



## Araştırma Makalesi • Research Article

### Gri Temelli TOPSIS Yöntemi ile Depo Yeri Seçimi

#### Warehouse Location Selection Using Grey Based TOPSIS Method

Nihan Kabadayı <sup>a,\*</sup>, Tuba Ezgi Çakır Esen <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Üretim Anabilim Dalı, 34320, İstanbul/Türkiye.  
ORCID: 0000-0003-1950-4877

<sup>b</sup> Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Üretim Anabilim Dalı, 34320, İstanbul/Türkiye.  
ORCID: 0000-0002-8490-9857

#### MAKALE BİLGİSİ

##### Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 01 Temmuz 2020  
Düzeltilme tarihi: 26 Aralık 2020  
Kabul tarihi: 04 Ocak 2021

##### Anahtar Kelimeler:

Depo Yeri Seçimi  
Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)  
Gri Teori  
Gri Temelli TOPSIS

#### ÖZ

Depo yeri seçimi, birçok kriterin aynı anda değerlendirilerek işletmenin maksimum fayda sağlayacağı en uygun lokasyonun belirlendiği bir problemdir. Problemin bu yapısından dolayı, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri bu problemin çözümünde etkili sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada bir 4. parti lojistik (4PL) firmasının yeni depo yeri seçimi kararı için bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde çözüm yöntemi olarak Gri Temelli TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür çalışmasına göre bu yöntem daha önce depo yeri seçimi problemlerinin çözümünde kullanılmamıştır. Bu çalışmada depo yeri seçimi problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere alternatif bir yöntemin önerilmesi ve geniş bir depo yer seçimi kriter setinin oluşturulması ile literatüre fayda sağlamak amaçlanmaktadır.

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 01 July 2020  
Received in revised form 26 December 2020  
Accepted 04 Ocak 2021

##### Keywords:

Warehouse Location Analysis (MCDM)  
Grey Theory  
Grey Based TOPSIS

#### ABSTRACT

Warehouse location selection problem, determines the most appropriate location where companies will get maximum benefit, by evaluating many criteria simultaneously. Due to the structure of the problem, multi-criteria decision-making (MCDM) methods give effective results for solution. This paper presents an application of Grey Based TOPSIS to a real warehouse location selection problem of international fourth-party logistics (4PL) company. In the developed model, the Grey Based TOPSIS method was used as the solution method. Based on literature review, this method has never been used to solve warehouse location selection problems. The main idea of this article is to propose an alternative method for the warehouse selection problem and to provide a comprehensive set of warehouse selection criteria to the literature.

## 1. Giriş

Günümüzde tedarik zinciri yönetiminin başarısı firmalar için stratejik bir önem taşımaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde firmaların ortak hedefler etrafında birleşerek faaliyet göstermesi, küresel ticaret ortamındaki zorlayıcı rekabet koşullarında firmaların sürdürülebilir başarı elde etmesi için önemli bir unsurdur (Dey vd., 2016: 262-278). Tedarik zinciri yönetiminde başarılı olabilmek için; ürün, bilgi ve

finansal kaynakların zincir boyunca tam zamanlı ve doğru bir şekilde çift taraflı olarak dolaşımının sağlanması önemlidir. Ürünlerin tedarik zinciri boyunca hammadde üreticisinden nihai tüketiciye kadar iletilmesinde depoların önemli bir rolü vardır. Tedarik zinciri içerisinde depolar taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ve hizmet seviyesinin artırılmasını sağlamaktadır.

Depo kavramının ortaya çıkış temeli ürünlerin zarar görmeden saklanabilmesidir. Ancak günümüzde depolar bu

\*Sorumlu yazar/Corresponding author.  
e-posta: : nihank@istanbul.edu.tr

amacın ötesinde bir kapsamda ve stratejik öneme sahip tesisler haline gelmiştir. Küreselleşmeyle birlikte firmalar çeşitli maliyet avantajları ve yeni pazarlardan yararlanabilmek amacıyla geniş coğrafi alanlarda faaliyet göstermeye başlamıştır. Bu durum uzun tedarik sürelerine ve yüksek taşıma maliyetlerine neden olmuştur. Bununla birlikte depoların tedarik zincirinde stratejik önemi artmıştır. Doğru depo yeri seçimi ise tedarik zinciri başarısı için oldukça kritik bir karar haline gelmiştir.

Tedarik zinciri yönetiminde birbiriyle çelişen amaçlara sahip birçok karar alınmaktadır. Bu kararları, etki süreleri ve kapsamına göre stratejik, taktiksel ve operasyonel olarak üç sınıfa ayırmak mümkündür. Tedarik zinciri yönetiminde alınan stratejik kararlar etki süresi en uzun, değiştirilmesi en zor ve maliyetli olan kararlardır. Stratejik kararların doğruluğu, taktiksel ve operasyonel kararların doğruluğunu da etkilemektedir. Tedarik zincirinde yer alan tesislerin rolü, kapasitesi ve yer seçimi kararları, tedarik zinciri yönetiminde alınan stratejik kararlardan bazılarıdır. Tedarik zinciri stratejisine uygun depo yeri seçimi müşteri memnuniyetinin artmasına, teslimat sürelerinin kısalmasına ve taşıma maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede doğru depo yeri seçimi firmaların rakiplerine karşı rekabet avantajı elde etmesini sağlamaktadır. Ayrıca, depo yeri seçim kararı firmanın uzun dönemdeki taşıma maliyetlerini ve operasyonel maliyetlerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle bu kararın titiz hesaplamalar ve çalışmalar ile alınması işletmeler için oldukça önemlidir. Yanlış bir depo yeri seçimi kararı, firmaların taşıma ve operasyonel maliyetlerinin artmasına, teslimat sürelerinin uzamasına ve aynı zamanda müşteri hizmet seviyesinin düşmesine neden olabilmektedir. Firmalar için en uygun depo yeri seçimi kararı kritik bir karar sürecidir. Depo yeri seçiminin tedarik zincirinin genel verimliliğini artırması ve bunun yanı sıra taşıma maliyetlerini ve üretim maliyetlerini de olumsuz yönde etkilememesi beklenmektedir (KrSingh vd., 2018: 344).

Depo yeri seçiminin, uzman bir ekip tarafından belirlenecek olan kritik başarı faktörlerine uygun olarak gerçekleştirilmesi, işletmeler için uzun dönemde tedarik zinciri yönetiminde performans artışına katkı sağlamaktadır. Depo yeri seçimi çalışmalarında, süreci sübjektif etkilerden arındırmak amacıyla sayısal veriler ve yöntemler ile yapılacak analizlerin gerçekleştirilmesi, yer seçimi kararının doğruluğunu arttıracaktır. Depo yeri seçiminde kullanılacak olan yöntem belirlenirken işletmenin elinde var olan veriler, kurulacak depo sayısı, mevcut depoların durumu, planlama döneminin uzunluğu, değerlendirilecek olan aday depo yerlerinin sayısı ve firma için önemli olan kritik başarı faktörleri göz önüne alınmalıdır.

Depo yeri seçimi problemlerinde, birden çok kriteri değerlendirmeye imkan sağlayan ve aynı zamanda uzmanların bilgi ve tecrübelerinin yer seçimi kararlarına aktarılmasına izin veren çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemleri, aynı anda birçok kriterin göz önünde bulundurulmasıyla çok sayıda alternatif arasından en uygun olanın belirlenmesine yardımcı olan yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri uzmanların bilgi ve tecrübesinin çözüme dahil edilmesine imkan tanımaktadır. Bu yöntemler kullanım kolaylığı ve performansları nedeniyle literatürde çok sayıda çalışmada kullanılmıştır. ÇKKV yöntemleri, yer seçimi, tedarikçi

seçimi ve performans değerlendirme, makine seçimi, proje seçimi vb. çeşitli problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada, depo yeri seçiminde etkili performans kriterlerinin belirlenmesi ve en uygun depo yerinin seçimi için bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Belirsizlik durumunda problem çözümünde etkili olan Gri Temelli TOPSIS yöntemi, daha önce bu problemin çözümünde kullanılmamış olduğundan çözüm yöntemi olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan literatür çalışmasına göre depo yeri seçimi problemini ele alan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Böylece göreceli olarak dar kapsamlı olan ilgili literatüre, depo yeri seçimi problemlerinin çözümünde kullanılacak alternatif bir yöntem önererek fayda sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışmanın uygulama bölümünde ilgili yöntemin performansının ölçülmesi amacıyla ulusal ve uluslararası düzeyde hizmet veren bir 4. Parti Lojistik (4PL) firmasının depo yerleşim yeri seçim süreci ele alınmıştır.

## 2. Literatür Araştırması

Depo yeri seçimi ile ilgili son dönemlerde yapılan çalışmalar incelediğinde, çok kriterli karar verme tekniklerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. KrSingh vd. (2018: 343-356), otomotiv parçaları üretimi yapan bir firma için Bulanık AHP yöntemini kullanarak yeni bir depo yeri önerisinde bulunmuş; alt yapı (ulaşım, elektrik ve su kaynakları, iletişim olanakları); devlet yönetimi (arazi fiyatları, vergi politikaları, teşvikler); pazar durumu (pazar büyüklüğü, hedef pazara yakınlık, pazarın büyüme olanakları) gibi ana ve alt kriterleri dikkate almıştır. Yavuz (2018: 169-191), gıda ürünleri üreticisi bir firma ile yaptığı çalışmada, Gri Sistem Teorisi ve VIKOR yöntemlerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmada; ulaştırma, iş yeri, işçilik, stok bulundurma maliyetleri, depo kapasitesi, mağazalara uzaklık ve üretim merkezine uzaklık gibi kriterler değerlendirilmiş ve bu kriterler kapsamında uygulanan VIKOR ve Gri Sistem Teorisi yöntemlerinin aynı sonucu verdiği tespit edilmiştir. Gołda ve Izdebski (2017: 635-640), en etkin depo yerinin seçimi için genetik algoritmayı kullanmıştır. Alternatif depo yerinin belirlenmesinde; lojistik ağı tesisleri arasındaki ulaşım maliyetleri, depoların hammaddeye yakınlığı, yakıt maliyetleri, depoya ilişkin ek maliyetler, yerel vergiler, sabit maliyetler, iş gücü maliyetleri, arazi genişletme maliyetleri, depoların demiryolu ve karayolu ulaşım olanakları gibi kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Gül ve Eren (2017: 1-13), kamu sektöründe yaptıkları çalışmalarında AHP yöntemini kullanmış ve toplam teslimat süresi, siparişin karşılama güvenilirliği, kalite, kapasite esnekliği, katma değerli hizmetler, ulaşım olanakları, potansiyel kalkınma gibi kriterleri değerlendirmeye almışlardır. Ofluoğlu vd. (2017: 89-106), afet durumunda depo yeri seçimi için çok kriterli karar verme tekniklerinden SAW, TOPSIS ve VIKOR' u kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda; yerleşim yerine uzaklık, arazi büyüklüğü, arazinin afetselliği, hava limanına yakınlık, limana yakınlık, karayoluna yakınlık, arazi maliyeti, arazinin jeolojik yapısı, elektrik bağlantısına uzaklık, su bağlantısına uzaklık ve kanalizasyon bağlantısına uzaklık gibi kriterler belirlenmiştir. Uygulamanın sonunda yapılan duyarlık analizi ile modelin uygunluğu test edilmiştir. Cömert ve Yener (2016: 161-177), bir gıda firmasının depo yeri seçimi için Bulanık AHP metodunu kullanmış ve dört ana ana kriter

ile sekiz alt kriteri değerlendirmiştir. Söz konusu ana ve alt kriterler: Maliyet (nakliye maliyeti, işçilik maliyeti); alt yapı (arazi büyüklüğü, depolama); çevresel etmenler (ana yollara uzaklık, üretim merkezine uzaklık); iş gücü (kalifiye eleman, katma değer sağlayan faaliyet kapasitesi) şeklindedir. Özbek ve Erol (2016: 23-42), depo yeri seçimi problemi için; AHP, Basit Ağırlıklı Toplama, COPRAS ve MOORA yöntemlerini içeren bütünlük bir model önermişlerdir. Birim fiyatı, stok bulundurma kapasitesi, marketlere olan ortalama uzaklık, ana tedarikçiye olan ortalama uzaklık ve hareket esnekliği gibi kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Karar alternatiflerinin seçiminde ise Basit Ağırlıklı Toplama, COPRAS ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan uygulamanın sonucunda bu üç yöntemin de aynı alternatifini gösterdiği tespit edilmiştir. Aktepe ve Ersöz (2014: 2-15), bir döküm fabrikasının depo yeri seçimi için; satışlar, toptan ve perakende satış arasındaki oran, yolların bulunması, rakip firmaların bulunması, depo kiralama maliyeti ve potansiyel büyüme gibi kriterleri değerlendirmişlerdir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi; alternatiflerin sıralanmasında ise VIKOR ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Akyüz ve Soba (2013: 185-198), bir tekstil işletmesi için depo yeri seçimi problemini ele almış ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden ELECTRE' yi kullanmışlardır. Merkeze uzaklık, limana uzaklık, tahsis edilecek alan, organize sanayi bölgelerine uzaklık, ortalama arsa satış fiyatı, organize sanayi bölgesi müdürlüğündeki çalışan sayısı, elektrik satış fiyatı, nüfus, altyapı ve teşviklerden yararlanma durumu değerlendirilen kriterlerdir. Ashrafzadeh vd. (2012: 655-671), depo yeri seçimi için Bulanık TOPSIS metodunu kullanmışlardır. Depo yeri için değerlendirilen kriterler; iş gücü maliyetleri, ulaşım maliyetleri, elde bulundurma maliyetleri, arazi maliyetleri, kalifiye iş gücü, iş gücünün durumu, arazinin durumu, iklim, ulaşım türlerinin durumu, iletişim sistemleri, ulaşımın kalitesi ve güvenilirliği, elektrik, su ve doğal gaz kaynaklarının kalitesi ve güvenilirliği, müşterilere yakınlık, üreticilere yakınlık, teslim süreleri ve cevap verebilirliktir. Çaka (2012), gıda ürünleri üreticisi bir firmanın depo yeri seçimi için; maliyet (işçilik, sevkiyat, depolama maliyetleri); iş gücü (kalifiye eleman, katma değer yaratan faaliyet kapasitesi); çevresel etmenler (pazara yakınlık, ulaşım alternatifleri, yasal prosedürler ve firma güvenilirliği); alt yapı (kapasite, depolama ve malzeme taşıma sistemleri, sevkiyat sıklığı, depolama koşulları) gibi ana ve alt kriterleri değerlendirmiştir. Uygulamada CHOQUET İntegral Yöntemi kullanılmıştır. Özcan vd. (2011: 9773-9779), perakende sektöründe depo yeri seçimi için; TOPSIS, ELECTRE ve Gri Teoriyi kullandıkları karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Birim fiyatı, stok bulundurma kapasitesi, mağazalara ortalama uzaklık, ana tedarikçilere ortalama uzaklık, hareket esnekliği gibi kriterler değerlendirilmiştir. Demirel vd. (2010: 3943-3952), lojistik sektöründe depo yeri seçimi probleminin çözümü için CHOQUET İntegral Yöntemini kullanmışlardır. Maliyetler (iş gücü ve ulaşım maliyetleri, vergi teşvikleri, vergi yapıları, finansal teşvikler ve taşıma maliyetleri); iş gücü özellikleri (kalifiye işçi ve iş gücünün uygunluğu durumları); altyapı (ulaşım, telekomünikasyon sistemleri, ulaşımın kalitesi ve güvenilirliği) ; Pazar (müşterilere yakınlık, tedarikçilere ve üreticilere yakınlık, teslim süreleri ve hızlı çözüm oluşturma); makro çevre(devlet politikaları, endüstriyel düzenlemeler, imar ve inşaat planı) gibi ana ve alt kriterler değerlendirilmiştir. Yılmaz vd. (2011: 485-494),

uluslararası düzeyde etkinlik gösteren bir firmanın hızlı tüketim malları için depo yeri seçimi problemini ele almıştır. Söz konusu firmanın Türkiye genelinde açacağı depo sayısı ve bu depoların yerlerinin belirlenmesi problemi, genetik algoritma ile çözülmüş ve en iyi çözüm elde edilmiştir. Çalışmada; depoların talep bölgelerine olan uzaklıkları ve sabit maliyetler ana değişkenler olarak ele alınmıştır. Çalık (2020: 101-114), alüminyum sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın depo yeri seçimi kararı için; uzmanlar tarafından belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında aralık Tip-2 Bulanık AHP ve ardından alternatif depo yerlerinin sıralanmasında aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada belirlenen ana ve alt kriterler; maliyet (işçilik maliyeti, taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti), konumun özellikleri (stok tutma kapasitesi, arazi kullanılabilirliği, iklim), yakınlık (müşterilere yakınlık, tedarikçilere veya üreticiye yakınlık, taşıma modlarına olan yakınlık) şeklindedir. Chen (2009: 71-75), depo yeri seçiminin en önemli lojistik faaliyetlerden biri olduğunu belirttiği çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP' yi kullanmıştır. Çalışmada değerlendirmeye alınan kriterler; müşterilere olan uzaklık, ulaşım olanakları, arazinin mevcut ve gelecekteki durumu, doğal çevre koşulları ve politik çevre koşullarıdır. Jayant (2015: 157-164), bir üretim işletmesinin depo yeri kararı için; VIKOR, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemlerini kullanmıştır. Sözü geçen yöntemlerle ayrı ayrı değerlendirmeye alınan kriterler; birim fiyat, stok tutma kapasitesi, mağazalara olan ortalama uzaklık, ana tedarikçilere olan ortalama uzaklık ve hareket esnekliğidir. Karmaker ve Saha (2015: 315-334), Bangladeş' te hizmet vermekte olan bir firma için, 5 alternatif depo yeri arasından seçim yapılması problemini ele almışlardır. Cevap verebilirlik (tedarik süresi, gerekli bilgilerin sağlanması), ulaşımın durumu (ulaşımın kalitesi, ulaşım türlerinin mevcudiyeti, haberleşme), maliyetler (arazi maliyeti, taşıma maliyeti, iş gücü maliyeti, ulaşım maliyeti), konumun özellikleri (iklim, arazinin kullanılabilirliği, kamu hizmetlerinin kalitesi ve kullanılabilirliği, üreticilere olan yakınlık, müşterilere olan yakınlık), iş gücünün uygunluğu (kalifiye iş gücü, uygun işgücünün mevcudiyeti) gibi ana ve alt kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık AHP yöntemi kullanılırken, alternatif depo yerinin belirlenmesinde ise; TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Sağnak (2020: 615-623) perakende sektöründe depo yeri seçimi için yaptığı çalışmada; taşıma maliyeti, satış tahmini (talep), depo yatırım maliyeti, depo kapasitesi, teslim süresi, çalışan maliyeti, çeşitli çalışma opsiyonlarının varlığı, müşterilere yakınlık, tedarikçilere yakınlık, üreticilere yakınlık arazi uygunluğu, vergi politikası, altyapı (su, telekomünikasyon, elektrik), güvenlik gibi kriterleri ele almıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık AHS yöntemi, alternatiflerin değerlendirilmesinde ise Bulanık TODIM yöntemi kullanılmıştır. Kış vd. (2020: 227-240), elektrik dağıtımı için depo yeri seçimi probleminin çözümünde modifiye edilmiş KEMIRA yöntemini kullanmıştır. Söz konusu çalışmada; tüketim miktarları, 2018 yatırım miktarları, aylık taşıma maliyeti, ana deponun aylık taşıma maliyeti, en yakın ana yola olan mesafe, ana tedarikçiye olan ortalama mesafe, hareket kabiliyeti, ortalama teslimat süresi, arazi maliyeti gibi kriterler değerlendirmeye alınmıştır. Turgut ve Şahin (2019: 42-59), yaş sebze ve meyve depo yeri seçimi için Mersin İlinde yaptıkları uygulamada; maliyet (toprak maliyeti, nakliye

maliyeti, iş gücü maliyeti), işgücü (nitelikli işgücünün varlığı, işgücünün ulaşım imkanları, çevre (doğal afet riski, yer şekilleri), pazar (üreticiye yakınlık, müşteriye yakınlık), altyapı (taşıma modlarına yakınlık, liman ve terminallere yakınlık) gibi ana ve alt kriterleri ele almıştır. AHP yönteminin kullanıldığı çalışmada 3 alternatif il arasında karşılaştırma yapılmıştır. Ergün vd. (2020: 1-13), afet depo yeri seçimi problemini ele aldıkları çalışmalarında; kriterleri ağırlıklandırırken AHS yöntemini, alternatiflerin seçiminde ise MAUT ve SAW yöntemlerini kullanmışlardır. Konum (afete maruz kalanlara ulaşım süresi, yerleşim yerine uzaklık, depolara ve gıda temin edilecek noktalara uzaklık, kara yoluna uzaklık, hava yoluna uzaklık, deniz yoluna uzaklık, arazi maliyetleri), altyapı (afetsellik yapısı, arazinin zemini, arazi tapu bilgileri, işgücünün durumu, sel, toprak kayması ve fırtına riski, fay geçme durumu), iş birliği (lojistik hizmet veren firmalar, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, hükümet teşvikleri) çalışmanın ana ve alt kriterlerini oluşturmuştur. Ehsanifar vd. (2020: 1-14), çelik sektörü depo yeri seçimi için yaptıkları çalışmalarında UTASTAR yöntemini kullanmışlar ve farklı ulaşım sistemlerine ulaşım, konumun dağıtım kalitesi, tedarik zinciri boyunca dağıtım kalitesi, taşıma için gerekli olan işçilik maliyeti, yatırım maliyeti, üretim alanına olan erişim imkânı, tamir alanına olan erişim imkanı, gelişme ve genişleme imkanı, depolama kapasitesi, cevap verebilirlik süresi ve gecikme durumu gibi kriterleri değerlendirmeye almışlardır.

Ek-1’ de depo yer seçimi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar ve kullanılmış olan kriterlerin özeti yer almaktadır.

### 3. Depo Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler

Yerleşim yeri kararları tedarik zinciri performansı üzerinde uzun süreli etkileri olan kararlardır. Bunun başlıca sebebi; bir yerleşim yerini kapatmanın ya da taşımanın işletmeler açısından oldukça maliyetli olmasıdır. Bir tedarik zincirinde, yerleşim yeri için verilmiş doğru kararlar maliyetleri büyük oranda düşürmektedir (Chopra, 2013: 109).

Günümüzde kısalan ürün yaşam eğrileri, müşterilerin ürünlerini en kısa sürede teslim alma isteği, artan ürün çeşitliliği, uzayan taşıma mesafeleri gibi etkenler nedeniyle rekabet şartları oldukça zor hale gelmiştir. Bu pazar koşullarında rekabet avantajı elde etmek isteyen firmaların tedarik zinciri ağ tasarımlarını optimize etmesi gerekmektedir (KrSingh vd., 2018: 345). Bu amaçla tedarik zincirinde yer alan tesislerin yer seçim kararları sistematik ve detaylı analizler sonucunda belirlenmelidir. Tedarik zincirinde depo ve dağıtım merkezlerinin lokasyonları taşıma, stok maliyetleri ve teslimat süreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Depo ve dağıtım merkezi yeri seçimi, nitel ve nicel kriterleri göz önünde bulunduran bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Current vd. (1990: 295-307) tarafından yapılmış olan kapsamlı literatür çalışmasına göre firmaların depo ve dağıtım merkezi yer seçimi kararlarında genel olarak dört temel amaç bulunmaktadır. Bunlar maliyet minimizasyonu, müşteri taleplerini maksimum seviyede karşılama, kar maksimizasyonu ve çevresel duyarlılıktır (Vanichchinchai ve Apirakkhit, 2018: 750).

Her bir firma için depo yeri seçiminde önemli olan faktörler ve bu faktörlerin önem derecesi değişmektedir. Genellikle firmanın bulunduğu sektöre ve rekabet stratejisine göre ilgili

faktörler ve onların önem derecesi değişmektedir. Bu sebeple yer seçimi problemlerinin başarısı için kriter seti belirleme aşaması oldukça önemli bir aşamadır. Bir önceki bölümde yapılan literatür araştırmasından yola çıkılarak, bir işletmenin depo yeri kararını etkileyen faktörler ana başlıklarıyla; maliyetler, alt yapı, ulaşım olanakları, coğrafi özellikler, devlet politikaları, konum, pazarın ve iş gücünün durumu şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde ele alınan 4PL firmasının yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda, aşağıda yer alan ana ve alt kriterlerin değerlendirmeye alınması kararlaştırılmıştır.

- **Coğrafi Özellikler:** Bu kriter deponun kurulacağı yerdeki altyapı imkanlarını içeren kriter grubunu ifade etmektedir. Her bir işletme için depo yer seçimindeki altyapı gereksinimleri çeşitlilik göstermektedir.
- **Arazi Büyüklüğü:** Deponun kurulacağı bölgede, ihtiyaç duyulan büyüklükte boş arazi olup olmama durumunu ifade eden alt kriterdir.
- **Genişlemeye Elverişlilik:** Deponun kurulacağı bölgedeki mevcut arazilerin, ilerleyen dönemlerde, olası depo büyütme planlarına uygun olup olmama durumunu ifade eden alt kriterdir.
- **Alt Yapı Olanakları:** Deponun kurulacağı bölgenin mevcut elektrik, su, doğalgaz gibi alt yapı durumunu ifade eden alt kriterdir.
- **Fiziksel Özellikler:** Deponun kurulacağı bölgedeki arazinin, yer şekilleri bakımından durumunu ifade eden alt kriterdir.
- **Maliyet**
- **İşçilik Maliyeti:** Deponun kurulacağı bölgedeki genel işçilik ücretlerini ifade eden alt kriterdir.
- **Arazi Maliyeti:** Deponun kurulacağı bölgedeki arazi fiyatlarını ifade eder.
- **Ulaşım Maliyeti:** Yeni deponun kurulacağı bölgeye olan ulaşımın genel maliyetlerini ifade eder.
- **Vergi İndirim ve Teşvik Oranları:** Yeni deponun kurulacağı bölgede devlet teşvikleri ve/veya vergi indirimini olup olmama durumunu ifade eden alt kriterdir. Örneğin; bazı bölgelerin kalkındırılması gibi sebeplerle, o bölgeye yapılacak olan yatırımları teşvik etme amacıyla devlet, vergi indirimini ve/veya teşvik yapabilmektedir.
- **İş Gücü**
- **İş Gücü Yeterliliği ve Kalitesi:** Deponun kurulacağı bölgede, depolarda görev alması konusunda ihtiyaç duyulan iş gücünün gerek nitelik gerekse nicelik bakımından karşılanabilirliğini ifade eden alt kriterdir.
- **Demografik Özellikler:** Deponun kurulacağı bölgede, depolarda görev alması konusunda ihtiyaç duyulan iş gücünün demografik özelliklerini (yaş, cinsiyet, eğitim, gelir düzeyi vb.) ifade eden alt kriterdir.
- **Sosyal İmkanlar ve Eğitim Olanakları:** Deponun kurulacağı bölgedeki sağlık hizmetlerinin durumunu; spor komplekslerine, kültür sanat faaliyetlerine olan yakınlığı ve eğitim imkanlarını (üniversite, lise, ilköğretim kurumlarına olan yakınlık gibi) temsil eden alt kriterdir.

- İş Gücüne Erişebilirlik: Kurulacak olan depoda çalışması için ihtiyaç duyulan iş gücüne ulaşabilme durumunu ifade eden alt kriterdir.
- **Ulaşım Olanakları:** Depo yeri seçiminde önemli kriterlerden bir tanesi de ürünlerin taşınması için uygun ulaşım olanaklarına sahip olunmasıdır. Depodan ürünlerin sorunsuzca müşterilere ulaştırılabilmesi ve tedarikçi/üretici firmadan ürünlerin depolara en uygun fiyat ve koşullarda ulaştırılabilmesi için depo yerinin ulaşım olanaklarına yakın olması oldukça önemlidir. Depo yerinin firmanın tercih etmiş olduğu taşıma moduna uygun olacak şekilde havalimanlarına, limanlara, demiryollarına, otoyollara ve yerleşim alanlarına yakın olması taşıma maliyetlerini önemli oranda düşürürken operasyon sürelerinden de avantaj sağlayacaktır (Demirel vd., 2010: 9).
- Havalimanlarına Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin, havalimanlarına yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir.
- Limanlara Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin, limanlara yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir. Örneğin; ürün sevkiyatını deniz yoluyla gerçekleştiren firmalar için bu kriter son derece önemlidir.
- Otoyollara Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin otoyollara yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir.
- Demiryollarına Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin demiryollarına yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir.
- Yerleşim Alanlarına Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin, yerleşim yerlerine yakın olma durumunun ne derece önemli olduğunu ifade eden alt kriterdir.
- **Ticari Lokasyon Özellikleri:**
- Gümrüklere Yakınlık: Kurulması planlanan deponun, gümrüklere yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir.
- Pazarlara/Müşterilere Yakınlık: Kurulması planlanan deponun, faaliyet gösterilen iş kolundaki hedef pazara olan yakınlığının önemini ifade eden alt kriterdir.
- Üreticilere Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin, iş birliği içerisinde bulunan üreticilere yakınlığını ifade eder.
- Sınır Kapılarına Yakınlık: Deponun kurulacağı bölgenin, sınır kapılarına yakın olup olmama durumunun önemini ifade eden alt kriterdir.

#### 4. Araştırma Yöntemi

##### 4.1. Gri Sistem Teorisi

Gri sistem teorisi ve sayılar ilk defa Deng (1982: 288-294) tarafından geliştirilmiştir. Bu teoriye göre, eksik bilgi içeren ve tamamı tam olarak bilinmeyen sistemler gri sistem olarak tanımlanır. Eksik bilgilerden kaynaklanan belirsizlik durumlarında ilişkilerin analizinde gri sistem teorisi başarılı olmaktadır. Gri sistem teorisine göre kusursuz ve tam bilginin olduğu sistemler beyaz sistem, tam tersi durumdaki sistemler ise siyah sistem olarak tanımlanmaktadır (Köse vd., 2013: 462). Gri teori basit hesaplama yapısı nedeniyle literatürde farklı alanlardaki problemlerin çözümüne

uygulanmıştır. Talep tahmini, faktör analizi, optimizasyon teorisi ve farklı alanlardaki sayısal problemlerin çözümünde etkin sonuçlar üretebilmektedir. Literatürde tedarikçi seçimi, finansal performans ölçümü, personel seçimi, tesis yeri seçimi, müşteri satın alma davranışlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi gibi birçok farklı işletme probleminin çözümünde kullanılmıştır (Dang vd., 2020: 961).

##### 4.2. Gri Sayılar

Gri sayılar aralık olarak ifade edilen ancak tam olarak bilinmeyen sayılardır.  $\otimes A$  sembolü ile tanımlanan bir gri sayı iki değer arasındaki aralık olarak  $[\underline{A}, \overline{A}]$  şeklinde ifade edilmektedir. Buradaki  $\underline{A}$  gri sayının alt limit değeri iken  $\overline{A}$  üst limit değeridir. Buna göre bir gri sayı,  $\otimes A = [\underline{A}, \overline{A}] = [A' \in A | \underline{A} \leq A' \leq \overline{A}]$  şeklinde ifade edilebilir.

Li vd. (2007) tarafından geliştirilmiş olan gri olasılıklar derecesi gri sayı değerlerinin karşılaştırılması için uygulanmaktadır. Gri olasılıklar derecesi iki gri sayının birbirine göre büyüklük veya küçüklük durumunu ifade etmektedir. Eşitlik (1),  $\otimes A \leq \otimes B$  'nin olasılık derecesinin hesaplanmasını göstermektedir. Gri sayı değerlerinin karşılaştırılması ise eşitlik [2-6]'e göre yorumlanabilmektedir (Bhattacharyya, 2015).

$$P(\otimes A \leq \otimes B) = \frac{\max\{0, \overline{A} + \overline{B} - \underline{A} - \underline{B} - \max\{0, \overline{A} - \underline{B}\}\}}{\overline{A} + \overline{B} - \underline{A} - \underline{B}} \quad (1)$$

$$\text{Eğer } \overline{A} = \overline{B} \text{ ve } \underline{A} = \underline{B} \text{ ise } \otimes A = \otimes B \text{ ve } P(\otimes A \leq \otimes B) = 0,5 \quad (2)$$

$$\text{Eğer } \underline{B} > \overline{A} \text{ ise } \otimes B > \otimes A \text{ ve } P(\otimes A \leq \otimes B) = 1 \quad (3)$$

$$\text{Eğer } \overline{B} < \underline{A} \text{ ise } \otimes B < \otimes A \text{ ve } P(\otimes A \leq \otimes B) = 0 \quad (4)$$

$$\text{Eğer } P(\otimes A \leq \otimes B) > 0,5 \text{ ise } \otimes A > \otimes B \quad (5)$$

$$\text{Eğer } P(\otimes A \leq \otimes B) < 0,5 \text{ ise } \otimes B < \otimes A \text{ 'dir.} \quad (6)$$

##### 4.3. Gri Temelli TOPSIS Yöntemi

Gri temelli TOPSIS yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi, uzmanların bilgi ve tecrübelerinin problem çözümüne aktarılmasına imkân tanımaktadır. Uzman bilgi ve tecrübelerinin çözüme katılması sayesinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu yöntemde uzmanların sözel değerlendirmeleri gri sayılar kullanılarak hesaplara aktarılmaktadır. Yöntemin uygulama adımları klasik TOPSIS yöntemiyle benzerlik göstermekle beraber gri sayıların kullanılmasından kaynaklanan bazı farklı hesaplama adımları içermektedir. Gri temelli TOPSIS yöntemi Li vd. (2007) tarafından geliştirilmiş olan gri olasılık derecesine dayanan yöntemden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Li vd. (2007) tarafından geliştirilen yöntem eksik bilgi veya belirsizlik olduğu durumlarda çok kriterli problemlerin çözümünde etkili sonuçlar veren bir yöntem olmasına rağmen alternatiflerin değerlendirilmesi sırasında bazı eksikliklere sahip olduğu için bu durumun üstesinden gelebilmek amacıyla TOPSIS yöntemi ile birleştirilmiştir (Jadidi vd., 2008: 772). Gri temelli TOPSIS yönteminin çözümünde ideal gri ve negatif ideal gri değerlerden mesafelerin hesaplanabilmesi için Bai ve Sarkis (2018) tarafından yeni bir eşitlik önerilmiştir. Gri temelli TOPSIS

yöntemi literatürde çeşitli alanlardaki problemlerin çözümü için kullanılmıştır. Bunlar; tedarikçi seçim problemi (Jadidi vd., 2008: 770-777.; Bai ve Sarkis 2018: 2202-2224), kitle özelleştirme sistemlerinin çevikliğinin ölçülmesi problemi (Mishra vd., 2013: 440-462), değer zinciri performans ölçümü (Nyaoga vd. 2016: 431-446), bilgisayarlı tamir-bakım yönetim sisteminin seçim problemi (Zare vd., 2018:341-358) gibidir.

Gri temelli TOPSIS yönteminin hesaplama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Bai ve Sarkis: 2018: 2210-2217);

1. **Kriter Önem Derecelerinin Belirlenmesi:** Karar verme sürecinde kullanılacak olan değerlendirme kriterlerinin önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla konusunda uzman bir grup karar verici Tablo 1’deki sözel değerlendirme ölçeğini kullanarak kriterlerin önem derecelerini değerlendirir.

**Tablo 1.** Önem Derecesi İçin Gri Değerlendirme Ölçeği

Ölçek	Gri Sayı Karşılığı
Hiç Önemli Değil (HÖD)	[0;0,1]
Önemli Değil (ÖD)	[0,1;0,3]
Az Önemli (AÖ)	[0,3;0,4]
Orta (O)	[0,4; 0,6]
Biraz Önemli (BÖ)	[0,6;0,7]
Önemli (Ö)	[0,7;0,9]
Çok Önemli (ÇÖ)	[0,9;1]

Değerlendirmelerin K adet uzmandan tarafından gerçekleştirildiği varsayıldığında ve  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_N\}$  olduğunda ve  $\otimes w = \{\otimes w_1, \otimes w_2, \dots, \otimes w_M\}$  gri sayılar ile kriter ağırlık değerlerini ifade eden vektör ise, K adet uzman tarafından değerlendirilmiş olan kriterlerin önem derecelerinin ortalaması aşağıdaki eşitlik (7) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\otimes w_j = \frac{1}{K} [\otimes w_j^1 + \otimes w_j^2 + \dots + \otimes w_j^K] \quad (7)$$

Bu eşitlikteki  $\otimes w_j^K$ , j kriterinin önem derecesinin K uzmanının değerlendirmesine göre ağırlık değerini ifade etmektedir.  $\otimes w_j^K$  bir gri sayı olmak üzere  $\otimes w_j^K = [\underline{w}_j^K, \overline{w}_j^K]$  şeklinde ifade edilmektedir.

2. **Ortalama Karar Matrisinin Oluşturulması:** Ortalama karar matrisi K sayıdaki karar vericinin Tablo 2’deki sözel değerlendirme ölçeğini kullanarak alternatifleri ilgili kriterlere göre değerlendirilmesinin ardından eşitlik (8) yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki  $\otimes x_{ij}^k$ , k. karar vericinin i kriterine göre j alternatifini değerlendirmesini ifade etmektedir.  $\otimes x_{ij}$  bir gri sayı olmak üzere  $\otimes x_{ij} = [\underline{x}_{ij}, \overline{x}_{ij}]$  şeklinde ifade edilmektedir.

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{K} [\otimes x_{ij}^1 + \otimes x_{ij}^2 + \dots + \otimes x_{ij}^K] \quad (8)$$

Her bir alternatifin karar verici grup tarafından ilgili kriterlere göre değerlendirilmesi ile eşitlik (9)’da gösterildiği gibi ortalama karar matrisi oluşturulur.

$$K = \begin{bmatrix} \otimes x_{11} & \otimes x_{12} & \dots & \otimes x_{1j} \\ \otimes x_{21} & \otimes x_{22} & \dots & \otimes x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \otimes x_{i2} & \dots & \otimes x_{ij} \end{bmatrix} \quad (9)$$

**Tablo 2.** Kriter Değerlendirmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler ve Gri Sayı Karşılığı

Ölçek	Gri Sayı Karşılığı
Çok Kötü (ÇK)	[0; 0,1]
Kötü (K)	[0,1;0,3]
Biraz Kötü (BK)	[0,3; 0,4]
Orta (O)	[0,4;0,6]
Biraz İyi (Bİ)	[0,6;0,7]
İyi (İ)	[0,7;0,9]
Çok İyi (Çİ)	[0,9;1]

3. **Ağırlıklandırılmış Karar Matrisini Oluşturulması:** İlk aşamada belirlenmiş olan kriter önem dereceleri ( $\otimes w_j$ ) ile ortalama karar matrisi ( $\otimes x_{ij}$ ) kullanılarak her bir alternatif için ilgili kriterlere göre ağırlıklandırılmış skor değerlerini ifade eden gri sayı değerleri hesaplanır. Ağırlıklandırılmış skor değerleri  $\otimes \tilde{x}_{ij}$  eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır.

$$\otimes \tilde{x}_{ij} = \otimes w_j \times \otimes x_{ij} \left[ \begin{array}{l} \min(\underline{w}_j \underline{x}_{ij}, \underline{w}_j \overline{x}_{ij}, \overline{w}_j \underline{x}_{ij}, \overline{w}_j \overline{x}_{ij}), \\ \max(\underline{w}_j \underline{x}_{ij}, \underline{w}_j \overline{x}_{ij}, \overline{w}_j \underline{x}_{ij}, \overline{w}_j \overline{x}_{ij}) \end{array} \right] \quad (10)$$

4. **Gri Pozitif İdeal ( $S^+$ ) ve Negatif İdeal ( $S^-$ ) Değerlerin Hesaplanması:** İdeal gri pozitif  $S^+(\otimes \tilde{x}_j^+)$  eşitlik (11) ve negatif ideal  $S^-(\otimes \tilde{x}_j^-)$  eşitlik (12) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$S^+ = \{\otimes \tilde{x}_j^+\} = \{\underline{\tilde{x}}_j^+, \overline{\tilde{x}}_j^+\} = \{\max_i \underline{\tilde{x}}_{ij}, \max_i \overline{\tilde{x}}_{ij}\}, j = 1, \dots, m \quad (11)$$

$$S^- = \{\otimes \tilde{x}_j^-\} = \{\underline{\tilde{x}}_j^-, \overline{\tilde{x}}_j^-\} = \{\min_i \underline{\tilde{x}}_{ij}, \min_i \overline{\tilde{x}}_{ij}\}, j = 1, \dots, m \quad (12)$$

5. **Gri ayırım ölçütlerinin hesaplanması için ideal ve negatif ideal değerlerden mesafelerin ölçülmesi:** Bu aşamada ideal gri ve negatif ideal gri değerlerden mesafelerin hesaplanabilmesi için Bai ve Sarkis (2018) tarafından önerilmiş olan eşitlik (13) ve (14) kullanılmaktadır.

$$\otimes \mu_i^+(S^+, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{x}_j^+ - \otimes \tilde{x}_{ij}) = \sum_{j=1}^m ((\underline{\tilde{x}}_j^+ - \underline{\tilde{x}}_{ij}), (\overline{\tilde{x}}_j^+ - \overline{\tilde{x}}_{ij})) \quad (13)$$

$$\otimes \mu_i^-(S^-, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{x}_{ij} - \otimes \tilde{x}_j^-) = \sum_{j=1}^m ((\underline{\tilde{x}}_{ij} - \underline{\tilde{x}}_j^-), (\overline{\tilde{x}}_{ij} - \overline{\tilde{x}}_j^-)) \quad (14)$$

6. **İdeal çözüme gri göreceli yakınlığın hesaplanması:** Her bir alternatifin ideal çözüme gri göreceli yakınlığı eşitlik (15) ile hesaplanmaktadır.  $\otimes T_i$ , değeri i alternatifinin ideal çözüme göreceli yakınlık derecesini ifade eden gri sayı değeridir.

$$\otimes T_i = \frac{\otimes \mu_i^-}{\otimes \mu_i^+ + \otimes \mu_i^-} = \frac{(\underline{\mu}_i^-, \overline{\mu}_i^-)}{(\underline{\mu}_i^+ + \underline{\mu}_i^-, \overline{\mu}_i^+ + \overline{\mu}_i^-)} = \left[ \frac{\underline{\mu}_i^-}{(\underline{\mu}_i^+ + \underline{\mu}_i^-)}, \frac{\overline{\mu}_i^-}{(\overline{\mu}_i^+ + \overline{\mu}_i^-)} \right] \quad (15)$$

7. Olabilirlik derecelerine göre alternatiflerin derecelendirilmesi: Bir önceki aşamada hesaplanan göreceli yakınlık değerleri gri sayılar olması nedeniyle alternatiflerin değerlendirilmesinde ek bir hesaplama adımı gerekmektedir. Geleneksel yaklaşımda bu değerler durulaştırılarak alternatifler değerlendirilir ancak bu aşamada bazı bilgilerin kaybolması nedeniyle Bai ve Sarkis (2018) olabilirlik derecesi ölçümünü önermişlerdir. Bu çalışmada alternatiflerin uygunluk analizi için eşitlik (16) yardımıyla olabilirlik dereceleri hesaplanmıştır.

$$P_{nxn} = p(\otimes T_i > \otimes T_h)_{nxn} = \frac{\bar{T}_i - \underline{T}_h}{\bar{T}_i - \underline{T}_i + \bar{T}_h - \underline{T}_h} \quad i, h = 1, \dots, n \quad (16)$$

## 5. Uygulama Bölümü

Çalışmanın uygulama bölümünde, ulusal ve uluslararası boyutta hizmet vermekte olan bir 4. Parti lojistik firmasının yeni açılacak depo yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Söz konusu firma, 39 farklı ülkede, toplam 81 lojistik merkezle faaliyet göstermektedir. Kara, hava, deniz taşımacılığının yanı sıra depolama, montaj, ambalajlama, paketleme ve tedarik zinciri çözümleri gibi hizmetler de firmanın faaliyetleri arasındadır.

Gri temelli TOPSIS yöntemiyle firmanın depo yeri seçiminde önemli olabilecek kriterler ve önem dereceleri belirlendikten sonra üç alternatif lokasyon arasından en uygun olanı belirlenmiştir. Firmanın depo yeri seçiminde önemli olabilecek kriterlerin belirlenmesi için öncelikle bir literatür araştırması gerçekleştirilmiş, daha sonra karar vericilere bu kriterlerin uygunluk durumu onaylatılmıştır.

Çalışmada firmanın depo ve tedarik zinciri yönetimi departmanlarında çalışan 5 yönetici tarafından oluşturulan karar verici grup tarafından değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Aşağıda Gri temelli TOPSIS yönteminin ilgili probleme uygulama adımları yer almaktadır:

1. Depo Seçim Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi: Firmanın yeni kurulacak deposu için en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi amacıyla bir ön faktörler öncelikle literatür çalışmasıyla belirlenmiştir. Daha sonra bu belirlenen kriter seti uygulamanın yapılacağı firmada çalışan beş uzmanın değerlendirmesine sunulmuş ve firmanın depo yer seçiminde önem taşıyan kriterlerin belirlenmesi istenmiştir. Bunun sonucunda “Maliyet”, “İşgücü”, “Ulaşım olanakları”, “Coğrafi özellikler”, “Ticari lokasyon özellikleri” olmak üzere 5 ana kriter ve 21 alt kriterden oluşacak şekilde nihai kriter seti oluşturulmuştur.

2. Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Firmanın depo yeri seçimi kararında etkili olabilecek kriterlerin belirlenmesinin ardından kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Bu aşamanın amacı ilgili kriterlerin doğru yer seçimindeki etki derecesinin belirlenmesidir. Bu amaçla, karar verici ekipte yer alan uzmanlar Tablo 2’deki sözel değerlendirme ölçeğini kullanarak kriterlerin önem derecelerini değerlendirmiştir. Ek-2’de her bir karar vericinin ana kriter ve alt kriter değerlendirilmesini ifade eden gri sayı değerleri gösterilmiştir. Tablo 3’te kriterlerin ortalama önem derecelerinin gri sayı değerleri yer almaktadır. Bu değerler eşitlik (7) kullanılarak hesaplanmıştır.

**Tablo 3.** Kriter Önem Dereceleri

ANA KRİTER	ALT KRİTER	Ortalama Gri Önem Derecesi
Maliyet	İşçilik Maliyeti	[0,70;0,94]
	Arazi Maliyeti	[0,77;0,98]
	Ulaşım Maliyeti	[0,67;0,92]
	Vergi indirimi ve teşvik olanakları	[0,63;0,84]
İşgücü	İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	[0,53;0,81]
	Demografik Özellikler	[0,41;0,63]
	Sosyal imkanlar ve Eğitim olanakları	[0,16;0,39]
	İşgücüne Erişebilirlik	[0,46;0,74]
Ulaşım Olanakları	Havalimanlarına Yakınlık	[0,48;0,75]
	Limanlara Yakınlık	[0,52;0,81]
	Otoyollara Yakınlık	[0,61;0,88]
	Demiryollarına Yakınlık	[0,44;0,67]
	Yerleşim Alanlarına Yakınlık	[0,15;0,33]
Coğrafi Özellikler	Arazi Büyüklüğü	[0,27;0,39]
	Genişletmeye Elverişlilik	[0,39;0,51]
	Altyapı Olanakları (Elektrik, su ve doğalgaz kaynakları)	[0,42;0,54]
	Fiziksel Özellikler (Topografik Özellikler)	[0,29;0,40]
Ticari Lokasyon Özellikleri	Gümrüklere Yakınlık	[0,52;0,77]
	Pazarlara/ Müşterilere yakınlık	[0,46;0,69]
	Üreticilere/ Tedarikçilere yakınlık	[0,49;0,76]
	Sınır Kapılarına Yakınlık	[0,13;0,30]

3. Aday depo yerleşim yerlerinin kriterlere göre değerlendirilmesi: Firma yetkilileri tarafından önceden yapılmış olan değerlendirmeler sonucunda depo yerleşimi için uygun olabilecek üç aday depo yerleşim yeri belirlenmiştir. Bu aday yerleşim yerleri uzmanlar tarafından

Tablo 2’ deki sözel değerlendirme ölçeği kullanılarak ilgili kriterlere göre değerlendirilmiştir. Beş uzmanın üç aday yerleşim yerini kriterlere göre değerlendirdiği Tablo 4 aşağıda yer almaktadır. Buradaki D1, D2 ve D3 sırasıyla aday depo yerlerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.** Aday Depo Yerleşim Yerlerinin Kriterlere Göre Değerlendirmesi

ANA KRİTER	ALT KRİTER	Uzman 1			Uzman 2			Uzman 3			Uzman 4			Uzman 5		
		D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Maliyet	İşçilik Maliyeti	O	O	İ	Bİ	Bİ	İ	O	İ	İ	O	İ	Çİ	K	Bİ	İ
	Arazi Maliyeti	İ	İ	O	İ	Bİ	Bİ	O	Bİ	İ	İ	O	İ	Bİ	Bİ	İ
	Ulaşım Maliyeti	K	K	Bİ	BK	O	İ	BK	Bİ	İ	K	O	Bİ	K	O	İ
	Vergi indirimi ve teşvik olanakları	ÇK	ÇK	İ	K	İ	İ	Bİ	İ	İ	O	Bİ	İ	O	İ	Çİ
İşgücü	İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	Çİ	Çİ	Bİ	İ	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	Bİ	İ	İ	O	İ	İ
	Demografik Özellikler	Çİ	Çİ	İ	Çİ	O	İ	Bİ	İ	İ	O	İ	Bİ	Bİ	İ	İ
	Sosyal imkanlar ve Eğitim olanakları	Çİ	Çİ	İ	İ	O	İ	İ	O	İ	Bİ	O	İ	Bİ	Bİ	Çİ
	İşgücüne Erişilebilirlik	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ
Ulaşım Olanakları	Havalimanlarına Yakınlık	Çİ	Çİ	BK	O	Bİ	K	Bİ	Bİ	K	İ	Bİ	BK	O	O	BK
	Limanlara Yakınlık	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ	Bİ	İ	Çİ
	Otoyollara Yakınlık	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	Demiryollarına Yakınlık	Çİ	Çİ	K	Çİ	Çİ	ÇK	ÇK	Çİ	ÇK	K	Çİ	K	K	İ	BK
Coğrafi Özellikler	Yerleşim Alanlarına Yakınlık	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	İ	İ	İ	İ
	Arazi Büyüklüğü	O	O	O	Bİ	Bİ	O	İ	İ	O	Bİ	İ	O	Bİ	İ	Bİ
	Genişletmeye Elverişlilik	O	O	BK	Bİ	Bİ	O	İ	Bİ	O	İ	Bİ	BK	İ	Bİ	O
	Altyapı Olanakları (Elektrik, su ve doğalgaz kaynakları)	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Bİ	İ	İ	İ	İ	İ
Ticari Lokasyon Özellikleri	Fiziksel Özellikler (Topografik Özellikler)	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	İ
	Gümrüklere Yakınlık	Çİ	İ	İ	İ	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	Bİ	Çİ	İ
	Pazarlara/ Müşterilere yakınlık	Çİ	Çİ	İ	İ	O	İ	İ	Bİ	İ	İ	O	İ	Bİ	Bİ	İ
	Üreticilere/ Tedarikçilere yakınlık	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	İ
Sınır Kapılarına Yakınlık	ÇK	ÇK	ÇK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	K	K	ÇK	K

Depo yeri değerlendirme matrisinin elde edilmesi amacıyla Tablo 2’ deki sözel değerlendirmeler gri sayı  $\otimes$  karşılıklarına çevrilmiş ve eşitlik (8) yardımıyla ilgili hesaplamalar yapılmıştır.  $\otimes [x_{ij}]^k$ , k uzmanın i depo yerinin j kriterini karşılama derecesi için belirlemiş olduğu gri sayı değerini ifade etmektedir.

Tablo 5’ te uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelere göre her bir aday depo yerinin ilgili depo yer seçimi kriterini karşılama derecesini ifade eden ortalama gri sayı değerleri yer almaktadır.

4. Depo yerleşim yerlerinin ağırlıklandırılmış kriter performans değerlerinin hesaplanması: Önceki aşamada hesaplanan kriter önem dereceleri ( $\otimes w_j$ ) alternatif depo yerleşim yerlerinin kriterlere göre performans değerleri

( $\otimes x_{ij}$ ) kullanılarak her bir depo alternatif yerleşim yeri için ilgili kriterlere göre ağırlıklandırılmış ortalama performans değerlerini ifade eden gri sayı değerleri hesaplanmıştır. Ağırlıklandırılmış ortalama depo yeri performans değerleri  $\otimes \tilde{x}_{ij}$  eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır.

Buna göre 1. Alternatif depo yerleşim yerinin İşçilik maliyeti kriterine göre ağırlıklandırılmış ortalama performans değeri ( $\otimes \tilde{x}_{11}$ ) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \otimes \tilde{x}_{11} &= \otimes w_1 \times \otimes x_{11} \\ &= [\min(0,25; 0,33; 0,33; 0,45), \max(0,25; 0,33; 0,33; 0,45)] \\ &= [0,25; 0,45] \end{aligned}$$

Tablo 6’ da her bir depo alternatif yeri için hesaplanmış olan ağırlıklandırılmış ortalama performans değerleri verilmiştir.



**Tablo 5.** Aday Depo Yerleşim Yerlerinin Kriterlere Göre Ortalama Performans Değerleri

ANA KRİTER	ALT KRİTER	D1	D2	D3
Maliyet	İşçilik Maliyeti	[0,36;0,48]	[0,52;0,70]	[0,66;0,92]
	Arazi Maliyeti	[0,54;0,76]	[0,50;0,64]	[0,54;0,76]
	Ulaşım Maliyeti	[0,18;0,34]	[0,36;0,48]	[0,56; 0,78]
	Vergi indirim ve teşvik olanakları	[0,28;0,40]	[0,46;0,68]	[0,66;0,92]
İşgücü	İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	[0,6;0,78]	[0,78;0,96]	[0,58; 0,84]
	Demografik Özellikler	[0,7;0,88]	[0,54;0,64]	[0,60; 0,90]
	Sosyal imkanlar ve Eğitim olanakları	[0,62;0,80]	[0,52;0,62]	[0,66;0,92]
Ulaşım Olanakları	İşgücüne Erişebilirlik	[0,72;0,84]	[0,72;0,94]	[0,60; 0,90]
	Havalimanlarına Yakınlık	[0,56;0,70]	[0,56;0,66]	[0,22;36]
	Limanlara Yakınlık	[0,64;0,86]	[0,84;0,98]	[0,84; 0,98]
	Otoyollara Yakınlık	[0,84;0,98]	[0,84;0,98]	[0,90; 1]
	Demiryollarına Yakınlık	[0,4;0,54]	[0,84;0,98]	[0,10; 0,24]
	Yerleşim Alanlarına Yakınlık	[0,66;0,92]	[0,72;0,94]	[0,60; 0,90]
Coğrafi Özellikler	Arazi Büyüklüğü	[0,50;0,64]	[0,54;0,76]	[0,42;0,52]
	Genişletmeye Elverişlilik	[0,54;0,76]	[0,48; 0,58]	[0,36; 0,46]
	Altyapı Olanakları (Elektrik, su ve doğalgaz kaynakları)	[0,58; 0,84]	[0,60; 0,90]	[0,60; 0,90]
	Fiziksel Özellikler (Topografik Özellikler)	[0,6; 0,90]	[0,66; 0,92]	[0,60; 0,90]
Ticari Lokasyon Özellikleri	Gümrüklere Yakınlık	[0,64;0,86]	[0,84;0,98]	[0,60; 0,90]
	Pazarlara/ Müşterilere yakınlık	[0,64;0,86]	[0,54;0,64]	[0,60; 0,90]
	Üreticilere/ Tedarikçilere yakınlık	[0,72;0,84]	[0,72;0,94]	[0,60; 0,90]
	Sınır Kapılarına Yakınlık	[0,06;0,22]	[0,02; 0,14]	[0,04;0,18]

**Tablo 6.** Aday Depo Yerleşim Yerlerinin Ağırlıklandırılmış Ortalama Performans Değerleri

ANA KRİTER	ALT KRİTER	D1	D2	D3
Maliyet	İşçilik Maliyeti	[0,25;0,45]	[0,37;0,66]	[0,46;0,86]
	Arazi Maliyeti	[0,42;0,74]	[0,39;0,63]	[0,42;0,74]
	Ulaşım Maliyeti	[0,12;0,31]	[0,24;0,44]	[0,37;0,72]
	Vergi indirim ve teşvik olanakları	[0,18;0,34]	[0,29;0,57]	[0,42;0,77]
İşgücü	İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	[0,32;0,63]	[0,42;0,78]	[0,31;0,68]
	Demografik Özellikler	[0,29;0,55]	[0,22;0,40]	[0,25;0,56]
	Sosyal imkanlar ve Eğitim olanakları	[0,10;0,31]	[0,08;0,24]	[0,11;0,36]
	İşgücüne Erişebilirlik	[0,33;0,69]	[0,33;0,69]	[0,28;0,66]
Ulaşım Olanakları	Havalimanlarına Yakınlık	[0,27;0,52]	[0,27;0,49]	[0,10;0,27]
	Limanlara Yakınlık	[0,34;0,69]	[0,44;0,79]	[0,44;0,79]
	Otoyollara Yakınlık	[0,51;0,87]	[0,51;0,87]	[0,55;0,88]
	Demiryollarına Yakınlık	[0,18;0,36]	[0,37;0,66]	[0,04;0,16]
	Yerleşim Alanlarına Yakınlık	[0,10;0,30]	[0,11;0,33]	[0,09;0,29]
Coğrafi Özellikler	Arazi Büyüklüğü	[0,14;0,25]	[0,15;0,30]	[0,11;0,20]
	Genişletmeye Elverişlilik	[0,21;0,38]	[0,19;0,29]	[0,14;0,23]
	Altyapı Olanakları (Elektrik, su ve doğalgaz kaynakları)	[0,24;0,45]	[0,25;0,49]	[0,25;0,49]
	Fiziksel Özellikler (Topografik Özellikler)	[0,17;0,36]	[0,19;0,37]	[0,17;0,36]
Ticari Lokasyon Özellikleri	Gümrüklere Yakınlık	[0,33;0,67]	[0,44;0,76]	[0,31;0,70]
	Pazarlara/ Müşterilere yakınlık	[0,29;0,59]	[0,25;0,44]	[0,28;0,62]
	Üreticilere/ Tedarikçilere yakınlık	[0,35;0,71]	[0,35;0,71]	[0,29;0,68]
	Sınır Kapılarına Yakınlık	[0,01;0,07]	[0,00;0,04]	[0,01;0,05]

**5. Aday Depo Yerleşim Yerleri için Gri ideal ( $S^+$ ) ve negatif ideal ( $S^-$ ) değerlerin hesaplanması:** Bu aşamada depo yerleri için referans değerlerini içeren pozitif ideal gri  $S^+(\otimes \tilde{x})$  performans değerleri eşitlik (11) ve negatif ideal gri  $S^-(\otimes \tilde{x})$  eşitlik (12) kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre hesaplanan en ideal gri ve en negatif ideal gri depo performans değerleri seti aşağıdaki Tablo 7' de yer almaktadır.

**Tablo 7.** Aday Depo Yerleşim Yerleri için Gri ideal ( $S^+$ ) ve Negatif İdeal ( $S^-$ ) Değerleri

Pozitif İdeal ( $S^+$ )	Negatif İdeal ( $S^-$ )
[0,86;0,86]	[0,25;0,25]
[0,74;0,74]	[0,39;0,39]
[0,72;0,72]	[0,12;0,12]
[0,77;0,77]	[0,18;0,18]
[0,78;0,78]	[0,31;0,31]
[0,56;0,56]	[0,22;0,22]
[0,36;0,36]	[0,08;0,08]
[0,69;0,69]	[0,28;0,28]
[0,52;0,52]	[0,10;0,10]
[0,79;0,79]	[0,34;0,34]
[0,88;0,88]	[0,51;0,51]
[0,66;0,66]	[0,04;0,04]
[0,31;0,31]	[0,09;0,09]
[0,30;0,30]	[0,11;0,11]
[0,38;0,38]	[0,14;0,14]
[0,49;0,49]	[0,24;0,24]
[0,37;0,37]	[0,17;0,17]
[0,76;0,76]	[0,31;0,31]
[0,62;0,62]	[0,25;0,25]
[0,71;0,71]	[0,29;0,29]
[0,07;0,07]	[0,00;0,00]

Gri ayırım ölçütlerinin hesaplanması için pozitif ideal ve negatif ideal değerlerden mesafelerin ölçülmesi: Her bir aday depo yerleşim yeri için pozitif ideal ve negatif ideal değerlerden mesafeler ölçülerek  $\otimes \mu_i^+$  ve  $\otimes \mu_i^-$  şeklindeki gri ayırım ölçütleri eşitlik (13) ve (14) yardımıyla hesaplanmıştır. Tablo 8' de aday depo yerleşim yerlerinin gri ayırım ölçütlerini ifade eden  $\mu_i^+$  ve  $\mu_i^-$  değerleri yer almaktadır.

**Tablo 8.** Aday Depo Yerleşim Yerlerinin Gri Ayırım Ölçüt Değerleri

Depo Yeri	$\mu_i^+$	$\mu_i^-$
D1	[2,08;7,19]	[0,70;5,82]
D2	[1,42;6,49]	[1,41;6,48]
D3	[1,25;6,94]	[0,96;6,65]

**6. İdeal Çözüme Gri Göreceli Yakınlığın Hesaplanması:** Bu adımda her bir aday depo yerinin ideal çözüme gri göreceli yakınlığı eşitlik (15) yardımıyla hesaplanmış ve Tablo 9'da bu değerler gösterilmiştir.  $\otimes T_i$ , değeri i aday depo yerinin ideal çözüme göreceli yakınlık derecesini ifade eden gri sayı değeridir.

**Tablo 9.** Tedarikçi Gri Göreceli Yakınlık Değerleri

Depo Yeri	$T_i$
D1	[0,05;0,45]
D2	[0,11;0,50]
D3	[0,07;0,49]

**7. Olabilirlik derecelerine göre aday depo yerleşim yerlerinin derecelendirilmesi:** Bu adımda aday depo yerleşim yerlerine ait olabilirlik derecelerinin eşitlik (16) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Örneğin, D1 ve D2 olabilirlik dereceleri aşağıdaki gibi hesaplandığında  $0,43 \% < 0,50 \%$  olduğu için D1'in performansı D2'ye göre daha iyi olarak hesaplanmıştır.

$$p(\otimes T_1 > \otimes T_2) = \frac{\bar{T}_1 - T_2}{\bar{T}_1 - T_1 + \bar{T}_2 - T_2} = \frac{0,45 - 0,11}{0,45 - 0,05 + 0,50 - 0,11} = 0,43$$

Her bir depo yeri için hesaplanan olabilirlik derecelerine göre depo yerleri arasında performansı en yüksek olandan en düşük olana  $D2 > D3 > D1$  şeklinde sıralanmaktadır. Buna göre D2, diğer depo yerleri ile karşılaştırıldığında en iyi performans değerine sahip olan aday depo yerleşim yeridir.

## 6. Sonuçlar

Günümüzde küreselleşen ticaret ile birlikte daha büyük coğrafyalarda faaliyet gösteren tedarik zincirlerinin başarılı yönetilebilmesi için tesis yeri seçimi önemli bir faktördür. Tedarik zincirinde yer alan tesislerin tedarik zincirinin ihtiyaçlarını maksimum seviyede karşılayacak şekilde yerleştirilmesi zincir içerisindeki stok seviyelerinin ve taşıma maliyetlerinin minimize edilmesine ve bunun sonucunda operasyonel maliyetlerin düşmesine ve müşteri memnuniyetinin artmasına yol açmaktadır.

Depo yer seçimi firmalar için oldukça önemli bir stratejik karardır. Özellikle ana faaliyet alanı lojistik olan 3PL veya 4PL firmaları için doğru depo yeri seçimi stratejik başarı için kritik bir karar sürecidir. Bu çalışmada firmaların başarısında oldukça öneme sahip olan depo yer seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde yöntemin performansını test etmek amacıyla bir 4PL firmasının depo yer seçimi karar süreci ele alınmıştır. Uluslararası faaliyet gösteren bu firmanın Marmara bölgesinde açacağı yeni dağıtım deposu için en uygun tesis yerinin seçimi amaçlanmıştır. Yapılmış olan literatür çalışmasına dayanılarak henüz depo yer seçimi problemlerinin çözümünde kullanılmamış olan Gri temelli TOPSIS yöntemi çalışmada uygulanmıştır. Yer seçimi kararında oldukça kritik bir öneme sahip olan değerlendirme kriter belirlenmesi süreci itina ile ele alınmış ve kapsamlı literatür çalışmasının ardından firma çalışanları ile yapılmış olan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Bunun sonucunda beş ana kriter ve yirmi bir alt kriterden oluşan geniş bir kriter seti kullanılarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Gri temelli TOPSIS yöntemi kullanılarak firma yetkililerinin önceden belirlemiş olduğu üç alternatif depo yerleşim yeri değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda D2 depo yerinin firmanın yeni açacağı depo yeri için en uygun alternatif olduğu belirlenmiştir.

Gri temelli TOPSIS yönteminin çok kriterli karar verme problemlerindeki başarısı ve hesaplamadaki kolaylığı nedeniyle depo yer seçimi problemlerinin çözümü için iyi bir

alternatif çözüm aracı olduğu söylenebilir. Bu yöntemde, bulanıklık ve eksik bilginin olduğu durumlarda esnek bir şekilde karar vericilerin değerlendirmelerini yansıtabilen gri sayıların kullanılması, çok boyutlu kriterin ele alındığı depo yeri seçimi analizinde bilginin aktarımını kolaylaştırmaktadır. Literatürde depo yeri seçimi kararında genellikle bulanık sayılar kullanılmış olup gri sayılar sadece iki çalışmada (Organ ve Tekin (2017: 256-278) ve Yavuz (2018: 169-191)) kullanılmıştır. Gri temelli TOPSIS yöntemi gri sayıların avantajı ile TOPSIS yönteminin çok sayıda kriterin aynı anda ele alındığı problemlerdeki analiz yeteneğine de sahiptir. Bu nedenle, bu çalışma ile literatürdeki depo yeri seçimi konusunda henüz kullanılmamış olan bir yöntemin önerilmesi ve geniş kriter seti ile ilgili literatüre fayda sağlanmıştır. Bu çalışma, tedarik zinciri başarısında önemli bir yere sahip olan depo yer seçimi kararında firmalara aynı anda birçok faktörü ele alabilecekleri pratik bir çözüm önerisi sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda Gri temelli TOPSIS yöntemi farklı alternatif çok kriterli karar verme yöntemleri ile kombine edilerek uygulanabilir. Bu çalışmanın kısıtlamaları ÇKKV yöntemlerinin yapısından kaynaklanan sözel değerlendirmelerin öznellik içermesi ve kriterler arasındaki nedensel ilişkinin incelenmemiş olması olarak belirtilebilir. Gelecek çalışmada kriterler arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenebilmesi için DEMATEL ve ANP gibi yöntemler kullanılabilir.

## Kaynakça

- Aktepe, A., & Ersöz, S. (2014). Ahp-Vikor Ve Moora Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması. *Journal Of Industrial Engineering (Turkish Chamber Of Mechanical Engineers)*, 25, 2-15.
- Akyüz, Y., & Soba, M. (2013). ELECTRE yöntemiyle tekstil sektöründe optimal kuruluş yeri seçimi: Uşak ili örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(19), 185-198.
- Ashrafzadeh, M., Rafiei, F. M., Isfahani, N. M., & Zare, Z. (2012). Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(9), 655-671.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2018). Integrating sustainability into supplier selection: a grey-based TOPSIS analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(6), 2202-2224.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bhattacharyya, R. (2015). A grey theory based multiple attribute approach for R&D project portfolio selection. *Fuzzy Information and Engineering*, 7(2), 211-225.
- Chen, C. (2009). A decision model of field depot location based on the centrobatic method and analytic hierarchy process (AHP). *International Journal of Business and Management*, 4(7), 71-75.
- Chopra, S., Meindl, P., & Kalra, D. V. (2013). Supply chain management: strategy, planning, and operation (Vol. 232). Boston, MA: Pearson.
- Cömert, S. E., & Yener, F. Bir Gıda Firması İçin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Depo Yeri Seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2), 161-177.
- Current, J., Min, H., & Schilling, D. (1990). Multiobjective analysis of facility location decisions. *European Journal of Operational Research*, 49(3), 295-307.
- Çaka, E. (2012). Tedarik Zinciri Yönetiminde Choquet İntegral Yöntemi İle Depo Yeri Seçimi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çalık, A. Depo Yeri Seçimi için Aralık Tip-2 Bulanık ÇKKV Tabanlı Hibrit Bir Yaklaşım. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 101-114.
- Dang, H. S., Nguyen, T. M. T., Wang, C. N., Day, J. D., & Dang, T. M. H. (2020). Grey System Theory in the Study of Medical Tourism Industry and Its Economic Impact. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 961.
- Demirel, T., Demirel, N. Ç., & Kahraman, C. (2010). Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3943-3952.
- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Sys. & Contr. Lett.*, 1(5), 288-294.
- Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., & Sanyal, S. K. (2016). Warehouse location selection by fuzzy multi-criteria decision making methodologies based on subjective and objective criteria. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 11(4), 262-278.
- Ehsanifar, M., Wood, D. A., & Babaie, A. (2020). UTASTAR method and its application in multi-criteria warehouse location selection. *Operations Management Research*, 1-14.
- Ergün, G. Ü. L., & Tamer, E. R. E. N. (2017). Lojistik dağıtım ağ problemlerinde analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ve hedef programlama ile depo seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(1), 1-13.
- Ergün, M., Korucuk, S., & Memiş, S. (2020). Sürdürülebilir Afet Lojistiğine Yönelik İdeal Afet Depo Yeri Seçimi: Giresun İli Örneği. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165.
- Hwang C., Yoon K. (1981): Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A State of the Art Survey. Springer-Verlag, New York.
- Jacyna-Gołda, I., & Izdebski, M. (2017). The Multi-criteria Decision Support in Choosing the Efficient Location of Warehouses in the Logistic Network. *Procedia Engineering*, 187, 635-640.
- Jadidi, O., Yusuff, R. M., Firouzi, F., & Hong, T. S. (2008). Improvement of a grey based method for supplier selection problem. *Journal of Achievements in*

*Materials and Manufacturing Engineering*, 31(2), 770-777.

- Jayant, A. (2015). Use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problem: A case study of warehouse location selection. *Advances in Industrial Engineering and Management*, ResearchGate, 4(2), 157-164.
- Karmaker, C., & Saha, M. (2015). Optimization of warehouse location through fuzzy multi-criteria decision making methods. *Decision Science Letters*, 4(3), 315-334.
- Kıış, Ö., Can, G. F., & Toktaş, P. (2020). Warehouse Location selection for an electricity distribution company by KEMIRA-M method. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 26(1), 227-240.
- Köse, E., Aplak, H. S., & Kabak, M. (2013). Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım/An Integrated Approach Based on Grey System Theory for Personnel Selection. *Ege Akademik Bakis*, 13(4), 461-471.
- Li, G. D., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modelling*, 46(3-4), 573-581.
- Lingyu, H., Bingwu, L., & Juntao, L. (2009, August). An ERP system selection model based on fuzzy grey TOPSIS for SMEs. In *2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (Vol. 3, pp. 244-248). IEEE.
- Mishra, S., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2013). Grey-based and fuzzy TOPSIS decision-making approach for agility evaluation of mass customization systems. *Benchmarking: an international journal*.
- Nyaoga, R., Magutu, P., & Wang, M. (2016). Application of Grey-TOPSIS approach to evaluate value chain performance of tea processing chains. *Decision Science Letters*, 5(3), 431-446.
- Ofluoglu, A., Baki, B., & Ar, I. M. (2017). Multi-criteria decision analysis model for warehouse location in disaster logistics. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106.
- Organ, A., & Tekin, B. (2017). Şehir Hastanesi Kuruluş Yeri Seçimi İçin Gri İlişkisel Analiz Yaklaşımı: Denizli İli Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(3), 256-278.
- Özbek, A., & Erol, E. (2016). COPRAS ve MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Problemine Uygulanması. *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 2(1), 23-42.
- Özcan, T., Çelebi, N., & Esnaf, Ş. (2011). Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9773-9779.
- Panda, S., Mishra, D., & Biswal, B. B. (2011). Determination of optimum parameters with multi-performance characteristics in laser drilling—a grey relational analysis approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9-12), 957-967.
- Sağnak, M. (2020). Depo Yeri Seçimi: Perakende Sektöründe Melez Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması. *Journal of Yaşar University*, 15(59), 615-623.
- Singh, R. K., Chaudhary, N., & Saxena, N. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study. *IIMB Management Review*, 30(4), 343-356.
- Turgut, M., & Şahin, A. Y. (2019). Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi İle Yaş Sebze Ve Meyve Depo Yeri Seçimi: Mersin İli Uygulaması. *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 42-59.
- Vanichchinchai, A., & Apirakkhit, S. (2018). An identification of warehouse location in Thailand. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*.
- Yavuz, O. (2018). Depo Yeri Seçimi Probleminde Gri Sistem Teorisi ve VIKOR Yönteminin Karşılaştırmalı Analizi.
- Yılmaz, B., Dağdeviren, M., & Akçayol, M. A. (2011). Hızlı tüketim malları depo yeri seçimi problemi için genetik algoritma ile bir çözüm.
- Zare, A., Feylizadeh, M., Mahmoudi, A., & Liu, S. (2018). Suitable computerized maintenance management system selection using grey group TOPSIS and fuzzy group VIKOR: A case study. *Decision Science Letters*, 7(4), 341-358.

## Extended Abstract

Warehouse location selection is one of the most critical supply chain network design decisions. Successful warehouse location selection can increase the total supply chain service level while decrease transportation cost and delivery time throughout the supply chain. Warehouse location selection decision is one of the strategic decisions that affect the long-term activities of the companies and which are difficult to change. For this reason, choosing the right warehouse location is one of the critical decision phases for companies to gain a long-term competitive advantage. Warehouse location selection problem determines the most appropriate location where companies will get maximum benefit, by evaluating many qualitative and quantitative criteria simultaneously. Successfully solving the warehouse location selection problem requires determining the accurate criteria set. To identify the most suitable warehouse location, companies need to use a set of criteria that is constructed based on the competitive requirements of the company. A well-constructed set of criteria help companies to evaluate candidate locations from different dimensions that are important for the company's success. Multi-criteria decision-making (MCDM) methods provide an effective solution process for decision-making problems in which several criteria are considered to evaluate several alternatives. MCDM methods are also practical and suitable methods for real-life problems since these methods are easy to implement and incorporates expert knowledge into the decision-making process. In this study, the Grey Based TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method, one of the MCDM methods, is used as the solution method. The distance-based multiple criteria methods, grey theory, and TOPSIS are combined in this method. Therefore, the Grey Based TOPSIS method has the advantages of both the TOPSIS method and grey theory. It is successful in dealing with imprecise data and vague human judgments in the decision-making process, and also it does not require complex calculations to handle a large set of criteria. The warehouse location selection problem has been studied in the literature many times. However, based on our literature review, the Grey Based TOPSIS method has never been used to solve warehouse location selection problems before. The contribution of this article is to propose an alternative method for the solution of the warehouse location selection problem and to provide comprehensive warehouse location selection criteria set to the literature.

This paper presents a successful application of Grey Based TOPSIS to a real warehouse location selection problem of an international 4P logistics company in Turkey. Identifying the most suitable warehouse location is a very critical decision for this company and it needs to be considered systematically. Thus, the Grey Based TOPSIS method was applied to select the most suitable warehouse location. Firstly, the warehouse location selection criteria were determined through exhaustive literature research and consultations with the top management of the company to construct criteria set suiting company strategic need. The constructed criteria set contains 5 main criteria and 21 sub-criteria. Geographical structure (land size, possibilities for expansion, infrastructure, physical structure), cost (labor cost, land cost, transportation cost, taxation policies, and incentives), labor (quality and sufficiency of labor power, demographic structure, social life and educational potentials, accessibility to labor), transportation (proximity to airports, proximity to seaports, presence of road network, proximity to the railway station, proximity to residential area), trade area characteristics (proximity to customs, proximity to market/customers, proximity to suppliers or producers, proximity to borders) were determined as the important criteria set for the warehouse location evaluation process. Following this, the decision-making group members were asked to evaluate and determine the importance level of these criteria. The decision-making group was composed of five managers from operations, import/export, and supply chain departments with at least 5-year experience. After preliminary evaluations, three candidate warehouse locations that could be suitable for the supply chain of the company were determined. These candidate locations were evaluated by the decision-making group using linguistic assessments. The case study application showed that the proposed method is a useful and effective tool for warehouse location decisions in a supply chain. The Grey Based TOPSIS method can be applied by managers to solve other management decision-making problems such as personnel selection, project selection, etc. However, the proposed study has some limitations. These limitations can be inspirations for possible directions for future studies. Firstly, the interdependencies among criteria were neglected in this study. In the future, ANP (Analytic Network Process) or DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) can be applied to investigate the causal relationships among evaluation criteria. Second, due to the structure of MCDM methods, the evaluations are made based on human judgments, and results may contain subjectivity.

**Ek 1. Depo Yeri Seçimi Literatür Araştırması**

<b>Yazarlar</b>	<b>Uygulama Alanı</b>	<b>Kullanılan Yöntem</b>	<b>Kriterler</b>
KrSingh vd. (2018)	Otomotiv parçaları üretimi.	Bulanık AHP	Alt Yapı(ulaşım, elektrik ve su kaynakları, iletişim olanakları); Devlet Yönetimi (arazi fiyatları, vergi politikaları, teşvikler); Pazar Durumu (pazar büyüklüğü, hedef pazara yakınlık, pazarın büyüme olanakları).
Yavuz (2018)	Gıda Ürünleri Üreticisi	Gri Sistem Teorisi ve VIKOR Yöntemi	Ulaştırma, iş yeri, işçilik, stok bulundurma maliyetleri, depo kapasitesi, mağazalara uzaklık ve üretim merkezine uzaklık.
Jacyna-Gołda ve Izdebski (2017)	-	Genetik Algoritma	Lojistik ağı tesisleri arasındaki ulaşım maliyetleri, depoların hammaddeye yakınlığı, yakıt maliyetleri, depoya ilişkin ek maliyetler, yerel vergiler, depoya ilişkin ek maliyetler, sabit maliyetler, iş gücü maliyetleri, arazi genişletme maliyetleri, depoların demiryolu ve karayolu ulaşım olanakları.
Gül ve Eren (2017)	Kamu Sektörü	AHP	Toplam teslimat süresi, siparişin karşılanma güvenilirliği, kalite, kapasite esnekliği, katma değerli hizmetler, ulaşım olanakları, potansiyel kalkınma.
Ofluoğlu vd. (2017)	Afet Durumunda Depo Yeri Seçimi	SAW, TOPSIS, VIKOR	Yerleşim yerine uzaklık, arazi büyüklüğü, arazinin afetselliği, hava limanına yakınlık, limana yakınlık, karayoluna yakınlık, arazi maliyeti, arazinin jeolojik yapısı, elektrik bağlantısına uzaklık, su bağlantısına uzaklık ve kanalizasyon bağlantısına uzaklık.
Cömert ve Yener (2016)	Gıda Ürünleri Üreticisi	Bulanık AHP	Maliyet (nakliye maliyeti, işçilik maliyeti); alt yapı (arazi büyüklüğü, depolama); çevresel etmenler (ana yollara uzaklık, üretim merkezine uzaklık); iş gücü (kalifiye eleman, katma değer sağlayan faaliyet kapasitesi).
Özbek ve Erol (2016)	-	AHP Basit Ağırlıklı Toplama COPRAS MOORA	Birim fiyatı, stok bulundurma kapasitesi, marketlere ortalama mesafe, ana tedarikçiye olan ortalama uzaklık, hareket esnekliği.
Aktepe ve Ersöz (2014)	Döküm Fabrikası	AHP, VIKOR ve MOORA	Satışlar, toptan ve perakende satış arasındaki oran, yolların bulunması, rakip firmaların bulunması, depo kiralama maliyeti ve potansiyel büyüme.
Akyüz ve Soba (2013)	Tekstil Sanayii	ELECTRE	Merkeze uzaklık, limana uzaklık, tahsis edilecek alan, Organize Sanayii Bölgelerine uzaklık, ortalama arsa satış fiyatı, müdürlükte çalışan sayısı, elektrik satış fiyatı, nüfus, altyapı ve teşviklerden yararlanma durumu).
Ashrafzadeh vd. (2012)	-	Bulanık TOPSIS	İş gücü maliyetleri, ulaşım maliyetleri, elde bulundurma maliyetleri, arazi maliyetleri, kalifiye iş gücü, iş gücünün durumu, arazinin durumu, iklim, ulaşım türlerinin durumu, iletişim sistemleri, ulaşımın kalitesi ve güvenilirliği, elektrik, su ve doğal gaz kaynaklarının kalitesi ve güvenilirliği, müşterilere yakınlık, üreticilere yakınlık, teslim süreleri ve cevap verebilirlik.
Çaka (2012)	Gıda Ürünleri Üreticisi	CHOQUET İntegral Yöntemi	Maliyet (işçilik, sevkiyat, depolama maliyetleri); iş gücü (kalifiye eleman, katma değer yaratan faaliyet kapasitesi); çevresel etmenler (pazara yakınlık, ulaşım alternatifleri, yasal prosedürler ve firma güvenilirliği); alt yapı (kapasite, depolama ve malzeme taşıma sistemleri, sevkiyat sıklığı, depolama koşulları).
Özcan vd. (2011)	Perakende Sektörü	TOPSIS, ELECTRE ve Gri Teori	Birim fiyatı, stok bulundurma kapasitesi, mağazalara ortalama uzaklık, ana tedarikçilere ortalama uzaklık, hareket esnekliği.

Demirel vd. (2010)	Lojistik Sektörü	Choquet integral Yöntemi	Maliyetler (iş gücü ve ulaşım maliyetleri, vergi teşvikleri, vergi yapıları, finansal teşvikler ve taşıma maliyetleri); iş gücü özellikleri (kalifiye işçi ve iş gücünün uygunluğu durumları); altyapı (ulaşım, telekomünikasyon sistemleri, ulaşımın kalitesi ve güvenilirliği) ; Pazar (müşterilere yakınlık, tedarikçilere ve üreticilere yakınlık, teslim süreleri ve hızlı çözüm oluşturma); makro çevre(devlet politikaları, endüstriyel düzenlemeler, imar ve inşaat planı).
Yılmaz vd. (2011)	Hızlı Tüketim Malları	Genetik Algoritma	Ana değişkenler; depoların talep bölgelerine olan uzaklığı ve sabit maliyetler.
Çalık (2020)	Alüminyum	Aralık Tip-2 Bulanık AHP ve Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS	Maliyet (işçilik maliyeti, taşıma maliyeti ve elleçleme maliyeti), Konumun Özellikleri (stok tutma kapasitesi, arazi kullanılabilirliği, iklim), Yakınlık (müşterilere yakınlık, tedarikçilere veya üreticiye yakınlık, taşıma modlarına yakınlık) .
Chen (2009)	-	AHP	Müşterilere olan uzaklık, ulaşım olanakları, arazinin mevcut ve gelecekteki durumu, doğal çevre koşulları, politik çevre koşulları.
Jayant (2015)	Üretim İşletmesi	VIKOR TOPSIS Gri İlişkisel Analizi	Birim fiyat, stok tutma kapasitesi, mağazalara olan ortalama uzaklık, ana tedarikçilere olan ortalama uzaklık, hareket esnekliği.
Karmaker ve Saha (2015)	-	Bulanık AHP TOPSIS Bulanık TOPSIS	Cevap verebilirlik (tedarik süresi, gerekli bilgilerin sağlanması), ulaşımın durumu (ulaşımın kalitesi, ulaşım türlerinin mevcudiyeti, haberleşme), maliyetler (arazi maliyeti, taşıma maliyeti, iş gücü maliyeti, ulaşım maliyeti), konumun özellikleri (iklim, arazinin kullanılabilirliği, kamu hizmetlerinin kalitesi ve kullanılabilirliği, üreticilere olan yakınlık, müşterilere olan yakınlık), iş gücünün uygunluğu (kalifiye iş gücü, uygun işgücünün mevcudiyeti).
Sağnak (2020)	Perakende Sektörü	AHS Bulanık TODIM	Taşıma maliyeti, satış tahmini (talep), depo yatırım maliyeti, depo kapasitesi, teslim süresi, çalışan maliyeti, çeşitli çalışma opsiyonlarının varlığı, müşterilere yakınlık, tedarikçilere yakınlık, üreticilere yakınlık arazi uygunluğu, vergi politikası, altyapı (su, telekomünikasyon, elektrik), güvenlik.
Kış vd. (2020)	Elektrik Dağıtım	KEMIRA-M	Tüketim miktarları, 2018 yatırım miktarları, aylık taşıma maliyeti, ana deponun aylık taşıma maliyeti; en yakın ana yola olan mesafe, ana tedarikçiye olan ortalama mesafe, hareket kabiliyeti, ortalama teslimat süresi, arazi maliyeti.
Turgut ve Şahin (2019)	Yaş Sebze ve Meyve Dağıtım	AHP	Maliyet (toprak maliyeti, nakliye maliyeti, iş gücü maliyeti), işgücü (nitelikli işgücünün varlığı, işgücünün ulaşım imkanları, çevre (doğal afet riski, yer şekilleri), pazar (üreticiye yakınlık, müşteriye yakınlık), altyapı (taşıma modlarına yakınlık, liman ve terminalere yakınlık).
Ergün, Korucuk ve Memiş (2020)	Afet Depo Yeri	AHS MAUT SAW	Konum (afete maruz kalanlara ulaşım süresi, yerleşim yerine uzaklık, depolara ve gıda temin edilecek noktalara uzaklık, kara yoluna uzaklık, hava yoluna uzaklık, deniz yoluna uzaklık, arazi maliyetleri), altyapı (afetsellik yapısı, arazinin zemini, arazi tapu bilgileri, işgücünün durumu, sel, toprak kayması ve fırtına riski, fay geçme durumu), iş birliği (lojistik hizmet veren firmalar, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, hükümet teşvikleri).
Ehsanifar vd. (2020)	Çelik Sektörü	UTASTAR	Farklı ulaşım sistemlerine ulaşım, konumun dağıtım kalitesi, tedarik zinciri boyunca dağıtım kalitesi, taşıma için gerekli olan işçilik maliyeti, yatırım maliyeti, üretim alanına olan erişim imkanı, tamir alanına olan erişim imkanı, gelişme ve genişleme imkanı, depolama kapasitesi, cevap verebilirlik süresi ve gecikme durumu.

**Ek 2.** Karar Vericiler Tarafından Belirlenen Ana Kriter ve Alt Kriter için Gri Önem Dereceleri

<b>ANA KRİTERLER</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
Maliyet	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]
İşgücü	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,74; 0,92]
Ulaşım Olanakları	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,82; 0,96]
Coğrafi Özellikler	[0,6; 0,7]	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,54; 70]
Ticari Lokasyon Özellikleri	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7]	[0,72; 0,88]
<b>MALİYET ALT KRİTERLERİ</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
İşçilik Maliyeti	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,78; 0,94]
Arazi Maliyeti	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,86; 0,98]
Ulaşım Maliyeti	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,74; 0,92]
Vergi indirim ve teşvik olanakları	[0,6; 0,7]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7]	[0,7; 0,84]
<b>İŞ GÜCÜ ALT KRİTERLERİ</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
İşgücü Yeterliliği ve Kalitesi	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7]	[0,9; 1]	[0,72; 0,88]
Demografik Özellikler	[0,6; 0,7]	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,6; 0,7]	[0,6; 0,7]	[0,56; 0,68]
Sosyal imkanlar ve Eğitim olanakları	[0,4; 0,6]	[0,4; 0,6]	[0,1; 0,3]	[0,1; 0,3]	[0,1; 0,3]	[0,22; 0,42]
İşgücüne Erişebilirlik	[0,6; 0,7]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,62; 0,80]
<b>ULAŞIM OLANAKLARI ALT KRİTERLERİ</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
Havalimanlarına Yakınlık	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,58; 0,78]
Limanlara Yakınlık	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,64; 0,84]
Otoyollara Yakınlık	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,74; 0,92]
Demiryollarına Yakınlık	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,3; 0,4]	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,54; 0,70]
Yerleşim Alanlarına Yakınlık	[0,1; 0,3]	[0,3; 0,4]	[0,1; 0,3]	[0,3; 0,4]	[0,1; 0,3]	[0,18; 0,34]
<b>COĞRAFİ ÖZELLİKLER ALT KRİTERLERİ</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
Arazi Büyüklüğü	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,4; 0,6]	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,5; 0,68]
Genişletmeye Elverişlilik	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,4; 0,6]	[0,72; 0,88]
İletişim Olanakları	[0,9; 1]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,78; 0,94]
Altyapı Olanakları	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,78; 0,94]
Fiziksel Özellikler	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,6; 0,7]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,54; 0,70]
<b>TİCARİ LOKASYON ÖZELLİKLERİ ALT KRİTERLERİ</b>	<b>Uzman 1</b>	<b>Uzman 2</b>	<b>Uzman 3</b>	<b>Uzman 4</b>	<b>Uzman 5</b>	<b>Ortalama</b>
Gümrüklere Yakınlık	[0,9; 1]	[0,9; 1]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,72; 0,88]
Pazarlara/ Müşterilere yakınlık	[0,6; 0,7]	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7]	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7]	[0,64; 0,78]
Üreticilere yakınlık	[0,7; 0,9]	[0,9; 1]	[0,4; 0,6]	[0,7; 0,9]	[0,7; 0,9]	[0,68; 0,86]
Sınır Kapılarına Yakınlık	[0,1; 0,3]	[0,3; 0,4]	[0,1; 0,3]	[0,3; 0,4]	[0,1; 0,3]	[0,18; 0,34]