



LOJİSTİK YÖNETİMİ KAPSAMINDA ULAŞTIRMA MODUNUN SEÇİMİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Kerem Toker

İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Yönetimi ve Organizasyon Anabilim Dalı Doktora Programı

Ali Görener

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi
Uluslararası Lojistik Bölümü

ÖZET

İşletmelerin lojistik faaliyetlerinin etkin yönetimi, organizasyonların amaçlarına ulaşmasında belirleyici bir unsurdur. Özellikle küresel ölçekteki lojistik operasyonlarında, uygun ulaştırma alternatifinin seçimi kritik önem arz etmektedir. Ulaştırma modu seçimi; çeşitli alternatiflerin yer aldığı, sayısallaştırılabilen ve sayısallaştırılması zor olan faktörleri içeren, çok kriterli bir karar verme problemidir.

Bu çalışmada, farklı ulaştırma modu alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin önem dereceleri, analitik hiyerarşi süreci (AHP) metodu uygulanarak hesaplanmıştır. Alternatif ulaştırma modu seçeneklerinin değerlendirilmesinde ise, ideal çözüme benzerliğe dayalı sıralama tekniği (TOPSIS) kullanılmıştır. Önerilen model, İtalya-Türkiye arasında yük taşımacılığı gerçekleştiren, tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren, İtalyan menşeli bir firma için uygulanmıştır. Yöntem kapsamında dört farklı taşıma modu alternatifi değerlendirilmiş ve en iyi alternatif belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, karayolu - denizyolu - karayolu intermodal ulaştırma alternatifi seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, ulaştırma modu seçimi, AHP, TOPSIS, tekstil endüstrisi

TRANSPORTATION MODE SELECTION THROUGH LOGISTICS MANAGEMENT: AN APPLICATION IN THE TEXTILE INDUSTRY

ABSTRACT

Effective management of enterprises' logistics activities is significant factor that achieve their purposes. Selection of appropriate transportation alternative is crucial issue especially for the global logistics operations. Transportation mode selection problem is a multi criteria decision making problem which includes both tangible and intangible assessment factors which several alternatives.

In this study, priorities of selection criteria for evaluate the transportation mode alternatives were calculated by using Analytical Hierarchy Process (AHP) method; and evaluation of different alternatives via Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method has been done. The proposed model is applied on the freight transport between Italy and Turkey for a Italy-based company in textile industry. By using this methodology four alternative transportation modes were appraised and the best alternative was decided. According to the analysis, land- sea- land intermodel choice is selected.

Key words: Logistics, transportation mode selection, AHP, TOPSIS, textile industry

GİRİŞ

Küreselleşme sürecinin bir uzantısı olarak, dünya ticaret hacmi giderek artmaktadır. Dünya Ticaret Örgütü'nün (WTO) yayımladığı “Annual Report 2010”a göre (WTO, 2010) bütün dünyada 2010 yılında yapılan ticari mal ihracatı 15237 trilyon dolar olarak gerçekleşirken, toplam ithalat büyüklüğü 15402 trilyon dolara ulaşmıştır. Dünya ekonomisinde artan uluslararası ticaretin, işletmeler üzerinde yarattığı önemli baskılardan biri de; gerek hammadde tedariki gerekse bitmiş ürünlerin dağıtımını problemlerinin uluslararası ölçekte çözülmesi gerekliliğidir.

İşletmeler, giderek zorlaşan rekabet koşulları altında, öncelikle ürünlerin ulaştırılması sürecinde ortaya çıkan maliyetleri azaltmak zorunda kalmışlardır. Rekabet üstünlüğü elde edebilmek için; doğru ürünlerin, istenen yerde, doğru zamanda bulundurulması ve operasyonların minimum maliyetle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yaşamlarını sürdürebilmek için asgari kâr marjlarını korumak zorunda olan işletmeler, yoğun rekabet ortamında ürünlerin satış fiyatlarını arttıramadıkları için, ürün fiyatı içinde yer alan maliyet kalemlerini azaltmaya çalışmaktadırlar. Bu maliyet kalemleri içerisinde en önemlilerinden bir de ulaştırma maliyetleridir.

Firmaların, hammadde ve yarı-mamül tedarikinde, ayrıca bitmiş ürünlerin dağıtımında hangi ulaştırma modlarını (karayolu, havayolu, demiryolu, denizyolu, boru hattı) kullanmaları gerektiği veya söz konusu ulaştırma modların optimum bileşiminin ne olduğu, çözülmesi gereken temel lojistik yönetimi problemlerindedir. Junior ve D'Agosto (2011), ulaştırma kararlarına ilişkin problemlerin çözümünde önemli bilimsel yöntemlerin geliştirildiğini ve bu yöntemlerin işletmelerin karar süreçlerine yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Karmaşık analiz yöntemleri yerine, ulaştırma modu seçim kararlarının, anlaşılabilir ve pratik olarak uygulanabilir metotlar kullanılarak verilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Benton (2009), ulaştırma modlarının her birinin kendine özgü karakteristiklere ve maliyete sahip olduğunu ve yöneticilerin, ulaştırma modlarının özelliklerini dikkate alarak karar vermeleri gerektiğini vurgulamıştır. Ulaştırma modu seçim kararlarının analizi, ulaştırma planlamasının önemli unsurlarından biridir. Çünkü seçim kararı, oluşturulan tedarik zincirinin genel verimliliğini ve kaynakların tahsisini önemli ölçüde etkilemektedir (Tortum vd., 2009).

1. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Ulaştırma yönetimi; tedarik zincirinin hammadde aşamasından, müşteriye kadar uzanan süreç içerisinde, ürünlerin bir noktadan diğerine hareketini konu almaktadır (Chopra ve Meindl, 2007). Özellikle üretim ve tüketim noktalarının birbirine uzak olduğu durumlarda, ulaştırma süreci, ürünlerin maliyetini ve dolayısıyla fiyatını belirleyen önemli bir bileşen olarak ortaya çıkmaktadır. Ulaştırma ekonomisi ve fiyatlandırma ise; ulaştırma maliyetlerini ve oranlarını belirleyen faktörler ile bu faktörlerin özelliklerini inceleyen bir çalışma alanıdır (Bowersox ve Closs, 1996).

TABLO 1: Ulaştırma Modlarının Genel Özellikleri

Ekonomik Özellikler					
	Karayolu	Demiryolu	Havayolu	Denizyolu	Boru hattı
Maliyet	Dengeli	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
Pazar alanı	İstenilen iki nokta arasında taşıma	Terminalden terminale taşıma	Terminalden terminale taşıma	Terminalden terminale taşıma	Terminalden terminale taşıma
Rekabet derecesi	Çok	Az	Dengeli	Az	Az
Ortalama taşıma mesafesi (mil)	515	617	885	376 - 1367	276 - 343
Araç Kapasitesi (ton)	10 - 25	50 - 12000	5 - 125	1000 - 60000	30000 - 2500000
Servis Özellikleri					
	Karayolu	Demiryolu	Havayolu	Denizyolu	Boru hattı
Hız	Orta üstü	Orta	Hızlı	Yavaş	Yavaş
Erişilebilirlik	Yüksek	Orta	Orta	Düşük	Düşük
Tutarlılık	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta altı	Yüksek
Kayıp ve Hasar	Düşük	Orta	Düşük	Orta altı	Düşük
Esneklik	Yüksek	Orta	Orta üstü	Orta altı	Düşük

(Kaynak: Benton, W.C. (2009). Purchasing and Supply Chain Management. 2nd Edition. s: 345, McGraw-Hill Higher Education)

Chopra ve Meindl'e (2007) göre ulaştırma ağı, tedarik zinciri içerisindeki bağlantı ve düğümlerin toplamından oluşmaktadır. Söz konusu düğümleri birbirine bağlayan temel yapılar ise, ulaştırma modlarıdır. Karayolu, havayolu, demiryolu, denizyolu ve boru hattı taşımacılığı olmak üzere beş temel ulaştırma modu mevcuttur. Ayrıca, bir ulaştırma sürecinde birden fazla modun birlikte kullanılması (karayolu-denizyolu gibi) anlamına

gelen intermodal taşımacılık faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi de ulaştırma yönetiminin temel konulardan biridir. Ulaştırma modlarının genel özellikleri Tablo 1’de görülmektedir.

Literatür incelendiğinde, ulaştırma modu seçimine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. İşletme için uygun olan ulaştırma modunun seçimiyle ilgili karar süreçlerinde, modların özelliklerinin yanı sıra taşınan ürüne ilişkin karakteristikler, coğrafi yapı ve uzaklıklar, müşteri beklentileri gibi faktörler de dikkate alınmaktadır.

Punakivi ve Hinkka (2006) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, Finlandiya’daki dört temel endüstriyel sektörü dikkate almışlar ve sektörlere göre taşıma modu seçim kriterlerini tespit etmişlerdir. Elektronik, ilaç, makine imalatı ve inşaat sektörlerini inceleyen araştırmacılar, ilgili sektörlerden 10 farklı lojistik yöneticisine, açık uçlu sorular yönelterek, anket uygulayarak ve röportajlar gerçekleştirerek edindikleri bilgileri, ilgili literatürü de dikkate alarak özetlemişlerdir. Elektronik sektörü için önemli kriterlerin; kalite, hız, fiyat ve uygunluk olduğunu, ilaç sektörü için; hız, uygunluk, güvenlik ve akıcılık olarak sıralanabileceğini ifade etmişlerdir. Makine imalatı sektörü için; fiyat, güvenilirlik, dakiklik ve hız kriterlerinin dikkate alınması gerektiğini; inşaat sektörü için ise fiyat, çizelgeye uyma, dakiklik ve uygunluk kriterlerinin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Tuzkaya ve Önüt (2008), bir otomotiv firmasına ait ürünlerin Almanya-Türkiye arasında taşınmasına ilişkin kullanılacak ulaştırma modu seçimi üzerine yaptıkları çalışmada; ürün karakteristikleri, esneklik, güvenilirlik, hız, izlenebilirlik, maliyet, güvenlik ve risk ana kriterleri ile bunlara bağlı alt kriterleri dikkate almışlardır. Demiryolu, karayolu ve denizyolu alternatiflerini değerlendiren araştırmacılar, bulanık analitik ağ süreci metodunu kullanılmışlardır. Yapılan diğer bir çalışmada ise (Tuzkaya, 2009), taşıma modu seçiminde çevresel etkilerin değerlendirilmesi konu alınmıştır. Güvenlik, kapasite gibi temel değerlendirme kriterlerinin yanı sıra gürültü, emisyon, enerji kullanımı, doğal yaşama etki gibi kriterler dikkate alınarak uygun taşıma modu alternatifinin tespiti amaçlanmıştır. Bir işletmenin, Türkiye’de Marmara Bölgesi’ndeki taşıma işlemleri için, karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu ve intermodal taşımacılık alternatifleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için bulanık AHP metodu, alternatiflerin değerlendirilmesi için ise PROMETHEE (tercihlerin sıralanması için zenginleştirilmiş değerlendirme metodu) kullanılmıştır.

Junior ve D’Agosto (2011), Brezilya’da tehlikeli maddelerin taşınması için uygun ulaştırma modunun seçilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada, alternatif ulaştırma modlarını değerlendirmek için finansal ve sosyo-çevresel faktörleri kullanmışlardır. Araştırmacılar, finansal kriterin alt kriterleri olarak teslimat zamanından sapma, maliyet, güvenlik, kayıp ve hasarlar, hız, istikrar, esneklik, kapasite ve sıklık kriterlerini dikkate almışlardır. Sosyo-

çevresel kriterin alt kriterleri olarak; enerji tüketimi, emisyon salınımı, akaryakıt tüketimi, ozon tabakasını tahribat gücü, geri dönüşüm olasılıkları, ses kirliliği, doğal kaynakları azaltma, su kirliliği, malzeme tüketimi ve ısı kirliliği kriterlerini göz önünde bulundurmışlardır. Dikkate alınan bu değişkenlerle, ilgili veriler uzman görüşleri alınarak toplanmış ve alternatif taşıma modları, ifade edilen kriterlere göre, gri ilişkisel analiz yöntemiyle değerlendirilerek, en uygun mod seçilmiştir.

Bu çalışmada ise, analitik hiyerarşi süreci (analytic hierarchy process, AHP) metodu ve ideal çözüme benzerliğe dayalı sıralama tekniği (technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS) kullanılarak, Türkiye’de tekstil sektöründe faaliyette bulunan ve üretim tesisleri İtalya’da olan bir işletmenin, imalatı tamamlanmış ürünlerinin dağıtım merkezine ulaştırılması problemi ele alınmıştır. Alternatif ulaştırma seçeneklerinin değerlendirilmesinde dikkate alınacak kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP metodu kullanılmıştır. AHP metoduyla elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak, TOPSIS ile seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun alternatifin seçimi gerçekleştirilmiştir.

2. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Analitik hiyerarşi süreci, çok kriterli karar verme problemlerinin; hedef, değerlendirme kriterleri ve alternatifler arasındaki ilişkiyi gösteren, hiyerarşik yapı dikkate alınarak çözülebilmesine olanak veren, Saaty (1980) tarafından geliştirmiş olan bir yöntemdir. AHP’de, seçim sürecini etkileyen değerlendirme kriterleri ve alternatifler karar verme grubu tarafından ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Karşılaştırmalarda, 1-9 rakamları arasında puanlamanın yapıldığı, ikili karşılaştırma ölçeği kullanılır (Saaty, 1980). Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenir. Bu sayede, kriterlerin karar vermede hangi oranlarda dikkate alınacağı tespit edilebilir (Beyazid, 2005). AHP yönteminin kullanıldığı alanlar örnek olarak; tedarikçi seçimi (Tam ve Tummala, 2001; Dağdeviren ve Eren, 2001; Liu ve Hai, 2005), bakım yönetimi (Bevilacqua ve Braglia, 2000), satın alma kararları (Byun, 2001), kalite yönetimi (Armocost vd., 1994; Ahire ve Rana, 1995), makine seçimi (Lin ve Yang, 1996), teknoloji yönetimi (Gerdri ve Kocaoğlu, 2007), tersine lojistik (Barker ve Zabinsk, 2011), lojistik işletmelerinde performans değerlendirme (Zhang ve Tan, 2012) verilebilir.

AHP metodunda öncelikle, karar verme probleminin tanımlanması gerekmektedir. Ulaşılmak istenen hedef, değerlendirme kriterleri ve alternatifler ifade edilir. Model içerisinde yer alan kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla, Tablo 2’de ifade edilen ölçek kullanılarak, karar verici grup tarafından değerlendirme kriterlerinin ikili karşılaştırmaları yapılır.

TABLO 2: İkili Karşılaştırma Ölçeği

Önem Değerleri	Açıklama
1	Karşılaştırılan iki kriterin eşit derecede öneme sahip olması durumu
3	Birinci kriterin ikinci kriterden önemli olması durumu
5	Birinci kriterin ikinci kriterden çok önemli olması durumu
7	Birinci kriterin ikinci kriter göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Birinci kriterin ikinci kriterden mutlak üstün öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Gerektiğinde kullanılacak ara değerler

(Kaynak: Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal Services Sciences, 1, 1, s: 86)

Yapılan ikili karşılaştırmalar neticesinde oluşan karşılaştırma matrisleri dikkate alınarak, öncelik vektörleri belirlenir. Bu vektör, kriterlerin önem ağırlıklarını ifade etmektedir. Bu aşamadan sonra, matrislerin tutarlılık oranları hesaplanır. Yapılan karşılaştırmalar ile oluşturulan matrislerin tutarlılık oranı (CR) değerlerinin 0,10'dan küçük olması karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0,10'dan büyük olması ise ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğunu belirtmektedir. Böyle bir durum oluştuğunda, karşılaştırma matrisleri gözden geçirilmelidir (Saaty, 1980; Wei vd., 2005). CR değeri; tutarlılık indeksinin (CI), rassal indeks (RI) değerine bölünmesiyle elde edilir. Kriter sayısına bağlı rassal indeks değerleri Tablo 3'te verilmiştir. (2) ve (3) numaralı eşitliklerde; λ_{\max} en büyük öz değeri, n ise kriter sayısını ifade etmektedir. Her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer olarak ifade edilen E ise; karşılaştırma matrisi ve öncelik (tercih) vektörü matrisinin çarpımından oluşan sütun vektörüyle, öncelik vektörünün karşılıklı elemanlarının satırlar baz alınarak bölümünden elde edilir (Yaralıoğlu, 2004).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3)$$

Bu adıma kadar yapılan işlemlerle, karar verme probleminin çözümüne etki eden kriterlerin ağırlıkları belirlenebilmektedir. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, AHP metodu ile alternatiflerin karşılaştırılması yapılabileceği gibi, farklı çok kriterli karar verme metotları kullanılarak da sonuca ulaşılabilir.

TABLO 3: Kriter Sayısına Bağlı Olarak Rassal İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

(Kaynak: Triantaphyllou, E. ve Mann., S. H. (1990). An Evaluation of the Eigenvalue Approach for Determining the Membership Values in Fuzzy Sets. Fuzzy Sets and Systems, 35, s: 297)

3. TOPSIS METODU

TOPSIS metodu, karar alternatiflerinin ideal çözüme yakınlığı ve negatif ideal çözüme uzaklıklarını dikkate alan bir karar verme tekniğidir (Hwang ve Yoon, 1981). TOPSIS metodunun daha önceki çalışmalarda kullanıldığı alanlara örnek olarak; fabrika yeri seçimi (Chu, 2002), makine seçimi (Athawale ve Chakraborty, 2010), tedarikçi seçimi (Shahanaghi ve Yazdian, 2009), robot seçimi (Chu ve Lin, 2003), bakım stratejilerinin değerlendirilmesi (Shyjith vd., 2008), malzeme seçimi (Shanian ve Savadogo, 2006) ve ürün tasarım süreçlerinin değerlendirilmesi (Lin vd., 2008) verilebilir.

Metodun uygulanabilmesi için öncelikle; satırlarında alternatifler, sütunlarında ise değerlendirme kriterleri yer alan karar matrisi oluşturulur. A karar matrisindeki a_{ij} , i alternatifinin j kriterine göre değerini temsil etmektedir. (4) numaralı ifade de, karar matrisi görülmektedir. Matristeki m , alternatif karar noktası sayısını, n ise değerlendirme kriteri sayısını ifade etmektedir. A matrisinin elemanları kullanılarak, (5) numaralı denklem yardımıyla standartlaştırılmış (normalize edilmiş) karar matrisi oluşturulur. Değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) ile standartlaştırılmış karar matrisinin elemanları çarpılarak, ağırlıklandırılmış standart karar matrisi (V) elde edilir. Matris, (6) numaralı ifade ile gösterilmiştir.

$$A = \begin{matrix} A-1 \\ A-2 \\ A-3 \\ A-4 \\ A-5 \\ \vdots \\ A-m \end{matrix} \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \right] \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

$$V = \left[\begin{array}{cccc} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{array} \right] \quad (6)$$

Pozitif ideal çözüm setlerinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin (sütun değerlerinin) en büyükleri seçilir. Değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü dikkate alınır (Yaralıoğlu, 2004). İdeal ve negatif ideal çözümler (7) ve (8) numaralı denklemlerde ifade edilmiştir. Bir başka deyişle, ağırlıklandırılmış matriste her bir sütunda yer alan maksimum ve minimum değerler tespit edilmektedir (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012). Denklemlerde; I' , fayda sağlayacak kriter olarak tanımlanırken, I'' ise negatif fayda sağlayacak kriteri simgelemektedir. Pozitif ideal çözüm karar matrisinin en iyi performans değerlerini temsil ederken, negatif ideal çözüm amaç kapsamındaki en kötü değerleri ifade etmektedir (Shyjith vd., 2008). Pozitif ve negatif ideal çözüm setlerinde bulunan eleman sayısı; değerlendirme kriteri sayısı kadardır. A^* ve A^- , alternatiflerin kriterlere göre aldıkları göreceli başarı puanlarının sıralamasını ifade etmektedir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in I' \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in I'' \right) \right\} \quad (7)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in I' \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in I'' \right) \right\} \quad (8)$$

İdeal çözüm noktalarının tanımlanmasının ardından, maksimum ve minimum ideal noktalara olan uzaklıklar tespit edilir (Demireli, 2010). Her bir alternatifin ideal çözümden ne kadar sapma gösterdiğini ifade eden D_i^* değeri, denklem (9)'da, negatif ideal çözüme ilişkin D_i^- değeri de denklem (10)'da gösterilmiştir. Bu değerler ayırım ölçüleri olarak ifade edilmektedir (Supçiller ve Çapraz, 2011).

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (9)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (10)$$

Bu aşamadan sonra, alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlığı (CC_i^*) hesaplanır. En yüksek CC_i^* değerine sahip alternatif, ideal çözüme en yakın seçenek olarak ifade edilmektedir. 0 ile 1 arasında olabilen CC_i^* değeri, alternatifin karar verme problemi kapsamındaki uygunluğunu temsil etmektedir. En yüksek değeri elde eden alternatif, en uygun çözüm olarak nitelendirilmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004; Athawale ve Chakraborty, 2010). Bu aşamada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır (Yaralıoğlu, 2004).

$$CC_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^*} \quad (0 < CC_i^* < 1) \quad (11)$$

4. ULAŞTIRMA MODU SEÇİMİ PROBLEMİ

Yapılan çalışma kapsamında, Türkiye'de tekstil sektöründe faaliyette bulunan perakende mağazalar zincirine sahip bir firma için, imalat merkezi olan İtalya'dan, İstanbul'daki dağıtım merkezine ürünlerin ulaştırılabilmesi için kullanılacak olan alternatif ulaştırma modlarının değerlendirilmesi ve uygun modun seçimi gerçekleştirilmiştir. Alternatif ulaştırma seçeneklerinin değerlendirilmesinde dikkate alınacak kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP metodu kullanılmıştır. AHP metoduyla elde edilen

kriter ağırlıkları kullanılarak, TOPSIS ile seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun alternatifin seçimi gerçekleştirilmiştir.

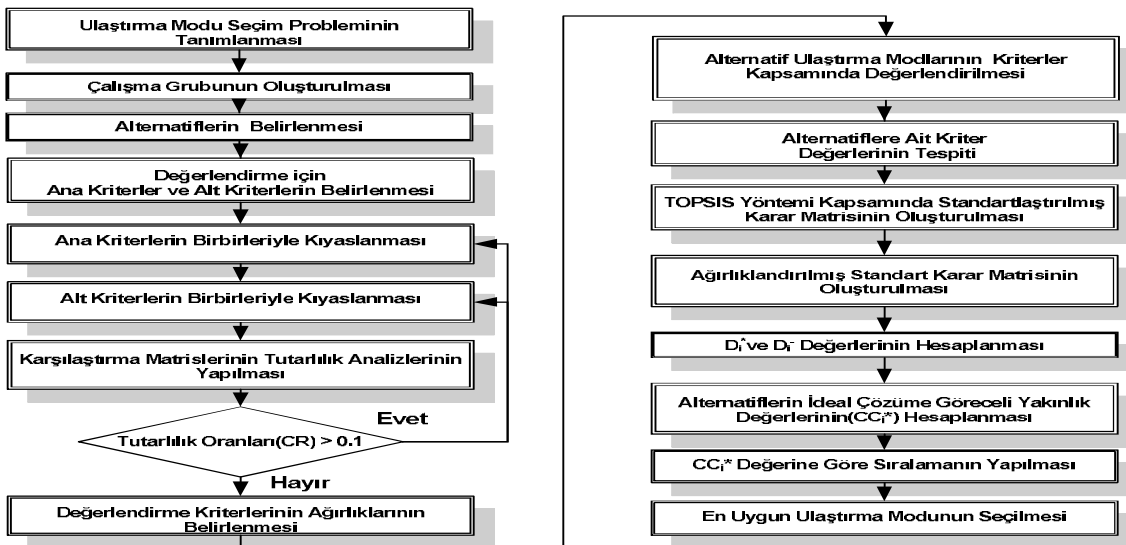
Çalışmanın başlangıcında, alternatif taşıma modları ve değerlendirme kriterleri, ilgili literatür ve işletme koşulları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Sonrasında, oluşturulan alternatifler ve kriterleri uzman karar verme grubuna iletilmiştir. Karar verme grubu; çalışma kapsamındaki firmanın genel müdürü, ithalat-ihracat müdürü ve üç lojistik firmasının bölge operasyon yöneticilerinden oluşmaktadır. Uzman grubun görüşleri doğrultusunda, alternatifler ve kriterler revize edilmiş ve son şeklini almıştır. Uzman görüşlerinin alınması yöntemi, kabul görmüş bir yöntem olup, çok kriterli karar verme problemlerinin ele alındığı birçok çalışmada uygulanmıştır. Dağdeviren vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada üç uzman ve makalenin üç yazarı ile karar verme grubu oluşturulduğunu ifade etmişlerdir. Chen ve Wang (2009), beş kişi ile oluşturdukları karar verme grubu ile çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Lee ve Walsh (2011) ise yaptıkları çalışmada dört uzman ile karar verme grubunu oluşturmuşlardır. Konaklı ve Göksu (2011), altı firma yöneticisinden oluşan uzman grubun görüşlerini dikkate alarak çok kriterli karar verme metodlarını uygulamışlardır.

Kriterlerinin karşılaştırılarak önem derecesinin belirlenmesi ve alternatiflerin değerlendirilmesi süreçlerinde de karar verme grubunun görüşleri dikkate alınmıştır. Uzman yargılarının bütünleştirilmesi için geometrik ortalama metodu kullanılmıştır (Saaty, 2008; Zangeneh vd., 2009; Konaklı ve Göksu, 2011). Çalışmanın amacı, çok sayıda değerlendirme kriterlerini içeren, aynı zamanda karmaşık bir karar problemi olan ulaştırma modu seçim sürecinin analizi için, pratik ve gerçekçi bir çözüm yöntemi sunmaktır.

4.1. Uygulama Adımları

Karar verme probleminin çözümünde kullanılacak olan modele ilişkin adımlar Şekil 1’de ifade edilmiştir.

ŞEKİL 1: Uygulama Adımları



4.1.1. Problemin Tanımlanması

İmalat merkezi olan İtalya - Venedik'teki fabrikadan, İstanbul - Halkalı'da bulunan dağıtım merkezine ürünlerin ulaştırılabilmesi için dört farklı ulaştırma seçeneği kullanılabilir. Alternatif seçeneklere ilişkin bilgiler şu şekildedir:

Alternatif 1 (Karayolu-Demiryolu-Karayolu): Venedik'te bulunan imalat tesisinden çıkışı yapılan ürünler, öncelikle karayolu ile Venedik demiryolu terminaline getirilmektedir. Burada yapılan aktarma sonrasında, Slovenya-Hırvatistan-Sırbistan-Bulgaristan hattı üzerinden İstanbul Çerkezköy'de bulunan demiryolu terminaline ulaştırılmaktadır. Çerkezköy'de teslim alınan yükler karayolu ile Halkalı'da bulunan dağıtım merkezine getirilmektedir.

Alternatif 2 (Karayolu-Havayolu-Karayolu): Venedik'te bulunan imalat tesisinden alınan ürünler, karayoluyla Venedik-Marco Polo Havaalanı'na getirilmektedir. Aktarma sonrasında ürünler, İstanbul-Atatürk Havalimanı'na indirilmektedir. Karayolu vasıtasıyla, Halkalı'da bulunan dağıtım merkezine götürülmektedir.

Alternatif 3 (Karayolu-Denizyolu-Karayolu): İmalat tesisinden, Trieste Limanı'na karayolu ile getirilen ürünler burada yapılan aktarma sonrasında İstanbul-Ambarlı Limanı'na ulaştırılmaktadır. Buradan alınan ürünler, Halkalı'da bulunan dağıtım merkezine getirilmektedir.

Alternatif 4 (Karayolu): Venedik'te yüklemesi gerçekleştirilen ürünler, Slovenya-Hırvatistan-Sırbistan-Bulgaristan hattı üzerinden karayoluyla Halkalı'ya ulaştırılmaktadır. Değerlendirilecek tüm alternatifler, Tablo 4'te özet olarak sunulmuştur.

TABLO 4: Karar Alternatifleri

Alternatifler	Tanım
A-1	Intermodal - I (Karayolu - Demiryolu- Karayolu)
A-2	Intermodal - II (Karayolu - Havayolu - Karayolu)
A-3	Intermodal - III (Karayolu - Denizyolu - Karayolu)
A-4	Karayolu

Alternatif ulaştırma seçeneklerinin harita üzerinde gösterimi, Şekil 2'de ifade edilmiştir.

4.1.2. Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Ulaştırma modlarının belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tespiti aşamasında, ilgili literatür dikkate alınarak, karar verme grubunun görüşleri doğrultusunda alternatifler ve kriterler oluşturulmuştur. Karar verme grubu; akademisyenler ve firmadaki lojistik birimi yöneticilerinden oluşmaktadır. Dikkate alınan değerlendirme kriterlerinin büyük çoğunluğu, Tuzkaya ve Önüt (2008) tarafından hazırlanan çalışma kapsamında da

kullanılmış ve kabul görmüş kriterlerdir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için tespit edilen kriterler, Tablo 5’te ifade edilmiştir.

ŞEKİL 2: Alternatif Ulaştırma Seçenekleri*



Kriterlere ilişkin açıklamalar aşağıda ifade edilmiştir:

Maliyet (M): Ulaştırma süreci içerisinde gerçekleşen maliyetleri kapsamaktadır.

M-1: Arz ve talep noktaları arasında, yükün hareketi sırasında katlanılan taşıma maliyetleri.

M-2: Ürünlerin ayrıştırılmasında ve düzenlenmesinde ortaya çıkabilecek elleçleme maliyetleri.

M-3: Hatalı yapılan yüklemenin taşıma modu kapsamındaki maliyeti.

Ürün Karakteristikleri (U): Taşınan ürünlerin özellikleri ilgili ana kriterdir.

U-1: Taşınan ürünlerin ağırlığı.

U-2: Taşınan ürünlerin hacmi.

U-3: Kullanılan ulaştırma modu kapsamında, ürünün herhangi bir zarar görme olasılığına karşı koruyucu ambalaj gereksinimi.

* Google Maps’ın sağladığı harita üzerine, yazarlar tarafından çizim yapılmıştır.

İzlenebilirlik (I): Taşıma süreci boyunca taşıma aracının, yükün ve diğer unsurların izlenebilmesidir.

I-1: Yükün coğrafi pozisyonun ve fiziksel koşullarının izlenebilmesi.

I-2: Taşıma araçlarının coğrafi pozisyonunun ve fiziksel koşullarının izlenebilmesi.

I-3: Resmi evrak ve dokümanların takip edilebilirliği, taşıma moduna bağlı olarak koşulların izlenebilmesi, aktarma olması durumunda aktarma noktasındaki işlemlerin takip edilebilirliği konularını kapsamaktadır.

Güvenilirlik (GR): Taşıma sürecinin hazırlanan plana göre gerçekleşme durumunu ifade etmektedir.

GR-1: Tekrarlanabilir olarak, planlanan zamanda ulaşılmak istenen noktaya varılabilmesi.

GR-2: Taşıma sürecinin planlanmasında, uygulanmasında ve kontrolünde, planlanan çizelgeye uyabilme yeteneği.

GR-3: Taşıma sürecinde ortaya çıkabilecek gecikmelerin doğru olarak saptanabilmesi.

Esneklik (E): Taşıma araçlarının, talep özelliklerinin değişmesi veya plandan sapma durumunda oluşabilecek değişiklikleri tolere edebilme kabiliyetini ifade etmektedir.

E-1: Yükleme, boşaltma ve aktarma işlemlerinde ortaya çıkabilecek gecikmelerin tolere edilebilmesi.

E-2: Taşınan yükün hacminde ortaya çıkabilecek artış veya azalışların tolere edilebilmesi.

E-3: Taşınan yükün ağırlığında ortaya çıkabilecek artış veya azalışların tolere edilebilmesi.

TABLO 5: Değerlendirme Kriterleri

<u>Maliyet (M)</u>	<u>Ürün Karakteristikleri (U)</u>
Taşıma Maliyeti (M-1)	Ağırlık (U-1)
Elleçleme Maliyeti (M-2)	Hacim (U-2)
Hatalı Yük Maliyeti (M-3)	Koruyucu Ambalaj Gereksinimi (U-3)
<u>İzlenebilirlik (I)</u>	<u>Güvenilirlik (GR)</u>
Yükün İzlenebilirliği (I-1)	Variş Stabilesi (GR-1)
Taşıma Araçlarının İzlenebilirliği (I-2)	Çizelge Güvenilirliği (GR-2)
Diğer Faktörlerin İzlenebilirliği (I-3)	Geç Varişların Hesap Edilebilmesi (GR-3)
<u>Esneklik (E)</u>	<u>Çevre (C)</u>
Zaman Esnekliği (E-1)	CO ₂ Emisyonu Miktarı (Ç-1)
Hacim Esnekliği (E-2)	Birim Başına Fosil Yakıt Tüketimi (Ç-2)
Ağırlık Esnekliği (E-3)	Yenilenebilir Enerji Kullanım İmkani (Ç-3)
<u>Güvenlik (G)</u>	<u>Hız (H)</u>
Ürünün Hasar Alma Olasılığı (G-1)	Aktarma Noktalarında Harcanan Zaman (H-1)
Taşımacılıktaki Kaza Oranı (G-2)	Taşıma Hızı (H-2)

Kaza Nedenlerinin Çeşitliliği (G-3)	Taşıma Mesafesi (H-3)
Hırsızlık Olasılığı (G-4)	Taşıma Zamanı (H-4)
	Teslimat Zamanı Değişkenliği (H-5)
Risk (R)	
Çevresel Riskler (R-1)	
Politik Riskler (R-2)	
Taşıma Riski (R-3)	
Aktarma Noktası Riski (R-4)	

Çevre (Ç): Taşıma sürecinde çevreye verilen zarar en aza indirilmesi ve daha az kaynak kullanılmasına yönelik ana kriterdir.

Ç-1: Taşıma modunun kullanımı ile çevreye yayılan karbondioksit (CO₂) miktarı.

Ç-2: Birim başına tüketilen fosil yakıt miktarı.

Ç-3: Taşıma modunun yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti.

Güvenlik (G): Taşıma, depolama ve aktarma süreçlerinde ortaya çıkabilecek güvenlik sorunlarıdır.

G-1: Çarpma, düşme, nemlenme vb. nedenlerden dolayı ürünün hasar alma olasılığı.

G-2: Ulaştırma sırasında taşıma aracının kaza yapma olasılığı.

G-3: Taşıma moduna göre oluşabilecek farklı kazalara ilişkin nedenlerin çeşitliliği.

G-4: Taşıma, aktarma ve olası beklemelerde ortaya çıkabilecek hırsızlık olasılığı.

Hız (H): Ulaştırma moduna bağlı olarak gerçekleştirilen işlemlerin süre ve hızıyla ilgili değerleri kapsamaktadır.

H-1: Aktarma noktalarında yükleme, boşaltma ve depolama için harcanan aktarma zamanı.

H-2: Kullanılan araçlara ilişkin hız.

H-3: Arz ve talep noktaları arasındaki uzaklığı ifade eden taşıma mesafesi.

H-4: Harcanan taşıma zamanı.

H-5: Önceden planlanan zamana uyma kabiliyeti olarak ifade edilebilecek teslimat zamanı değişkenliği.

Risk (R): Ulaştırma sürecinin herhangi bir aşamasında ortaya çıkabilecek riskleri kapsamaktadır.

R-1: Yağmur, fırtına, yanardağ faaliyeti, sel gibi taşıma sürecine engelleyebilecek doğa olaylarını ifade eden çevresel riskler.

R-2: Güzergâh boyunca transit geçişlerin yapıldığı ülkelerde ortaya çıkabilecek iç karışıklık, ambargo, araçlara kota konulması, grev, işin yavaşlatılması olasılıklarını kapsayan politik riskler.

R-3: Değerlendirilen ulaştırma modunda kullanılan taşıma araçlarında oluşabilecek problemlere ilişkin riskler.

R-4: Farklı taşıma modlarına geçişte aktarma noktalarında oluşabilecek problemlere ilişkin riskler.

4.1.3. İkili Karşılaştırmaların Gerçekleştirilmesi

Tablo 2’de verilen ikili karşılaştırma ölçeği dikkate alınarak, değerlendirme kriterleri karar verme grubu tarafından karşılaştırılmıştır. İkili karşılaştırmalara ilişkin yargılar, grup çalışmasıyla belirlenmiştir. Grup kararı oluşturulurken, uzlaşımamayan durumlarda, üyelerin yargıları dikkate alınarak, geometrik ortalama ile grup kararı oluşturulmuştur (Saaty, 2008; Zangeneh vd., 2009). Ana kriterlere ait ikili karşılaştırmalar ve örnek olması açısından risk ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırmaları Tablo 6 ve 7’de sunulmuştur. Benzer şekilde tüm ana kriterlere ait alt kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.1.4. Tutarlılık Analizlerinin Yapılması

Oluşturulan karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizleri yapılarak, tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır. Tüm matrislerin tutarlılık oranları 0,1 değerinin altında çıkmıştır. Bu değer, kriter karşılaştırmalarının tutarlı olarak yapıldığını göstermektedir.

TABLO 6 :Ana Kriterler İçin İkili Karşılaştırmaları

Kriterler	M	G	R	H	GR	E	Ü	İ	Y
M- Maliyet	1	7	7	3	3	5	4	3	7
G- Güvenlik	1/7	1	1	1/5	1/2	1	1/2	1/4	2
R- Risk	1/7	1	1	1/2	3	3	3	3	5
H- Hız	1/3	5	2	1	1	5	5	3	5
GR- Güvenilirlik	1/3	2	1/3	1	1	3	3	3	7
E - Esneklik	1/5	1	1/3	1/5	1/3	1	1	1/2	4
Ü- Ürün Karakteristikleri	1/4	2	1/3	1/5	1/3	1	1	1/2	3
İ -İzlenebilirlik	1/3	4	1/3	1/3	1/3	2	2	1	5
Y- Yeşil	1/7	1/2	1/5	1/5	1/7	1/4	1/3	1/5	1

TABLO 7: Risk Kriteri Kapsamındaki Alt Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları

Kriterler	R-1	R-2	R-3	R-4
R-1 Çevresel Riskler	1	3	1/7	1/5
R-2 Politik Riskler	1/3	1	1/9	1/7
R-3 Taşıma Riski	7	9	1	4
R-4 Aktarma Noktası Riski	5	7	1/4	1

4.1.5. Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıklarının İfade Edilmesi

Değerlendirme kriterlerinin ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen önem ağırlıkları, Tablo 8’de verilmiştir.

4.1.6. Kriterlere İlişkin Verilerin Elde Edilmesi

Bu aşamaya kadar AHP metodunun temel adımları gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları kullanılarak, TOPSIS metodu ile uygun taşıma modu seçilecektir. Taşıma modu alternatiflerinin kriterler kapsamındaki değerleri, TOPSIS metodu için girdi oluşturacaktır. Değerlendirme kriterlerinin bir kısmı fayda esaslı kriterler olmakla birlikte (örneğin, taşıma hızı), bir kısmı maliyet esaslı (örneğin, taşıma maliyeti) kriterlerdir.

4.1.7. Uygun Alternatifin Seçilmesi

Ulaştırma modu alternatiflerinin kriterler kapsamındaki değerleri dikkate alınarak, ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 9).

TABLO 8: Değerlendirme Kriterlerinin Önem Ağırlıkları

Değerlendirme Kriteri	Önem Ağırlığı
Maliyet	
M-1 Taşıma Maliyeti	0,240
M-2 Elleçleme Maliyeti	0,065
M-3 Hatalı Yük Maliyeti	0,021
Güvenlik	
G-1 Ürünün Hasar Alma Olasılığı	0,002
G-2 Taşımacılıktaki Kaza Oranı	0,024
G-3 Kaza Nedenlerinin Çeşitliliği	0,011
G-4 Hırsızlık Olasılığı	0,006
Risk	
R-1 Çevresel Riskler	0,012
R-2 Politik Riskler	0,006
R-3 Taşıma Riski	0,079
R-4 Aktarma Noktası Riski	0,036
Hız	
H-1 Aktarma Noktalarında Harcanan Zaman	0,019
H-2 Taşıma Hızı	0,049
H-3 Taşıma Mesafesi	0,049
H-4 Taşıma Zamanı	0,049
H-5 Teslimat Zamanı Değişkenliği	0,015
Güvenilirlik	
GR-1 Varış Stabilitesi	0,088
GR-2 Çizelge Güvenilirliği	0,018

GR-3 Geç Varışların Hesap Edilebilmesi	0,018
Esneklik	
E-1 Zaman Esnekliği	0,010
E-2 Hacim Esnekliği	0,023
E-3 Ağırlık Esnekliği	0,009
Ürün Karakteristikleri	
U-1 Ağırlık	0,012
U-2 Hacim	0,027
U-3 Koruyucu Ambalaj Gereksinimi	0,010
İzlenebilirlik	
I-1 Yükün İzlenebilirliği	0,049
I-2 Taşıma Araçlarının İzlenebilirliği	0,021
I-3 Diğer Faktörlerin İzlenebilirliği	0,013
Çevre	
Ç-1 CO ₂ Emisyonu Miktarı	0,014
Ç-2 Birim Başına Fosil Yakıt Tüketimi	0,005
Ç-3 Yenilenebilir Enerji Kullanım İmkanı	0,003

Üçüncü bölümde açıklanan TOPSIS metodunun adımları uygulanarak, tüm alternatiflerin ideal çözümlerden sapma değerleri ve ideal çözüme göreceli yakınlıkları hesaplanmıştır. Göreceli yakınlık değeri en yüksek olan alternatif, en uygun çözüm olarak ifade edilmiştir.

TABLO 9: Alternatifler İçin Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi ve Sapma Değerleri

Alternatifler	Değerlendirme Kriterleri										
	M-1	M-2	M-3	G-1	G-2	G-3	G-4	R-1	R-2	R-3	R-4
A-1	0,143	0,033	0,010	0,001	0,014	0,007	0,002	0,009	0,001	0,042	0,008
A-2	0,000	0,000	0,000	0,001	0,019	0,007	0,004	0,000	0,004	0,048	0,016
A-3	0,179	0,025	0,012	0,001	0,004	0,006	0,004	0,002	0,004	0,047	0,000
A-4	0,072	0,050	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,031
Kriter Ağırlıkları	0,240	0,065	0,021	0,002	0,024	0,011	0,006	0,012	0,006	0,079	0,036

Alternatifler	Değerlendirme Kriterleri										
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	GR-1	GR-2	GR-3	E-1	E-2	E-3
A-1	0,004	0,015	0,013	0,007	0,007	0,030	0,006	0,008	0,001	0,005	0,005
A-2	0,009	0,040	0,040	0,042	0,010	0,053	0,011	0,012	0,001	0,003	0,001
A-3	0,000	0,008	0,000	0,000	0,007	0,041	0,008	0,009	0,001	0,011	0,006
A-4	0,016	0,021	0,024	0,024	0,003	0,047	0,009	0,005	0,010	0,019	0,004
Kriter Ağırlıkları	0,019	0,049	0,049	0,049	0,015	0,088	0,018	0,018	0,010	0,023	0,009

Alternatifler	Değerlendirme Kriterleri									Sapma Değerleri	
	U-1	U-2	U-3	I-1	I-2	I-3	Ç-1	Ç-2	Ç-3	D_j^*	D_j
A-1	0,007	0,014	0,003	0,024	0,010	0,006	0,008	0,004	0,001	0,077	0,156
A-2	0,002	0,006	0,006	0,024	0,010	0,006	0,010	0,002	0,001	0,189	0,090
A-3	0,009	0,022	0,003	0,024	0,010	0,006	0,006	0,001	0,001	0,083	0,189
A-4	0,004	0,004	0,008	0,024	0,010	0,007	0,002	0,000	0,001	0,126	0,106
Kriter Ağırlıkları	0,012	0,027	0,010	0,049	0,021	0,013	0,014	0,005	0,003		

Yapılan analiz sonucunda, CC_i^* değeri en yüksek olan Karayolu-Denizyolu-Karayolu intermodal seçeneği (A-3 alternatifi), karar verme probleminin en uygun çözümü olarak ortaya çıkmıştır. Tüm alternatiflerin, göreceli yakınlık değerlerine göre tercih sıralaması, Tablo 10'da sunulmuştur.

TABLO 10: İdeal Çözüme Yakınlık Değerlerine Göre Alternatiflerin Sıralanması

Tercih Sırası	Alternatifler	Ulaştırma Modu veya Mod Bileşimi	CC_i Değeri
1	A-3	Karayolu-Denizyolu-Karayolu	0,695
2	A-1	Karayolu-Demiryolu-Karayolu	0,670
3	A-4	Karayolu	0,457
4	A-2	Karayolu-Havayolu-Karayolu	0,323

SONUÇ

İşletmeler arasında yoğun rekabetin yaşandığı günümüzde, istenen kalite ve şartlarda hizmetin sağlanabileceği, maliyet açısından kabul edilebilir düzeyde olan, müşteriye beklenen sürede yanıt verilebilecek, esnek tedarik zincirlerinin kurulması önem kazanmıştır. Bu kapsamda, uygun ulaştırma modunun seçimi, önemli bir çok kriterli karar verme problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Problemin çözümü aşamasında, geçerli bir çözüm modelinin oluşturulması ve uygun analitik yöntemlerle gerçekçi değerlendirmelerin yapılması, doğru sonuca ulaşma açısından oldukça önemlidir. Yapılan çalışmada; ulaştırma modunun seçimi için dikkate alınan kriterlerin değerlendirilmesinde AHP yöntemi, alternatif ulaştırma modlarının değerlendirilmesi aşamasında ise TOPSIS metodu kullanılmıştır. Dikkate alınan kriterlerin önem derecesi incelendiğinde, analiz sonucunda en yüksek önem ağırlığına sahip kriterin, “taşıma maliyeti” olduğu görülmektedir. Uygulamaya konu olan firma kapsamında, mod seçiminde dikkate alınan en önemli üç kriter önem ağırlıkları sırasıyla; taşıma maliyeti (% 24,0), varış stabilitesi (% 8,8) ve taşıma riski (%7,9) olarak ifade edilmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında ise en uygun çözüm; Karayolu-Denizyolu-Karayolu seçeneği olurken, ikinci sırada tercih

edilebilecek mod bileşimi ise Karayolu-Demiryolu-Karayolu alternatifi olarak karşımıza çıkmıştır.

Bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda, değerlendirme kriteri sayısı arttırılabileceği gibi, değişen koşullara bağlı olarak farklı ulaştırma modu alternatifleri de çözüm modeli içerisinde katılabilir. Ayrıca, karar vericilerin kesin olmayan yargılarının dikkate alınabileceği bulanık mantık destekli modeller oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

Ahire, S. L. ve Rana, D. S., 1995, “*Selection of TQM Pilot Projects Using an MCDM Approach*”. *Int. Journal of Quality & Reliability Management*, Vol: 12, No: 1, s: 61-81.

Armocost, R. L., Componation, P. J., Mullens, M. A. ve Swart, W.W., 1994, “*An AHP Framework for Prioritizing Customer Requirements in QFD: An Industrialized Housing Application*”. *IIE Transactions*, Vol: 26, No: 4, s: 72-79.

Athawale, V.M. ve Chakraborty, S., 2010, “*A TOPSIS Method-based Approach to Machine Tool Selection*”, *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (www.iieom.org/index-3.htm.). Son Erişim Tarihi: 27.01.2012.

Barker, T. J. ve Zabinsk, Z. B., 2011, “*A Multicriteria Decision Making Model for Reverse Logistics Using Analytical Hierarchy Process*”. *Omega*, Vol: 39, No: 5, s: 558-573.

Benton, W. C., 2009, **Purchasing and Supply Chain Management**. Second Edition. Mc Graw Hill. Ohio.

Bevilacqua, M. ve Braglia, M., 2000, “*The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection*”. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol: 70, No: 2, s: 71-83.

Beyazid, O., 2005, “*Use of AHP in Decision-Making for Flexible Manufacturing Systems*”. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol: 16, No: 7, s: 808-819.

Bowersox, D. J. ve Closs, D.J., 1996, **Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process**. The McGraw-Hill Co. Inc. Singapore.

Byun, D. H., 2001, “*The AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model*”. *Information and Management*, Vol: 38, No: 5, s: 289-297.

Chen, L. Y. ve Wang, T. C., 2009, “*Optimizing Partners' Choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision Of Fuzzy VIKOR*”, *Int. Journal Production Economics*, s: 233-242.

- Chopra, S. ve Meindl, P., 2007, **Supply Chain Management: Strategy, Planning & Operation**. Pearson Education, Inc. Third Edition. New Jersey.
- Chu, T. C., 2002, “*Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions*”. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, Vol: 10, s: 687-701.
- Chu, T. C. ve Lin, Y. C., 2003, “*A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection*”. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol: 21, s: 284-290.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T., 2001, “*Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması*”. **Gazi Üni. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt: 16, Sayı: 1-2, s: 41-52.
- Dağdeviren, M., Yavuz, S. ve Kılınç, N., 2009, “*Weapon Selection Using the AHP and TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment*”, **Expert Systems with Applications**, Vol: 36, s: 8143-8151.
- Demireli, E., 2010, “*TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye’deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama*”, **Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi**, Cilt: 5, No:1, s: 101-112.
- Gerdşri, N. ve Kocaoğlu, D. F., 2007, “*Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Build a Strategic Framework For Technology Roadmapping*”. **Mathematical and Computer Modelling**, Vol: 46, No: 7-8, s: 1071-1080.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K., 1981, **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application**, Springer Publications, Berlin.
- Junior, L.C.I. ve D’Agosto, M.A., 2011, “*Modal Choice for Transportation of Hazardous Materials: the Case of Land Modes of Transport of Bio-ethanol in Brazil*”. **Journal of Cleaner Production**, Vol: 19, s: 229-240.
- Konaklı, Z. ve Göksu, A., 2011, “*Supplier Selection Process with Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Algorithm*”, **African Journal of Business Management**, Vol: 5, No: 33, s: 12735-12748.
- Lee, S. ve Walsh, P., 2011, “*SWOT and AHP Hybrid Model for Sport Marketing Outsourcing Using a Case of Intercollegiate Sport*”, **Sport Management Review**, Vol. 14, s: 361-369.

- Liu, F. H. F. ve Hai, H. L., 2005, “*The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier*”. ***International Journal of Production Economics***, Vol: 97, s: 308-317.
- Lin, M., Wang, C., Chen, M. ve Chang, C. A., 2008, “*Using AHP and TOPSIS Approaches in Customer-Driven Product Design Process*”. ***Computers in Industry***, Vol: 59, No: 1, s: 17-31.
- Lin, Z. C. ve Yang, C. B., 1996, “*Evaluation of Machine Selection by the AHP Method*”. ***Journal of Materials Processing Technology***, Vol: 57, No: 3, s: 253-258.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G., 2004, “*Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS*”. ***European Journal of Operational Research***, Vol: 156, s: 445-455.
- Punakivi, M. ve Hinkka, V., 2006, “*Selection Criteria of Transportation Mode: A Case Study in Four Finnish Industry Sectors*”. ***Transport Reviews***, Vol: 26, No: 2, s: 207-219.
- Saaty, T.L., 1980, ***The Analytic Hierarchy Process***, McGraw Hill, New York.
- Saaty, T. L., 2008, “*Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*”, ***International Journal Services Sciences***, Vol: 1, No: 1, s: 83-98.
- Shahanaghi, K. ve Yazdian, S. A., 2009, “*Vendor Selection Using a New Fuzzy Group TOPSIS Approach*”. ***Journal of Uncertain Systems***, Vol: 3, No: 3, s: 221-231. Shanian, A. ve Savadogo, O., 2006, “*TOPSIS Multiple-Criteria Decision Support Analysis for Material Selection of Metallic Bipolar Plates for Polymer Electrolyte Fuel Cell*”. ***Journal of Power Sources***, Vol: 159, s: 1095-1104.
- Shyjith, K. Ilangkumaran, M. ve Kumanan, S., 2008, “*Multi-Criteria Decision-Making Approach to Evaluate Optimum Maintenance Strategy in Textile Industry*”. ***Journal of Quality in Maintenance Engineering***, Vol: 14, No: 4, s: 375-386.
- Supçiller, A. A. ve Çapraz, O., 2011, “*AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması*”, ***İstanbul Üniversitesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi***, No: 13, s: 1-22.
- Tam, M. C. Y. ve Tummala, V. M. R., 2001, “*An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System*”. ***Omega***, Vol: 29, No: 2, s: 171-182.
- Tortum, A. Yayla, N. ve Gökdağ, M., 2009, “*The Modeling of Mode Choices of Intercity Freight Transportation with the Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*”. ***Expert Systems with Applications***, Vol: 36, s: 6199-6217.

Triantaphyllou, E. ve Mann,, S. H., 1990, “*An Evaluation of the Eigenvalue Approach for Determining the Membership Values in Fuzzy Sets*”. ***Fuzzy Sets and Systems***, Vol: 35, s: 295-301.

Tuzkaya, Ö. ve Önüt, U. R., 2008, “*A Fuzzy Analytic Network Process Based Approach to Transportation-Mode Selection Turkey-Germany: A Case Study*”. ***Information Sciences***, Vol: 178, s: 3133-3146.

Tuzkaya, U. R., 2009, “*Evaluating the Environmental Effects of Transportation Modes Using an Integrated Methodology and an Application*”. ***International Journal of Environmental Science and Technology***, Vol: 6, No: 2, s: 277-290.

Uygurtürk, H. ve Korkmaz, T., 2012, “*Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Belirlenmesi: Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama*”. ***Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi***, Cilt: 7, Sayı: 2, s: 95-115.

Wei, C., Chien, C. ve Wang, M. J., 2005, “*An AHP-based Approach to ERP System Selection*”. ***International Journal of Production Economics***, Vol: 96, s: 47-62.

World Trade Organization (WTO), Annual Report, 2010.

Yaralıoğlu, K., 2004, **Uygulamada Karar Destek Yöntemleri**, İlkem Yayınları, İzmir.

Zangeneh, A., Jadid, S. ve Rahimi-Kian, A., 2009, “*A Hierarchical Decision Making Model for the Prioritization of Distributed Generation Technologies: A Case Study for Iran*”. ***Energy Policy***, Vol: 37, s: 5752-5763.

Zhang, J. ve Tan, W., 2012, “*Research on the Performance Evaluation of Logistics Enterprise Based on the Analytic Hierarchy Process*”, ***Energy Procedia***, Vol: 14, s:1618-1623.