKI, V. (2020). "State-of-the-art Review on Multi-Criteria Decision-Making in the Transport Sector". *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(4): 413-431.
- YAVAŞ, M., ERSÖZ, T., KABAK, M. & ERSÖZ, F. (2014). "Otomobil Seçimine Çok Kriterli Yaklaşım Önerisi". *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(4): 110-118.
- YEH, C.H., FANG, Y., SHI, W. & HONG, Y. (2019). "A Novel Method of Visualizing q-complexity-entropy Curve in the Multiscale Fashion". *Nonlinear Dynamics*, 97: 2813-2828.
- WANG, J. W., CHENG, C. H. & KUN-CHENG, H. (2009). "Fuzzy Hierarchical Topsis for Supplier Selection". *Applied Soft Computing*, 1: 377-386.
- WANG, Y., HU, H., DAI, W. & BURNS, K. (2021). "Evaluation of Industrial Green Development and Industrial Green Competitiveness: Evidence from Chinese Urban Agglomerations". *Ecological Indicators*, 124: 107371.
- WANG, T.C. & LEE, H.D. (2009). "Developing A Fuzzy TOPSIS Approach Based On Subjective Weights And Objective Weights". *Expert Systems With Applications*, 36(5): 8980-8995.
- WOLFF, R. A. & YILDIZ, D. (2018). "Türkiye'de Lojistik Yönetimindeki Gelişmeler: Stratejik bir Bakış Açısı". *Social Sciences Journal*, 7(3): 187-198.
- WU, Z., SUN, J., LIANG, L. & ZHA, Y. (2011). "Determination Of Weights For Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy". *Expert Systems With Applications*, 38: 5162-5165

ZAVADSKAS, E. K. & TURSKIS, Z. (2010). "A New Additive Ratio Assessment (ARAS) Method in Multicriteria Decision-Making". *Technological and Economic Development of Economy*, 16 (2): 159-172.