OPTİMAL SÜRDÜRÜLEBİLİR ROTA TESPİTİ İÇİN GEREKLİ GÖSTERGELERİN BİR ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE ÖNEM DÜZEYİ TESPİTİ

VOLKAN ÇETİN KAYA
D. ALİ DEVECİ

ÖZET


Araştırmanın sonucunda karar vericilerin sürdürülebilir çoklu taşıma rotası için kullanabilecekleri sürdürülebilirliğin üç boyutlu ilgili göstergelerin önem düzeyi ortaya çıkarılmış ve elde edilen bu önem düzeylerinin farklı rotanın modelleri için girdi oluşturulması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Sürdürülebilir çoklu taşıma, rotanın, çok kriterli karar verme, BWM (Best-Worst method) yöntemi.

1 Öğretim Görevlisi Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, volkan.cetinkaya@deu.edu.tr. Orcid no: 0000-0001-8921-1311
2 Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, adeveci@deu.edu.tr. Orcid no: 0000-0001-8348-073X

25
DETERMINING THE IMPORTANCE LEVEL OF THE INDICATORS TO SELECT THE OPTIMAL SUSTAINABLE INTERMODAL TRANSPORT ROUTES THROUGH A MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD

ABSTRACT

The basic challenge recently encountered by the decision makers involved in transport policies is to create a set of effective policies so as to provide economic, environmental and social sustainability as a response to various difficulties suffered in costs, employment, gross national product, energy consumption and environmental concerns. One of the transport policies worked on is related to multimodal transportation which has been an internationally practiced, promoted and accepted transportation system known for its advantages in gaining economic efficiency in particular. Selecting sustainable routes in intermodal transport has been important and strategic decision to be considered by the decision makers involved in cargo carriers/shippers. To select the sustainable routes in intermodal transport, the very first thing to do is to determine the importance levels of the indicators required to measure the route performances, having considered the importance of the decisions in route selection. This study aims to determine the importance levels of the sustainability indicators required in selection of sustainable intermodal routes by means of a multi-criteria decision making method; called BWM (Best-Worst Method). As a result of this study, the importance level of the indicators regarding the three dimensions of sustainability which could be made use of while making decisions in selecting sustainable routes in intermodal transport has been revealed, and the determined importance values could be used as inputs in diverse route choice models.

Keywords: Sustainable intermodal transport, route selection, multi-criteria decision making, BWM (Best-Worst method).

1. GİRİŞ

korunmasa, çevresel sürdürülebilirlik hiçbir sistemin diğer sistemlere zarar vermeden büyüymeyeyeceğinden harekete çevreye verilen zararın azaltılmasına ve sosyal sürdürülebilirlik ise eğitim, yetenek, deneyim, gelir, istihdam ve toplumsal kararlarda söz hakkı olma gibi değerlerle dayanır.

Araştırma kapsamında çoklu taşma literatür tarama sonucunda görülmektedir ki tüm taşıma türlerinin etkin yönlerini ulaştırma sistemine entegre ederek, aslında temelinde ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak olan çoklu yol taşımacılığında rota seçim kararlarına yönelik uygulamalar son yıllarda oldukça artmıştır. Fakat seçimi yaptan ulaşırma yöneticileri genellikle maliyet ve transit süre gibi iki temel kavramı değerlendikerek bir seçim yapar. Diğer taraftan çoklu taşıma sistemi sürdürülebilirliğin tüm göstergeleri ile bütünleşik olarak ele alınmalıdır.

Politika oluşturucuların en temel hedefi olan sürdürülebilir bir ulaşırma hedefi için ilk aşama sürdürülebilir ulaşırma rotalarının tespit edilmesidir. Bir çoklu ulaşırma rotasında sürdürülebilirlik değerlendirilmesi için en önemli aşama ise sürdürülebilir çoklu taşıma göstergelerinin belirlenerek, bu göstergelerin önem düzeyinin tespit edilmesidir.

Rota seçim kararları ulaşırma sistemi için zor olarak karanlarla ve karar vericilerde önemli bir bilgi, birikim ve tecrübe bulunmasını gerektirir. Kararların zor olmasının sebebi karara etken olan çok sayıda nicel ve nitel faktörün öneminin karar vericinin bilgi, deneyim ve tecrübesine bağlı olarak; yani algısal olarak değişkenlik göstermesidir. Algısalar değişkenlik gösteren faktörlerin önem düzeyinin ölçülmeye için çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulmaktadır. Çok kriterli karar verme problemleri birden fazla kriterin optimize edildiği mümkün çözüm setleri içerisinde en iyi alternatif seçildiği problemler olarak da tanımlanabilir (Turan, 2015).

2. LİTERATÜR TARAMASI


**Tablo 1:** Çoklu Taşıma Rota Seçim Çalışmaları

<table>
<thead>
<tr>
<th>Yazar, Yıl</th>
<th>Değişkenler</th>
<th>Yöntem</th>
<th>Koridor</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Boardman vd. (1997)</td>
<td>Transfer maliyeti, transfer süresi, taşma maliyeti, taşma süresi</td>
<td>K-En Kısa Yol Algoritması</td>
<td>Atlanta-Fort Worth</td>
</tr>
<tr>
<td>Grasman (2006)</td>
<td>Maliyet, transit süre, güvenlik</td>
<td>En kısa yol algoritması</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Qu ve Chen (2008)</td>
<td>Maliyet, transit süre, hizmet kalitesi, emniet, kapasite, trafik yoğunluğu etki</td>
<td>AHP (Analitik Hiyerarşî Prosesi) ve ANN (Yapay Sinir Ağları)</td>
<td>-</td>
</tr>
<tr>
<td>Kengpol vd. (2011)</td>
<td>Maliyet, transit süre, hasar riski, altyapı riski, bürokratik riskler</td>
<td>AHP (Analitik Hiyerarşî Süreci), Risk Analizi, 0-1 Hedef Programlama</td>
<td>Tai-Vietnam</td>
</tr>
</tbody>
</table>
Tablo 1: Çoklu Taşıma Rota Seçim Çalışmaları (devam)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Yazar, Yıl</th>
<th>Değişkenler</th>
<th>Yöntem</th>
<th>Koridor</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Kengpol vd. (2012)</td>
<td>Maliyet, transit süre, çevresel etki, hasar riski, altyapı riski, bürokratik riskler</td>
<td>AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), Risk Analizi, 0-1 Hedef Programlama</td>
<td>Tai-Vietnam</td>
</tr>
<tr>
<td>Hao ve Yue (2016)</td>
<td>Maliyet, transit süre, kargo değeri, mesafe</td>
<td>Karışık Tam Sayılı Programlama, Dinamik Programlama</td>
<td>Chengdu-Shenyang</td>
</tr>
<tr>
<td>Pham ve Yeo (2018)</td>
<td>Maliyet, transit süre, güvenilirlik</td>
<td>Çoklu Taşıma Rota Seçimi</td>
<td>Çin-Vietnam</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Rota seçimi ile ilgili çalışmalarında dikkat çeken durum genelde maliyet ve transit süre değişkenleri göz önüne alınarak bir rota seçimi gerçekleştirilmesidir. Sürdürülebilirlik kavramının tüm değişkenlerinin
göz önüne alındığı bütünleşik bir model ile rota seçimi daha geçerli sonuçlar ortaya koyacaktır. Bu naktadan harekete literatür araştırmasının sonraki aşamasında sürdürülebilir ulaşırma göstergeleri incelenmiştir.


**Ekonomik Göstergeler:**
- **Ulaşım bütçesi-Maliyet:** Orjinden destinasyona ulaşım için katlanmamış planlanan veya katlanılan toplam maliyet.
- **Transit süre:** Ulaşım faaliyetinin başlangıcından birliğe kadar terminalarda, aktarma merkezlerinde bekleme süreleri de dahil olmak üzere geçen toplam süre.
- **Yük hasar riski:** Yükün güvenli/emişyet eksikliği sonucu zarar görme durumu.
- **Ulaşım hızmetinin güvenilirliği:** Tam talep edilen zamanda hedef noktaya ulaştırılma durumu.
- **Bürokratik riskler:** Geçiş ülkesinde politik problem, ülkeler arası prosedür farklılıkları durumlarını varlığı.

**Çevresel Göstergeler:**
- **Emisyon salınım miktarı:** Fosil yakıt tüketimi sonucu oluşan, iklim değişikliğine sebep olan CO₂, CFC’ler, CH₄ v.b. salınım miktarı.

**Sosyal Göstergeler:**
- **Güvenlik:** Ulaşım aracının hareketini sağlayan personel veya çevredeki kişilerin muhtemel kaza sonucu ölüm ya da yaralanma durumu.
- **Emniyet:** Ulaşım aracının hareketini sağlayan personelin kriminal olay sonucu ölüm ya da yaralanma durumu.
3. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir çoklu taşımı performans ölçümü yapabilme için gerekli göstergelerin önem düzeylerinin belirlenmesidir. Bu amaçla; literatür taraması ile elde edilen sürdürülebilir ulaştırma göstergeleri arasından BWM (Best-Worst Method) yöntemi ile uzman görüşü alınarak sürdürülebilir çoklu ulaştırma göstergelerinin önem düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Burada elde edilen sonuçlara göre; önemli görülen göstergeler belirlenerek, karar vericiler ve politika oluşturucular tarafından hangi göstergeler ile ilgili işleyişine yapılan çoklu tasarımda sürdürülebilirlik hedefine ulaşılabileceği ortaya konabilir.

4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada sürdürülebilir çoklu taşima rotası seçimi için gerekli kriterlerin ağırlıklandırılması amacı ile yeni bir, çok kriterli karar verme yöntemi olarak, Rezaei (2015) tarafından geliştirilen BWM (Best-Worst Method) Yöntemi kullanılmıştır. BWM (Best-Worst Method); çok kriterli karar verme problemlerinin çözümüne yönelik, ikili karşılaştırmalar içeren bir yöntemdir. İkili karşılaştırmalar sayısalsal bir ölçeğin de yardımcı ile özdeğer (eigen) yaklaşımları ile yapılır. BWM (Best-Worst Method)'in bir diğer ikili karşılaştırma içeren, çok kriterli karar verme metodu olan AHP (Aналитик Хиерарши Сюрези)'den en önemli farkı ikili karşılaştırma aşamasında tüm kriterleri birbiriyle karşılaştırılmak yerine en yüksek düzeyde önemi bulunan ve en düşük düzeyde önemi bulunan iki kriteri, diğer kriterler ile karşılaştırmasıdır. Bu sebeple, BWM (Best-Worst Method)'in AHP (Aналитик Хиерарши Сюрези)'den en önemli iki farklı; daha az karşılaştırma verisine ihtiyaç duyması ve tutarlı karşılaştırmaların sonucu daha güvenilir bir sonuç ortaya koyması olarak belirtilibilir (Rezaei, 2015). BWM yönteminde temel aşamalar şu şekildedir:

1. Kriter kimesinin oluşturulması.
2. En çok önemi veya en çok tercih edilebileceği düşündülen ve en az önemi veya en az tercih edilebileceği düşündülen kriterin seçimi.
3. En çok önemi olarak belirtilen kriter ile diğer kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılması.
4. En az önemi olarak belirtilen kriter ile diğer kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılması.
5. Optimal ağırlıkların tespit edilmesi.
4.1 BWM İkili Karşılaştırma Ölçeği:


Tablo 2: BWM İkili Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 1987)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Önem derecesi</th>
<th>Tanım</th>
<th>Açıklama</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1</td>
<td>Eşit Derecede Önemli</td>
<td>Her iki faktör eşit önemde sahiptir.</td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>Orta Derecede Önemli</td>
<td>Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>Kuvvetli Derecede Önemli</td>
<td>Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>Çok Kuvvetli Derecede Önemli</td>
<td>Bir faktör diğerinden yüksek kuvvetle daha önemlidir.</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>Mutlak Derecede Önemli</td>
<td>Bir faktör diğerinden çok yüksek kuvvetle daha önemlidir.</td>
</tr>
<tr>
<td>2,4,6,8</td>
<td>Ara Değerler</td>
<td>Her bir tercihteki derecelerin ara derecelerini belirtir.</td>
</tr>
</tbody>
</table>

En çok önemli olduğu düşünülen veya en az önemli olduğu düşünülen kriter ile diğer kriterlerden herhangi birisi karşılaştırılır ıken, görüşü alınan uzman, en çok önemli veya en az önemli kriter ile karşılaştırılan diğer kriterin aynı derecede önemli olduğunu düşünüyor ise karşılaştırma işleminde bir puanı belirtir. Eğer uzman bir kriterin
karşılaştıran diğer kriterden çok yüksek kuvvetle önemli olduğunu düşünüyor ise 9 değerini belirter. 2, 4, 6, 8 değerleri de puanlamada ara değer olarak kullanılabılır.

4.2 Göstergelerin İkili Karşılaştırması:

N adet kriter içerisinde uzmanlar tarafından yapılan en çok önemli ve en az önemli kriter değerlendirmesinden sonra, diğer kriterlerin bu iki referans kriter ile karşılaştırılması gerekir. Buna göre; \( a_{ij} \geq 1 \) olması şartı ile bir ikili karşılaştırma değeri ise; ve i en çok önemli kriteri ve/veya j en az önemli kriteri belirtiyorsa ise \( a_{ij} \) ikili karşılaştırmadır. \( a_{ij} \) referans karşılaştırmasında ne i ne de j en çok önemli ve/veya en az önemli kriteri belirtiyorsa ise \( a_{ij} \) ikili karşılaştırma bir ikincil karşılaştırma (Rezaei, 2015). BWM diğer çok kriterli karşılaştırma yöntemlerinden farklı olarak sadece referans karşılaştırımlar üzerinden elde edilen vektörler ile minimum-maksimum problemini çözümü ilke sonucu ulaştırmaya çalışır. Burada elde edilen iki tip vektör; en çok önemli olduğu belirlenen kriter diğer kriterler ile karşılaştırılan \( A_B \) vektörü ve en az önemli kriter diğer kriterler ile karşılaştırılan \( A_W \) vektörleridir.

Bir ağırlıklandırma probleminde n adet kriterin karşılaştırılacağını varsayarsak; \( a_{Bj} \) en çok önemli kriterin diğer kriterlerden j’inci kriter göre üstünlük puanını gösteriyor, \( a_{Wj} \) j’inci kriterin en az önemli kriterere göre üstünlük puanını gösteriyor ise;

\[
A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \ldots, a_{Bn}) \\
A_W = (a_{W1}, a_{W2}, \ldots, a_{Wn})^T
\]

şeklindeyi. Burada en çok önemli ve en az önemli kriterlerin kendileri ile karşılaştırma puanları yani, \( a_{BB} = 1 \) ve \( a_{WW} = 1 \) olduğu açıklıdır.

4.3 Optimal Gösterge Ağırlıklarının Belirlenmesi:

Kriterlerin ağırlıklarının bulunabilmesi için j kriteri için en çok önemli kriterden ve en az önemli kriterden maksimum sapmaların mutlak değeri minimize edilmeye çalışılır. Bu durumu matematiksel olarak Rezaei v.d. (2016) şöyle açıklamıştır:

\[
\min_{w} \max_j \{|w_B - a_{Bj} w_j|, |w_j - a_{Wj} w_W|\} \\
\sum_j w_j = 1 \\
w_j \geq 0, j=1 \ldots, n
\]
Buradaki değişkenler; $w_B$; en önemli olarak belirtilen kriterin ağırlığı, $a_{Bj}$; en önemli olarak belirtilen kriterin j kriterine karşı üstünlük derecesi, $w_j$; j kriterinin ağırlığı, $a_{jW}$; j kriterinin en az önemli olarak belirtilen kritere karşı üstünlük derecesi, $n$ ise toplam kriter sayısıdır. Formüllerde verilen matematiksel model çözümlemesi şöyle yazılabilir:

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } \varepsilon^L$$

Kısıtlar:

$$|w_B - a_{Bj} w_j| \leq \varepsilon^L$$

$$|w_j - a_{jW} w_W| \leq \varepsilon^L$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, j=1\ldots n$$

Belirtilen doğrusal programlama modeli çözüllerek, $w_1, w_2, \ldots, w_n$ ağırlıkları ve $\varepsilon^L$ değeri elde edilir. $\varepsilon^L$ oranı; ikili karşılıştırmalar arasındaki tutarlılığı, dolayısıyla sonucun tutarlılığını ortaya koyar. $\varepsilon^L$ (tutarlık oranı) değerinin mümkün olduğuna sıfıra yakın olması beklenir. $\varepsilon^L$ (tutarlık oranı) 0,10'dan küçük olduğu durumlarda, elde edilen sonucun tutarlı olduğu kabul edilir. $\varepsilon^L$(tutarlık oranı) değerinin 0,10’ dan büyük olduğu durumlarda ise ikili karşılıştırma analizlerinin tekrar uygulanması gereklidir.

5. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

Sürdürülebilir çoklu taşıma öğretelerinin önem düzeylerinin belirlenmesi amac ile üretim ve ihracat yapan bir firmada üç lojistik operasyon sorumlusu, bir lojistik operasyon yöneticisi ve firma lojistik satın alma faaliyetlerinden sorumlu bir yönetici olmak üzere birçok yönetici ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirmiştir. Gelişirilen form aracılığı ile ilgili kişilerden sürdürülebilir çoklu taşıma öğretelerinden çok önemli ve en çok önemli buldukları belirtmeleri ve sonrasında en çok önemli ve en az önemli gördükleri öğreteleri, belirlenen formda ve tablo 2’de görülen, ikili karşılıştırma ölçüğünü kullanarak karşılıştırma listeleri istenmiştir. Verilen cevaplar BWM Yöntemi ile Excel Solver eklenlisi üzerinde analiz edilmiş ve aşağıda belirtilen bulgulara ulaşılmıştır.
İlk olarak sürdürülebilirlik temel kriterleri ağırlıklandırıldığında; üç temel sürdürülebilirlik kriteri içerisinde en önemli kriter %71 oranında bir önem derecesi ile ekonomik kriterdir. Bu kriter grubunu %15 önem derecesi ile çevresel kriter ve %14’lük önem derecesi ile sosyal kriter takip etmektedir. Üç temel kriterin ağırlıklandırılması ile ilgili tutarlılık oranı 0,062 < 0,10 olduğu için elde edilen sonuçlar tutarlıdır. Temel kriter gruplarının önem düzeylerinin karşılaştırma grafiği şekil 1’de verilmiştir.

**Şekil 1:** Sürdürülebilirlik Temel Kriterler Önem Düzeyleri

Sürdürülebilir çoklu taşıma için ekonomiklik temel kriterinin altında yer alan ulaştırma bütçesi-maliyet, transit süre, ulaştırma hizmetinin güv恒ılıği, yük hasar riski ve bürokratik riskler olarak beş adet gösterge arasında en önemli ve en az önemli olanlardan belirlendikten sonra ikili karşılaştırılar yapılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

Buna göre sürdürülebilirliğin ekonomiklik kriteri içerisinde %39’lük bir ağırlık ile ulaştırma bütçesi-maliyet en önemli göstergedir. Transit süre ve ulaştırma hizmetinin güvenililiği gibi iki kriterin birbiri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Yük hasar riski önem düzeyi %13 olarak belirlenirken, ekonomiklik kriteri kapsamında bürokratik risklerin %4’lük bir önem ağırlığı ile en az önemli gösterge olduğu görülmektedir.Ekonomiklik kriterine ait gösterge lerin ağırlıklandırılması ile ilgili tutarlılık oranı ($E^2$) 0,089 < 0,10 olduğu için elde edilen sonuçlar tutarlıdır.
Ekonomik sürdürülebilirlik göstergelerinin önem düzeyleri karşılaştırma grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2: Ekonomik sürdürülebilirlik göstergeleri önem düzeyleri

Ekonomik kriter başlığı altında, yukarıda ağırlıklandırması yapılan beş adet göstergeye, çevresel kriter başlığı kapsamındaki emisyon salım miktarı göstergesi eklenerek; yani ekonomik sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik kapsamında bir karşılaştırma yapılacak; önceki karşılaştırmaya göre gösterge ağırlıklarında bir değişiklik olup olmadığı gözlemlemiştir ve sonuçlar Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye ile ilgili tutarlılık oranı \((\xi^b)\) 0,087 < 0,10'dur. Bu değer elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarının tutarlığını göstermektedir.
**Şekil 3:** Ekonomik-çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri önem düzeyleri

Ekonomikliği sağlayan göstergelere çevresel bir göstergenin eklenmesi herhangi bir göstergenin önem düzeyinin yüksek seviyede düşmesine sebep olmamıştır. Buna göre; beş adet ekonomik sürdürülebilirlik göstergesine emisyon salınım miktarı göstergesi eklenliğine; ulaştırma bütçesi-maliyet göstergesinin önem ağırlığı %39'dan %35'e, transit süre ve ulaştırma hızmetinin güvenilirliği göstergelerinin her ikiinin de önem düzeyi %22'den %20'ye düşmüştür. Yük hasar riski göstergesinin önem düzeyi bir puanlık bir düşüşe %12'ye inmiş, bürokratik riskler göstergesinin önem düzeyi önceki ağırlıklandırma işleminde göre aynı kalmıştır. Emisyon salınım miktarı göstergesinin önem düzeyi %9'dur.

Sürdürülebilir çoklu taşma kavramının sosyal boyutu için güvenlik ve emniyet olarak iki gösterge değerlendirilmiş, güvenlik göstergesi emniyet göstergesinden yaklaşık iki kat önemli bulunmuştur. Bu iki gösterge karşılaştırıldığında Şekil 4 'te de görüldüğü üzere güvenlik göstergesi %66, emniyet göstergesi ise %34 önem ağırlığına sahiptir. Burada iki gösterge karşılaştırıldığı için \( \chi^2 \) değeri 0,00 olarak elde edilir.
Sosyal Sürdürülebilirlik Göstergeleri Önem Düzeyleri

Son olarak ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilir çoklu tasımacılık dahilinde mevcut sekiz adet gösterge karşılaştırıldığında; ulaştırma bütçesi-maliyet %30 önem düzeyi ile en önemli gösterge olarak, bürokratik riskler tüm karşılaştırma analizlerinde olduğu gibi bu analizde de %3 önem düzeyi ile en az önemli gösterge olarak tespit edilmiştir. Tüm aşamalarda gözlemlediği gibi bu aşamada da transit süre ve ulaştırma hizmetinin güvenilirliği göstergelerinin %17 ile eşit önem ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Sürdürülebilir çoklu taşıma göstergelerinin ağırlıklandırılması için tutarlılık oranı ($\xi^L$) 0,082 elde edilmiştir. ($\xi^L$) $< 0,10$ olduğu için elde edilen değerlendirme sonuçları tutarlıdır. Sürdürülebilir çoklu taşımda, tüm göstergelerin önem ağırlıkları değerlendirilmesinde sekiz adet göstergenin önem düzeyleri şekil 5’te gösterilmiştir.


**Şekil 5:** Sürdürülebilir Çoklu Taşıma Göstergeleri Önem Düzeyleri

Ekonomik-çevresel-sosyal sürdürülebilir çoklu taşıma göstergeleri önem düzeyleri; ulaştırma bütçesi-maliyet %30, transit süre %17, ulaştırma hizmeti güvendililiği %17, yük hasar riski %11, bürokratik riskler %4, emisyon salım miktarı %7, güvenlik %8 ve emniyet %6’dır. Gösterge havuzuna sosyal göstergelerin eklenecek değerlendirme yapılması ekonomik göstergelerin önem düzeyinin çevresel göstergeye göre daha fazla azalmasına sebep olmuştur.

6. **SONUÇ**

Ülaştırma windows yük ve yolcu taşımağlığı kapsamında ele alınan çoklu taşımaçılık tüm ulaştırma türlerini öncelikle maliyet açısından entegre ederek fayda optimizasyonunu amaçlamaktadır. Sürdürülebilir ulaştırmanın gerçekleştirilmesi için en temel gerekli ekonomik ve sosyal etkisi yüksek, çevresel etkisi düşük rotaların planlanması ve seçimdir.

Bu çalışmada; çoklu taşımanın maliyet iyileştirme amacı sürdürülebilir ulaştırma göstergeleri ile genişletilerek, çoklu taşıma kavramı sürdürülebilir ulaştırma açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla sürdürülebilir ulaştırmanın sağlanabilmesi için gerekli göstergelerin yük taşıtlanlar açısından önem düzeyi çok kriterli bir karar verme yöntemi olan BWM (Best-Worst Method) metodu ile tespit edilmeye çalışılmıştır.
Bu kapsama literatürden elde edilen çoklu ulaşırma göstergerleri yük taşran firmalar uzman görüşleri alınarak önem düzeyine göre sıralanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; sürdürülebilirlik üç temel kriteri ekonomik, düşük çevresel etki ve yüksek sosyal etki arasında ekonomik en yüksek önem düzeyine sahiptir. Ekonomik göstergeler arasında ise sırası ile maliyet-ulartırma bütçesi, transit süre ve ulaşırma hizmetinin güvenilirliği önem düzeyi yüksek göstergerler olarak belirlenmiştir. Bu göstergelere çevresel bir gösterge olarak emisyon düzeyi eklendiğinde ekonomikliği temsil eden göstergelerin önem düzeyinin çok fazla değişmediği gözlemmiştir. Sürdürülebilirliğinin tüm göstergeleri bir arada değerlendirildiğinde maliyet-ulartırma bütçesi, transit süre ve ulaşırma hizmetinin güvenilirliği en yüksek önem düzeyine sahip göstergerlerdir.

Çoklu taşımada sürdürülebilir rotaların seçimi yük taşıyanlar ve taşanlar için rekabet düzeyini artırtarak, bölgesel ekonomi ve yaşamabilir bir çevre için olumlu katkı sağlayacaktır. Bu bakımdan sürdürülebilir ulaşımın çevresel boyutunun önem kazandırılması amacı ile politikalar geliştirilmesi, yük taşınanlar ve yük taşıyıcıların bu konuda teşvik edilmesi gerekliliği açıklar.

Bu çalışma, sürdürülebilirlik değerlendirmeleri için sürdürülebilir çoklu taşıma rotalarının seçimine yardımcı olmaktadır. İlerideki çalışmalarla, elde edilen gösterge önem düzeyine göre rota performansları da ortaya konarak rota seçimi gerçekleştirilerek. Aynı zamanda bu çalışma, çoklu ulaşırmayı sürdürülebilirlik açısından değerlendirerek isteyen gerçek vaka incelemeleri ve karar desteği uygulamaları için bir aşama olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA


