



Received: September 22, 2017
Accepted: November 06, 2017
Published Online: November 29, 2017

AJ ID: 2017.05.02.OR.04
DOI: 10.17093/alphanumeric.339476

Determination of Optimal Vehicle Selection of Logistics Companies with AHP-ARAS Hybrid Method

Hakan Murat Arslan, Ph.D. * 

Assist. Prof, Department of Business Administration, Faculty of Business, Düzce University, Düzce, Turkey,
muratarслан@duzce.edu.tr

* Düzce Üniversitesi İşletme Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi 81620 Düzce / Türkiye

ABSTRACT

One of the serious problems in the logistics sector is the failure to make mistakes that cause economic consequences in the bulk purchases of trucks which are the important elements of road transport. Logistics Businesses can make in place and right decisions by using multi-criteria decision-making methods in the face of similar decision problems. In this study; Logistics, transportation, criteria for purchasing of vehicles and information about the decision analysis methods ARAS (Additive Ratio Assesment) and AHP (Analytic hierarchy Proses) were given. In particular, the applicability and results of the scientific methods are emphasized in the decision of procurement of bulk vehicles by logistics companies. The study's logistic decision problem was analyzed using ARAS and AHP methods together. It can be used in different decision problems of other logistics companies by making a partial change in the alternatives and criteria of the created solution model. The model for the study was applied to the decision problem of purchasing bulk vehicles in a Georgia-based logistics company. Managers of the business as decision makers have been accepted. Criteria and alternatives have been identified by the managers, independently of each other by scoring these elements. As a result of analysis of related decision problem by AHP-ARAS hybrid method; A2 (Scania) has become the preferred brand for bulk vehicle purchasing by the company in the first place. In addition, the analysis results are shared with the business.

Keywords:

Logistics Companies, Bulk Vehicle Purchase, AHP, ARAS, AHP-ARAS Hybrid Method

AHP-ARAS Hibrit Yöntemi ile Lojistik İşletmelerinin En Uygun Araç Seçimi

ÖZ

Lojistik sektörü içinde ciddi problemlerinden biri de karayolu taşımacılığının önemli unsurlarından kamyon ve tırların toplu alımlarında ekonomik sonuçlar doğuran hataların yapılmamasıdır. Lojistik İşletmeleri bu gibi karar problemleri karşısında çok kriterli karar verme yöntemleri kullanarak yerinde ve doğru karar verebilirler. Çalışmada; lojistik, taşımacılık, toplu araç alımındaki kriterler ve karar analizi metotlarından AHP (Analytic Hierarchy Proses) ve ARAS (Additive Ratio Assesment) yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Özellikle lojistik işletmelerin toplu araç alımı kararlarında bilimsel yöntemlerin uygulanabilirliği ve sonuçları üzerinde durulmuştur. Çalışmanın lojistik karar problemi ARAS ve AHP yöntemleri birlikte kullanılarak analiz edilmiştir. Oluşturulan çözüm modelinin alternatif ve kriterlerinde kısmi değişiklik yapılarak diğer lojistik işletmelerinin farklı karar problemlerinde kullanılabilir. Çalışma da oluşturulan model Gürcistan merkezli bir lojistik işletmesinin toplu araç alımında karşılaştığı karar probleminde uygulanmıştır. Karar verici olarak işletmenin yöneticileri kabul edilmiştir. Kriterler ve alternatifler yöneticilerin birbirinden bağımsız olarak bu unsurları puanlamaları ile tespit edilmiştir. İlgili karar probleminin AHP-ARAS hibrit yöntemi ile analizi sonucunda; A2 (Scania) alternatifi birinci sırada çıkarak işletmenin toplu araç alımı için tercih edilen markası olmuştur. Ayrıca analiz sonuçları işletme ile paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Lojistik İşletmeleri, Toplu Araç Alımı, AHP, ARAS, AHP-ARAS Hibrit Yöntemi

1. Giriş

Karayolu taşımacılığı maliyetleri lojistik işletmeleri içinde diğer maliyetlerle kıyaslandığında oranın çok yüksek olduğu söylenebilir. Taşımacılık maliyetlerinin çok yüksek olmasından taşımacılık araç, gereç ve personelinin optimum verimlilik ve minimum maliyetle istihdam edilmesi problemi lojistik yöneticilerinin en önemli problemleri arasında görülmektedir.

Son zamanlardaki bilimsel gelişmeler, zorlu rekabet koşulları, işletmelerin hayatlarını devam ettirebilmesi ve işletme yöneticilerinin karmaşık karar problemleri karşısında doğru ve yerinde karar verme zorunluluğunu gerekli kılmıştır. İşletmeler karmaşık bir karar problemi karşısında sezgilerine dayalı karar vermekten ziyade, öncelikle probleme ait doğru veriler toplamalı ve bilimsel yollarla çözüm yöntemleri araştırmalıdır.

Her geçen gün karar problemlerin daha karmaşık hale gelmesi, çözüm için nitel ve nicel verilerin toplanması gerekliliği ve kriter ve alternatiflerin özellik ve sayısının artması çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini gündeme taşımıştır.

ÇKKV yöntemleri ile karar vericiler, sayısal ifade edilen veriler ile sözel verileri birlikte kıyaslayabilmekte ve çok sayıdaki alternatif arasından belirlenen kriterler çerçevesinde optimum fayda sağlayacak olanını seçebilmektedirler.

ÇKKV yöntemleri karar problemlerinin amacına uygun olarak optimum çözüm bulmak için geliştirilmişlerdir. Bir karar probleminin ÇKKV yöntemleri ile analizinde temel hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Jablonsky ve Urban, 1998: 4):

- En uygun alternatifin belirlenmesi
- Alternatiflerin kriterlere göre sıralanması
- Alternatiflerin gruplandırılması
- Uygun alternatifler arasından çözüm sırasının oluşturulması

Çalışmanın ikinci bölümünde taşımacılıkta araç seçimi ve Aras yöntemi ile ilgili literatür taraması yapılmış, üçüncü bölümde karayolu taşımacılığı, Türkiye’de karayolu taşımacılığı, karayolu taşımacılığının önemi ve karayolu taşımacılığının güçlü ve zayıf yönleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde Aras yönteminin analiz aşamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde Aras yönteminin araç seçiminde kullanımına dair uygulamaya yer verilmiştir. Altıncı ve son bölümde de analiz sonuçlarının yorumlaması yapılmış ve yapılabilecek benzer çalışmalar değerlendirilmiştir.

2. Literatür Taraması

Lojistik işletmeleri belli zaman aralıkları ile nakil araçlarını değiştirmek durumunda kalırlar. Bu durumun birçok sebebi vardır özellikle;

- Devamlı surette kullanılan araçların yıpranması ve sıklıkla tamir-bakım gerektirmesi,
- Lojistiği yapılacak her türlü ürüne ait firmalarının yüksek model araç istiyor olması,
- Lojistiğin gerçekleştiği ülkelerin taşımacılık yasaları,

gibi nedenlerle işletmeler taşıma ve nakil araçlarını yenilemek zorunda kalabilirler. Yerli ve yabancı literatür incelendiğinde lojistik işletmelerinin araç alımında ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı spesifik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak bireysel ölçekte veya diğer işletmelerin araç seçerken ÇKKV yöntemlerini kullandıkları bir kısım çalışmalar vardır bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır;

Soba (2012), çalışmasında bireysel bir karar problemindeki 6 panelvan aracın 6 kritere göre sıralamasını Promethee yöntemi kullanılarak gerçekleştirmiştir.

Yavaş vd. (2014), çalışmalarında bir araç satış firmasındaki verileri kullanarak müşterilerin en uygun araç seçimine ait kararın verilmesinde AHP ve ANP yöntemlerini ayrı ayrı uygulamışlardır. Bu yöntemlere ait analiz sonuçlarını karşılaştırmışlar ve en uygun araç seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Çalışma için uygun görülen ARAS yöntemine ait çalışmalar incelendiğinde, daha çok bu yöntemin yapı ve malzeme alanındaki karar problemlerinin analiz edilmesinde sıklıkla kullanıldığı görülmüştür.

Daha sonradan özellikle 2010-2015 yılları arasındaki çalışmalar incelendiğinde farklı alanlardaki karar problemlerinde de kullanıldığı görülmektedir (Yıldırım, 2015).

Zavadskas vd. (2010) çalışmalarında vakıf tesislerinde uygulanacak olan tesisat modelinin seçim aşamasında altı kriter ve üç alternatif ile ARAS yöntemini kullanmışlar ve sonuçları yöneticilerle paylaşmışlardır.

Bakshi ve Sarkar (2011) çalışmalarında belli bir sürece ait en uygun projenin belirlenmesi probleminde AHP ve ARAS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Sonuçları kıyaslayarak optimum sonuca ulaşmışlardır.

Balezentiene ve Kusta (2012) çevreci konutlar projesi için en uygun gaz emisyon değerine sahip yakıt cinsini ARAS yöntemi kullanarak belirlemeyi başarmışlardır.

Stanujkic ve Jovanovic (2012) çalışmalarında ise farklı bir uygulama yaparak bir fakültenin web sayfasının kalite ve değerlendirmesini ARAS yöntemi kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Baležentis vd. (2012) çalışmalarında, Litvanya' daki bir kısım işletmeleri finansal oranları kriter olarak kabul eden bir model oluşturmuşlar ve bu karar modelini bulanık mantık temelli Fuzzy VIKOR, Fuzzy TOPSIS ve Fuzzy ARAS yöntemleri kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuçları karşılaştırarak optimum alternatifi belirlemişlerdir.

Sliogerience vd. (2013) enerji üretim sistemlerini alternatifler ve enerji üretim unsurlarını da kriterler kabul eden modelin analizini Litvanya ölçeğinde AHP ve ARAS yöntemlerini ayrı ayrı kullanarak değerlendirmişlerdir.

Kutut vd. (2013), tarihi ve kültürel değeri olan bir kısım yapıların korunmasında sıralamayı tespit edebilmek için ARAS yöntemini kullanmışlardır.

Kutut vd. (2014), ARAS ve AHP yöntemlerini birlikte kullanarak Avrupa'nın bazı şehirlerinde yer alan ve kültür mirası olan tarihi ve kültürel yapıların öncelik sıralamasını tespit etmeye çalışmışlardır.

Zavadskas vd. (2015), toplumsal kalkınmanın önemli unsurlarından olan limanların optimum yerleşiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Fuzzy ARAS yöntemlerini Baltık Denizi kıyılarındaki bölgede uygulayarak bir yerleşim modeli önermişlerdir.

3. Türkiye’de Karayolu Taşımacılığı

Günümüzde taşımacılık türleri arasından en çok tercih edileni karayolu taşımacılığıdır. Çünkü karayolu taşımacılığı daha güvenlidir, daha yaygın olarak kullanılır hem de daha fazla yükün taşınmasına olanak sağlar. Bir evin eşyasının naklinden bir fabrikanın makinelerinin taşınmasına kadar her cins nakliye işi karayolu taşımacılığıyla yapılabilmektedir. Gerek taşımacılık işletmelerinin fazlalığı gerek fiyatlarının daha cazip olması bakımından karayolu taşımacılığı bu sektörde en yaygın nakil şeklidir.

3.1. Karayolu Taşımacılığının Tanımı

Karayolu taşımacılığı lojistiği yapılacak yüklerin güvenli, hızlı, ucuz ve etkin bir biçimde nakline olanak sağlayan taşıma sistemidir. Üretim ve tüketim noktaları arasında aktarmasız bir taşımaya imkân sağlaması, diğer taşıma şekillerine oranla daha süratle gerçekleşmesi ve özellikle kısa mesafede karayolu ile yapılan taşımacılığın ekonomik olması sebebiyle daha fazla tercih edilen taşıma biçimidir (Ulaştırma ve Turizm Paneli, 2003).

3.2. Türkiye’de Karayolu Taşımacılığının Yeri ve Önemi

Türkiye’de gerçekleşen lojistik faaliyetlerin hemen hemen % 90’ı karayolu taşımacılığı ağırlıklı gerçekleşmektedir. Yaklaşık 750.000 adet yük taşıyan vasıta ile Türkiye’de karayolu taşımacılığının ne denli büyük bir sektör olduğu açıkça görülmektedir. Türkiye taşımacılık sektöründe özellikle son 10 yılda önemli ölçüde büyüme ve gelişme kaydetmiştir. Bu gelişmenin devam edeceği öngörülmektedir (Tercan, 2017).

Türkiye nispeten daha genç ve yeni taşıma filolarına sahiptir. Taşımacılık açısından düşünüldüğünde Türkiye’nin coğrafi yapısının karayolu nakline daha uygun olduğu açıkça görülür. Taşımacılık mesafelerin kısa olması, ikinci ve diğer yük aktarmalarına gerek duyulmaması teslimatların zamanında ve ekonomik olmasını sağlamaktadır. Aslında karayolu taşımacılığını sadece ülke sınırları içerisinde düşünmeyip, uluslararası boyutlarının da ekonomiye çok farklı yönlerden katkı sağlayacağı unutulmamalıdır. Taşınacak unsurlar bazan ürün bazan kişi olabilir.

Çalışmanın konusu dâhilinde özellikle karayolu yük taşımacılığında aktif olan nakliye araçların marka seçimi kararı üzerinde durulmuştur.

3.3. Karayolu Taşımacılığının Güçlü ve Zayıf Yönleri

Karayolu taşımacılığının güçlü ve zayıf yönleri aşağıda sıralanmıştır (Sağoğulları ve Köseoğlu, 2017):

Güçlü Yönler

- Aktarmasız taşıma yapılabildiğinden taşınan ürünlerde fire ve kayıplar en aza inmektedir.
- Aktarmasız taşıma yapılabildiğinden ürünlerin ambalajlanması esnasında da maliyet en aza inmektedir.

- Farklı taşımacılık şekillerine göre daha esnektir.
- Hava koşullarından daha az etkilenir.
- Her türden yükün taşınmasına olanak sağlar.
- İlk faaliyet yatırımı maliyeti diğer taşımacılık şekillerine göre daha düşüktür.

Zayıf Yönler

- Ses ve gürültü kirliliği, egzoz emisyonu bakımından çevre kirliliği, trafik sıkışıklığı problemi ve fazla miktarlarda maliyetin dolayısıyla yakıt tüketiminin artması,
- Fazla ağır ve yüksek hacimli yüklerin taşınmasında taşımacılık yasalarına takılma,
- Karayollarının hızlı aşınması nedeniyle ülke ekonomisine ek maliyet getirmesi,
- Bir kısım ülkelerin karayolu alt yapısının bozukluğu nedeniyle kaza oranlarındaki artış gibi yönler karayolu taşımacılığının önemli zayıf yönleri olarak ifade edilebilir.

4. Çalışmada Kullanılan ÇKKV Yöntemleri

4.1. AHP Yöntemi

AHP Yönteminde; amaçlar, kriterler, alt kriterler ve alternatifler birlikte kullanılarak çok kriterli hiyerarşik bir analiz kullanılmaktadır. Bu analizde ikili karşılaştırmalarla her bir kriterinin önem derecesi hesaplanabilmekte ve tüm alternatiflerin kriterlere göre performansı belirlenebilmektedir (Triantaphyllou, 1995).

1986 yılında Saaty'nin çalışması ile ilk olarak uygulanan bu metodun aşamaları aşağıda ifade edilmiştir (Kamal ve Harbi, 2001):

- Problem açık olarak belirtilmeli ve problemin amaçları ifade edilir.
- Amaçtan itibaren ana ve alt kriterler belli bir hiyerarşik düzende belirtilmelidir.
- Alternatifler ve kriterlerin birbirleri arasında hangisinin daha etkin olduğunu belirlemek için, Tablo 1' de gösterilen ölçek sistemi kullanılarak alternatifler ve kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalar yapılır ve bu karşılaştırma matrisleri (nxn) kare matris boyutundadır. Karşılaştırmalar ve matrisler oluşturulurken Tablo 2' deki ikili karşılaştırma ölçek sistemi kullanılır (Saaty, 1986).
- Karşılaştırma matrislerinde sütunların normalize edilebilmesi için, sütunlardaki değerler toplanır ve matrisin her bir elemanı ilgili sütun toplamı değerine oranlanır böylelikle normalize edilmiş matris elde edilir.
- Alternatif ve kriterler için hesaplanmış normalize hale gelen matrisin satır toplamı alınır ve öncelik vektör matrisi oluşturulur.
- Öncelik matrisindeki her kriter ya da alternatif için belirlenen öncelik değerleri ilgili kriter yada alternatifin ikili karşılaştırma matrisinin sütun değerleri ile çarpılır böylelikle ağırlıklandırılmış toplam matris bulunur.
- Ağırlıklandırılmış matrisin satırlarını oluşturan değerler toplamı öncelik matrisinin satırlarındaki değerlere oranlanır ve elde edilen (nx1) boyutundaki matrisin her bir

elemanı alınarak aritmetik ortalama hesaplanır. Bu işlemin sonucunda kriterlerin ve alternatiflerin öncelikleri belirlenir.

- Tutarlılık indeksi hesaplanırken, öncelikle Tutarlılık İndeksi CI değerinin belirlenmesi gerekir (Saaty, 1990).

$$CI = (\lambda \max - n) / (n - 1)$$

- Tablo 1' de belirtilen rassallık değerleri ile CI' nın birlikte kullanılması sonucunda tutarlılık oranını hesaplanabilir (Saaty, 1980: 21).

$$CR = CI / RI$$

CR: Tutarlılık Göstergesi

RI: Rassallık Göstergesi

AHP yöntemi ile yapılan analizde tutarlılık değeri 0.10' i geçemez. Elde edilen değer 0.10'dan daha fazla ise ikili karşılaştırma matrisi tekrar kontrol edilerek varsa düzeltmeler yapılır ve ileriki aşamalarla devam edilir.

Kriterlere bağlı elde edilen alternatiflerin öncelik değerleri, kriterlerin kendi aralarında gerçekleşen ikili karşılaştırmalar sonucu oluşan değerlerin her bir alternatif için ayrı ayrı çarpımından elde edilir.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tablo 1. Ortalama Rassal Tutarlılık (RI) Tablosu (Saaty, 1980)

Tutarlılık oranı eğer 0.1'den küçük ise kriterlere ait karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu kabul edilir (Saaty, 1990).

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	İki karşılaştırmanın eşit olduğu kabulü
3	Çok daha az önemli	Bir işlemin diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir olması
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir işlemin diğerine göre çok daha fazla tercih edilir olması
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir işlemin diğerine göre çok kuvvetli şekilde tercih edilir olması
9	Mutlak önemli	Bir işlemin diğerine göre en yüksek derecede tercih edilir olması
2,4,6,8	Arada olan değerler	1-3,3-5,5-7,7-9 arasında ki değerlerler
Tersleri	Tersi Karşılaştırmalar	

Tablo 2. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 1986)

4.2. ARAS Yöntemi

Additive Ratio Assesment (ARAS) yöntemi, Z. Turskis ve E. K. Zavadskas tarafından ÇKKV problemlerinin analizinde ve yorumlanmasında yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır (Turskis ve Zavadskas, 2010). Bulanık mantık ve gri ilişkisel teori ile birlikte modellenebilir.

Karar analizi problemlerinde ve klasik ÇKKV yöntemlerinde yaklaşım tarzı karar vericinin taraflı olarak alternatifleri sıralaması ile gerçekleşir. Literatürde var olan birçok ÇKKV yöntemi ideal pozitif ve ideal negatif çözüme olan göreceli uzaklıkları göz önüne alarak ya da mevcut çözümler içerisinde fayda fonksiyonunu maksimum yapan değerleri alternatifler için karşılaştırmaktadır. ARAS yönteminde ise çalışmanın alternatiflerinin fayda fonksiyonunu maksimum yapan değerler ile karar problemine

karar verici tarafından sonradan eklenen optimum alternatifin fayda fonksiyonunu maksimum yapan değerler kıyaslanmaktadır. ARAS yöntemi 4 aşamadan oluşmaktadır (Zavadkas vd., 2010; Yıldırım, 2015):

Aşama 1. Karar Matrisinin Oluşturulması

ÇKKV yöntemlerinin genelinde olduğu gibi ARAS yönteminin analizinde de karar problemi açıkça ortaya konulduktan sonra, ilk olarak kriterler ve alternatifler belirlenmelidir. Ardından karar vericiler tarafından her bir kriterin belirlenebiliyorsa ağırlığı tespit edilmelidir. Sonra alternatif ve kriterlere ait veri tablosuna bağlı olarak karar matrisi oluşturulmaktadır. Diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı bir yaklaşımla karar matrisinde her bir kriterin optimum değerini içeren bir satır da bulunmaktadır.

m adet alternatif, n sayıda kriter olmak üzere X karar matrisi;

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = 0, 1, \dots, m \quad j = 0, 1, \dots, n \quad (1)$$

biçiminde ifade edilebilir. Karar matrisinde x_{ij} elemanı i . alternatifin j . kriterine göre performansını; x_{0j} elemanı ise j . kriterin optimum değerini göstermektedir. Karar probleminin özelliğine göre herhangi bir kriterin optimum değeri bilinmiyorsa, (2) ve (3) eşitlikleri yardımıyla hesaplanabilir.

Kriterin fayda durumu:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij} \quad (2)$$

Kriterin maliyet durumu:

$$x_{0j} = \min_i x_{ij} \quad (3)$$

Adım 2. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar problemlerindeki kriterlere ait farklı birim ve ölçeklerde olması karşılaştırılmalarını zorlaştıracığından ortak birime dönüştürülmeleri gerekliliktir. Ayrıca normalizasyon işlemi sayesinde veri aralıkları işlem yapılabilir hale gelmektedir. ARAS yöntemi analizinde X normalize karar matrisi x_{ij} elemanlarından oluşur. Kriterin fayda durumunda ya da maliyet durumunda olmasına göre x_{ij} elemanları 2 farklı şekilde değerlendirilmektedir.

Eğer kriterler fayda durumunda ise, normalize edilmiş değerlerin bulunması eşitlik (4) yardımı ile hesaplanabilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (4)$$

Eğer kriterler maliyet durumunda ise, normalize edilmiş değerler iki aşamada bulunur. İlk aşamada karar matrisi değerleri eşitlik (5) yardımı ile fayda durumuna çevrilir ardından ikinci aşamada eşitlik (6) yardımı ile normalize değerler hesaplanabilir.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}} \quad (5)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*} \quad (6)$$

Normalize edilmiş değerler bulunduktan sonra eşitlik (7) de ifade edilen matris formatında yazılır. Böylelikle \bar{X} normalize karar matrisi oluşturulmuştur.

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0j} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \cdots & \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mj} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = 0,1,\dots,m \quad j = 0,1,\dots,n \quad (7)$$

Adım 3. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

\bar{X} , normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra karar vericilerin kendilerince belirlenen görüşleri ile tespit edilen w_j kriter ağırlıkları kullanılarak \hat{X} ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur. Kriterlerin ağırlık değerleri $0 < w_j < 1$ şartını sağlamak zorundadır. Ayrıca ağırlıklar toplamı da eşitlik (8) deki gibi genellikle sınırlandırılır.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (8)$$

Eşitlik (9) da ifade edilen formül yardımı ile normalize edilmiş karar matrisinin elemanları kullanılarak \hat{x}_{ij} ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinin elemanları oluşur.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j \quad (9)$$

Eşitlik kullanılarak hesaplanan \hat{x}_{ij} değerleri eşitlik (10) da ifade edilen matris formatında yazılır. Böylelikle \hat{X} ağırlıklı normalize karar matrisi bulunmuş olur.

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0j} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{i1} & \cdots & \hat{x}_{ij} & \cdots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mj} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix}; \quad i = 0,1,\dots,m \quad j = 0,1,\dots,n \quad (10)$$

Adım 4. Alternatiflerin Optimum Değerlerinin Hesaplanması

ARAS yöntemi analizinin son aşamasında her bir alternatifin optimum değeri hesaplanarak değerlendirilmesine geçilir. S_i , i. alternatifin optimum değerini göstermek üzere; alternatiflerin değerlendirmeye esas verileri eşitlik (11) yardımı ile bulunabilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad i = 0,1,\dots,m \quad (11)$$

Eşitlik (11) yardımı ile hesaplanan S_i değerlerinden daha büyük değerler varsa bu daha etkin alternatiflerin varlığını gösterir. Eşitlik (12) yardımı ile de alternatiflerin S_i değerleri, S_0 optimum değerlerine bölünerek K_i fayda değerleri hesaplanır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (12)$$

Hesaplanan K_i oranları aracılığıyla alternatiflerin fayda değerlerinin göreceli etkinlikleri hesaplanabilir. Bu şekilde oluşan K_i değerlerini büyükten küçüğe sıralayarak alternatiflerin analiz içindeki fayda veya maliyet değerlendirilmesi yapılabilir.

5. Uygulama

5.1. AHP-ARAS Hibrit Yöntemi ile Lojistik İşletmelerinin En Uygun Araç Seçimi

Çalışmanın AHP-ARAS Hibrit yöntemi ile gerçekleşen uygulama aşamasında Gürcistan' da faaliyet gösteren bir lojistik işletmesinin ihtiyacı olan araçların alımında işletmeye optimum fayda sağlayacak hangi marka araçların alınmasının gerektiği üzerinde durulmuştur. Kriterlerin ağırlıklarının tespitinde AHP yöntemi, sonrasında ise ARAS yönteminin analiz aşamaları kullanılmıştır. İşletmenin toplu araç alımına ait karar probleminin çözüm modeli Microsoft Excel paket programı aracılığıyla analiz edilmiştir.

İşletmenin ilgili karar probleminde garanti süresi, fiyat, yakıt tüketimi ve güç kriterleri üzerinden belirlenen üç alternatif araç markasının performans değerleri Tablo 1'de ifade edilmiştir. Veriler doğrultusunda işletme için optimum fayda sağlayacak araç markası, kriterlerin ağırlıklarının AHP yöntemi ile tespitinden sonra ARAS yöntemi ile dört aşamada belirlenmiştir.

AHP yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda her bir kriterle ait ağırlıkların belirlenmesinde; karar vericilerin kriterlere ait görüşleri Tablo 2' de ifade edilen ölçek doğrultusunda kaydedilmiş ve bu görüşlerin geometrik ortalamaları alınarak sonuçlar ilgili karşılaştırma matrisinde yazılmıştır (Zakarian ve Kusiak, 1999). Ayrıca AHP yöntemi ile yapılan hesaplamalar neticesinde tutarlılık oranı 0.0051 çıkmıştır. Bu değer 0.1 den küçük olduğundan karar vericilerin kriterlere ait hükümlerinin tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. AHP ile gerçekleştirilen analizler sonucunda kriter ağırlıklarının sırasıyla; 0.143, 0.347, 0.383 ve 0.127 olduğu tespit edilmiş ve Tablo 3' de belirtilmiştir.

Kriter ve Ağırlıkları Alternatifler	Garanti Süresi (Yıl) 0.143	Fiyat (x1000 Euro) 0.347	Yakıt Tüketimi (Lt/100 km) 0.383	Güç (Hp) 0.127
A ₁ (Volvo)	2	91	24	400
A ₂ (Scania)	3	107	27	450
A ₃ (DAF)	2	102	32	425

Tablo 3. Karar Problemine Ait Veri Seti

1. Aşama: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar problemine ait verilerden yola çıkılarak oluşturulacak karar matrisinde optimum değerler açık olarak gösterilmediğinden kriterlerin fayda yada maliyet durumları

belirlenmelidir, (2) ve (3) eşitlikleri aracılığıyla optimum fayda veya maliyet değerleri bulunur. Aşağıda karar vericiler tarafından, hangi kriterin fayda yada maliyet konumunda olduğu belirtilmiştir.

- K1 (Garanti Süresi): Fayda Kriteri
- K2 (Fiyat): Maliyet Kriteri
- K3 (Yakıt Tüketimi): Maliyet Kriteri
- K4 (Güç): Fayda Kriteri

Çalışmanın amacı değerlendirildiğinde karar vericiler tarafından fayda unsurunun maksimum olması maliyet unsurunun minimum olmasından daha etkin görüldüğünden diğer adımlar fayda odaklı eşitliklerin kullanılması ile gerçekleşmiştir.

Kriterlere ait tüm özellikler açıkça belirlendikten sonra kriterlerin optimum değerlerini içeren X karar matrisi hesaplanır.

$$X = \begin{bmatrix} 3 & 91 & 24 & 450 \\ 2 & 91 & 24 & 400 \\ 3 & 107 & 27 & 450 \\ 2 & 102 & 32 & 425 \end{bmatrix}$$

X matrisinin 1. satırı işletmenin toplu araç seçimi için kriterlerin optimum değerlerinden oluşmaktadır.

2. Aşama: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Her bir kriter için optimum değerlerin ilave edilmesi ile oluşturulan karar matrisinde alternatiflerin karşılaştırılabilir olması için farklı ölçek ve birimleri özdeşleştirmek, kriterlerin değer aralıklarını daha kısaltmak ve analiz kolaylığı için normalizasyon işlemi eşitlik (3) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kriterlerin optimum değerlerinin belirlenmesindeki gibi karar matrisinin normalize edilmesinde de kriterlerin fayda ya da maliyet özellikleri göz önüne alınır. Bu sebeple kriterlerin özelliklerine göre eşitlik (4), (5) ve (6) yardımı ile normalize işlemi gerçekleştirir ve normalize edilmiş karar matrisi,

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.267 & 0.275 & 0.260 \\ 0.2 & 0.267 & 0.275 & 0.231 \\ 0.3 & 0.227 & 0.244 & 0.260 \\ 0.2 & 0.238 & 0.206 & 0.246 \end{bmatrix}$$

şeklinde oluşturulmuştur.

3. Aşama: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi ARAS yönteminde de karar vericiler tarafından tespit edilen kriterlerin ağırlıkları hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalar AHP yöntemi ile yapılmıştır. Buna göre kriterlerin ağırlıkları sırasıyla 0,143; 0,347; 0,383; 0,127 dir. Eşitlik (9) yardımı ile ağırlıklı normalize karar matrisi,

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} 0.043 & 0.093 & 0.105 & 0.033 \\ 0.028 & 0.093 & 0.105 & 0.029 \\ 0.043 & 0.079 & 0.094 & 0.033 \\ 0.029 & 0.083 & 0.079 & 0.031 \end{bmatrix}$$

hesaplanmıştır.

4. Aşama: Alternatiflerin Optimum Değerlerinin Hesaplanması

3. aşamadaki ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulmasından sonra her bir alternatifin optimum değerlerinin hesaplanması aşamasına başlanır. Bu aşamada alternatiflerin kriterlere göre alacağı değerler Eşitlik (11) yardımı ile S_i değerlerine, Eşitlik (12) yardımı ile de K_i değerlerine çevrilir. Bulunan S_i ve K_i değerleri ve alternatiflerin bu değerlere göre sıralamaları Tablo 4'de gösterilmiştir.

Alternatifler	S_i	K_i	Sıralama
Kriterler için Optimum Değer	0.273		
A₁ (Volvo)	0.255	0.934	1.
A₂ (Scania)	0.247	0.904	2.
A₃ (DAF)	0.221	0.809	3.

Tablo 4. Alternatiflerin Optimum Değerleri ve Sıralamaları

5.2. Bulgular

Tablo 4' de AHP-ARAS yöntemi analizi aşamaları kullanılarak lojistik işletmesinin toplu araç alımına ait optimum değerler değerlendirilmesi ve ilgili alternatiflerin kriterlere göre performans sıralaması gösterilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre birinci sırada A1 (Volvo) alternatifi varken, optimum değerden en uzak olan A3 (DAF) alternatifi olmuştur. Ondalık sayı şeklinde gösterilen K_i değerleri her bir alternatif için optimum değere ne kadar yaklaştığının bir göstergesidir.

Bu veriler ışığında işletmenin hedeflerine en uygun araç markası A1 alternatifi olan Volvo ($K_i = 0.934$) değeri ile optimum değere pozitif yönden yaklaşan en uygun alternatiftir. Optimum alternatifler sıralamasında ikinci A2 (Scania) marka ve üçüncü olan da A3 (DAF) markası olmuştur.

6. Sonuç

Bu çalışmada özellikle lojistik işlemlerine ait planlamalarda çok önemli olan en uygun nakil araçlarının markasının belirlenmesi problemine ÇKKV yöntemlerinden AHP-ARAS hibrit yöntemi ile çözüm bulunmasına çalışılmıştır. Daha önceki bölümlerde ifade edildiği üzere, lojistik işletmelerinin en uygun araç seçiminde ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasına dair literatürde çalışılmaya rastlanmadığından literatürde ki bu boşluğun giderilmesi açısından yeni bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Çalışmanın sonuçları işletme yönetimi ile paylaşılmış ve işletme yetkilileri ile birlikte optimum faydanın sağlanması için analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Çok detaylı hesaplamalar ve karmaşık programlar gerektirmeyen AHP ve ARAS yöntemleri işletme yöneticileri tarafından zorlu karar problemleri karşısında kolaylıkla uygulanabilir bir çözüm alternatifi olarak görülebilir.

Sonra ki çalışmalarda daha karmaşık özellikte olan lojistik karar problemlerinin çözümü için diğer ÇKKV yöntemleri kullanılabilir.

Kaynakça

- Al Kamal, M., Al Harbi, S., (2001), Application of The AHP In Project Management, International Journal of Project Management, 19, 19-27.
- Balezentiene, L., & Kusta, A. (2012). Reducing greenhouse gas emissions in grassland ecosystems of the central Lithuania: multi-criteria evaluation on a basis of the ARAS method. The Scientific World Journal, 2012.
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Misiunas, A. (2012). An integrated assessment of Lithuanian economic sectors based on financial ratios and fuzzy MCDM methods. Technological and Economic Development of Economy, 18(1), 34-53.
- Bakshi, T., & Sarkar, B. (2011). MCA based performance evaluation of project selection. arXiv preprint arXiv:1105.0390.
- Jablonsky, J. and Urban, P. (1998). "MS Excel based system for multi criteria evaluation of alternatives", University of Economics Prague, 1-8,
- Mustafa, S. (2012). Promethee Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama, Journal of Yasar University, 28(7) 4708 - 4721
- Mustafa, Y., Taner E., Mehmet K., Filiz, E. (2014). Otomobil Seçimine Çok Kriterli Yaklaşım Önerisi, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, Cilt 2, Sayı 4, ss.110-118, ISSN:2147-804X
- Kutut, V., Zavadskas, E. K., & Lazauskas, M. (2013). Assessment of Priority Options for Preservation of Historic City Centre Buildings Using MCDM (ARAS). Procedia Engineering, 57, 657-661.
- Saaty, T.L., 1980, The Analytic Hierarchy Process, USA, McGraw Hill.
- Saaty, T.L., 1986, "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", Management Science, 32 (7), 841-855.
- Saaty, T.L., 1990, "How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process", European Journal of Operational Research, 48 (1) , 9-26.
- Sağoğulları, M. ve Köseoğlu, A. M. (2017). <http://www.verimlilikkongresi.gov.tr/karayolu.pdf>
- Sliogeriene, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: the multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. Energy Procedia, 32, 11-20.
- Stanujkic, D., & Jovanovic, R. (2012). Measuring a Quality of Faculty Website Using ARAS Method, Contemporary Issues In Business, Management And Education'2012 ISSN 2029-7963/ISBN 978-609-457-323-1 doi:10.3846/cibme.45.
- Tercan, T. (2017) <https://webnak.com.tr/blog/kara-yolu-tasimacilik-nakliye/>(Erişim tarihi: 30.07.2017)
- Triantaphyllou, E., Mann, S.H., (1995). Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges, Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Cilt 2, No 1, 35-44,
- Vizyon 2023, (2003). Teknoloji Ön Görüşü, Ulaştırma ve Turizm, Ulaştırma ve Turizm Paneli, Tübitak, Ankara, 1-12, <http://www.vizyon2023.tubitak.gov.tr>
- Yıldırım, B.F. (2015), Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Aras Yöntemi, KAÜ İİBF Dergisi, Cilt 6, Sayı 9, 285-296. <http://dx.doi.org/10.18025/kauibf.65151>
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation installment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. Archives of civil and mechanical engineering, 10(3), 123-141
- Zakarian, A., Kusiak, A. (1999). Forming teams: An analytical approach. IIE Transactions, Jan99, IIE Transactions, 31 (1): 85-97