



## ASSESSMENT OF LOGISTIC PERFORMANCE INDEXES OF EU COUNTRIES BY AHP AND VIKOR METHODS

Talha Bayır<sup>\*1</sup>, Zekeriya Yılmaz<sup>2</sup>

Şırnak University, Şırnak, Turkey

\*[talhabayir@sirnak.edu.tr](mailto:talhabayir@sirnak.edu.tr)

*The World Bank has developed the Logistics Performance Index (LPI) to help assess the quality of logistics services, measure the output of used resources on productivity, and develop logistical reforms to increase countries' trading ability and competitiveness. Thanks to this index, countries are able to compare themselves with other countries in terms of international logistics activities and see opportunities and obstacles in front of them.*

*The AHP and VIKOR methods of the Multicriteria Decision Making Techniques (MCDMT) were used in the study to measure the logistical performances of 20 European countries within the framework of the LPI data for 2016. In the first phase of study, the existing criteria were weighted with AHP and then these countries were sorted by VIKOR method considering these criteria weights. Unlike the Worldwide LPI ranking, which is published every two years, it has been reordered for the first time through a LPI, VIKOR method based on European countries' criteria weights. In this point, the criteria weights and differences are revealed.*

**Keywords:** Multicriteria Decision Making Techniques (MCDMT), VIKOR Method, Analytic Hierarchy Process (AHP), Logistic Performance Index (LPI)

## AB ÜLKELERİNİN LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSLERİNİN AHP ve VİKOR YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

*Günümüzde lojistik hizmetlerin kalitesinin değerlendirilmesi, kullanılan kaynakların verimlilik konusunda çıktıları ölçmek, ülkelerin ticaret yeteneği ve rekabet gücünü arttırmada lojistik reformların geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla Dünya Bankası tarafından Lojistik Performans İndeksini (LPI) geliştirmiştir. Bu endeks sayesinde ülkeler uluslararası lojistik faaliyetleri açısından kendilerini diğer ülkelerle karşılaştırma imkânı bulmakta, önlerindeki fırsat ve engelleri görmektedirler.*

*Çalışmada 2016 yılına ait LPI verileri çerçevesinde 20 Avrupa ülkesinin lojistik performanslarını ölçmek amacıyla Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKVT) AHP ve VİKOR yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın ilk aşamasında AHP ile mevcut kriterler ağırlıklandırılmış daha sonra bu kriter ağırlıkları dikkate alınarak VİKOR yöntemi ile bu ülkeler sıralamaya tabi tutulmuştur. Her iki yılda bir yayınlanan Dünya LPI sıralamasından farklı olarak ilk defa Avrupa ülkelerinin kriter ağırlıkları baz alınarak LPI, VİKOR yöntemi aracılığıyla yeniden sıralanmıştır. Bu sayede kriter ağırlıkları ve mevcut sıralamayla farklılıkları ortaya konmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKVT), VİKOR Yöntemi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi, Lojistik Performans İndeksi (LPI)

## GİRİŞ

Günümüz yoğun rekabet ortamında bir firmanın sektördeki gelişimini ve konumunu öğrenebilmesinin en sağlıklı yolu performans ölçümüdür. Performans ölçümü, “firmaların mevcut durumlarını görmeyi yanında rekabet avantajı sağlama ve farklılaşma amacına hizmet eden oldukça önemli bir araç[1]” olarak ifade edilmektedir. Performans ölçümü doğru karar verme de en önemli unsurlardandır. Çünkü, kararlar problemlerin nasıl çözümlendiğini, kaynakların nasıl kullandığını ve hedeflere nasıl ulaşıldığını göstermektedir [2]. Son yıllarda performans ölçümünde birbiriyle çelişen subjektif ve objektif birçok değerlendirme kriterlerinin kullanılmasıyla çok kriterli karar verme tekniklerinin (ÇKKVT) kullanıldığı çalışma sayıları her geçen gün artmaktadır. Bu yöntemlerin ortak noktası; “karar vericilerin subjektif yargılarına başvurmadan sadece elde edilen veriyi kullanarak ve matematiksel programlama tekniklerinden yararlanarak kriterlerin ağırlıklandırılması[2]” temeline dayanmaktadır.

Son yıllarda belirlenen kriterlere uygun en iyi alternatifin seçilmesi için kullanılacak çok sayıda karar verme yöntemi geliştirilmiştir. ÇKKVT'nin genel bir sınıflandırması ilk defa Chen vd. (1992) tarafından yapılmıştır[2]. ÇKKVT, karar vericinin belirsizlik, karmaşıklık ve çelişen amaçlarının olduğu durumlarda daha iyi karar vermesini sağlayan yöntemlerdir. İşletmelerde karşılaşılan karar verme problemleri genellikle zor ve karmaşık hedeflerden oluşmaktadır. Bundan dolayı birçok faktörü ve alternatifini aynı anda ele alıp değerlendirebilen ÇKKVT tercih edilmektedir[3]. Kriterlere göre en uygun çözümü belirleme süreci olarak ifade edilen ÇKKVT, genelde tüm kriterlerin birbiriyle çelişmesi sebebiyle çözümler kümesi veya uzlaşık bir çözüm sunmaktadır. Birbiriyle çelişen kriterlere sahip bir problemin uzlaşık çözümü, karar vericinin ideale en yakın olan uygun bir çözüme ulaşmasını sağlar. Tipik bir ÇKKV problemi genellikle üç temel bileşeni içermektedir; (i) alternatifler, (ii) kriterler, (iii) ağırlıklar' dır. Bu kapsamda ÇKKVT'nin en büyük avantajlarından birisi çok sayıda kriter ve alternatifini birlikte değerlendirmesidir[4].

ÇKKVT'nin performans ölçümü amacıyla kullanıldığı alanlardan biri de lojistik sektördür. Lojistik firmalarının performans ölçümü ile ilgili literatür incelendiğinde yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğunun üçüncü parti lojistik (3PL) hizmet sağlayıcı seçimini konu edindiği görülmektedir[5].

Çalışmanın analizinde ÇKKV tekniklerinden AHP ve VİKOR yöntemleri kullanılmıştır. Gül vd. (2016) tarafından yapılan bir araştırmaya göre AHP ve VİKOR yöntemleri performans değerlendirmelerinin yanı sıra seçme ve sıralama problemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle VİKOR yönteminin işletme, lojistik, tedarikçi ve personel performanslarını değerlendirme ve seçim problemlerine başarılı bir şekilde uygulandığı görülmektedir[5]. Bu gibi sebepler Avrupa ülkelerinin Lojistik Performans Endeksi (LPI)'nin belirlenmesinde AHP ve VİKOR yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın ilk aşamasında AHP ile mevcut kriterler ağırlıklandırılmış daha sonra bu kriter ağırlıkları dikkate alınarak VİKOR yöntemi ile bu ülkeler sıralamaya tabi tutulmuştur. Uygulanan VİKOR yöntemi ile temel amaçlar; ülkelerin performanslarını değerlendirmede alternatif olarak kullanılmak, VİKOR ile elde edilen sıralamanın, LPI değeri sıralaması ile karşılaştırılması ve etkinliğinin değerlendirilmesi şeklinde gösterilebilir.

### 1. LOJİSTİK SEKTÖRÜ ve LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSİ (LPI)

Lojistik, “müşteri istek ve ihtiyaçlarına uygun olarak, üretim noktasından tüketim noktasına hammadde, yarı ürün, son ürün ve ilgili bilginin verimli ve etkili bir şekilde akışı ve depolanmasıdır[6]”. Üretim ve tüketim noktaları arasındaki malzeme ve bilgi akışının koordinasyonu ve planlanmasını sağlayan Lojistik; malların kabulü ve depolanması, stok yönetimi, siparişlerin hazırlanması ve dağıtım faaliyetlerinden oluşmaktadır. Son yıllarda küresel rekabet koşullarında hızlı teslimat önemli yer tutmaktadır. Artık işletmeler son kullanıcıya erişim için birim maliyetleri ve süreleri azaltmak için çaba sarf etmektedir. Lojistik faaliyetler sayesinde ürünlerin tüketicilere güvenli, ekonomik ve hızlı bir şekilde ulaştırılması ve işletmelerin farklı piyasalardaki

pazar payını arttırması sağlanmaktadır. Dünya genelinde ürünlere yönelik taşıma ve depolama ihtiyacının artmasıyla lojistik faaliyetler, işletmelerin rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir[7].

Lojistik, Yunanca “Logistikos” kelimesinden gelmekte olup, eski Yunan, Roma ve Bizans İmparatorluklarında askerlere malzeme dağıtan görevlilere “Logistikas” denmekteydi. Ansiklopedilerde “hesap kitap yapma bilimi”, “hesapta becerikli” anlamına geldiği yazılan Lojistik, bir başka görüşe göre Logic ve Statistics kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir[8]. 1950’li yıllarda, lojistik askeri bir terim olarak kullanılmıştır. 1960’lı yıllarda Lojistik kavramı ekonomi literatürüne de girmiştir. Bu yıllarda firmalar faaliyetlerini daha az maliyetle ve daha iyi gerçekleştirme çabasına yönelmiş; taşıma, depolama ve dağıtımın kontrolüne önem vermeye başlamışlardır[9]. 1970’li yıllarda üretim ile ilgili işletmelerin kendi bünyelerinde yürüttükleri bir faaliyet olarak gelişen Lojistik daha sonraları uzmanlaşmış firmalar tarafından yürütülen bağımsız bir faaliyet alanı haline gelmiştir[10].

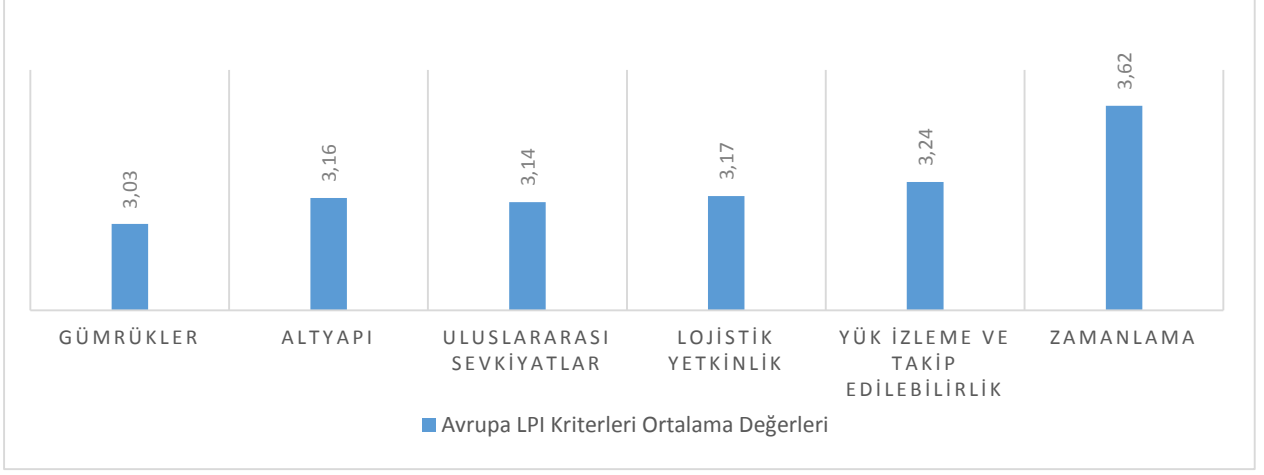
Yakın zamana kadar lojistik; ürün, hammadde ve bilginin taşınması işlemlerini içeren bir kavram olarak incelenirken, bugün lojistiğin kapsamı bir hayli genişlemiştir. Şöyle ki; insan, petrol, doğalgaz, hasta, evrak, bilgi, kan, ve organ taşınması ve saklanması ile acil ya da afet durumlarında gerçekleştirilen her türlü taşıma, depolama ve yeniden sevk etme gibi tüm faaliyetler lojistik kapsamında ele alınmaktadır[11]. Rekabetçi bir çevrede lojistik kalitesi; firmaların hangi ülkelerde konumlanacağı, hangi tedarikçilerden satın alım yapacağı ve hangi pazarlara gireceği gibi kararlarda önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek lojistik maliyetleri ve düşük lojistik hizmet düzeyi, ekonomik büyümenin önünde engel teşkil etmektedir. Bu nedenle lojistik performansın iyileştirilmesi son yıllarda önemli bir kalkınma politikası hedefi haline gelmiştir[12].

Lojistik Performans, “lojistik sektör veya lojistik hizmet üreten firmaların kendi stratejik planları çerçevesinde belirli bir dönem sonunda elde ettikleri hizmet çıktısının veya önceden belirlenmiş kendi lojistik görevlerine yönelik oluşturulan; amaçlara, politikalara, stratejilere, taktiklere, planlara ve hedeflere ne derece ulaşıldığını veya belirlenen standartlara ne derece yaklaştığını kurumsal açıdan ifade etmesi ile ilgili çalışmalar bütünüdür”[13]. İktisadi gelişmişlik düzeyinin ölçümünde bir araç olarak değerlendirilebilen Lojistik performans, etkili bir lojistik yönetimi kapsamında ülke, bölge, şehir ve firma performansının ölçümünde de büyük önem arz etmektedir. Lojistik hizmetlerin kalitesinin değerlendirilmesi, kullanılan kaynakların çıktıları, müşterilerin hizmet algıları, ürün veya hizmetin iletilme sürecinde yaşananlar gibi aşamalar performans ölçümünün de büyük öneme sahiptir[14]. Dünya Bankası, ülkelerin ticaret yeteneği ve rekabet gücünü arttırmada lojistik reformlar geliştirmelerine katkı sağlamak amacıyla Lojistik Performans Endeksini (LPI) geliştirmiştir. Bu indeks sayesinde dünya ülkeleri, uluslararası lojistik faaliyetleri düzeylerini diğer ülkelerle karşılaştırma imkânı bulmakta böylece önlerindeki fırsat ve engelleri görmektedirler. İndeks bu açıdan birçok ülkeye lojistik performanslarını geliştirmek adına bir takım işaretler göstermektedir. LPI şuana kadar 2007, 2010, 2012, 2014 ve 2016 yıllarında yayımlanmıştır[15]. LPI, ülkelerin performans kriterlerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilmektedir[16]:

- Gümrük ve gümrükleme sürecinin etkinliği (*Gümrükler*),
- Ticaret ve taşımacılığın altyapı kalitesi (*Altyapı*),
- Rekabetçi sevkiyat fiyatlarının ayarlanabilmesinin kolaylığı (*Sevkiyatların ayarlanması kolaylığı*),
- Lojistik hizmetlerin yeterliliği ve kalitesi (*Lojistik hizmetlerinin yeterliliği ve kalitesi*),
- Sevkiyatların izlenmesi ve takip edilebilirliği (*İzleme ve takip edebilirlik*),
- Sevkiyatların planlanan teslimat süresi içinde alıcıya ulaşma sıklığı (*Zamanlama*).

Ülkelerin lojistik performans kriterlerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen puanlar Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Avrupa Ülkelerinin LPI Kriter Puanları



**Kaynak:** www.lpi.worldbank.org, 2017

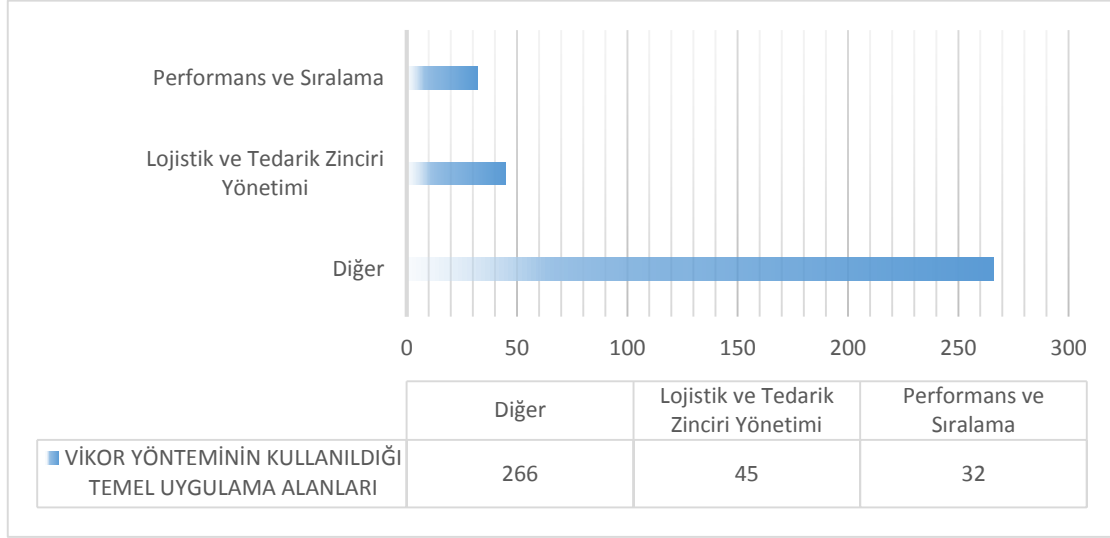
Temel Bileşenler Analizi (TBA) tekniği puanlama sonucu; gümrükler (3,03), altyapı (3,16), uluslararası sevkiyatlar (3,14), lojistik yetkinlik (3,17), yük izleme ve takip edilebilirlik (3,24), zamanlama (3,62) değerlerini almıştır. Çalışmanın uygulama kısmında bu veriler temel alınarak AHP yöntemi ile karar matrisi ve normalizasyon tabloları oluşturularak ilgili puanlar ağırlıklandırılacaktır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi ile Performans ve Sıralama Açısından VİKOR Yöntemi Uygulamaları

Yapılan araştırmaya göre 343 VİKOR çalışması incelenmiş ve 13 temel uygulama alanına ayrıldığı gözlemlenmiştir. Araştırmaya göre Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin 45 farklı çalışma ile ikinci büyük uygulama alanı olduğu söylenebilmektedir[17]. Bu kapsamda alt uygulama alanları; tesis düzeni ve yeri, tedarikçi seçimi, lojistik ve tedarik zinciri yönetimidir. Performans ve karşılaştırma temelli VİKOR uygulamalarının ise toplamda 32 yayınlanan çalışma ile sık kullanılan bir yöntem olduğu söylenebilmektedir. Bu kapsamda alt uygulama alanları; çoğunlukla finansal ve servis kaliteleri ölçümlemek üzere kurgulandığı ortaya çıkmıştır. Tablo 2’de uygulama alanlarına göre Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi ile Performans ve Sıralamaya ilişkin çalışmalar gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Alt Uygulama Alanlarından Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi ile Performans ve Karşılaştırmalarına İlişkin Yayınlanan Çalışmalar

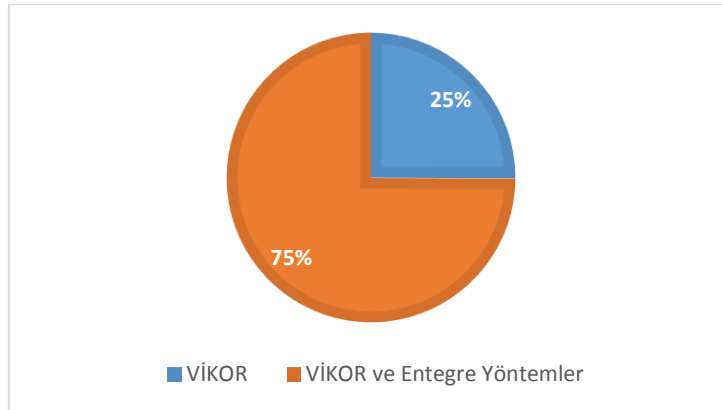


Şirketlerin performans ve sıralamalarına yönelik ölçümler ağırlıklı olarak VİKOR ve uygulanabilir entegre yöntemlerle (AHP, TOPSIS, ANP, DEMATEL) yapılmaktadır.

## 2.2. VİKOR ve Eklentileriye Yayınlanan Çalışmalar

Yapılan bir araştırmaya göre ÇKKVT'nin entegre yöntemleri kullanım oranlarına bakıldığında Tablo 3'te de görüldüğü üzere VİKOR'un %75 oranında diğer yöntemlerle ortak kullanıldığı görülmüştür. İncelenen 343 çalışmanın 257'si ile VİKOR ve farklı bir yöntem kullanıldığı gözlemlenirken, 86'sında ise VİKOR tek başına kullanılan bir yöntem olmuştur[18].

**Tablo 3.** VİKOR ve Eklentileriyle Yayınlanan Çalışmalar



**Kaynak:** Gül, vd., 2016

VİKOR yönteminin diğer yöntemlerle kullanım oranlarına bakıldığında ise 257 çalışma içinde; FVIKOR (Bulanık VİKOR) % 12 (n = 40), DEMATEL + ANP + VİKOR % 9 (n = 30), FAHP (Bulanık AHP) + VİKOR % 8 (n = 26), AHP + VİKOR % 5 (n = 18), FAHP (Bulanık AHP) + FVIKOR (Bulanık VİKOR) % 3 (n = 11) orana sahiptir (Gül, vd., 2016: 82). VİKOR yöntemi literatürde 19 yıldır yer almasına rağmen henüz popüler bir ölçüm metodu olacağına benzemektedir. Literatürde VİKOR ile ilgili çalışmaların daha fazla kabul aldığı ise açıktır. 2009'dan bu yana artan bu oran ile ÇKKVT' inden VİKOR yöntemi ilerleyen yıllarda daha da gelişecektir.

### 2.3. Literatür Özeti

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir[19]. VİKOR yöntemi ise ilk 1998 yılında Opricovic tarafından ortaya atılmış ve 2004'te de Opricovic ve Tzeng tarafından yapılan çalışma ile geliştirilmiştir. VİKOR ve AHP yönteminin bir arada kullanımı ise Tablo 4'te görüldüğü gibi 2008 yılında başlamıştır.

**Tablo 4.** Literatür Tablosu

Yazar	Yıl	Konu	Yöntem
M. Lihong, Z. Yanping, Z. Zhiwei	2008	Tedarikçilerin Seçimi	AHP ve VİKOR
L. Hongyan1, Y. Tao, W. Guangyuan	2009	İhale Değerlendirme	AHP ve VİKOR
T. Kaya, C. Kahraman,	2010	Ormancılık Alan Seçimi	AHP ve VİKOR
R. Tavakkoli Moghaddam, S.M. Mousavi	2011	Fabrika Yer Seçimi	AHP ve VİKOR
M. R. Ramezaniyana, M. Kazemib, H. Jafarib	2012	Sıralama	AHP ve VİKOR
H. Dincer, U. Hacıoglu,	2013	Performans Değerlendirme	AHP ve VİKOR
H.E. Aktan, P.K. Samut,		Performans Değerlendirme	AHP ve VİKOR
V.A. Bhosale, R. Kant,	2014	En İyi Bilgi Akışı Uygulamasının Seçimi	AHP ve VİKOR
M. Kaoser, M. Rashid, S. Ahmed		Malzeme Seçimi	AHP ve VİKOR
G.N. Zhu, J. Hu, J. Qi, C.C. Gu, Y. H. Peng	2015	Tasarım Konsept Değerlendirmesi	AHP ve VİKOR
G. Buyukozkan, A. Gorener,		Ürün Geliştirme Partneri Seçimi	AHP ve VİKOR
M. O. Barriosa, P. L. Mezab	2016	Pazar Seçimi	AHP ve VİKOR
G. Tian, H. Zhang, M. C. Zhou, H. Jia		Yeşil Tasarım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi	AHP ve VİKOR
O. Sonera, E. Celik, E. Akyuz	2017	Deniz Taşımacılığının Değerlendirilmesi	AHP ve VİKOR
K. Chatterjee1, S. Kar1		Birleşik Granül Seçimi	AHP ve VİKOR

VİKOR ve AHP yöntemi aracılığıyla 2008 ile 2017 yılları arasındaki çalışmalar incelenerek genel anlamda bir literatür özeti Tablo 4'te sunulmuştur.

### 3. AHP YÖNTEMİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ÇKKV tekniklerindedir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alarak, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirebilen matematiksel temele dayalı bir yöntemdir[20]. Karar vericilerin, karmaşık problemleri hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak veren AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem öznel hem de nesnel düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesine olanak tanınmasıdır[20].

AHP karar vericinin temel amacı doğrultusunda, kriterlerin ve ona ait olan alt kriterlerin belirlenip, hiyerarşik yapının oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır[21]. Değerlendirmelerin ve önerilen alternatiflerin tutarlılığını kontrol etmek için faydalı bir mekanizma sağlayarak karar vermede ön yargının azalmasını

sağlayan AHP'nin en önemli avantajlarından birisi karar vericilerin tutarsızlık oranını hesaplamasıdır. Tutarsızlık oranı yüksek olan ( $CR > 0,10$ ) ikili karşılaştırmalar yeniden değerlendirme gerektirmektedir. Kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen 1-9 önem ölçeği kullanılmaktadır. Söz konusu ölçek Tablo 5'te yer almaktadır[22].

**Tablo 5.** Önem Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunmaktadır.
3	Birinin diğerine göre orta derecede önemli olması	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Kuvvetli düzeyde önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok kuvvetli tercih edilir.
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2, 4, 6, 8	İki faaliyet arasında kalan değerler	İki faaliyet arasında uzlaşma gerektiğinde sayısal değerlerin ortasında bir değer verilir.

**Kaynak:** Saaty, 1986

Tablo 5'te gösterilen ölçek doğrultusunda karşılaştırmalı matris oluşturulur. Konusunda uzman kişilerce matristeki  $w_i/w_j$  terimleri için i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğu ortaya konur. Örneğin bu değer 9 ise, i. kriterin j. kriterine göre aşırı düzeyde daha önemli olduğu vurgulanmaktadır[23]. Mevcut Lojistik Performans Endeksi (LPI) kapsamında değerlendirilen kriter puanları dikkate alınarak karşılaştırmalı matris tablosu oluşturulacaktır.

### 3.1. AHP Yönteminin Adımları

Karar problemlerini AHP yöntemi ile çözerken izlenecek adımları; Problemin Tanımlanması, Karar Hiyerarşisinin Oluşturulması, İkili Karşılaştırma Matrislerinin Belirlenmesi, Göreli Önceliklerin Belirlenmesi, Matrisin Tutarlılığının (CR) Hesaplanması, Değerlendirme ve Sonuç başlıkları oluşturmaktadır. Bu kapsamda ilgi aşamaların her biri aşağıda açıklanmıştır.

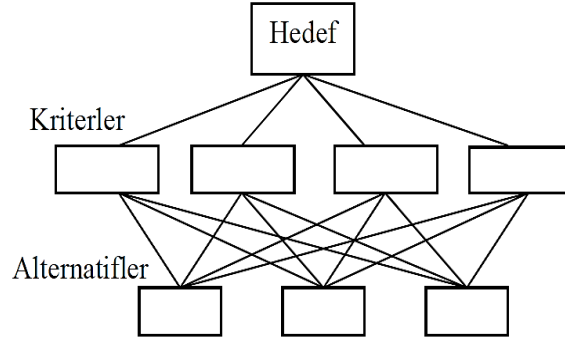
#### i. Problemin Tanımlanması

Karar problemi iyi bir şekilde tanımlanarak, problemin AHP yöntemine uygun olup olmadığı belirlenmesi gerekmektedir.

#### ii. Karar Hiyerarşisinin Oluşturulması

Bu aşamada öncelikle amaç belirlenir daha sonra ise karar hiyerarşisi oluşturulur. Karar hiyerarşisinde birden fazla kriter ve alt kriterler oluşturulur. Kriterler açık ve anlaşılır olmalıdır[24]. Bir karar probleminin yapısını oluşturmada en basit yöntem, üç basamaklı hiyerarşik yapıdır. Bu yapıya göre hiyerarşik yapının en üstünde ana hedef, bir alt seviyede kriterler, en altında ise alternatifler yer alır. Şekil 1'de basit bir hiyerarşi modeli görülmektedir[25].

**Tablo 6.** Basit Hiyerarşi Modeli



**Kaynak:** Saaty, 1994

### iii. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Belirlenmesi

Hiyerarşik yapı içinde yer alan kriterlerin ikili olarak birbirleriyle karşılaştırılmasını ifade eden bu aşama Tablo 7'deki gibi bir matris oluşturmaktadır. Matristeki  $w_i/w_j$  amaca ulaşmak için  $i$  kriterinin  $j$  kriterinden ne derece önemli olduğunu ifade etmektedir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini almaktadır<sup>1</sup>[26].

**Tablo 7.** Kriterler için Karşılaştırmalar Matrisi Oluşturulması

	<i>Kriter 1</i>	<i>Kriter 2</i>	.....	<i>Kriter j</i>
<i>Kriter 1</i>	$w_1/w_1$	$w_1/w_2$	.....	$w_1/w_j$
<i>Kriter 2</i>	$w_2/w_1$	$w_2/w_2$		$w_2/w_j$
.				
.				
.				
<i>Kriter j</i>	$w_i/w_1$	$w_i/w_2$	.....	$w_i/w_j$
			....	

Tablo 7'de görüldüğü gibi belli kriterler dahilinde ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. Örneğin elde edilen değer 9 ise,  $i$ . Kriterin  $j$ . Krite göre çok kuvvetli düzeyde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde  $j$ . Kriter de  $i$ . Krite göre  $1/9$  düzeyinde önemli olmaktadır[27].

### iv. Göreli Önceliklerin Belirlenmesi

Kriterlerin karşılaştırılmasından sonra elde edilen matrise ait değerlerin ( $a_{ij}$ ) normalleştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda her bir değer kendi sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş bir matris elde edilir[28]. Bu şekilde kriterlerin öncelik değerleri bulunur. Alternatiflerin öncelik değerleri ise şu şekilde hesaplanır.  $i=1,2,3,\dots, n$  ve  $j=1,2,3,\dots,n$  olmak üzere;

$$a_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sum_{i=1}^n w_{ij}}$$
$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n}$$

<sup>1</sup>  $i=j$



#### v. Matrisin Tutarlılığının (CR) Hesaplanması

Karşılaştırma matrisleri yapılandırıldıktan sonra ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını tespit etmek için, her bir matris için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmalıdır. Tutarlılık oranı (CR); tutarlılık indeksi (CI)'nin, rastgele tutarlılık indeksi (RI)' ne bölümü ile elde edilmektedir[28];

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

Saaty tarafından her nxn boyutundaki matris için oluşturulmuş matrislerin ortalama tutarlılık değerleri hesaplanarak, rassal indeks (RI) Tablo 8'deki gibi hazırlanmıştır.

**Tablo 8.** Rassallık Göstergeleri

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

CR < 0,10 ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenebilir. CR > 0,10 ise karşılaştırmalar tutarlı değil demektir. Bu durumda karar vericiler, kriterler arası ilişkileri yeniden gözden geçirmelidir.

#### i. Değerlendirme ve Sonuç

İlk aşamada; ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen öncelik değerleri birleştirilerek amaca ilişkin alternatiflerin öncelik değerleri elde edilir. İkinci aşamada; değerlendirilen kriterlerin öncelik değerleri ile alternatiflerin öncelik değerleri çarpılıp ardından toplanarak birleştirme işlemi yapılır. Üçüncü aşamada ise; elde edilen sonuçlar arasında en yüksek değere sahip alternatif seçilir[29].

### 4. VİKOR YÖNTEMİ

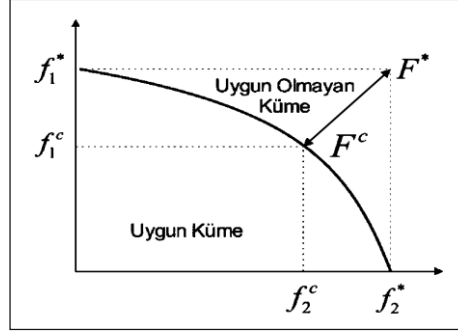
1998 yılında Opricovic tarafından literatüre kazandırılan VİKOR yöntemi Türkçeye “Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm” olarak geçmiştir. Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatifleri sıralayarak en uygun alternatifin seçimine odaklanan VİKOR yöntemi, ideal çözüme yakınlık temeline dayanan bir sıralama indeksidir. Bu yöntemde göre her alternatif her kriter için değerlendirilir ve ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık bir sıralama yapılır. Diğer ÇKKV tekniklerinden ayrılan yönü ise çoğunluğun maksimum grup faydasını ve karşıtlığın minimum bireysel pişmanlığını sağlaması yönünden avantaj sağlamasıdır[30]. Çoğunluk için maksimum grup faydasını ve karşıt görüştekiler için minimum pişmanlığı sağlayan karar verici tarafından belirlenen uzlaşık çözümdür. Bu yönüyle VİKOR yöntemi, karar verici grubun sonuç üzerinde etkili olabilmesine imkân tanımaktadır. VİKOR yönteminin uygulanabilmesi için gerekli koşullar ise şu şekildedir[31]:

- Fikir ayrılıklarının çözüme ulaştırılmasında uzlaşma kabul edilebilir olmalı,
- Karar verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istekli olmalı,
- Karar verici için fayda ile her kriter fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki olmalı,
- Alternatifler, belirtilen tüm kriterler için değerlendirilebilmeli,
- Karar vericinin tercihleri ağırlıklar ile ifade edilmelidir.

Karar vericinin etkileşimli katılımı olmadan başlayabilen VİKOR yöntemi karar vericinin nihai çözümünü onaylamaktan sorumludur. VİKOR yöntemindeki uzlaşık sıralamalar için yapılan çok kriterli ölçüm, uzlaşık programlamada toplama fonksiyonu olarak kullanılan  $L_p$  ölçütü sayesinde geliştirilmiştir. Uzlaşık çözüm  $F^*$

ile  $F^c$ 'nin ideale en yakın çözümdür. Şekil 1'deki gibi gösterilen uzlaşık çözüm ( $Df_1 = f_1^* - f$  ve  $f^c_1 D_2 = f^c_2 - f^c_1$ ) gösterilen karşılıklı tavizler üzerine kurulan bir anlaşma niteliğindedir[32].

**Şekil 1:** İdeal ve Uzlaşık Çözümler



**Kaynak:** Opricovic ve Tzeng, 2004

VİKOR yönteminde kullanılan alternatiflerin (satılar) sayısı ( $m$ ) ve kriterlerin (sütunlar) sayısı ( $n$ ) olmak üzere veriler;  $(m \times n)$  boyutlu matris formunda düzenlenmektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ağırlıklı olarak farklı ölçü birimleri ile ifade edildiklerinden ilgili kriterlerin standart bir forma dönüştürülmesi gerekmektedir[33]. Kriterlerin normalize edilmesinde kullanılan (1) numaralı formül aşağıda gösterilmiştir.

$$N. D = \max(\text{Değer}) - \text{Değer} / \max(\text{Değer}) - \min(\text{Değer}) \quad (1)$$

Normalize karar matrisini oluşturulmasının ardından VİKOR yönteminde uygulanan diğer işlem adımları aşağıda belirtilmiştir[34]:

i. Her bir kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri belirlenir. En iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerlerinin belirlenmesinde kriterlerin elde edilen model üzerindeki fayda veya maliyet etkisi göz önünde bulundurulur. i. kriter, oluşturulan model açısından fayda veya maliyet anlamında bir değerlendirme kriteri ise ( $f_i^*$ ) ve ( $f_i^-$ ) değerleri (2) numaralı formüllerden yararlanılarak hesaplanır.

$$f_i^* = \max_j f_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij}$$

ii. Her bir alternatif için  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri (3) numaralı formüllerden yararlanılarak hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]$$

$S_j$  ve  $R_j$  değerleri, j. alternatifin en iyi (pozitif ideal) çözüme uzaklığını ve en kötü (negatif ideal) çözüme uzaklığını belirtmektedir. Bu kapsamda i. kriterin diğer kriterlere göre nispi önemini ifade eden ( $w_i$ ) ağırlıktır. Bu çalışmada ( $w_i$ ), kriterlerin LPI puanlarının AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmasıyla oluşturulmuştur.

iii. Her bir alternatif için  $Q_j$  değeri (4) numaralı formülden hesaplanmaktadır<sup>2</sup>.

$$Q_j = v (S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v) (R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (4)$$

<sup>2</sup>  $S^* = \min_j S_j$   $R^* = \min_j R_j$   $S^- = \max_j S_j$   $R^- = \max_j R_j$

Çoğunluk için maksimum grup faydasını<sup>3</sup> ve karşıt görüştekiler için minimum pişmanlığı<sup>4</sup> sağlayacak olan uzlaşık çözüm, karar vericiler tarafından kabul görecektir. Bu kapsamda  $\nu > 0,5$  büyük seçildiğinde,  $Q_j$  endeksine çoğunluğun olumlu tutum gösterme eğiliminde olduğu varsayılırken;  $\nu < 0,5$  küçük seçildiğinde ise  $Q_j$  endeksine çoğunluğun olumsuz tutum gösterdiği ifade edilmektedir. Fakat genelde  $\nu = 0,5$  olarak seçilerek değerlendiricilerin uzlaşmacı tutum sergiledikleri varsayılmaktadır[35-49]. Bu çalışmada da değerlendiricilerin uzlaşmacı tutum sergiledikleri varsayımı altında  $\nu = 0,5$  olarak seçilmiştir.

- iv. Elde edilen  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerleri ile beraber alternatifler,  $Q_j$  değerine göre artan sıralamaya tabi tutulur.
- v. Elde edilen sıralamadan sonra geçerlilik testlerinin sonucuna göre birinci sırada yer alan (minimum  $Q$  değeri) alternatifin en iyi alternatifi temsil edip etmediği kararı verilir.

- **Kabul Edilebilir Avantaj Koşulu**

En iyi ve en iyiye en yakın iki seçenek arasında belirgin bir farkın varlığını araştıran koşuldur.  $Q_2$  (ikinci sırada yer alan alternatifin  $Q$  değeri) -  $Q_1$  (ilk sırada yer alan alternatifin  $Q$  değeri)  $> DQ$  ise “kabul edilebilir avantaj koşulu” sağlanmaktadır.

$$DQ = 1 / (j - 1) \quad (5)$$

- **Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu**

Uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunu iddia etmek için sağlanması gereken koşuldur. En iyi  $Q$  değerine sahip alternatifin  $S$  ve  $R$  değerlerinden de en az bir tanesinin en iyi değere sahip olması “kabul edilebilir istikrar koşulu” nu sağlamaktadır. Her iki koşulun da sağlanması durumunda VİKOR sıralamasının kullanılabilir ve istikrarlı olduğu söylenebilmektedir. Koşullardan herhangi birinin sağlanmaması durumunda ise uzlaşık çözüm kümesi önerilmektedir. Koşul 1’in sağlanmaması durumunda; alternatiflerin tümü dikkate alınarak numaralı formül ile çözüm kümesinde hangi alternatiflerin olduğuna karar verilmektedir.

$$Q_{Aj} - Q_{A1} < DQ \quad (6)$$

Koşul 2’nin sağlanamaması durumunda ise; çözüm kümesini  $A_1$  ve  $A_2$  alternatifleri oluşturmaktadır.

## 5. LPI VERİLERİNE GÖRE GLOBAL ÖLÇEKTE ÜLKE SIRALAMALARININ BELİRLEMEDE AHP VE VIKOR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Çalışmanın ilk aşamasında, AHP yöntemiyle AB ülkelerinden 20’sinin LPI verilerine dair kriterleri; K1: Gümrükler (3,03), K2: Altyapı (3,16), K3: Uluslararası Sevkiyatlar (3,14), K4: Lojistik Yetkinlik (3,17), K5: Yük İzleme ve Takip Edilebilirlik (3,24), K6: Zamanlama (3,62) kriterleri dikkate alınarak karar matrisi ve normalizasyon tabloları oluşturulacaktır. Daha sonra bu kriterler ikili olarak karşılaştırmaya tabi tutulacaktır. Bu ikili karşılaştırmalar sonucu oluşturulmuş karar matrisi Tablo 9’da verilmiştir. Karar matrisine ait tutarlılık oranı (CR)  $0,0039 < 0,10$  olduğu için elde edilen karar matrisinin tutarlı olduğu söylenebilir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise VİKOR yöntemi ile ilgili veri kümesi normalizasyona tabi tutulacaktır. Daha sonra ise  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  değerleri hesaplanacak ve  $Q_i$  değerlerine göre artan bir sıralama belirlenecektir.

<sup>3</sup> ( $\nu$ ): maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı

<sup>4</sup> ( $1 - \nu$ ): karşıt görüştekilerin pişmanlığının sağlayan stratejinin ağırlığıdır.

**Tablo 9.** Karar Matrisi Tablosu

	Gümrükler	Altyapı	Uluslararası Sevkiyatlar	Lojistik Hizmetler	İzleme ve Takip Edilebilirlik	Zamanlama
<b>Gümrükler</b>	3,03/3,03	3,03/3,16	3,03/3,14	3,03/3,17	3,03/3,24	3,03/3,62
<b>Altyapı</b>	3,16/3,03	3,16/3,16	3,16/3,14	3,16/3,17	3,16/3,24	3,16/3,62
<b>Uluslararası Sevkiyatlar</b>	3,14/3,03	3,14/3,16	3,14/3,14	3,14/3,17	3,14/3,24	3,14/3,62
<b>Lojistik Hizmetler</b>	3,17/3,03	3,17/3,16	3,17/3,14	3,17/3,17	3,17/3,24	3,17/3,62
<b>İzleme ve Takip Edilebilirlik</b>	3,24/3,03	3,24/3,16	3,24/3,14	3,24/3,17	3,24/3,24	3,24/3,62
<b>Zamanlama</b>	3,62/3,03	3,62/3,16	3,62/3,14	3,62/3,17	3,62/3,24	3,62/3,62

AHP yöntemine göre karar matrisinin tutarlılığı kontrol edildikten sonra, karar matrisi normalize edilir. Normalize karar matrisi Tablo 10'da görülmektedir.

**Tablo 10.** Normalizasyon Tablosu

	Gümrükler	Altyapı	Uluslararası Sevkiyatlar	Lojistik Hizmetler	İzleme ve Takip Edilebilirlik	Zamanlama
<b>Gümrükler</b>	0,159863995	0,156508	0,156508264	0,156508264	0,156508264	0,15650826
<b>Altyapı</b>	0,166722847	0,163223	0,16322314	0,16322314	0,16322314	0,16322314
<b>Uluslararası Sevkiyatlar</b>	0,165667639	0,16219	0,162190083	0,162190083	0,162190083	0,16219008
<b>Lojistik Hizmetler</b>	0,167250451	0,16374	0,163739669	0,163739669	0,163739669	0,16373967
<b>İzleme ve Takip Edilebilirlik</b>	0,14950244	0,167355	0,167355372	0,167355372	0,167355372	0,16735537
<b>Zamanlama</b>	0,190992628	0,186983	0,186983471	0,186983471	0,186983471	0,18698347
<b>Toplam</b>	1	1	1	1	1	1

Normalize karar matrisine ulaşıldıktan sonra ise mevcut kriterlere ait ağırlıklar Tablo 11'de ki şekliyle elde edilir.

**Tablo 11.** AHP Yöntemi İle Elde Edilen Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
<b>K1:</b> Gümrükler	0,157067553
<b>K2:</b> Altyapı	0,163806425
<b>K3:</b> Uluslararası Sevkiyatlar	0,162769675
<b>K4:</b> Lojistik Hizmetler	0,1643248
<b>K5:</b> İzleme ve Takip Edilebilir.	0,164379883
<b>K6:</b> Zamanlama	0,187651664

LPI 2016 verilerine göre kriterler arasındaki “Zamanlama” faktörü diğer kriterlere nazaran daha önem taşımaktadır. Diğer 5 kriter arasındaki en az öneme sahip kriter ise “Gümrükler” olarak kayıtlara geçmiştir. AHP yöntemi yardımıyla kriter ağırlıkları belirlendikten sonra Tablo 12’de yer alan AB ülkelerine ait veriler ile VIKOR yöntemi uygulanarak, AB ülkeleri arasında yeni bir sıralama elde edilmiştir.

Çalışmanın veri kümesini, bazı Avrupa ve Asya ülkelerinin 2016 yılına ait olan LPI kriter değerinin hesaplanmasında kullanılan alt kriter değerleri oluşturmaktadır. Tablo 12’de karşılaştırılan ülkelerin 2016 yılına ait LPI değerleri sıralaması ve skorları 1. ve 2. sütunlarda gösterilmektedir. Tablo 12 aynı zamanda VIKOR yönteminde kullanılan ve lojistik performansını yansıtan “karar matrisi” özelliğini de taşımaktadır. Karar matrisinde satırlar yöntemde kullanılan alternatifleri (ülkeleri), sağdan altı sütunda yer alan kriterleri ifade etmektedir. Kriterler 2016 LPI hesaplamasında kullanılan alt değerlerden oluşmaktadır. VIKOR yöntemi ile ülkelere ait tüm göstergeler aynı anda değerlendirilerek, en iyi performansa sahip ülke seçilebilmekte ve/veya performanslarına göre ülkelerin VIKOR sıralaması yapılmaktadır[35].

TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi VIKOR yönteminin uygulanmasına, kriterlerin (faktörlerin) fayda ve maliyet özellikleri belirlenerek başlanmaktadır. Kriterler için belirlenen fayda ve maliyet özellikleri, alternatifler için oluşturulacak skorların hesaplanmasında önemli bir yer almaktadır. Maliyet özelliğine sahip bir kriterin en düşük değere sahip olan alternatifi tercih edilirken, fayda özelliği taşıyan kritere ait en yüksek değerli alternatif tercih unsuru olacaktır. Bu çerçevede, her bir kriter için “en iyi” değerlerinin ne şekilde seçileceği belirlenmektedir. Çalışmaya ait tüm kriterler fayda özelliğine sahip olduğundan maksimum değerleri seçilmektir[36].

**Tablo 12.** Kullanılan Veri Kümesi

	LPI Sıra	LPI Skor	Gümrükler	Altyapı	Uluslararası Sevkiyatlar	Lojistik Yetkinlik	Yük İzleme ve Takip Edilebilirlik	Zamanlama
<b>Almanya</b>	1	4.23	4.12	4.44	3.86	4.28	4.27	4.45
<b>Lüksemburg</b>	2	4.22	3.90	4.24	4.24	4.01	4.12	4.80
<b>İsveç</b>	3	4.20	3.92	4.27	4.00	4.25	4.38	4.45
<b>Hollanda</b>	4	4.19	4.12	4.29	3.94	4.22	4.17	4.41
<b>Belçika</b>	5	4.11	3.83	4.05	4.05	4.07	4.22	4.43
<b>Avusturya</b>	6	4.10	3.79	4.08	3.85	4.18	4.36	4.37
<b>İngiltere</b>	7	4.07	3.98	4.21	3.77	4.05	4.13	4.33
<b>İsviçre</b>	8	3.99	3.88	4.19	3.69	3.95	4.04	4.24
<b>Finlandiya</b>	9	3.92	4.01	4.01	3.51	3.88	4.04	4.14
<b>Fransa</b>	10	3.90	3.71	4.01	3.64	3.82	4.02	4.25
<b>Danimarka</b>	11	3.82	3.82	3.75	3.66	4.01	3.74	3.92
<b>İrlanda</b>	12	3.79	3.47	3.77	3.83	3.79	3.98	3.94
<b>İtalya</b>	13	3.76	3.45	3.79	3.65	3.77	3.86	4.03
<b>Norveç</b>	14	3.73	3.57	3.95	3.62	3.70	3.82	3.77
<b>İspanya</b>	15	3.73	3.48	3.72	3.63	3.73	3.82	4.00
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	16	3.67	3.58	3.36	3.65	3.65	3.84	3.94
<b>Litvanya</b>	17	3.63	3.42	3.57	3.49	3.49	3.68	4.14
<b>Macaristan</b>	18	3.43	3.02	3.48	3.44	3.35	3.40	3.88

<b>Polonya</b>	19	3,43	3,27	3,17	3,44	3,39	3,46	3,80
<b>Türkiye</b>	20	3,42	3,18	3,49	3,41	3,31	3,39	3,75
<b>f<sub>i</sub>* (Max)</b>		<b>4,23</b>	<b>4,12</b>	<b>4,44</b>	<b>4,24</b>	<b>4,28</b>	<b>4,38</b>	<b>4,80</b>
<b>f<sub>i</sub>' (Min)</b>		<b>3,42</b>	<b>3,02</b>	<b>3,17</b>	<b>3,41</b>	<b>3,31</b>	<b>3,39</b>	<b>3,75</b>

Kullanılan veri kümesinden yararlanarak, her alternatife ait  $S_j$  (max grup faydası),  $R_j$  (min pişmanlığı) ve  $Q_j$  (alternatiflerin nihai skoru) elde edilmektedir ( $v=0,5$  iken). Vikor yönteminde uzlaşık ideal çözümü elde etmek için  $Q_j$  hesaplamasında kullanılan  $v$  değeri, karar stratejisinin ağırlığını temsil etmektedir. Eğer  $v=0,5$  ise oy birliği,  $v>0,5$  ise oy çokluğu,  $v<0,5$  ise red (veto) anlamını taşımaktadır (Paksoy, 2015: 164). Analiz sonucunda elde edilen VİKOR sıralamasının sonuçları Tablo 12’de gösterilmektedir. Verilen sıralamanın doğruluğu, öncelikle “kabul edilebilir avantaj” koşulu ile test edilmektedir.  $DQ=1/20=0,05$  ( $m$ : alternatif sayısı) ve  $Q_2 - Q_1 = 0,08 \geq 0,05$  eşitliği sağladığından “kabul edilebilir avantaj” sağlanmaktadır.

Tablo 12’de gösterilen veriler,  $R_i$  ve  $S_i$  değerlerine göre artan sıralama yapıldığında Lüksemburg’un birinci sırada yer almaması nedeniyle “kabul edilebilir istikrar” koşulu da sağlanmamaktadır. Yani her iki koşulun da sağlanmaması nedeniyle VİKOR sıralamasında Lüksemburg uzlaşık çözüm olarak en iyi performansı sağlayan ülke konumunda değildir.

**Tablo 13.** Karar Matrisi Normalizasyonu

	<b>Gümrükler</b>	<b>Altyapı</b>	<b>Uluslararası Sevkiyatlar</b>	<b>Lojistik Hizmetler</b>	<b>İzleme ve Taki Edilebilirlik</b>	<b>Zamanlama</b>
<i>w<sub>i</sub></i>	0,157067553	0,163806425	0,162769675	0,1643248	0,164379883	0,187651664
<b>Almanya</b>	0	0	0,457831325	0	0,111111111	0,333333333
<b>Lüksemburg</b>	0,2	0,157480315	0	0,278350515	0,262626263	0
<b>İsveç</b>	0,181818182	0,133858268	0,289156627	0,030927835	0	0,333333333
<b>Hollanda</b>	0	0,118110236	0,361445783	0,06185567	0,212121212	0,371428571
<b>Belçika</b>	0,263636364	0,307086614	0,228915663	0,216494845	0,161616162	0,352380952
<b>Avusturya</b>	0,3	0,283464567	0,469879518	0,103092784	0,02020202	0,40952381
<b>İngiltere</b>	0,127272727	0,181102362	0,56626506	0,237113402	0,252525253	0,447619048
<b>İsviçre</b>	0,218181818	0,196850394	0,662650602	0,340206186	0,343434343	0,533333333
<b>Finlandiya</b>	0,1	0,338582677	0,879518072	0,412371134	0,343434343	0,628571429
<b>Fransa</b>	0,372727273	0,338582677	0,722891566	0,474226804	0,363636364	0,523809524
<b>Danimarka</b>	0,272727273	0,543307087	0,698795181	0,278350515	0,646464646	0,838095238
<b>İrlanda</b>	0,590909091	0,527559055	0,493975904	0,505154639	0,404040404	0,819047619
<b>İtalya</b>	0,609090909	0,511811024	0,710843373	0,525773196	0,525252525	0,733333333
<b>Norveç</b>	0,5	0,385826772	0,746987952	0,597938144	0,565656566	0,980952381
<b>İspanya</b>	0,581818182	0,566929134	0,734939759	0,567010309	0,565656566	0,761904762
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	0,490909091	0,850393701	0,710843373	0,649484536	0,545454545	0,819047619
<b>Litvanya</b>	0,636363636	0,68503937	0,903614458	0,81443299	0,707070707	0,628571429
<b>Macaristan</b>	1	0,755905512	0,963855422	0,958762887	0,98989899	0,876190476
<b>Polonya</b>	0,772727273	1	0,963855422	0,917525773	0,929292929	0,952380952

<b>Türkiye</b>	0,854545455	0,748031496	1	1	1	1
<b>fi* (Max)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>fi' (Min)</b>	0	0	0	0	0	0

Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler genellikle farklı ölçü birimleri ile ifade edildiklerinden, standart ve birbiri ile karşılaştırılabilir forma dönüştürmek gerekmektedir. Tablo 13'te karar matrisine dair normalizasyon değerleri verilmiştir.

**Tablo 14.** Ülkelerin Si, Ri ve Qi Değerlerinin Hesaplanması

	<b>Si</b>	<b>Ri</b>	<b>Qi</b>
<b>Almanya</b>	0,844663958	0,1643248	0,082590694
<b>Lüksemburg</b>	0,853879835	0,187651664	0
<b>İsveç</b>	0,834816724	0,164379883	0,08864377
<b>Hollanda</b>	0,807088302	0,157067553	0,130259667
<b>Belçika</b>	0,742761203	0,137813437	0,234340289
<b>Avusturya</b>	0,732854949	0,161059077	0,164123158
<b>İngiltere</b>	0,693702931	0,137077137	0,267822046
<b>İsviçre</b>	0,613187035	0,131561066	0,336947392
<b>Finlandiya</b>	0,54350338	0,141360798	0,348818783
<b>Fransa</b>	0,53233434	0,108344407	0,464529021
<b>Danimarka</b>	0,445147897	0,118584907	0,486031168
<b>İrlanda</b>	0,437244297	0,097963769	0,558887976
<b>İtalya</b>	0,394440158	0,079968491	0,64520017
<b>Norveç</b>	0,361362361	0,100605521	0,598236561
<b>İspanya</b>	0,366993589	0,071397323	0,69077978
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	0,317806594	0,079961663	0,693739657
<b>Litvanya</b>	0,272740826	0,069699189	0,756039225
<b>Macaristan</b>	0,077537233	0,039984245	0,977399212
<b>Polonya</b>	0,075691587	0,035697171	0,992674139
<b>Türkiye</b>	0,064120249	0,04127406	0,981649477
<b>fi* (Max)</b>	0,853879835	0,187651664	0,992674139
<b>fi' (Min)</b>	0,064120249	0,035697171	0

Çalışmanın 2. ve 3. aşamalarını oluşturan Si, Ri ve Qi değerlerinin hesaplanmasına dair sonuçlar Tablo 14'te sunulmuştur. Bu kapsamda Si, Ri ve Qi değerlerinin sıralamaya tabi tutulmuştur. Bu değerler arasında Si ve Ri değerleri vasıtasıyla hesaplanan Qi değerlerinin artan sıralaması ise Tablo 15'te verilmiştir.

**Tablo 15. Ülkelerin Qi Değerlerine Göre Artan Sıralaması**

	Si	Ri	Qi
1. Lüksemburg (+1)	0,853879835	0,187651664	0
2. Almanya (-1)	0,844663958	0,1643248	0,082590694
3. İsveç (0)	0,834816724	0,164379883	0,08864377
4. Hollanda (0)	0,807088302	0,157067553	0,130259667
5. Avusturya (+1)	0,732854949	0,161059077	0,164123158
6. Belçika (-1)	0,742761203	0,137813437	0,234340289
7. İngiltere (0)	0,693702931	0,137077137	0,267822046
8. İsviçre (0)	0,613187035	0,131561066	0,336947392
9. Finlandiya (0)	0,54350338	0,141360798	0,348818783
10. Fransa (0)	0,53233434	0,108344407	0,464529021
11. Danimarka (0)	0,445147897	0,118584907	0,486031168
12. İrlanda (0)	0,437244297	0,097963769	0,558887976
13. Norveç (+1)	0,361362361	0,100605521	0,598236561
14. İtalya (-1)	0,394440158	0,079968491	0,64520017
15. İspanya (0)	0,366993589	0,071397323	0,69077978
16. Çek Cumhuriyeti (0)	0,317806594	0,079961663	0,693739657
17. Litvanya (0)	0,272740826	0,069699189	0,756039225
18. Macaristan (0)	0,077537233	0,039984245	0,977399212
19. Türkiye (+1)	0,064120249	0,04127406	0,981649477
20. Polonya (-1)	0,075691587	0,035697171	0,992674139

Tablo 15'te ülke isimlerinin yanında parantez içinde gösterilen pozitif ve negatif sayılar ile VİKOR sıralamasında LPI sıralamasına göre yukarı ve aşağı yönde konum değişikliği, sıfır ile ülke konumlarında değişiklik olmadığı ifade edilmektedir. Sonuç olarak, elde edilen sıralamalarda bazı sapmalar gözlenirse de genel trendlerin benzer oldukları tespit edilmiştir.

## 6. BULGULAR VE SONUÇ

Günümüzde endekslere duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Çünkü ihtiyaç duyulan kritik bilgilerin karşılanması için çeşitli alanlarda endekslerin oluşturulması gerekmektedir. Endekslerin çeşitli kriterlere bağlı olarak ölçülen unsurlarının diğer unsurlar ile karşılaştırma imkânının olması ve herhangi bir ülkenin etkin ve verimli yanlarının tespit edilmesinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu kapsamda endeksler, geleceğe yönelik stratejik kararlar alınmasında önem arz etmektedir. Son yıllarda, dünya ülkelerinin herhangi bir alanda gelişmişlik düzeyini ölçmek için geliştirilen endekslerle birçok alanda karşılaştırma ve sıralama imkanı tanıyan VİKOR yöntemi, seçilen ülkeler arasında ideale en yakın ülkenin uzlaşık çözüm olarak belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Bu bilgiler ışığında çalışma genel olarak değerlendirildiğinde, Lüksemburg, Almanya ve İsveç gibi Lojistik Performans Endeksi gelişmiş ülkeler, gelişmişliklerini birçok göstergelye sağladıkları için yüksek performansa sahip oldukları görülmektedir. Macaristan, Polonya ve Türkiye gibi ülkelerin gelişmişliklerini birçok göstergelye sağlamadıklarından sıralamalarda gerilerde kaldıkları görülmektedir.



Çalışma daha detaylı olarak incelendiğinde ise VİKOR yöntemi uygulamadan önceki LPI verileri ile VİKOR yöntemi uygulandıktan sonraki verilere göre sıralamanın en üstündeki Almanya'nın 1 sıra gerileyerek 2. sırayı aldığı, Lüksemburg'un ise 1 sıra yükselerek 1. sırayı aldığı gözlemlenmiştir. Hemen ardından Avusturya'nın 1 sıra ilerleyerek 5. sırayı, Belçika'nın 1 sıra gerileyerek 6. sırayı yine Norveç'in 1 sıra ilerleyerek 13. sırayı, İtalya'nın ise 1 sıra gerileyerek 14. sırayı aldığı gözlemlenmiştir. Bunların yanı sıra ülke sıralamalarının sonlarına gelindiğinde ise Türkiye 1 sıra ilerleyerek 19. sırayı, Polonya ise 1 sıra gerileyerek 20. sırayı almıştır. Bu kapsamda çalışma, farklı yöntem ve ağırlıklarla ölçümlenen LPI sıralamalarının ne derece değişebileceğine somut bir kanıt oluşturmaktadır.

Daha sonraki çalışmalarda, lojistik performansı değerlendirilen ülkelerin karşılaştırılmasında; nakliye, stok yönetimi, depolama, talep tahmini, üretim planlama, sipariş işleme, paketleme, malzeme elleçleme, satın alma, taşımacılık trafiği ve altyapısı, ticari düzenlemeler v.b. alt kriterler eklenerek yerel bazda bir örneklem grubu üzerine uygulamalı bir lojistik performans endeksi sıralaması gerçekleştirilebilir. Böylece lojistik firmalarının gelişmişlik düzeyini artırmaya yönelik alınan kararların veya uygulamaya konulan iyileştirme çalışmalarının etkileri izlenebilir. Ayrıca bu yeni kriterler daha da genişletilerek ülke ve il dinamiklerine daha uygun verilerin elde edilmesini sağlayabilir. Bu şekilde ilgili lojistik firmalarına daha sağlıklı veriler sunulabilir. Kriterlerin artırılmasının yanı sıra, farklı ÇKKVT' nin kullanılması ile daha farklı çalışmalar geliştirilebilir.

## Kaynakça

- [1] Aktan, H., ve Samut, P. (2013). Agricultural Performance Evaluation By Integrating Fuzzy AHP and VIKOR Methods. *Int. J. Appl. Decis. Sci.*(6), 324–344.
- [2] Arvis, J. F., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A., ve Naula, T. (2016). *Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development.
- [3] Barriosa, M. O., ve López Meza, P. (2016). An Integrated AHP-VIKOR Approach for Market Selection Process. *International Journal of Control Theory and Applications*, 9(44), 141-149.
- [4] Bayat, T., ve Özdemir, Ş. (2016). Yeni Bir Lojistik Performans Endeksi Oluşturmak İçin Gerekli Olan Kriterlerin Belirlenmesi Üzerine Araştırma. *V. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, (s. 603-611). Mersin.
- [5] Bayraktutan, Y., ve Özbilgin, M. (2015). Lojistik Maliyetler ve Lojistik Performans Ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 95-112.
- [6] Bayraktutan, Y., Tüylüoğlu, Ş., ve Özbilgin, M. (2012). Lojistik Sektöründe Yoğunlaşma Analizi ve Lojistik Gelişmişlik Endeksi: Kocaeli Örneği. 4(3), 61-71.
- [7] Bhosale, V., ve Kant, R. (2014). Selection of Best Knowledge Flow Practicing Organisation Using Hybrid Fuzzy AHP-VIKOR Method. *Int. J. Decis. Sci. Risk Manag.*(5), 234–262.
- [8] Chatterjee, K., ve Kar, S. (2017). Unified Granular-Number-Based AHP-VIKOR Multi-Criteria. *Int J Adv Manuf Technol*(81), 526-549.
- [9] Chen, S. J. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer.
- [10] Çakır, E. (2016). Kısmi Zamanlı Olarak Çalışacak Öğrencilerin AHP Temelli VIKOR Yöntemi ile Belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(29), 195-224.
- [11] Çakır, S., ve Perçin, S. (2013, Ekim). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. 13(4), 449-459.
- [12] Dağdeviren, M., Akay, D., ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138.
- [13] Demircanlı, B., ve Kundakçı, N. (2015). Futbolcu Transferinin AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(2), 105-129.
- [14] Ekren, N., ve Fındıkçı, M. (2016). AHP ve VIKOR Yöntemleriyle AB'ye Üye Ülkeler ve Türkiye'nin Ekonomik Performansının Değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(29), 1-17.
- [15] G. Buyukozkan, A. G. (2015). Evaluation of Product Development Partners Using an Integrated AHP-VIKOR Model. *Journal of Kybernetes*(44), 220-257.
- [16] Görener, A. (2011). Bütünleşik ANP ve VIKOR Yaklaşımı ile ERP Yazılımı Seçimi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 97-110.

- [17] Gül, M., Çelik, E., Aydın, N., Gümüş, A. T., ve Güneri, A. F. (2016). A State of The Art Literature Review of VIKOR and Its Fuzzy Extensions on Applications. *Journal of Applied Soft Computing*(46), 60-89.
- [18] H. Dincer, U. H. (2013). Performance Evaluation with Fuzzy VIKOR and AHP Method Based on Customer Satisfaction in Turkish Banking Sector. *Journal of Kybernetes*(42), 1072-1085.
- [19] Hongyan, L., Tao, Y., ve Guangyuan, W. (2009). Study on Bidding Evaluation Method Based on AHP and VIKOR Algorithm. *Journal of Technology and Economics*(5), 123-141.
- [20] Kaoser, M., Rashid, M., ve Ahmed, S. (2014). Selecting a Material for an Electroplating Process Using AHP and VIKOR Multi Attribute Decision Making Method. *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, (s. 834-841). Bali.
- [21] Kaya, P., Çetin, E. İ., ve Kuruüzüm, A. (2011). Çok Kriterli Karar Verme ile Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi. (13), 80-94.
- [22] Kaya, T., ve Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Journal of Energy*(35), 2517-2527.
- [23] Küçük, O. (2016). *Lojistik İlkeleri ve Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayınları.
- [24] Lihong, M., Yanping, Z., ve Zhiwei, Z. (2008). Improved VIKOR Algorithm Based on AHP and Shannon Entropy in the Selection of Thermal Power Enterprise's Coal Suppliers. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* (s. 129-133). IEEE Computer Society.
- [25] Moghaddam, R. T., ve Mousavi, S. (2011). An Integrated AHP and VIKOR Methodology For Plant Location Selection. *IJE Transactions B: Applications*, 2(24), 127-137.
- [26] Opricovic, S., ve Tzeng, G. H. (2004). Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 2(156), 445-455.
- [27] Ömürbek, N., Karaatlı, M., ve Yetim, T. (2014). Analitik Hiyerarşi Sürecine Dayalı TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri İle ADİM Üniversitelerinin Değerlendirilmesi. (Dr. Mehmet Yıldız Özel Sayısı), 189-207.
- [28] Özdemir, A., ve Demirer, B. (2015). Analitik Hiyerarşi Süreci İle Ağırlıklandırılmış Dinamik Programlama Modelinin Satın Alma Sürecine Uygulanması. *AKÜ İİBF Dergisi*, 1(16), 61-69.
- [29] Özden, Ü. H. (2012). AB'ye Üye Ülkelerin ve TÜRKİYE'nin Ekonomik Performanslarına Göre VIKOR Yöntemi İle Sıralanması. *11*(21), 455-468.
- [30] Özgüven, N. (2011). Vakıf Üniversitesi Tercihinin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Belirlenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(30), 279-290.
- [31] Paksoy, S. (2015). Ülke Göstergelerinin VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *11*(2), 153-169.
- [32] Rençber, Ö. F., ve Kazan, H. (2014). Büyük Çaplı Projelerde Taşeron Firma Seçiminde Teklif Değerlendirme: Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Karar Verme. *International Journal of Social Science Research*, 3(4), 11-24.
- [33] Saaty, T. L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Management Science*, 32(7), 843.
- [34] Saaty, T. L. (1990). How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*(48), 9-26.
- [35] Saaty, T. L. (1994). How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Proses. *Interface*, (s. 19-43).

- [36] Saaty, T. L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- [37] Singh, S., Olugu, E. U., Mahat, A. B., ve Wong, K. Y. (2016). Strategy Selection For Sustainable Manufacturing with Integrated AHP-VIKOR Method Under Interval Valued Fuzzy Environment. *Int J Adv Manuf Technol*(84), 547-563.
- [38] Sofyalıoğlu, Ç., ve Kartal, B. (2013). Türkiye ve Avrasya Ekonomik Topluluğu Ülkelerin Lojistik Performans İndekslerinin Karşılaştırılması ve Bazı Çıkarımlar. (s. 524-531). International Conference On Eurasian Economies.
- [39] Sonera, O., Celik, E., ve Akyuz, E. (2017). Application of AHP and VIKOR Methods Under Interval Type 2 Fuzzy Environment in Maritime Transportation. *Ocean Engineering*(129), 107-116.
- [40] Tanyaş, M., ve Hazır, K. (2011). *Lojistik Temel Kavramlar*. Mersin : Çağ Üniversitesi Rektörlüğü.
- [41] Tian, G., Zhang, H., Zhou, M., ve Jia, H. (2016). An Integrated AHP and VIKOR Approach to Evaluating Green Design Alternatives. *Proceedings of 2016 IEEE 13th International Conference on Networking, Sensing, and Control*, (s. 546-552). Mexico City.
- [42] Türeli, N. Ş., ve Davraz, G. M. (2016). Hizmet Sektöründeki Personelin Seçiminde AHP ve VIKOR Yönteminin Kullanımı: Özel Hastaneler Açısından Bir İnceleme. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 2(44), 249-262.
- [43] Uygurtürk, H., ve Uygurtürk, H. (2014). Bütünleşik AHS ve VIKOR Yöntemi İle Otel Seçimi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 103-117.
- [44] Vargas, L. (1990). An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.
- [45] Wei, J., ve Lin, X. (2008). The Multiple Attribute Decision-Making VIKOR Method and Its Application. *4th International Conference IEEE* (s. 1-4). In Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM'08.
- [46] Yamak, O. (2001). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Sinerji Yayınları.
- [47] Yapraklı, T. Ş., ve Ünalın, M. (2010). Küresel Lojistik Performans Endeksi ve Türkiye'nin Son 10 Yıllık Lojistik Performansının Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(5), 312-324.
- [48] Zhu, G., Hu, J., Qi, J., Gu, C., ve Peng, Y. (2015). An integrated AHP and VIKOR For Design Concept Evaluation Based on Rough Number. *Journal Advanced Engineering Informatics*(29), 408-418 .
- [49] (2017, Temmuz 12). The World Bank: <https://ipi.worldbank.org/international/scorecard/radar/254/C/DEU/2016/R/EAP/2016/R/ECA/2016/R/LA C/2016/R/MNA/2016/R/SAS/2016/R/SSA/2016?featured=17> adresinden alındı