



Paris İklim Anlaşması ve Sürdürülebilir Lojistik Kapsamında Lojistik Köy Yeri Seçimi: Türkiye Örneği

Mustafa Sait KAPLAN¹, Mehmet GÜMÜŞ¹, Emir Hüseyin ÖZDER^{*2}

¹ Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Antalya/Alanya, Türkiye

² Ankara Bilim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*emir.ozder@ankarabilim.edu.tr

(Alınış/Received: 11.03.2024, Kabul/Accepted: 25.06.2024, Yayımlama/Published: 31.07.2024)

Öz: Ülkemizin de taraf olduğu Paris İklim Anlaşması, küresel ısınma artışının azaltılması amacıyla 2050 yılına kadar sıfır emisyon hedefini taşımaktadır. Bu hedefe doğrultusunda taraf ülkelerden sera gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik planlama yapılması beklenmektedir. Sera gazı salınımının önemli bir bölümü lojistik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Ulusal ve uluslararası geçişlerin yapıldığı kapsamlı merkezler olan lojistik köyler, ülkemizde gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerin de ana merkezleri arasında yer almaktadır. Lojistik köy yeri seçimi, trafik yoğunluğunun azaltılması ve çok modlu taşımanın geliştirilmesiyle beraber sera gazı emisyonunun azaltılması açısından önem arz etmektedir. Kamu kaynakları kullanılarak kurulacak lojistik köy yerinin seçimi, Paris İklim Anlaşması'nın gerekliliği olan emisyon azalımı ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sunacak potansiyele sahiptir. Bu çalışmanın amacı, TCDD'nin Türkiye'de kurmayı planladığı lojistik köy yeri alternatiflerinin sürdürülebilir lojistik kapsamında değerlendirilerek sıralanması ve öncelikli lojistik köy yerlerinin belirlenmesidir. Çalışmada detaylı literatür taraması yapılmış ve sürdürülebilir lojistiğin başta çevresel olmak üzere ekonomik ve sosyal boyutları dikkate alınarak kullanılacak kriterler seçilmiştir. Dört ana ve on beş alt kriter, lojistik alanında çalışan uzmanların görüşüne başvurularak AHP yöntemiyle değerlendirilmiştir. Alternatiflerin sıralanmasında TOPSIS ve Fuzzy TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi sonucu Yeşilbayır/İstanbul öncelikli alternatif olurken Fuzzy TOPSIS yöntemiyle Çandarlı/İzmir lojistik köyü en iyi alternatif olarak bulunmuştur. Diğer alternatiflerin her iki yöntemde de sıralaması değişmemiştir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir lojistik, Paris İklim Anlaşması, Yeşil lojistik, Lojistik köy yeri seçim

Selection of Logistics-Center Location Within the Scope of Paris Climate Agreement and Sustainable Logistics: The Case of Türkiye

Abstract: Paris Climate Agreement, to which Türkiye is a party, sets the goal of zero emissions by 2050 to mitigate global warming. Accordingly, planning to reduce greenhouse gas emissions is expected from participating countries. A significant portion of greenhouse gas emissions stems from logistics activities. Logistics villages, serving as comprehensive centers for national and international transitions, are key hubs for logistics activities in Türkiye. Selecting the location of a logistics village is crucial for reducing greenhouse gas emissions, alongside decreasing traffic congestion and enhancing multimodal transportation. The selection of a logistics village site using public funds has the potential to contribute to the emission reduction and sustainable development targets mandated by the Paris Climate Agreement. The aim of this study is to evaluate and rank alternative locations for logistics villages planned by TCDD in Türkiye within the scope of sustainable logistics. Through a comprehensive literature review, criteria considering environmental, economic, and social aspects of sustainable logistics were chosen. Four main and fifteen sub-criteria were assessed using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, consulting logistics experts. TOPSIS and Fuzzy TOPSIS methods were employed for ranking alternatives. Yeşilbayır/İstanbul emerged as the priority alternative via the TOPSIS method, while Çandarlı/Izmir logistics village was identified as the best alternative through the Fuzzy TOPSIS method. The rankings of other alternatives have not changed in either method.

Atıf için/Cite as: M.S. Kaplan, M. Gümüş, E.H. Özder, "Paris iklim anlaşması ve sürdürülebilir lojistik kapsamında lojistik köy yeri seçimi: Türkiye örneği," *Demiryolu Mühendisliği*, sy. 20, ss. 202-229, Temmuz 2024. doi: 10.47072/demiryolu.1451230

Keywords: Sustainable logistics, Paris Climate Agreement, Green logistics, Logistics village site selection

1. Giriş

Dünya genelinde nüfusun hızlı artışı ve motorlu taşıtlara olan bağımlılığın yüksek düzeyde olması nedeniyle yeryüzünde birçok kent trafik sıkışıklığı ve ulaşım sorunlarıyla karşı karşıyadır. Ulaşım için kullanılan taşıt yoğunluğunun artması sonucunda fosil yakıtlarından kaynaklanan zararlı gazların atmosfere bırakılmasının etkisi, küresel ısınma açısından diğer etkenlere kıyasla daha fazladır [1].

1970'li yıllardan bu tarafa, enerji kullanımının artmasıyla beraber küresel ısınma, ülkelerin birçoğu için ortak bir sorun haline gelmiştir [2]. Yerküre atmosferinde sera etkisi yapan sera gazları metan, karbondioksit, diazot monoksit, florlu gazlar ve klorofloro karbonlar olup bu gazların arasında %76'lık oranla en fazla bulunan gazın karbondioksit olduğu bilinmektedir. Enerji sektörü %41 oranla karbondioksit gazını oluşturan sebepler arasında ilk sırayı alırken, %24 oranla taşımacılık sektörü ikinci sırayı almaktadır. Taşımacılık sektöründe de karayolu yük taşımacılığı diğer taşımalara göre çok daha fazla karbondioksite neden olmaktadır [3].

Fosil yakıt kullanımı ve dolayısıyla hava kirliliğinin azaltılması, birçok ülkenin ortak hedefi haline gelmiştir. Bu doğrultuda yapılan ve Türkiye'nin de taraf olduğu Paris İklim Anlaşması, küresel sıcaklık artışının 1.5°C-2°C ile sınırlanmasını hedefler [4]. Bu hedefe ulaşmanın etkenlerinden birisi de taşımacılık sektörü faaliyetlerinin daha az karbon salınımıyla gerçekleştirilmesidir. Karbon salınımına bağlı küresel ısınmanın Paris İklim Anlaşmasında istenen seviyelerde tutulmasına yönelik çalışmalar arasında mevcut ulaşım altyapısının iyileştirilmesi, trafik sıkışıklığının azaltılması ve kullanılan taşıma modunun çeşitlendirilmesi yer almaktadır [5]. Bu doğrultuda lojistik köylerin konumlandırılması ve tasarımı da önem arz etmektedir.

Lojistik köyler, tüm lojistik faaliyetlerin ticari temele dayandırılarak gerçekleştirildiği ve bu faaliyetlere ilişkin teknik ve sosyal imkânlar sağlayan özel yerlerdir. Bu lojistik merkezler ulusal ve uluslararası taşıma geçişlerinin yapıldığı, otel, depolama, taşıma, elleçleme, ayrıştırma, gümrükleme, alt yapı hizmetleri, konsolidasyon, transit işlemler, ihracat, ithalat, danışmanlık ve üretim, sigorta ve bankacılık gibi işlemlerin birleştirildiği yerlerdir. Lojistik köylerin değişik taşıma türlerinin (liman, karayolu, havaalanları, demiryolu) aynı yerde bulunduğu alanlara kurulması tercih edilebilir. Bunun sebebi taşıma bağlantılarının akışının ve tüm taşıma türleri arasında koordinasyonun sağlanmasıdır. Böylelikle lojistik köyler vasıtasıyla bölgesel ve küresel pazarlara daha etkin olarak erişilebilecektir [6]. Aynı zamanda lojistik faaliyetlerde bekleme süreleri azaltılıp yakıt tasarrufu ve daha düşük emisyon sağlanabilir [7].

Lojistik köy yeri seçimi, sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Paris İklim Anlaşması ile birlikte çevresel boyutun ön plana çıkmasına rağmen sürdürülebilirlik kavramının esasen çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç alt başlığı vardır [8]. Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu, sistemin iç ve dış borçlarının yönetilebilirliğini; çevresel boyutu, sistemin yenilenemeyen kaynaklarının kullanılmasının en aza indirilmesini; sosyal boyutu da sistemin hizmet üretim ve dağıtımında yeterlilik ve eşitlik ilkesiyle hareket etmesini kapsar [9].

Lojistik köyler, trafik ve çevre kirliliği sorunlarını azaltarak sürdürülebilirliğin çevresel boyutuna katkı sağlar. Taşıma modlarının bir araya getirilmesiyle oluşan yüksek verimliliğe, istihdama, bölgesel gelişmeye ve taşımacılık alanında rekabet üstünlüğüne sağladığı katkılarla sürdürülebilirliğin ekonomik boyutuna etki eder. Toplum refahına, ülkenin gelişmesine ve insanların yaşam standartlarının yükselmesine olan katkılarıyla da sürdürülebilirliğin sosyal boyutu üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır [10].

Türkiye’de yük taşımacılığı yüksek oranda karayolu ile yapılmaktadır. Lojistik alanında rekabet gücünü artırmak için karayolunun yanı sıra demiryolu, denizyolu ve havayolunun da olduğu ikili ve daha fazla modlu taşıma kombinasyonların kullanılması önemlidir [11]. Ülkemizde Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD), demiryolu taşımacılığıyla beraber çok modlu taşımacılığın kullanılması için önemli girişimlerde bulunmaktadır. Bunların en önemlileri arasında yeni lojistik köylerin konumlandırılması, açılması ve işletilmesi yer almaktadır. Türkiye’de işletmeye açık halde bulunan 14 lojistik köy bulunmaktadır. Bunlardan Ankara Lojistik Üssü ve Manisa Organize Sanayi Bölgesi lojistik köyü özel sektör tarafından işletilirken kalan 12 tanesi TCDD tarafından işletilmektedir [12]. TCDD’nin işletmeye açtığı 12 lojistik köyle beraber açmayı planladığı lojistik köy yerleri Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Türkiye'deki TCDD'ye ait lojistik merkezler

[13]

Ülkemizde 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile Paris İklim Anlaşması onaylanmış ve 2053 yılı için sıfır net emisyon hedefi belirlenmiştir. Taraf ülkelerce Paris İklim Anlaşması'nın en bilinen hedefi, sıcaklık artışı 1.5°C-2°C ile sınırlandırmaktır. Ayrıca, taraf ülkelerden düşük emisyonlu sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmeleri ve finans akışlarını buna göre belirlemeleri beklenmektedir. [14]

Sürdürülebilir kalkınmaya önemli katkı sunan lojistik köylerin, sadece ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ülkemizde birçok farklı illerinde konumlandırılmaları faydalı olabilir [15]. Ancak, kamu kaynakları kullanılarak kurulacak lojistik köy alternatiflerinin değerlendirilmesinde, ülkemizin taraf olduğu Paris Anlaşmasında belirtilen hedeflerin dikkate alınması önemlidir. Özellikle emisyonla etki eden kriterlerle beraber sürdürülebilir lojistik kriterleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerle varılacak sonuçlar, anlaşmada yer alan hedeflere ulaşmada fayda sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, TCDD'nin gelecekte işletmeye açmayı planladığı, etüt ve planlama aşamasındaki aday lojistik köy yerlerinin sürdürülebilir lojistik kapsamında belirlenen kriterlerle incelenmesi ve en uygun yerin seçilmesidir. Bu amaca yönelik olarak çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by

Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ve Fuzzy TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Paris İklim Anlaşması'nda yer alan düşük emisyon ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu olacak seçme kriterleri, detaylı literatür taraması sonrasında uzman görüşleri ile belirlenmiştir. Çalışmada lojistik köy yeri alternatifleri, etüt ve planlama aşamasında olan Yeşilbayır/İstanbul, Filyos/Zonguldak, Çandarlı/İzmir, Mardin ve Habur olarak belirlenmiştir.

Çalışmada, karar verme süreçlerinin etkinliğini artırmak amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri tercih edilmiştir. AHP, karmaşık karar problemlerini yapılandırılmış bir şekilde çözme imkânı sunarken, kriterler arasındaki hiyerarşik ilişkileri belirlemede büyük avantaj sağlar. TOPSIS yöntemi, alternatiflerin en iyi ve en kötü ideal çözümlerle olan uzaklıklarını değerlendirerek karar verme sürecini basitleştirir. Bulanık TOPSIS ise, belirsizlik ve bulanıklığın yüksek olduğu durumlarda daha esnek ve güvenilir sonuçlar sunarak karar vericilere yardımcı olur. Diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla, AHP'nin hiyerarşik yapısı ve TOPSIS'in ideal çözüme yakınlık prensibi, belirsizliklerin yoğun olduğu durumlarda Bulanık TOPSIS'in esnekliği ile birleşerek daha kapsamlı ve hassas bir karar verme süreci sağlar. Bu yöntemlerin birlikte kullanılması, karar verme sürecinin daha kapsamlı ve hassas bir şekilde yönetilmesini sağlar. AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları detaylı bir şekilde yöntem kısmında ele alınacaktır.

2. Literatür Taraması

Lojistik merkezi yeri seçimi çalışmaları ve yer seçim kriterlerine ilişkin araştırmalar değişik birçok ülkede yapılmıştır. Örneğin Vietnam'da lojistik merkez kurulması düşünülen üç lokasyon için bulanık DELPHİ yöntemiyle seçme kriterlerinin değerlerini belirlemiştir ve bulanık TOPSIS yöntemiyle de lokasyonların sıralaması yapılmıştır [14]. Vietnam'ın Dong Nai eyaletinde dağıtım merkezi yer seçimi için yapılan başka bir çalışmada ANP yöntemiyle kriter ağırlıklarını belirlemiş, TOPSIS yöntemiyle de alternatiflerin sıralanmıştır [22]. Yine Vietnam'da yapılan bir çalışmada çabuk bozulan tarım ürünlerinin dağıtım yeri seçimi için kriter ağırlıklarını küresel bulanık analitik hiyerarşi prosesi (SF-AHP) ile bulmuş, sıralamayı da kombine uzlaşma çözümü (CoCoSo) yöntemiyle yapmışlardır [23].

Çin'in Shangay kenti için yapılan bir çalışmada ortak bir dağıtım merkezi yer seçimi için entegre Fuzzy-EW ve AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları belirlemiş, sıralama için de geleneksel ağırlıklandırılmış ölçüt mesafesi kullanılan bir TOPSIS yöntemi önermişlerdir [15]. Çin'de şehir içi lojistiği tasarımı için yapılan başka bir çalışmada AHP yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve şirketlerin yeşil yönetimleri gri ilişki analiziyle incelemiştir [21].

İran'da yapılan bir çalışmada bulanık AHP yöntemiyle uluslararası bir firma için depo yeri seçimi yapılmıştır [16]. Doğu Hindistan da yük koridoru üzerinde çok modlu yük terminal yeri seçimi çalışmıştır. O çalışmada kriterlerin önemini belirlemek için sezgisel bulanık Intuitionistic Fuzzy (IF) tabanlı IF-AHP yöntemi kullanılmış, IF-TOPSIS ile de alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmıştır [18]. Avustralya için yapılan bir çalışmada aday alanlar arasından en uygun yük konsolidasyon yeri belirlenmek için GIS-TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [19]. Batı Balkanlar bölgesinde kuru liman terminal yeri seçimi konulu bir çalışmada da Gri Delphi tabanlı Gri AHP yöntemi kullanılmıştır. sıralama ve seçim için birleşik mesafeye dayalı GCODAS yöntemi uygulanmıştır [20].

Lojistikle ilgili literatürde, kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılan örnekler vardır. Kayseri ilinde lojistik merkez seçimi için yapılan bir çalışmada kriterlerin önem ağırlıkları AHP yöntemiyle bulunmuştur [24]. Polonya Szczecin şehrinde büyük

boyutlu kargo taşımacılığı için alternatif güzergâhlar arasından seçim yapılan bir çalışmada da kriter ağırlıklarını AHP yöntemiyle belirlemişlerdir [25].

Alternatiflerin kriterlere göre sıralanmasında TOPSIS yöntemi kullanılan çalışmalara ilişkin literatür örnekleri de mevcuttur. Deniz taşımacılığı verimliliğini etkileyen faktörlere göre Çin’de bulunan 5 adet limanın verimliliğini inceleyen bir çalışmada alternatiflerin sıralaması TOPSIS ile yapılmıştır [26]. Yine Çin’de kömür kaynağına dayalı madencilik şehirlerinin yeşil kalkınma seviyelerinin inceleyen çalışmada sıralama TOPSIS yöntemiyle yapılmıştır [27]. TOPSIS yöntemi, Hindistan’ın Ulhas havzasında alternatif baraj yerlerinin sıralanmasında da kullanılmıştır [28].

Alternatiflerin sıralanmasının Fuzzy TOPSIS yöntemiyle yapıldığı çalışmalar da vardır. Örneğin Hindistan’ın Delhi şehrinde bulunan bir cep telefonu üreticisinin tersine lojistik sürecinde, toplanan ürünler için alternatif değerlendirme seçenekleri Bulanık TOPSIS yöntemiyle sıralanmıştır [29]. Aynı yöntem yine Delhi şehrinde, süt tedarikinde üçüncü parti soğuk zincir hizmet sağlayıcılarının sıralanmasında kullanılmıştır [30]. Uşak ilinde alışveriş merkezi seçimi için alternatiflerin sıralanmasında da Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır [31].

Bu çalışmada lojistik köy yer seçimi için kullanılabilir kriterler detaylı bir literatür çalışması ile belirlenmiştir. Literatürde en çok rastlanan kriterlerin bir özeti Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Literatürde lojistik köy yeri seçim kriterleri

Sıra No	Kriterler	Yazarlar (Çalışma)											
		Awasthi ve diğerleri 2011	Awasthi ve Chauhan 2012	Tadić ve diğerleri 2014	Rao ve diğerleri 2015	Pham ve diğerleri 2017	Singh ve diğerleri 2018	Kazaçoğlu ve diğerleri 2019	Kumar ve Anbanandam 2019	Aljohani ve Thompson 2020	Tadić ve diğerleri 2020	Nong 2022	Zhao ve diğerleri 2022
1	Yatırım Maliyeti (Kuruluma ve arazi dahil)	X	X								X		
2	Yatırım geri ödeme süresi							X					
3	Taşıma maliyeti /Lojistik maliyeti			X		X		X		X	X		
4	Kentsel altyapı												X
5	Müşterilere Yakınlık	X											
6	Tedarikçilere yakınlık	X										X	
7	Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	X						X					
8	Trafik yoğunluğu		X						X	X			
9	İş imkanlarının sağlanması							X	X				
10	Güvenlik /Çevre ve terminal güvenliği	X		X	X			X					
11	Teşvikler/ Bölgesel teşvik						X						
12	Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi			X									
13	Servis kalitesi		X										
14	Bilgi altyapısı									X			
15	İletişim /Akıllı ve engelsiz iletişim												X
16	Genişleme İmkânı /Olası alan genişleme imkanlar	X				X		X	X				
17	Yakınlardaki sakinler üzerine etkisi				X					X			
18	Ekolojik peyzaj üzerindeki etkisi / Peyzaj üzerine etki				X			X	X				
19	Ekonomik gelişme potansiyeli/ Ekonomik gelişme								X		X		
20	Ana pazara yakınlık /Talep piyasasına yakınlık						X					X	
21	Vergi politikası/ Vergi politikaları / Devlet vergileri							X	X				

Tablo 1’de yer alan kriterler daha sonra uzman görüşüne sunulmuştur. Paris İklim Anlaşmasında yer alan hedefler göz önüne alınarak uzmanlar tarafından yapılan değerlendirme sonucu nihai kriter listesi oluşturulmuştur. Sürdürülebilirlik kapsamında yer alan ekonomik, sosyal ve çevresel ana kriterlerine ek olarak Teknolojik ana kriteri uzmanlar tarafından önerilmiştir. Bu 4 ana kriteri detaylandıran toplam 15 alt kriter de uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler ve hiyerarşik yapı Uygulama bölümünde Şekil 3’de gösterilmiştir.

Ülkemizde lojistik köy yeri seçimi üzerine yapılan belli başlı çalışmaların bir özeti Tablo 2’de sunulmuştur. Bu tabloda kullanılan yöntem, seçimi yapılacak lojistik köy yeri alternatifleri ve seçim için kullanılan kriterler listelenmiştir. Bu kriterlerden parantez içerisinde belirtilenler alt kriter, diğerleri çalışmada kullanılan ana kriterlerdir.

Tablo 2. Literatürde Türkiye’de lojistik köy yeri seçimi çalışmaları

Yazar	Kullanılan Yöntem	Alternatifler	Kriterler
Bayraktutan ve Özbilgin (2014)	Bulanık mantık	İstanbul, Kocaeli, Bursa, İzmir, Ankara, Gaziantep, Manisa, Hatay, Adana, Denizli, Kayseri, Sakarya, Mersin, Konya, K.Maraş, Antalya, Zonguldak, Eskişehir, Samsun, Trabzon, Tekirdağ	İllerin dış ticaret hacimleri; İllerdeki ulaştırma türleri
Sürmeli vd. (2015)	Bulanık Mantık	Malatya, Erzurum, Van	Maliyet (yatırım, işletme, ulaşım); Çevresel Faktörler; Bölgedeki Diğer Şehirlere Mesafe; Erişilebilirlik (havaalanı, karayolu)
Uysal ve Gülmez (2015)	Bulanık Serim-Matris Teorisi	Akdeniz Bölgesi İlleri	Teknik; Çevre; Sosyal; Ekonomik; Lojistik Potansiyeli
Hamzaçebi vd. (2016)	MOORA	Karadeniz Bölgesi İlleri	Nüfus; İthalat; İhracat; Endüstri ve Elektrik gücü; Havayolu; Demiryolu; Elleçleme Araç/km; Ton/km; Toplam mesafe
Zaralı vd. (2018)	AHP ve VİKOR	Kayseri ilinde yer alan İncesu, Ambar, Boğazköprü ve Mimarsinan mevkileri	Alan; Genişleme Alanı; Alt yapı olanakları; Kente yakınlık; Endüstri ve ticaret merkezlerine yakınlık; Limana ve Demiryoluna yakınlık; Arazi maliyetleri
Kazançoğlu vd. (2019)	AHP ve PROMETHEE	İzmir ilinde yer alan Torbalı, Aliağa, Torbalı, Çiğli mevkileri	Ekonomik (ulaşım erişimi, arazi maliyeti, genişleme potansiyeli); Çevresel (peyzaj, trafik tıkanıklığı); Sosyal (endüstriye destek, iş olanakları)
Tümenbatur (2021)	AHP ve Ağırlık Merkezi Yöntemi	Kars-Edirne, Kars-İzmir, Kars-Mersin güzergahları	Maliyet; Süre; Çevre; Yük Potansiyeli; Risk
Paçacı vd. (2022)	CBS-AHP	Türkiye’de 51 demiryolu yük istasyonu olan ve 71 Liman başkanlığı olan iller	Çevreye duyarlılık; Güvenilirlik; Riskler

Paçacı vd. (2023)	AHP-CBS	Demiryolu yük istasyonları ve liman başkanlıkları bulunan iller; Liman başkanlıkları ve havaalanı bulunan iller; Demiryolu yük istasyonları, liman başkanlıkları ve havaalanı bulunan iller	Dış Ticaret; Organize Sanayi Bölgeleri; Tarımsal Organize Sanayi Bölgeleri; Sınır Kapıları
Özekenci (2023)	AHP-TOPSIS	Adana, Hatay, Mersin	Yatırım maliyeti; İşgücüne erişim; Güvenlik; Çevreye etki; Doğal kaynaklar; Denizyolu; Demiryolu; Havayolu; Karayolu yakınlık

Türkiye’de lojistik merkezi seçme çalışmaları ya belirli bir şehir özelinde ya da belirli bir bölgede varsayım üzerine yapılan çalışmalardır. Kullanılan alt kriter sayısı kısıtlı olup genelde az sayıda olan ana kriterler üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu kriterler Paris İklim Sözleşmesi hedeflerine paralel bir şekilde detaylandırılmamıştır. Kriter ağırlıklarını belirlemede AHP kullanılmış, ama yer seçiminde farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle alternatif sonuçların karşılaştırılması kısıtlı olmuştur. Ayrıca mevcut lojistik köylerin verimlilik karşılaştırılması dışında TCDD’nin açmayı planladığı aday lojistik köylerin değerlendirilmesi yapılmamıştır.

Bu çalışmada ise kullanılan alternatifler varsayım olmayıp TCDD’nin etüt ve planlama programında yer alan ve kamu kaynakları kullanılarak gerçekleşmesi olası aday lojistik köy yerleridir. Kullanılan seçme kriterleri, Paris İklim Sözleşmesi hedefleri ile paralel olarak düşük emisyon ve sürdürülebilir lojistik alanlarını kapsayacak detayda belirlenmiştir. Kullanılan yöntemler açısından da alternatiflerin sıralaması için farklı yöntemler kullanılarak sonuçları karşılaştırma imkânı sunulmuştur. Paris İklim Anlaşması’na taraf olan ülkemiz, emisyon azaltımı yükümlülüğünü de üstlenmiştir. Bu bağlamda çalışma, karar vericiler için lojistik köy yeri seçimine yeni bakış açısı geliştirebilme ve farkındalığı artırma açısından katkı sunabilir.

3. Yöntem

Çalışmada AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. TOPSIS ve FUZZY TOPSIS yöntemiyle de alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Bu yöntemlerinin tercih edilmesinin çeşitli nedenleri bulunmaktadır.

AHP, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir yapıya ayırarak çözümlenmeye olanak tanır. Bu yöntem, karar vericilerin kriterler arasındaki önem derecelerini tutarlı bir şekilde belirlemelerine yardımcı olur ve öznel yargıları kantitatif verilere dönüştürür. AHP’nin en büyük avantajı, kullanıcıların karar verme sürecine katılımını artırarak, kararın kabul edilebilirliğini ve doğruluğunu artırmasıdır. Ancak, büyük veri setleri ve çok sayıda kriter olduğunda karmaşık hale gelebilir ve tutarlılık oranının sağlanması zor olabilir. AHP’nin hiyerarşik yapılandırma ve önceliklendirme yeteneği, bu çalışmanın gereksinimleriyle uyumludur.

TOPSIS yöntemi, alternatifleri değerlendirmek için basit ve etkili bir yöntemdir. TOPSIS’in temel avantajı, karar vericilerin en iyi ve en kötü çözüm noktalarına olan uzaklıkları ölçerek alternatifleri sıralamasıdır. Bu yöntem, hesaplama sürecinin hızlı ve anlaşılır olması nedeniyle sıklıkla tercih edilir. Diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla, TOPSIS’in ideal çözüme yakınlık prensibi, alternatiflerin net bir şekilde sıralanmasını sağlar. Dezavantajı ise, kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde öznel yargıların etkisinin yüksek olabilmesidir.

Bulanık TOPSIS ise belirsizliklerin ve bulanıklıkların yoğun olduğu durumlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş bir yöntemdir. Bulanık mantık teorisi üzerine kurulu olan bu yöntem, karar

vericilerin belirsizlikleri ve eksik bilgileri daha iyi yönetmelerine olanak tanır. Bulanık TOPSIS'in avantajı, belirsizlik durumlarında daha esnek ve güvenilir kararlar sunmasıdır. Diğer ÇKKV yöntemleri arasında, Bulanık TOPSIS'in belirsizlikleri yönetme yeteneği öne çıkmaktadır. Ancak, bulanık setlerin tanımlanması ve uygun üyelik fonksiyonlarının seçilmesi gibi adımlar ek zorluklar yaratabilir. Bu çalışmada hem TOPSIS hem de Bulanık TOPSIS yöntemlerine yer verilmesinin amacı, karar verme sürecinde belirsizliklerin yönetilmesi ve alternatiflerin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesidir.

AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri, bu çalışmanın gerektirdiği detaylı hiyerarşik analiz, net alternatif sıralaması ve belirsizlik yönetimi gibi ihtiyaçlara uygun olarak seçilmiştir. Bu yöntemlerin birlikte kullanılması, karar verme sürecinin daha kapsamlı ve hassas bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Çalışmada AHP yöntemi için gereken kriterlerin değerlendirilmesi, TOPSIS yöntemi için gereken alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması ve Fuzzy TOPSIS yöntemi için gereken kriter ve alternatiflerin dilsel ifadelerle derecelendirilmesi için lojistik alanında çalışan uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Uzman profili Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Uzman bilgileri

Uzmanlar	Çalıştığı Kurum Özellikleri	Kurum Merkezi	Tecrübe (Yıl)
Uzman 1	Cok modlu taşımacılık yapan lojistik şirketi	İstanbul	10
Uzman 2	Cok modlu taşımacılık yapan lojistik şirketi	İstanbul	16
Uzman 3	Tek modlu taşımacılık yapan lojistik şirketi	Antalya	25
Uzman 4	Tek modlu taşımacılık yapan lojistik şirketi	İstanbul	20
Uzman 5	Üniversite	Alanya	8
Uzman 6	Üniversite	Ankara	15

Lojistik köy yeri seçim kriterlerin belirlenmesi için Tablo 1'de özeti yer alan kriterler arasından Uzmanlar tarafından seçim yapılmıştır. Sürdürülebilirlik kapsamında yer alan Ekonomik, Sosyal, Çevresel ana faktörlere ek olarak Uzmanlar tarafından Teknolojik ana kriteri de eklenmiştir. Ekonomik ana kriterinin alt kriterleri Yatırım Maliyeti (kurulum ve arazi dahil), Yatırım Geri Ödeme Süresi, Taşıma Maliyeti /Lojistik Maliyeti ve Kentsel Altyapı olarak belirlenmiştir. Çevresel ana kriterinin alt kriterleri olarak Müşterilere Yakınlık, Tedarikçilere Yakınlık, Çok Modlu Taşımaya Bağlanabilirlik ve Trafik Yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Sosyal ana kriterin alt kriterleri İş İmkanlarının Sağlanması, Güvenlik /Çevre ve Terminal Güvenliği, Teşvikler/ Bölgesel Teşvik ve Kentin Çekiciliği ve Gelişimine Etkisi şeklinde sıralanmıştır. Teknolojik ana kriterinin alt kriterleri de Servis Kalitesi, Bilgi Altyapısı, İletişim /Akıllı ve Engelsiz İletişim olarak belirlenmiştir. Hiyerarşik yapı Şekil 3'de verilmiştir.

3.1. AHP yöntemi

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan AHP, ikili karşılaştırmalar yapılarak oran ölçekleri üretmede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, ilk olarak alternatifler içerisinde karar vericinin amacına en uygun olanın belirlenebilmesi için değerlendirmelerde kullanılacak tüm kriterler ve varsa alt kriterler belirlenmeli ve karar problemini en iyi temsil eden hiyerarşik yapı oluşturulmalıdır [39].

Daha sonra ikili karşılaştırmalar ve ağırlıkların belirlenmesi yapılır. AHP hiyerarşik yapısındaki faktörlerin birbiriyle karşılaştırılması, tercihlerin görecü gücünü gösteren Temel Önem Ölçeği yardımıyla ya da gerçek ölçüm değerleriyle gerçekleştirilir [40]. Yapılan ikili karşılaştırmalar neticesinde ortaya çıkan değerlerle oluşturulan A matrisi aşağıdaki gibidir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Matriste $a_{ik}=a_{ij} \cdot a_{jk}$ 'dır.

Oluşan A matrisinde her bir sütun değeri ayrı ayrı bulunduğu sütun toplamına bölünerek normalize matris elde edilir. Normalize matrisin satır ortalaması o satırdaki kriterin görece önem derecesini ifade eder. Ana kriterlerin görece önem derecesiyle alt kriterlerin görece önem derecelerinin çarpımıyla bütünsel kriter ağırlıkları bulunur.

Daha sonraki aşama tutarlılık hesabıdır. Karar vericinin tutarlı değerlendirme yapması halinde i, k ve j değerleri için oluşacak ikili karşılaştırma matrisinde $a_{ik}=a_{ij} \cdot a_{jk}$ eşitliği sağlanır. Bu durumda matris öz değer vektörü (λ_{max}) ile matris boyutu (n) birbirine eşit olur. Bu da $A=a_{ij} = w_i/w_j$ ve $A \cdot w = n \cdot w$ olarak ifade edilebilir [40]. Oluşan eşitlik şu şekilde ifade edilir:

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_n \\ \dots/\dots & \dots/\dots & \dots/\dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ağırlıklar ve tutarlılık için özdeğer vektör çözüm matrisi denklem (2)'de verilmiştir [40]. Tutarlılık oranı (CR) hesaplanırken; tutarlılık indeksi (CI), rassal tutarlılık indeksine (RI) bölünür.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Tutarlılık indeksi (CI) hesaplaması için ise (4) ve (5) numaralı formüller kullanılır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \quad (5)$$

Rassal tutarlılık indeksi (RI) de Tablo 4 kullanılarak elde edilir.

Tablo 4. Rassal tutarsızlık tablosu

Rassal Tutarsızlık Tablosu										
Boyut (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassal Tutarlılık İndeksi (RI)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,25	1,32	1,41	1,45	1,49

Tutarlılık oranı (CR), hesaplama sonunda 0,10 değerinin altında ise kabul edilebilir. Bu oranın üzerinde bir değer çıkarsa karar vericinin değerlendirmesinde bir tutarsızlık olduğu söylenebilir ve değerlendirmesini gözden geçirmesi istenebilir.

3.2. TOPSIS yöntemi

TOPSIS, 1981 yılında geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir [41]. Bu yöntemde seçilen alternatifin mesafe yönüyle ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme de en uzak olması beklenir.

Öncelikle karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında sıralaması yapılmak istenen alternatifler, sütunlarında da değerlendirme kriterleri yer alır. Kriter sayısı n olan ve alternatif sayısı m olan matris aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{m,n} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Daha sonra normalize karar matrisi R_{ij} , (7) ve (8) numaralı eşitlikler kullanılarak bulunur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1,2,3, \dots, m; j = 1,2,3, \dots, n) \quad (7)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Bir sonraki aşamada ağırlıklı normalize matrisi V_{ij} elde edilir. Bunun için normalize matris, değerlendirme kriterlerinin önem derecelerini gösteren ağırlıklar ile çarpılır.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Elde edilen ağırlıklı normalize karar matrisinde ağırlıkların toplamı 1'e eşit olmalıdır.

$$(j = w_1, w_2, \dots, w_n), \quad \sum_{j=1}^n = 1 \quad (10)$$

Pozitif ideal çözüm değerleri (A^+), her kriter için alternatiflerin aldığı en iyi değerlerden oluşur. Eğer kriter bir fayda kriteri ise maksimum olan değer en iyi değerdir. Aksi halde minimum değer en iyi değerdir.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, v_n^+) \quad (11)$$

Negatif ideal çözüm değerleri (A^-), her kriter için alternatiflerin aldığı en kötü değerlerden oluşur. Eğer kriter bir fayda kriteri ise minimum değer en kötü değerdir. Değilse maksimum değer en kötü değerdir.

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_n^-) \quad (12)$$

Öklid uzaklıkları hesaplanarak alternatiflerin ideal çözüme uzaklığı (S_1^+) tespit edilir

$$S_1^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (13)$$

Benzer olarak alternatiflerin negatif ideal çözüme uzaklığı (S_1^-) tespit edilir.

$$S_1^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

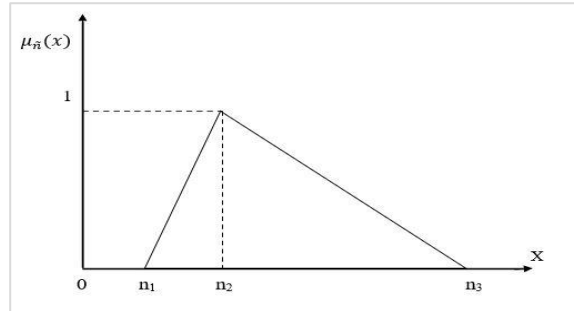
Karar noktalarının ideal çözüme olan göreceli yakınlığı (C_i^*) pozitif ve negatif ideal noktalara uzaklıktan faydalanılarak bulunur.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (15)$$

Formülde $0 \leq C_i^* \leq 1$ arasında değer alır. $C_i^* = 0$ olması alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını, $C_i^* = 1$ olması alternatifin ideal çözüme mutlak yakınlığını ifade eder. C_i^* ideal çözüme yakınlık değerleri en büyükten en küçüğe doğru sıralanarak tercih edilen alternatifler elde edilir.

3.3. Bulanık TOPSIS yöntemi

Bulanık kümeler teorisi ilk olarak 1965 yılında ortaya konulmuştur [42]. Klasik değişkenlerle yapılan ve kesin sınırlarla belirlenen sınıflandırma, bulanık mantıkla “düşük”, “orta”, “yüksek” gibi kesin sınırlamalar olmaksızın daha çok değişkenle yapılabilmektedir. Bu da gerçek hayattaki belirsizliklerin analizi ve çözümlemesine imkân sağlamaktadır [43]. $\tilde{n} = n_1, n_2, n_3$ şeklinde tanımlanan bir üçgen bulanık sayının gösterimi Şekil 2’deki gibidir.



Şekil 2. Üçgen bulanık sayı (\tilde{n})

Bu üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{n}}(x)$ şu şekilde ifade edilir. [44].

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1} & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3} & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0, & x \geq n_3 \end{cases} \quad (16)$$

İki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafenin ölçülmesinde vertex metodu kullanılabilir. $\tilde{m} = (m_1 + m_2 + m_3)$ ve $\tilde{n} = (n_1 + n_2 + n_3)$ şeklinde iki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafe $d(\tilde{m}, \tilde{n})$, (17) numaralı eşitlikle ifade edilir [44].

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (17)$$

Kriterlerin derecelendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bu değişkenlerin karşılık geldiği üçgen bulanık sayılar Tablo 5’de gösterilmiştir [44].

Tablo 5. Kriter ağırlıklarının pozitif üçgen bulanık sayılarla ifadesi

Dilsel Değişkenler	Kriterlerin Önem Ağırlığı
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0.1, 0.3)
Düşük (D)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Yüksek (Y)	(0.5, 0.7, 0.9)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.7, 0.9, 1.0)

Alternatiflerin derecelendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bu değişkenlerin karşılık geldiği üçgen bulanık sayılar da Tablo 6’da gösterilmiştir [44].

Tablo 6. Alternatiflerin pozitif üçgen bulanık sayılarla ifadesi

Dilsel Değişkenler	Alternatiflerin Önem Ağırlığı
Çok Zayıf (ÇZ)	(0, 1, 3)
Zayıf (Z)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
İyi (İ)	(5, 7, 9)
Çok İyi (Çİ)	(7, 9, 10)

Karar verici sayısının k adet olduğu durumda alternatiflerin önem dereceleri (\tilde{x}_{ij}) (18) numaralı eşitlikle, kriterlerin önem dereceleri de (\tilde{w}_j) (19) numaralı eşitlikle hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (18)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_{ij}^1 + \tilde{w}_{ij}^2 + \dots + \tilde{w}_{ij}^k] \quad (19)$$

Yöntemin uygulamasında öncelikle bulanık karar matrisi oluşturulur. Alternatif sayısı m ve kriter sayısı n olan bulanık karar matrisi (20) ile gösterilir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (20)$$

\tilde{x}_{ij} , ($j=1,2,3,\dots,n$), 1’den n ’ye kadar olan dilsel değişkenlerdir. Bunlar $\tilde{x}_{ij} = \tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, c_{ij}$ şeklinde üçgen bulanık sayılar olarak tanımlanabilir. Kriter sayısı n tane olan bulanık ağırlıklar vektörü şu şekilde gösterilir.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (21)$$

Burada \tilde{w}_j , ($j=1,2,\dots,n$) olmak üzere 1’den n ’ye kadar olan dilsel değişkenlerdir. Bunlar $\tilde{w}_j = \tilde{w}_{j1}, \tilde{w}_{j2}, \tilde{w}_{j3}$ şeklinde üçgen bulanık sayılar olarak tanımlanabilir.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasında B fayda kriterlerini, C maliyet kriterini göstermek üzere üçgen bulanık sayıların normalizasyonu $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ şu şekilde elde edilir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \quad j \in B \quad (22)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^*} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad j \in C \quad (23)$$

Her bir kriterin farklı önem dereceleri için ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi şu formülle bulunur.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (24)$$

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (25)$$

Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri, Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS)= A^* ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS)= A^- şu şekilde ifade edilir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*), \quad \tilde{v}_j^* = (1, 1, 1) \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (26)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0) \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (27)$$

Vertex metoduyla bulunan iki bulanık sayı arasındaki mesafe $d(.., ..)$ ile gösterilmek üzere alternatiflerin pozitif ideal çözüme uzaklığı şu şekilde hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (28)$$

Vertex metoduyla bulunan iki bulanık sayı arasındaki mesafe $d(.., ..)$ ile gösterilmek üzere alternatiflerin negatif ideal çözüme uzaklığı şu şekilde hesaplanır.

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (29)$$

Her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal değere yakınlık değerlerine göre ideal çözüme yakınlık dereceleri şu şekilde hesaplanır.

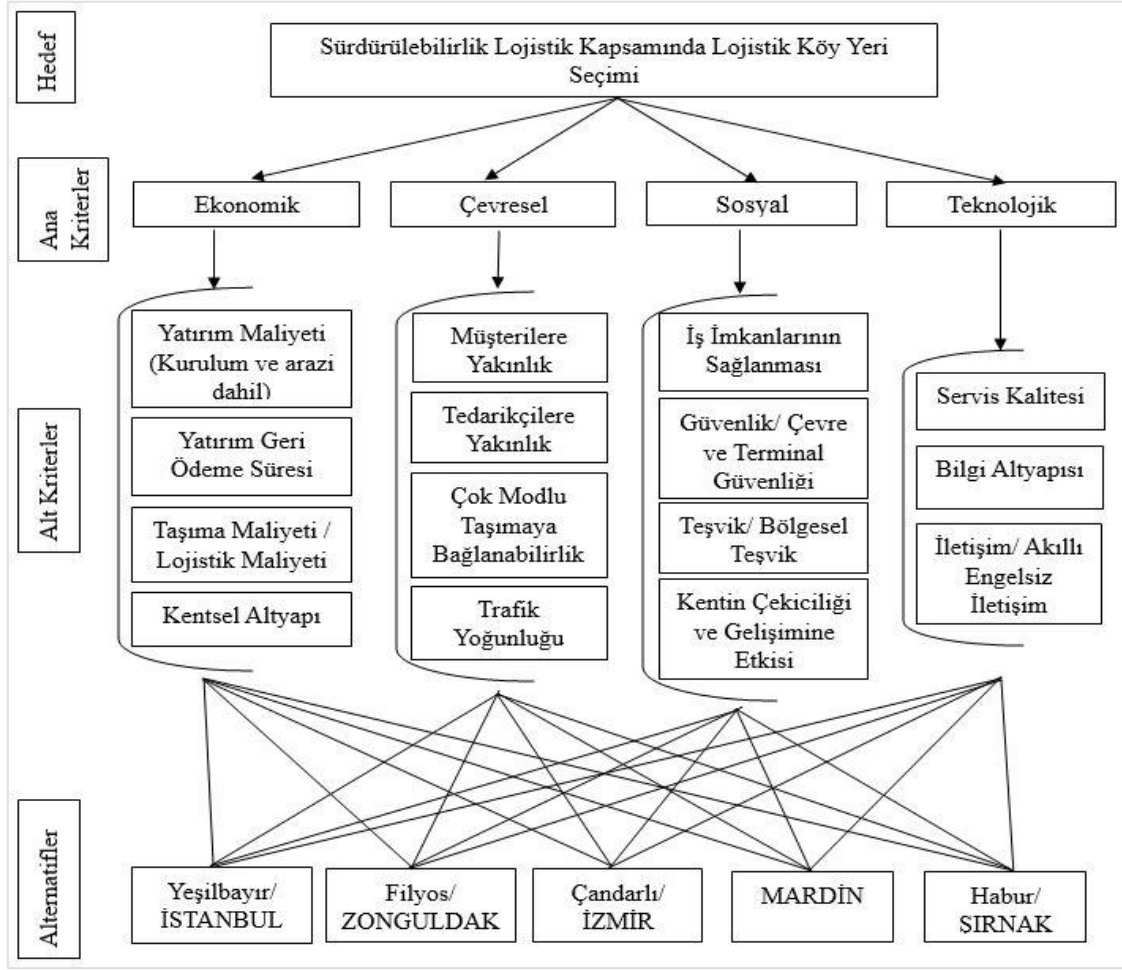
$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (30)$$

4. Uygulama

Bu bölümde çalışmada kullanılan AHP, TOPSIS ve Fuzzy TOPSIS yöntemlerinin uygulamaları yer almaktadır.

4.1. AHP yöntemi uygulaması

Sürdürülebilir lojistik köy yeri seçimi hedefine ilişkin ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşan AHP hiyerarşik yapısı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. AHP'nin hiyerarşik yapısı

Bir sonraki aşamada uzmanlar, ana ve alt kriterleri ikili karşılaştırma ile değerlendirmişlerdir. Birden fazla uzman görüşünün ortak karar haline getirilmesi için, AHP'nin karşılaştırma kuralı da dikkate alınarak, geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Uzmanların yapmış oldukları değerlendirmelerin geometrik ortalaması alınarak bulunan ortak karar değerleri, ana kriterler için Tablo 7'de, alt kriterler için de Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ana kriterler için uzman ortak karar matrisi

Kriterler	Ana Kriterler			
	Ekonomik	Çevresel	Sosyal	Teknolojik
Ekonomik	1,00	3,65	2,61	3,90
Çevresel	0,27	1,00	0,63	4,00
Sosyal	0,38	1,58	1,00	1,84
Teknolojik	0,26	0,25	0,54	1,00

Tablo 8. Alt kriterler için uzman ortak karar matrisi

Ekonomik Alt Kriterler	Yatırım maliyeti	Yatırım geri	Taşıma maliyeti/	Kentsel
	(kurulum ve arazi dahil)	ödeme süresi	lojistik maliyeti	
Yatırım maliyeti (kurulum ve arazi dahil)	1,00	8,49	0,77	0,14
Yatırım geri ödeme süresi	0,12	1,00	0,34	0,04
Taşıma maliyeti/lojistik maliyeti	1,29	2,92	1,00	0,16

Kentsel altyapı	6,93	25,98	6,12	1,00
Çevresel Alt Kriterler	Müşterilere yakınlık	Tedarikçilere yakınlık	Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	Trafik yoğunluğu
Müşterilere yakınlık	1,00	1,37	0,10	0,07
Tedarikçilere yakınlık	0,73	1,00	0,12	0,09
Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	10,39	8,66	1,00	0,25
Trafik yoğunluğu	14,81	11,23	4,00	1,00
Sosyal Alt Kriterler	İş imkanlarının sağlanması	Güvenlik/ çevre ve terminal güvenliği	Teşvik/bölgesel teşvik	Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi
İş imkanlarının sağlanması	1,00	3,46	9,66	10,25
Güvenlik/ çevre ve terminal güvenliği	0,29	1,00	5,29	8,64
Teşvik/bölgesel teşvik	0,10	0,19	1,00	1,34
Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	0,10	0,12	0,75	1,00
Teknolojik Alt Kriterler	Servis kalitesi	Bilgi altyapısı	İletişim/ akıllı engelsiz iletişim	
Servis kalitesi	1,00	1,73	6,93	
Bilgi altyapısı	0,58	1,00	5,66	
İletişim/ akıllı engelsiz iletişim	0,14	0,18	1,00	

Tablo 7 ve Tablo 8 yer alan ilişki karşılaştırma matrisleri kriter ağırlıklarını hesaplamada kullanılmıştır. Bunun için Bölüm 3.1’de açıklandığı üzere ilk olarak ana ve alt kriterlere ait normalize karar matrisi oluşturulmuş, daha sonra bu kriterlere ait bütünsel önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Ana kriterlerin ağırlıklarına bakıldığında Ekonomik 0,4986, Sosyal 0,2061 Çevresel 0,2005 ve Teknolojik 0,0948 olarak bulunmuştur. Bu ağırlıkların alt kriter önem ağırlıklarıyla çarpılmasıyla elde edilen bütünsel önem ağırlıkları Tablo 9’da yer almaktadır.

Tablo 9. Ana kriter alt kriter bütünsel önem ağırlıkları

Ana kriter	Alt kriter	Ağırlık
Ekonomik	Yatırım maliyeti (kurulum ve arazi dahil)	0,066
	Yatırım geri ödeme süresi	0,014
	Taşıma maliyeti/ lojistik maliyeti	0,057
	Kentsel altyapı	0,362
Çevresel	Müşterilere yakınlık	0,008
	Tedarikçilere yakınlık	0,008
	Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	0,057
	Trafik yoğunluğu	0,127
Sosyal	İş imkanlarının sağlanması	0,127
	Güvenlik/ çevre ve terminal güvenliği	0,058
	Teşvik/ bölgesel teşvik	0,012
	Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	0,009
Teknolojik	Servis kalitesi	0,053
	Bilgi altyapısı	0,035
	İletişim/ akıllı engelsiz iletişim	0,007

Tablo 9’da yer alan sonuçlar incelendiğinde ana kriterlerin önemleri, ekonomik, sosyal, çevresel ve teknolojik olarak sıralanmıştır. Ekonomik ana kriterinin altında yer alan kentsel altyapı en önemli alt kriteri olarak görülmektedir. Trafik yoğunluğu en önemli çevresel alt kriter, iş

imkânlarının sağlanması en önemli sosyal alt kriter ve servis kalitesi de en önemli teknolojik alt kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir sonraki aşamada AHP ile bulunan bu sonuçların tutarlılık kontrolü yapılmıştır. Bölüm 3.1 de açıklanan aşamalar uygulanarak ana ve alt kriterlerin tutarlılık değerleri hesaplanmış ve Tablo 10’ da gösterilmiştir.

Tablo 10. Tutarlılık kontrolü sonuçları

Kriter	Tutarlılık Kontrolü				
	λ_{max}	CI	RI	CR	Durum
Ana kriterler	4.2204	0.0735	0.9	0.0816	CR<0,10 Tutarlı
Ekonomik alt kriterleri	4,1679	0,0560	0,9	0,0622	CR<0,10 Tutarlı
Çevresel alt kriterleri	4,1903	0,0635	0,9	0,0705	CR<0,10 Tutarlı
Sosyal alt kriterleri	4,1061	0,0354	0,9	0,0393	CR<0,10 Tutarlı
Teknolojik alt kriterleri	3,0134	0,0067	0,58	0,0115	CR<0,10 Tutarlı

Tablo 10’da yer alan tutarlılık oranlarının tamamı 0,10’dan küçük olduğu için uzman değerlendirmelerinin tutarlı olduğu kabul edilmiştir. Bundan dolayı AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları, sonraki yöntemler olan TOPSIS ve Bulanık TOPSIS’de kullanılmıştır.

4.2. TOPSIS uygulaması

Karar matrisinin oluşturması için uzmanlar, her bir kritere göre alternatifleri 1 ile 5 arasında puanlarla değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmelerin aritmetik ortalaması alınarak uzman ortak kararları bulunmuştur. Ortaya çıkan karar matrisi Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Uzman ortak karar

Kriterler	Kriterler	Alternatif Şehirler					
		Yeşilbayır/ İSTANBUL	Filyos/ ZONGULDAK	Çandarlı/ İZMİR	Mardin	Habur ŞİRNAK	
Kriterler	Yatırım maliyeti (kurulum ve arazi dahil)	3,50	3,17	3,67	2,83	2,83	
	Ekonomik Yatırım geri ödeme süresi	2,67	3,33	3,33	3,33	3,00	
	Taşıma maliyeti/ lojistik maliyeti	2,00	3,33	3,33	3,50	4,17	
	Kentsel altyapı	4,83	2,83	4,17	2,83	2,17	
	Çevresel	Müşterilere yakınlık	4,17	2,83	3,17	2,33	1,83
		Tedarikçilere yakınlık	3,83	2,50	4,00	2,33	2,00
		Cok modlu taşımaya bağlanabilirlik	4,67	2,83	3,67	2,33	2,00
		Trafik yoğunluğu	3,33	3,33	4,17	3,00	2,67
	Sosyal	İş imkanlarının sağlanması	3,33	3,00	3,83	3,17	3,00
		Güvenlik/ çevre ve terminal güvenliği	3,67	3,50	4,00	2,50	2,00
		Teşvik/ bölgesel teşvik	2,67	2,50	2,83	2,83	3,00
	Teknolojik	Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	2,83	2,33	3,33	2,83	2,83
Servis kalitesi		4,50	3,83	4,17	2,83	2,50	
Bilgi altyapısı		4,67	3,67	4,50	2,50	2,33	
İletişim/ akıllı engelsiz iletişim		4,67	3,83	4,67	2,67	2,17	

Uzman ortak kararlarının toplanmasından sonra, Bölüm 3.2’de yer alan (7) - (10) numaralı eşitliklere kullanılarak ara hesaplama adımları tamamlanmıştır.

Sonraki adımda her bir kriter için ideal çözüm değeri (A^+) ile negatif ideal çözüm değeri (A^-) (11)-(12) numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Kriter yönleri (maksimum/minimum) ve bu yönler dikkate alınarak yapılan bu hesaplamalar Tablo 12’te gösterilmiştir.

Tablo 12. Kriterlerin yönleri ve ideal ve negatif ideal değerler

Kriterler		Kriterlerin yönü (max/min)	İdeal çözüm değerleri (A ⁺)	Negatif ideal çözüm değerleri
Ekonomik	Yatırım maliyeti (kurulum ve arazi dahil)	Minimum	0,026	0,034
	Yatırım geri ödeme süresi	Minimum	0,005	0,006
	Taşıma maliyeti/ lojistik maliyeti	Minimum	0,015	0,032
	Kentsel altyapı	Maksimum	0,223	0,100
Çevresel	Müşterilere yakınlık	Maksimum	0,005	0,002
	Tedarikçilere yakınlık	Maksimum	0,005	0,002
	Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	Maksimum	0,037	0,016
	Trafik yoğunluğu	Minimum	0,045	0,071
Sosyal	İş imkanlarının sağlanması	Maksimum	0,066	0,052
	Güvenlik/ çevre ve terminal güvenliği	Maksimum	0,032	0,016
	Teşvik/ bölgesel teşvik	Maksimum	0,006	0,005
	Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	Maksimum	0,005	0,003
Teknolojik	Servis kalitesi	Maksimum	0,029	0,016
	Bilgi altyapısı	Maksimum	0,020	0,010
	İletişim/ akıllı engelsiz iletişim	Maksimum	0,004	0,002

(13)-(14) numaralı eşitlikler kullanılarak da alternatiflerin ideal değere uzaklığı (S_1^+) ve negatif ideal değere uzaklığı (S_1^-) bulunmuştur. Son adım olarak (15) numaralı eşitlik ile karar noktalarının ideal çözüme olan göreceli yakınlığı (C_i^*) elde edilmiştir.

Alternatiflerin ideal çözüme olan uzaklıklarından faydalanılarak bulunan ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri ve ideal değere yakınlık sıralaması Tablo 13'te gösterilmiştir. Tablo 13'de yer alan sonuçlara göre TOPSİS yöntemiyle en uygun lojistik köy alternatifi Yeşilbayır/İstanbul olarak bulunurken ikinci sırayı Candarlı/İzmir almıştır.

Tablo 13. Alternatiflerin ideal çözüme göreceli yakınlığı ve sıralaması

Alternatifler	(C*)	Sıralama
Yeşilbayır/ İSTANBUL	0.891	1
Filyos/ ZONGULDAK	0.288	3
Candarlı/ İZMİR	0.694	2
Mardin	0.282	4
Habur/ SİRNAK	0.171	5

4.3. Bulanık TOPSİS yöntemi uygulaması

Bu yöntemle de öncelikli uzman görüşü alınarak karar matrisi oluşturulmuştur. Bunun için uzmanlar tarafından Çok Düşük (ÇD), Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y) ve Çok Yüksek (ÇY) şeklinde dilsel ifadelerle derecelendirilen kriterlerin karşılık geldiği üçgen bulanık sayılar oluşturulmuştur. Uzman ortak kararı, bu sayıların ortalamaları alınarak hesaplanmış ve Tablo 14' de gösterilmiştir.

Tablo 14. Kriterlerin üçgen bulanık sayı karşılığı ve ortalama

Kriter	Uzm. 1	Uzm. 2	Uzm. 3	Uzm. 4	Uzm. 5	Uzm. 6	Ortalama
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	----------

(K1)	0.5 0.7 0.9	0.0 0.1 0.3	0.1 0.3 0.5	0.7 0.9 1.0	0.1 0.3 0.5	0.1 0.3 0.5	0.1 0.3 0.5	0.250	0.433	0.617
(K2)	0.1 0.3 0.5	0.7 0.9 1.0	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.133	0.267	0.450
(K3)	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.7 0.9 1.0	0.0 0.1 0.3	0.5 0.7 0.9	0.0 0.1 0.3	0.250	0.400	0.583	0.850
(K4)	0.5 0.7 0.9	0.5 0.7 0.9	0.3 0.5 0.7	0.3 0.5 0.7	0.5 0.7 0.9	0.7 0.9 1.0	0.467	0.667	0.850	0.367
(K5)	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.050	0.167	0.367	0.400
(K6)	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.1 0.3 0.5	0.067	0.200	0.400
(K7)	0.7 0.9 1.0	0.1 0.3 0.5	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.1 0.3 0.5	0.1 0.3 0.5	0.217	0.400	0.583
(K8)	0.7 0.9 1.0	0.7 0.9 1.0	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.7 0.9 1.0	0.5 0.7 0.9	0.483	0.667	0.817	0.767
(K9)	0.1 0.3 0.5	0.7 0.9 1.0	0.3 0.5 0.7	0.7 0.9 1.0	0.3 0.5 0.7	0.3 0.5 0.7	0.400	0.600	0.767	0.633
(K10)	0.5 0.7 0.9	0.1 0.3 0.5	0.1 0.3 0.5	0.1 0.3 0.5	0.3 0.5 0.7	0.3 0.5 0.7	0.233	0.433	0.633	0.400
(K11)	0.1 0.3 0.5	0.0 0.1 0.3	0.1 0.3 0.5	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.1 0.3 0.5	0.050	0.200	0.400	0.367
(K12)	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.050	0.167	0.367
(K13)	0.1 0.3 0.5	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.7 0.9 1.0	0.5 0.7 0.9	0.0 0.1 0.3	0.267	0.433	0.617	0.533
(K14)	0.1 0.3 0.5	0.5 0.7 0.9	0.1 0.3 0.5	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.3 0.5 0.7	0.167	0.333	0.533	0.400
(K15)	0.1 0.3 0.5	0.3 0.5 0.7	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.0 0.1 0.3	0.067	0.200	0.400	

Benzer şekilde alternatifler için de uzmanların dilsel ifadelerle yaptıkları değerlendirmelere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar ve onların ortalamaları da Tablo 15’ de gösterilmiştir.

Tablo 15. Kriterlere göre alternatiflerin üçgen bulanık sayı karşılıkları

Kriter	Alternatif	Uzm.						Ortalama		
		1	2	3	4	5	6	(Bulanık karar matrisi)		
Yatırım maliyeti (Kurulum ve arazi dahil)	(K1) A1	0 1 3	0 1 3	3 5 7	7 9 10	0 1 3	5 7 9	2.500	4.000	5.833
	A2	3 5 7	3 5 7	5 7 9	1 3 5	3 5 7	1 3 5	2.667	4.667	6.667
	A3	0 1 3	0 1 3	5 7 9	5 7 9	0 1 3	3 5 7	2.167	3.667	5.667
	A4	7 9 10	5 7 9	3 5 7	0 1 3	7 9 10	0 1 3	3.667	5.333	7.000
	A5	7 9 10	5 7 9	3 5 7	0 1 3	7 9 10	0 1 3	3.667	5.333	7.000
Yatırım geri ödeme süresi	(K2) A1	0 1 3	0 1 3	7 9 10	7 9 10	7 9 10	3 5 7	4.000	5.667	7.167
	A2	3 5 7	3 5 7	7 9 10	0 1 3	3 5 7	0 1 3	2.667	4.333	6.165
	A3	0 1 3	0 1 3	3 5 7	3 5 7	7 9 10	3 5 7	2.667	4.333	6.167
	A4	7 9 10	5 7 9	5 7 9	0 1 3	0 1 3	0 1 3	2.833	4.333	6.167
	A5	7 9 10	5 7 9	7 9 10	0 1 3	0 1 3	1 3 5	3.333	5.000	6.667
Taşıma maliyeti / lojistik maliyeti	(K3) A1	0 1 3	7 9 10	7 9 10	7 9 10	5 7 9	5 7 9	5.167	7.000	8.500
	A2	3 5 7	1 3 5	5 7 9	1 3 5	5 7 9	0 1 3	2.500	4.333	6.333
	A3	0 1 3	3 5 7	1 3 5	3 5 7	5 7 9	3 5 7	2.500	4.333	6.333
	A4	7 9 10	0 1 3	5 7 9	0 1 3	1 3 5	1 3 5	2.333	4.000	5.833
	A5	0 1 3	0 1 3	7 9 10	0 1 3	1 3 5	0 1 3	1.333	2.667	4.500
Kentsel altyapı	(K4) A1	7 9 10	7 9 10	7 9 10	7 9 10	7 9 10	5 7 9	6.667	8.667	9.833
	A2	5 7 9	1 3 5	5 7 9	3 5 7	3 5 7	0 1 3	2.833	4.667	6.667
	A3	7 9 10	7 9 10	3 5 7	7 9 10	7 9 10	1 3 5	5.333	7.333	8.667
	A4	3 5 7	1 3 5	5 7 9	3 5 7	1 3 5	0 1 3	2.167	4.000	6.000
	A5	0 1 3	0 1 3	5 7 9	0 1 3	0 1 3	0 1 3	0.833	2.000	4.000
Müşterilere yakınlık	(K5) A1	3 5 7	7 9 10	7 9 10	7 9 10	7 9 10	1 3 5	5.333	7.333	8.667
	A2	5 7 9	1 3 5	5 7 9	1 3 5	5 7 9	0 1 3	2.833	4.667	6.667
	A3	3 5 7	3 5 7	1 3 5	5 7 9	5 7 9	3 5 7	3.333	5.333	7.333
	A4	7 9 10	0 1 3	3 5 7	0 1 3	1 3 5	1 3 5	2.000	3.667	5.500
	A5	7 9 10	0 1 3	1 3 5	0 1 3	0 1 3	0 1 3	1.333	2.667	4.500
Tedarikçilere yakınlık	(K6) A1	3 5 7	7 9 10	1 3 5	7 9 10	7 9 10	3 5 7	4.667	6.667	8.167
	A2	5 7 9	1 3 5	3 5 7	0 1 3	3 5 7	1 3 5	2.167	4.000	6.000
	A3	3 5 7	3 5 7	7 9 10	5 7 9	7 9 10	5 7 9	5.000	7.000	8.667
	A4	7 9 10	0 1 3	7 9 10	0 1 3	0 1 3	0 1 3	2.333	3.667	5.333
	A5	7 9 10	0 1 3	3 5 7	0 1 3	0 1 3	0 1 3	1.667	3.000	4.833
Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	(K7) A1	7 9 10	7 9 10	5 7 9	7 9 10	7 9 10	5 7 9	6.333	8.333	9.667
	A2	7 9 10	1 3 5	3 5 7	1 3 5	5 7 9	0 1 3	2.833	4.667	6.500
	A3	7 9 10	3 5 7	1 3 5	5 7 9	7 9 10	3 5 7	4.333	6.333	8.000
	A4	1 3 5	0 1 3	5 7 9	3 5 7	1 3 5	1 3 5	1.833	3.667	5.667
	A5	0 1 3	0 1 3	7 9 10	3 5 7	0 1 3	0 1 3	1.667	3.000	4.833
Trafik yoğunluğu	(K8) A1	0 1 3	1 3 5	5 7 9	7 9 10	0 1 3	3 5 7	2.667	4.333	6.167
	A2	5 7 9	5 7 9	3 5 7	0 1 3	3 5 7	0 1 3	2.667	4.333	6.333
	A3	0 1 3	1 3 5	0 1 3	3 5 7	0 1 3	3 5 7	1.167	2.667	4.667
	A4	7 9 10	7 9 10	3 5 7	0 1 3	5 7 9	0 1 3	3.667	5.333	7.000
	A5	7 9 10	7 9 10	3 5 7	0 1 3	7 9 10	0 1 3	4.000	5.667	7.167
İş imkanlarının sağlanması	(K9) A1	7 9 10	5 7 9	1 3 5	7 9 10	0 1 3	3 5 7	3.833	5.667	7.333
	A2	7 9 10	3 5 7	1 3 5	3 5 7	3 5 7	1 3 5	3.000	5.000	6.833
	A3	7 9 10	5 7 9	7 9 10	7 9 10	0 1 3	3 5 7	4.833	6.667	8.167
	A4	7 9 10	0 1 3	5 7 9	3 5 7	7 9 10	0 1 3	3.667	5.333	7.000

	A5	7.910	0.13	3.57	3.57	7.910	0.13	3.333	5.000	6.667
(K10) Güvenlik / çevre ve terminal güvenliği	A1	3.57	3.57	1.35	7.910	7.910	5.79	4.333	6.333	8.000
	A2	5.79	3.57	3.57	7.910	7.910	0.13	4.167	6.000	7.667
	A3	3.57	5.79	3.57	7.910	7.910	5.79	5.000	7.000	8.667
	A4	1.35	0.13	3.57	3.57	5.79	1.35	2.167	4.000	6.000
	A5	0.13	0.13	3.57	3.57	3.57	0.13	1.500	3.000	5.000
(K11) Teşvik / bölgesel teşvik	A1	3.57	3.57	0.13	7.910	0.13	3.57	2.667	4.333	6.167
	A2	5.79	3.57	1.35	3.57	1.35	0.13	2.167	4.000	6.000
	A3	3.57	3.57	1.35	7.910	0.13	3.57	2.833	4.667	6.500
	A4	7.910	0.13	5.79	0.13	7.910	0.13	3.167	4.667	6.333
	A5	7.910	0.13	5.79	0.13	7.910	1.35	3.333	5.000	6.667
(K12) Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	A1	7.910	5.79	0.13	0.13	0.13	7.910	3.167	4.667	6.333
	A2	7.910	1.35	1.35	0.13	1.35	1.35	1.833	3.667	5.500
	A3	7.910	5.79	7.910	0.13	0.13	5.79	4.000	5.667	7.333
	A4	7.910	1.35	3.57	1.35	5.79	0.13	2.833	4.667	6.500
	A5	7.910	0.13	3.57	1.35	7.910	0.13	3.000	4.667	6.333
(K13) Servis kalitesi	A1	7.910	5.79	5.79	7.910	7.910	5.79	6.000	8.000	9.500
	A2	7.910	5.79	5.79	7.910	5.79	0.13	4.833	6.667	8.333
	A3	7.910	5.79	5.79	7.910	7.910	1.35	5.333	7.333	8.833
	A4	3.57	3.57	5.79	3.57	1.35	1.35	2.667	4.667	6.667
	A5	1.35	3.57	5.79	3.57	0.13	1.35	2.167	4.000	6.000
(K14) Bilgi altyapısı	A1	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	3.57	6.333	8.333	9.500
	A2	7.910	3.57	3.57	5.79	7.910	1.35	4.333	6.333	8.000
	A3	7.910	7.910	1.35	7.910	7.910	7.910	6.000	8.000	9.167
	A4	3.57	1.35	5.79	1.35	3.57	0.13	2.167	4.000	6.000
	A5	1.35	1.35	5.79	1.35	1.35	1.35	1.667	3.667	5.667
(K15) İletişim / akıllı engelsiz iletişim	A1	7.910	7.910	7.910	7.910	7.910	3.57	6.333	8.333	9.500
	A2	7.910	5.79	5.79	7.910	5.79	0.13	4.833	6.667	8.333
	A3	7.910	7.910	3.57	7.910	7.910	7.910	6.333	8.333	9.500
	A4	3.57	1.35	5.79	3.57	3.57	0.13	2.500	4.333	6.333
	A5	1.35	1.35	5.79	3.57	0.13	0.13	1.667	3.333	5.333

Uzman ortak kararlarının toplanmasından sonra, Bölüm 3.3'de yer alan adımlar takip edilerek kriterlere ait normalize bulanık karar matrisi ve ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi hesaplanmıştır. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi değerlerinin ideal çözüm değerlerine ($A^* = [(1,1,1), (1,1,1), \dots, (1,1,1)]$) olan uzaklıklarıdır. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi değerlerinin negatif ideal çözüm değerlerine uzaklığı ($A^* = [(0,0,0), (0,0,0), \dots, (0,0,0)]$) değerine olan uzaklıklarıdır. Bulanık sayıların ideal çözüm değerlerine uzaklığı Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. Bulanık sayıların ideal çözüme uzaklığı ve toplam uzaklık

	A1	A2	A3	A4	A5
K1	0.773	0.798	0.753	0.829	0.829
K2	0.873	0.836	0.836	0.839	0.858
K3	0.923	0.874	0.874	0.864	0.793
K4	0.469	0.682	0.540	0.723	0.836
K5	0.832	0.878	0.865	0.900	0.920
K6	0.823	0.878	0.814	0.889	0.903
K7	0.668	0.795	0.737	0.831	0.856
K8	0.819	0.820	0.684	0.855	0.863
K9	0.605	0.647	0.547	0.622	0.643
K10	0.688	0.700	0.660	0.784	0.826
K11	0.840	0.847	0.831	0.832	0.823
K12	0.861	0.883	0.838	0.860	0.861
K13	0.643	0.693	0.670	0.774	0.801
K14	0.709	0.766	0.720	0.838	0.850
K15	0.807	0.835	0.807	0.881	0.902
Toplam (di*)	11.333	11.935	11.173	12.319	12.563

Son adım olarak alternatiflerin ideal çözüme yakınlık dereceleri (CC_i), (30= numaralı eşitlik ile hesaplanmıştır. Yakınlık dereceleri ve sıralama Tablo 17'de gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında Fuzzy TOPSİS yöntemine göre en uygun lojistik köy alternatifi alternatifin Çandarlı/İZMİR olmuş, ikinci sırayı Yeşilbayır/İstanbul almıştır.

Tablo 17. Alternatiflerin ideal çözüme yakınlık sırası

Alternatifler	CC _i	Sıralama
Yeşilbayır/İSTANBUL	0,281	2
Filyos/ZONGULDAK	0,238	3
Çandarlı/İZMİR	0,292	1
Mardin	0,211	4
Habur/ŞIRNAK	0,193	5

5. Bulgular

Ana kriterlerin karşılaştırmasında ekonomik kriteri %49,86'lık bir oranla en önemli ana kriter olduğu, bunu %20,61'lik bir oran ile sosyal kriterinin ikinci önemli ana kriter olduğu, %20,05'lik bir oran ile çevresel ana kriterinin üçüncü önemli ana kriter olduğu ve %9,48'lik bir oran ile teknolojik ana kriterinin yer aldığı görülmektedir.

Ekonomik ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırılmasında da %72,62'lik bir oranla en önemli kriterin kentsel altyapı olduğu, %2,72'lik bir oranla yatırım geri ödeme süresinin ise en düşük öneme sahip kriter olduğu görülmektedir. Çevresel alt kriterlere bakıldığında %63,32'lik bir oranla trafik yoğunluğunun en önemli kriter olurken tedarikçilere yakınlık kriteri ise %3,94'lük bir oranla en önemsiz kriter olarak gözlemlenmiştir.

Sosyal ana kriterinin alt kriterlerinden iş imkanlarının sağlanması %61,47'lik bir oranla en önemli kriter olurken %4,54'lük bir oranla kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi kriteri önem olarak en alt sırada yer almıştır. Teknolojik ana kriterine altında yer alan servis kalitesi alt kriterinin %56,21'lik bir oranla en önemli kriter olduğu, %7,27'lik bir oranla da iletişim/ akıllı engelsiz iletişimin en önemsiz kriter olduğu görülmektedir.

Paris İklim Anlaşması, her ne kadar 2050 yılına kadar sıfır emisyon hedefini belirlemiş olsa da, bu hedefin sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yapılması gerekliliğini de vurgulamaktadır. Uzman görüşleri ile elde edilen kriter değerlendirmelerinde sürdürülebilir lojistiğin olarak ekonomik boyutu, buna paralel ön plana çıkmıştır. Ülkemizin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde olması, uluslararası rekabet gücünü artırma isteği ve pazar payı artırma arzusu buna etken olmuş olabilir. Bununla beraber Ekonomik kriterinin bazı alt kriterleri, emisyon azalımı ile de dolaylı olarak ilgilidir. Örneğin kentsel altyapının yeterli olmayışı, lojistik köy kurulmadan önce kapsamlı inşaa faaliyetleri gerektirecek ve bu da zararlı sera gazı emisyonunu artıracaktır.

Sürdürülebilir lojistiğin sosyal boyutunun ağırlığı her ne kadar çevresel boyutunun ağırlığından önde olsa da, her iki kriterin de önemleri birbirine yakın ve %20 civarındadır. Bu da Paris İklim anlaşmasının gerekliliği olan emisyon azalımı hedefinin göz ardı edilmediği; trafik yoğunluğunun ve çok modlu taşımaya bağlanabilmenin önemsendiğini göstermektedir.

TOPSIS yöntemine göre alternatiflerin sıralaması gerçekleştirildiğinde 0,8909'lik oranla Yeşilbayır/İSTANBUL ilk sırada yer alırken, 0,6941'lik oranla ikinci sırada Çandarlı/İZMİR, 0,2878'lik oranla üçüncü sırada Filyos/ZONGULDAK, 0,2816'lık oranla dördüncü sırada Mardin ve 0,1713'lük bir oranla Habur/ŞIRNAK son sırada yer almaktadır.

Bulanık TOPSIS yöntemine göre alternatifler sıralandığında ise 0,2920'lik bir oranla Çandarlı/İZMİR ilk sırada yer alırken, 0,2810'luk bir oranla ikinci sırada Yeşilbayır/İSTANBUL, 0,2381'lik oranla üçüncü sırada Filyos/ZONGULDAK, 0,2109'luk oranla dördüncü sırada Mardin ve 0,1927'lik bir oranla Habur/ŞIRNAK son sırada yer almaktadır. Sonuçlar Tablo 18'de özetlenmiştir.

Tablo 18. Çözüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Alternatifler	TOPSIS Sıralama	Bulanık TOPSIS Sıralama
Yeşilbayır/İSTANBUL	1	2
Filyos/ZONGULDAK	3	3
Çandarlı/İZMİR	2	1
Mardin	4	4
Habur/ ŞIRNAK	5	5

Ana kriter ağırlıklarının önem sırası doğal olarak lojistik köy yeri için alternatif şehirlerin de sıralanmasında etkili olmuştur. İstanbul ve İzmir şehirlerin tüm alternatifler arasında her iki yöntemle de ilk iki sırayı almaları bundan kaynaklıdır. Diğer alternatif şehirlere nazaran bu iki şehirde de kentsel altyapının çok önde olması, çok modlu taşıma için tüm alternatiflerin bulunması, şehir nüfuslarından dolayı iş imkânlarına yüksek talep olması, teknolojik altyapıdan dolayı da servis kalitesinin daha yüksek olması, sıralamanın belirlenmesine etki etmiştir.

Tablo 19. Kriterlerin karşılık geldiği dilsel ifadeler

Kriterler	Uzm.1	Uzm.2	Uzm.3	Uzm.4	Uzm.5	Uzm.6
(K1) Yatırım maliyeti (kurulum ve arazi	Y	ÇD	D	ÇY	D	D
(K2) Yatırım geri ödeme süresi	D	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD
(K3) Taşıma maliyeti/ lojistik maliyeti	ÇD	O	ÇY	ÇD	Y	ÇD
(K4) Kentsel altyapı	Y	Y	O	O	Y	ÇY
(K5) Müşterilere yakınlık	ÇD	ÇD	ÇD	O	ÇD	ÇD
(K6) Tedarikçilere yakınlık	ÇD	ÇD	O	ÇD	ÇD	D
(K7) Çok modlu taşımaya bağlanabilirlik	ÇY	D	O	ÇD	D	D
(K8) Trafik yoğunluğu	ÇY	ÇY	O	ÇD	ÇY	Y
(K9) İş imkânlarının sağlanması	D	ÇY	O	ÇY	O	O
(K10) Güvenlik/ çevre ve terminal	Y	D	D	D	O	O
(K11) Teşvik/ bölgesel teşvik	D	ÇD	D	ÇD	ÇD	D
(K12) Kentin çekiciliği ve gelişimine etkisi	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	O	ÇD
(K13) Servis kalitesi	D	ÇD	O	ÇY	Y	ÇD
(K14) Bilgi altyapısı	D	Y	D	ÇD	ÇD	O
(K15) İletişim/ akıllı engelsiz iletişim	D	O	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD

Tablo 20. Alternatiflerin kriterlere göre dilsel olarak ifadesi

Kriter	Alternatif	Uzm. 1	Uzm. 2	Uzm. 3	Uzm. 4	Uzm. 5	Uzm. 6
(K1) Yatırım maliyeti (Kurulum ve arazi dahil)	Yeşilbayır/İSTANBUL	ÇZ	ÇZ	O	Çİ	ÇZ	İ
	Filyos/ZONGULDAK	O	O	İ	Z	O	Z
	Çandarlı/İZMİR	ÇZ	ÇZ	İ	İ	ÇZ	O
	Mardin	Çİ	İ	O	ÇZ	Çİ	ÇZ
	Habur/ ŞIRNAK	Çİ	İ	O	ÇZ	Çİ	ÇZ
(K2) Yatırım geri ödeme süresi	Yeşilbayır/İSTANBUL	ÇZ	ÇZ	Çİ	Çİ	Çİ	O
	Filyos/ZONGULDAK	O	O	Çİ	ÇZ	O	ÇZ
	Çandarlı/İZMİR	ÇZ	ÇZ	O	O	Çİ	O
	Mardin	Çİ	İ	İ	ÇZ	ÇZ	ÇZ
	Habur/ ŞIRNAK	Çİ	İ	Çİ	ÇZ	ÇZ	Z
(K3) Taşıma maliyeti / lojistik maliyeti	Yeşilbayır/İSTANBUL	ÇZ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	İ
	Filyos/ZONGULDAK	O	Z	İ	Z	İ	ÇZ
	Çandarlı/İZMİR	ÇZ	O	Z	O	İ	O
	Mardin	Çİ	ÇZ	İ	ÇZ	Z	Z
	Habur/ ŞIRNAK	ÇZ	ÇZ	Çİ	ÇZ	Z	ÇZ
(K4) Kentsel altyapı	Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ
	Filyos/ZONGULDAK	İ	Z	İ	O	O	ÇZ
	Çandarlı/İZMİR	Çİ	Çİ	O	Çİ	Çİ	Z
	Mardin	O	Z	İ	O	Z	ÇZ
	Habur/ ŞIRNAK	ÇZ	ÇZ	İ	ÇZ	ÇZ	ÇZ
	Yeşilbayır/İSTANBUL	O	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Z

(K5)	Müşteriler e yakınlık	Filyos/ZONGULDAK	İ	Z	İ	Z	İ	ÇZ
		Çandarlı/İZMİR	O	O	Z	İ	İ	O
		Mardin	Çİ	ÇZ	O	ÇZ	Z	Z
		Habur/ ŞIRNAK	Çİ	ÇZ	Z	ÇZ	ÇZ	ÇZ
(K6)	Tedarikçilere yakınlık	Yeşilbayır/İSTANBUL	O	Çİ	Z	Çİ	Çİ	O
		Filyos/ZONGULDAK	İ	Z	O	ÇZ	O	Z
		Çandarlı/İZMİR	O	O	Çİ	İ	Çİ	İ
		Mardin	Çİ	ÇZ	Çİ	ÇZ	ÇZ	ÇZ
(K7)	Çok modlu taşımacılığa bağlanabilirlik	Habur/ ŞIRNAK	Çİ	ÇZ	O	ÇZ	ÇZ	ÇZ
		Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ
		Filyos/ZONGULDAK	Çİ	Z	O	Z	İ	ÇZ
		Çandarlı/İZMİR	Çİ	O	Z	İ	Çİ	O
(K8)	Trafik yoğunluğu	Mardin	Z	ÇZ	İ	O	Z	Z
		Habur/ ŞIRNAK	ÇZ	ÇZ	Çİ	O	ÇZ	ÇZ
		Yeşilbayır/İSTANBUL	ÇZ	Z	İ	Çİ	ÇZ	O
		Filyos/ZONGULDAK	İ	İ	O	ÇZ	O	ÇZ
(K9)	İş imkanlarının sağlanması	Çandarlı/İZMİR	Çİ	İ	Çİ	Çİ	ÇZ	O
		Mardin	Çİ	ÇZ	İ	O	Çİ	ÇZ
		Habur/ ŞIRNAK	Çİ	ÇZ	O	O	Çİ	ÇZ
		Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	İ	Z	Çİ	ÇZ	O
(K10)	Güvenlik / çevre ve terminal güvenliği	Filyos/ZONGULDAK	Çİ	O	Z	O	O	Z
		Çandarlı/İZMİR	Çİ	İ	Çİ	Çİ	ÇZ	O
		Mardin	O	İ	O	Çİ	Çİ	İ
		Habur/ ŞIRNAK	Z	ÇZ	O	O	İ	Z
(K11)	Teşvik / bölgesel teşvik	Yeşilbayır/İSTANBUL	ÇZ	ÇZ	O	O	O	ÇZ
		Filyos/ZONGULDAK	O	O	Z	O	Z	ÇZ
		Çandarlı/İZMİR	O	O	Z	Çİ	ÇZ	O
		Mardin	Çİ	ÇZ	İ	ÇZ	Çİ	ÇZ
(K12)	Kentnin çekiciliği ve gelişimine etkisi	Habur/ ŞIRNAK	Çİ	ÇZ	İ	ÇZ	Çİ	Z
		Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	İ	ÇZ	ÇZ	ÇZ	Çİ
		Filyos/ZONGULDAK	Çİ	Z	Z	ÇZ	Z	Z
		Çandarlı/İZMİR	Çİ	İ	Çİ	ÇZ	ÇZ	İ
(K13)	Servis kalitesi	Mardin	Çİ	Z	O	Z	İ	ÇZ
		Habur/ ŞIRNAK	Çİ	ÇZ	O	Z	Çİ	ÇZ
		Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ
		Filyos/ZONGULDAK	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	ÇZ
(K14)	Bilgi altyapısı	Çandarlı/İZMİR	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ	Z
		Mardin	O	O	İ	O	Z	Z
		Habur/ ŞIRNAK	Z	O	İ	O	ÇZ	Z
		Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	O
(K15)	İletişim / akıllı engelsiz	Filyos/ZONGULDAK	Çİ	O	O	İ	Çİ	Z
		Çandarlı/İZMİR	Çİ	Çİ	Z	Çİ	Çİ	Çİ
		Mardin	O	Z	İ	Z	O	ÇZ
		Habur/ ŞIRNAK	Z	Z	İ	Z	Z	Z
(K15)	İletişim / akıllı engelsiz	Yeşilbayır/İSTANBUL	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	O
		Filyos/ZONGULDAK	Çİ	İ	İ	Çİ	İ	ÇZ
		Çandarlı/İZMİR	Çİ	Çİ	O	Çİ	Çİ	Çİ

Mardin	O	Z	İ	O	O	ÇZ
Habur/ ŞIRNAK	Z	Z	İ	O	ÇZ	ÇZ

6. Sonuç

Türkiye coğrafi konumu, büyüyen ekonomisi ve artan ihracat rakamları ile tarihi ipek yolundan beri geçiş güzergahında bulunmasından dolayı ulaştırma ve lojistik altyapısı ve bunların verimli kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak lojistik faaliyetlerden kaynaklı çevre kirliliği ve egzoz emisyonlarında da artış kaçınılmazdır. Paris iklim anlaşmasının hedefleri doğrultusunda lojistik köylerin konumlandırılması, düzenlenmesi organizasyonunda optimum şartların sağlanmasına yönelik çalışmalar, lojistik faaliyetlerin daha çevreci gerçekleştirilmesi konusunda önemli bir misyon üstlenmektedir. Lojistik köylerinin trafik yoğunluğunu azaltacak şekilde yerleştirilmesi, daha az emisyon oluşturan taşıma modlarının da rahat bir şekilde kullanılabilirdiği ulaşım altyapısının nispeten daha iyi olduğu lokasyonlarda organize olması, bu bağlamda önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de sürdürülebilir lojistik köy yeri seçimi için kriterler belirlenmiş, alternatif yerler arasından AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile seçim yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kriterler daha önce yapılan lojistik köy yeri seçim çalışmalarında kullanılan ölçütler arasından seçilmiş olup, lojistik altyapısının şekillenmesinde Paris iklim anlaşmasının gerekleri de dikkate alınarak sürdürülebilir lojistiğe katkı sağlayacağı düşünülen kriterlerdir. Kullanılan kriterler sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarına ek olarak teknolojik ana kriteri altında kategorize edilmiştir.

Lojistik alanında faaliyet gösteren şirketlerin üst düzey yöneticileri ve akademisyenlerden oluşan 6 uzmanın tecrübe ve görüşüne başvurularak kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılması istenmiş ve AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları bulunmuş ve bulunan ağırlıklara göre alternatiflerin TOPSIS yöntemi ile sıralaması yapılmıştır. Yine aynı uzmanların kriter ve alternatifleri dilsel ifadelerle derecelendirmesinden elde edilen veriler kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemiyle alternatiflerin yeniden sıralaması yapılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Lojistik köyler için en uygun yerlerin belirlenmesi, lojistik faaliyetlerde çeşitli kolaylıklar sağlayarak verimliliği artıracak, böylelikle hem zaman hem kaynak tasarrufu sağlayacaktır. TCDD ülkemizde şu ana kadar işletmeye açtığı lojistik köylerle karayolunun yanı sıra daha ekonomik ve çevre dostu taşıma modlarının kullanılmasına imkân sağlamakta ve açmayı planladığı yeni lojistik köylerle bu misyonunu geliştirmeye yönelik adımlar atmaktadır. Çalışmamızda alternatif olarak ele aldığımız lojistik köy yerleri, TCDD’nin gelecekte faaliyete geçirmeyi planladığı etüt ve planlama aşamasında olan lojistik köy yerleridir.

Lojistik köy yeri seçim kriterlerini karşılaştırdığımızda en önemli kriterin %36,21’lik bir oranla kentsel altyapı olduğu görülmektedir. Lojistik merkez için kentin yolları, bağlantı noktaları, konaklama, ulaşım ve sosyal imkanları, park yerleri gibi ihtiyaçları karşılayacak altyapıya sahip olması gerekmektedir. Bu kriteri %12,69’luk bir oran ile ikinci en önemli kriter olan trafik yoğunluğu kriteri takip etmektedir. Bilindiği üzere trafikte lojistik araçların sık dur kalk yapması hem yakıt maliyetini arttırmakta buna bağlı fazla egzoz emisyonuna ve trafikte fazladan zaman kaybına yol açacağı için Lojistik köy yerinin trafik yoğunluğu az olduğu yerler tercih edilmektedir. Üçüncü en önemli kriter olan iş imkanlarının sağlanması %12,67’lik bir orana sahiptir. Kurulacak lojistik köyün istihdama katkı sağlaması sosyal açıdan fayda sağlaması önemlidir. Teknolojik olarak akıllı ve engelsiz iletişim kriter ağırlığının %0,69’luk bir oranla tüm kriterler içinde son sırada olması, lojistik köy yeri seçiminde diğer kriterlere göre oldukça etkisiz bir kriter olduğunu göstermektedir.

Kriterleri belirleme sırasında, mesafe yönüyle emisyon azaltmaya pozitif katkısı olacağı düşünülen müşterilere yakınlık ve tedarikçilere yakınlık kriterlerinin ağırlıklarının oldukça düşük çıktığı görülmüştür. Teknolojik imkanlar ve E-Ticaret'in yaygınlaşmasıyla müşteri ve tedarikçiler artık küresel olarak değerlendirilmektedir. Türkiye gibi iki kıtayı birbirine bağlayan, kara, hava, deniz, demiryolu ve boru hattı gibi taşıma modlarının hepsinin kullanımına uygun, büyüyen ekonomiye sahip olan ülkeler için çok daha geçerli bir söylemdir.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan sürdürülebilir lojistik değerlendirmelerinde çevresel değil de ekonomik boyutunun daha önemsenmesi, Paris İklim Sözleşmesinde vurgulanan sürdürülebilir kalkınma hedefine aykırı değildir. Bununla beraber çevresel boyutun öneminin %20 civarında oluşu, emisyon azalımı ve iklim değişikliği ile ilgili farkındalığın daha da artırılması gerekliliğinin göstergesi olabilir.

Lojistik köy yeri seçimi TOPSIS yöntemiyle yapıldığında ilk sırada Yeşilbayır/ İSTANBUL, ikinci sırada da Çandarlı/ İZMİR yer almıştır. Bulanık TOPSIS yönteminde ise ilk sırada Çandarlı/ İZMİR ikinci sırada da Yeşilbayır/ İSTANBUL yer almıştır. Diğer alternatiflerin her iki yöntemde de sıralamasının değişmediği görülmektedir. Çalışma sonucunda TCDD'nin etüt ve planlama aşamasında olan 5 adet aday lojistik köy yeri içerisinde işletmeye açılmasına öncelik verilmesi gereken yerlerin, Paris iklim anlaşması ve sürdürülebilir lojistiğe en fazla katkı sağlayacağı düşünülen Yeşilbayır/ İSTANBUL ve Çandarlı/ İZMİR lojistik köyleri olduğu saptanmıştır.

Türkiye'de lojistik merkezi yerini seçme üzerine daha önce yapılan çalışmalarda alternatifler varsayımına dayandırılmış ya da bir şehir özelinde yapılmıştır. Kullanılan kriterler yeterli detayda olmayıp Paris İklim Sözleşmesi hedeflerine paralel bir şekilde belirlenmemiştir. Paris İklim Anlaşması, düşük emisyon ile sıcaklık artışının 1.5°C-2°C ile sınırlandırılmasını hedeflerken sürdürülebilir kalkınma ve buna uygun finans akışlarını da vurgulamaktadır. Kamu kaynakları kullanarak yapılacak lojistik köylerini öncelik sırasına koymak için bu çalışma ve benzerleri kullanılarak kısa ve orta vadede anlaşma hedeflerine en uygun seçimler yapılabilir.

Bu çalışmada kullanılan kriterler ve ağırlıkları, ileride yapılacak sürdürülebilir lojistik merkez ve lojistik köy yeri seçimi çalışmalarına kriter belirlenmesi yönüyle ışık tutabilir. Kriter ağırlıkları, sonraki çalışmalar için araştırmacılara fikir verebilir. Farklı alternatifler üzerinde çalışılarak ya da farklı uzman görüşleri kullanılarak sonuçlar geliştirilebilir. Yeni yöntemler geliştirerek ya da literatürde geçen farklı yöntemler kullanılarak değerlendirmeler çeşitlendirilebilir ve sonuçlar duyarlılık analizleri ile karşılaştırılabilir. Örneğin, HP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin diğer çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle karşılaştırılması yapılabilir. VIKOR, ELECTRE veya PROMETHEE gibi yöntemlerin aynı problem üzerinde uygulanması, farklı yöntemlerin sonuçlarının ve etkinliklerinin karşılaştırılması açısından faydalı olacaktır. İkinci olarak, farklı sektörlerde ve uygulama alanlarında bu yöntemlerin geçerliliği ve uygulanabilirliği incelenebilir. Özellikle sağlık, finans, tedarik zinciri yönetimi ve çevre yönetimi gibi alanlarda bu yöntemlerin performansı test edilebilir. Alternatifler bölgesel çalışmalara indirgenerek bölgesel lojistik merkez seçim çalışması yapılabilir.

Literatürdeki mevcut çalışmaların sınırlı olması, karşılaştırma yapma ve bulguları destekleme açısından zorluklar yaratmıştır. Bu durum, çalışmanın teorik temelini güçlendirme sürecinde ek çaba gerektirmiştir. Tüm bu sınırlandırmalar ve zorluklar göz önünde bulundurularak, gelecekte yapılacak çalışmalarda bu sorunların aşılmasına yönelik adımlar atılması önerilmektedir.

Çalışmanın sonuçları, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, sürdürülebilir lojistik köy yeri seçimi konusunda önemli bir katkı sağladığı görülmektedir. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışma özellikle sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi sürecinde farklı bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir lojistik köy yeri seçimi konusunda yapılan çalışmalarda genellikle ekonomik ve sosyal faktörlerin ön planda olduğu görülmektedir. Ancak, bu çalışma çevresel faktörlerin ve teknolojik altyapının da önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, literatürdeki mevcut boşluğu doldurarak, sürdürülebilir lojistik köy yeri seçimi konusunda daha kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

Kaynakça

- [1] K. Rahimi and M. Davoudi, “Electric vehicles for improving resilience of distribution systems,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 36, pp. 246–256, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.SCS.2017.10.006
- [2] Y. Geng, W. Ji, Z. Wang, B. Lin, and Y. Zhu, “A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction,” *Energy Build.*, vol. 183, pp. 500–514, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2018.11.017
- [3] A. O. Dünder and A. Kolay, “Karayolu yük ve yolcu taşımacılığının çevresel sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi ve Konya ili sera gazı emisyonunun hesaplanması,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, vol. 14, no. 1, pp. 317–334, 2021, doi: 10.25287/ohuibf.786463
- [4] T.C. Dışişleri Bakanlığı, “Paris Anlaşması,” no. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, p. Erişim tarihi: 13.03.2023
- [5] P. Loukopoulos, “A Classification of Travel Demand Management Measures,” in *Threats from Car Traffic to the Quality of Urban Life*, Emerald Group Publishing Limited, 2007, pp. 273–292. doi: 10.1108/9780080481449-015.
- [6] G. T. Aydın and K. S. Ögüt, “Avrupa ve Türkiye’de lojistik köyleri,” no. 2. Uluslararası Demiryolu Sempozyumu 15-17 Ekim 2008, İstanbul, pp. 1471–1481, 2008.
- [7] W. P. Wong, K. L. Soh, C. M. Sinnandavar, and N. Mushtaq, “Could the service consumption-production interface lift national logistics performance?,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 128, pp. 222–239, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.RESCONREC.2016.10.002
- [8] United Nations, “2005 World Summit Outcome,” no. United Nations, New York, 2005
- [9] J. Holmberg and R. Sandbrook, “Sustainable development: what is to be done?,” in *Policies for a small planet*, Routledge, 2019, pp. 19–38
- [10] Y. Kılıç, M. Aycan Karaatlı, M. F. Demiral, and Y. Pala, “Gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınma açısından lojistik köyler: Türkiye örneği,” no. Uluslararası Davraz Kongresi 24-27 Eylül 2009 Isparta, pp. 13–14, 2009
- [11] M. Tanyaş, “Akademi lojistik: Lojistik kavram ve terimleri rehber kitabı,” no. Mersin Ticaret ve Sanayi Odası Yayını, p. 8, 2009
- [12] E. Genç and Ş. Coşmuş, “Lojistik köylerin yönetim özellikleri ve Türkiye’deki lojistik köyler,” *J. Soc. Humanit. Adm. Sci.*, vol. 7, no. 35, pp. 68–79, Jan. 2021, doi: 10.31589/JOSHAS.511
- [13] TCDD, “Lojistik merkezler,” no. <https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/lojistik-merkezler>, p. Erişim tarihi: 08.08.2023
- [14] T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, “Paris Anlaşması,” no. <https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/paris-anlasmasi-13-20220808231948.pdf>, p. Erişim tarihi 20.04.2024
- [15] M. Gümüş, H. Yumurtacı Aydoğmuş, and E. H. Özder, “Location and Capacity Planning of Freight Villages: The Case of Türkiye,” *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, Dec. 2023, doi: 10.30798/makuiibf.1097373
- [16] S. Tadić, M. Krstić, V. Roso, and N. Brnjac, “Dry Port Terminal Location Selection by Applying the Hybrid Grey MCDM Model,” *Sustainability*, vol. 12, no. 17, p. 6983, Aug. 2020, doi: 10.3390/su12176983
- [17] S. Agrawal, R. K. Singh, and Q. Murtaza, “Disposition decisions in reverse logistics by using AHP-fuzzy TOPSIS approach,” *J. Model. Manag.*, vol. 11, no. 4, pp. 932–948, Nov. 2016, doi: 10.1108/JM2-12-2014-0091.

- [18] M. Soba, A. Şimşek, and M. Bayhan, “Bulanık Topsis yöntemi ile alışveriş merkezi kuruluş yeri seçimi: Uşak ilinde bir uygulama,” *Ekon. ve Yönetim Araştırmaları Derg.*, vol. 3, no. 2, pp. 103–132, 2014
- [19] A. Awasthi, S. S. Chauhan, and S. K. Goyal, “A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty,” *Math. Comput. Model.*, vol. 53, no. 1–2, pp. 98–109, Jan. 2011, doi: 10.1016/J.MCM.2010.07.023
- [20] A. Awasthi and S. S. Chauhan, “A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning,” *Appl. Math. Model.*, vol. 36, no. 2, pp. 573–584, Feb. 2012, doi: 10.1016/J.APM.2011.07.033
- [21] S. Tadić, S. Zečević, and M. Krstić, “A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 18, pp. 8112–8128, Dec. 2014, doi: 10.1016/J.ESWA.2014.07.021
- [22] C. Rao, M. Goh, Y. Zhao, and J. Zheng, “Location selection of city logistics centers under sustainability,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 36, pp. 29–44, May 2015, doi: 10.1016/J.TRD.2015.02.008
- [23] T. Y. Pham, H. M. Ma, and G. T. Yeo, “Application of Fuzzy Delphi TOPSIS to Locate Logistics Centers in Vietnam: The Logisticians’ Perspective,” *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 33, no. 4, pp. 211–219, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.AJSL.2017.12.004
- [24] R. K. Singh, N. Chaudhary, and N. Saxena, “Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study,” *IIMB Manag. Rev.*, vol. 30, no. 4, pp. 343–356, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.IIMB.2018.08.009
- [25] Y. Kazançoğlu, M. Özbiltekin, and Y. D. Özkan-Özen, “Sustainability benchmarking for logistics center location decision: An example from an emerging country,” *Manag. Environ. Qual. An Int. J.*, vol. 31, no. 5, pp. 1239–1260, Nov. 2019, doi: 10.1108/MEQ-08-2019-0177
- [26] A. Kumar and R. Anbanandam, “Location selection of multimodal freight terminal under STEEP sustainability,” *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 33, p. 100434, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.RTBM.2020.100434
- [27] K. Aljohani and R. G. Thompson, “A multi-criteria spatial evaluation framework to optimise the siting of freight consolidation facilities in inner-city areas,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 138, pp. 51–69, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.TRA.2020.05.020
- [28] T. N. M. Nong, “A hybrid model for distribution center location selection,” *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 38, no. 1, pp. 40–49, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.AJSL.2021.10.003
- [29] R. Zhao, Y. Gao, F. Jia, and Y. Gong, “Service design of green and low-carbon intracity logistics: an AHP approach,” *Int. J. Logist. Res. Appl.*, pp. 1–22, Oct. 2022, doi: 10.1080/13675567.2022.2129045
- [30] Y. Bayraktutan and M. Özbilgin, “Türkiye’de İllerin Lojistik Merkez Yatırım Düzeylerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Belirlenmesi,” *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, no. 43, p. 1, 2014, doi: 10.18070/euiibfd.67041.
- [31] G. Surmeli, I. Kaya, and M. Erdogan, “A fuzzy multi-criteria decision making approach for choosing a logistics center location in Turkey,” in *2015 6th International Conference on Modeling, Simulation, and Applied Optimization (ICMSAO)*, May 2015, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICMSAO.2015.7152195
- [32] F. Uysal and M. Gülmez, “Türkiye’de Akdeniz Bölgesi’nde Lojistik Merkez Yeri Seçimi İçin Bulanık Serim Teori ve Matris Yaklaşımı Uygulaması,” *Veriml. Derg.*, no. 1, pp. 89–104, 2015
- [33] C. Hamzaçebi, G. İmamoğlu, and A. Ahmet, “Selection of logistics center location with MOORA method for Black Sea Region of Turkey,” *J. Econ. Bibliogr.*, vol. 3, no. 1S, pp. 74–82, 2016
- [34] F. Zaralı, H. R. Yazgan, and Y. Delice, “AHP ve VIKOR bütünlük yaklaşımıyla lojistik merkez yer seçimi: Kayseri ili örneği,” *Erciyes Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 34, no. 3, pp. 1–9, 2018
- [35] A. Tümenbatur, “Orta Koridor Üzerindeki Demir İpekyolu Güzergahı ve Lojistik Merkez Yer Seçimi,” *Çukurova Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 30, no. 3, pp. 102–110, Dec. 2021, doi: 10.35379/cusosbil.977922
- [36] B. Paçacı, S. Erol, and K. Çubuk, “Sürdürülebilir Ulaşım İle Lojistik Merkez Yer Seçimi,” *Toros Üniversitesi İİSBF Sos. Bilim. Derg.*, vol. 9, no. (2. Uluslararası Sürdürülebilir Lojistik Sempozyumu “Döngüsel Ekonomi”) Özel Sayısı, pp. 97–106, Nov. 2022, doi: 10.54709/iisbf.1182554
- [37] B. Paçacı, S. Erol, and K. Çubuk, “Çok Modlu Taşımacılığa Uygun Lojistik Merkez Yer Seçimi İçin Bir Öneri: Türkiye Uygulaması,” *Politek. Derg.*, vol. 26, no. 2, pp. 923–928, Jul. 2023, doi: 10.2339/politek.1099560

- [38] E. K. Özekenci, “AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Lojistik Merkez Kuruluş Yeri Seçimi: Çukurova Bölgesi Üzerine Bir Araştırma,” Tarsus Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg., vol. 4, no. 1, pp. 70–84, Jun. 2023, doi: 10.56400/tarsusiibfdergisi.1273882
- [39] T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process. paperback edition, RWS Publications, Pittsburgh, P A. First appeared 1980, McGraw Hill, New York., 1990., 1980
- [40] T. L. Saaty, Decision making with dependence and Feedback The Analytic Network Process., RWS Publications, 2001
- [41] C.-L. Hwang and K. Yoon, “Methods for Multiple Attribute Decision Making,” 1981, pp. 58–191. doi: 10.1007/978-3-642-48318-9_3
- [42] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” Inf. Control, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, Jun. 1965, doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [43] M. Dağdeviren, “Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama,” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Derg., vol. 22, no. 4, 2007
- [44] C.-T. Chen, “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment,” Fuzzy Sets Syst., vol. 114, no. 1, pp. 1–9, Aug. 2000, doi: 10.1016/S0165-0114(97)00377-1

Özgeçmiş



Mustafa Sait KAPLAN

1988 tarihinde Antalya’da doğmuştur. Lisans eğitimini Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme bölümünde tamamladıktan sonra Yüksek Lisans Eğitimine Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi İşletme Mühendisliği bölümünde devam etmiştir. Halen Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesinde idari personel olarak çalışmaktadır.

E-Posta: mustafa.kaplan@alanya.edu.tr



Mehmet GÜMÜŞ

Prof. Dr. Mehmet GÜMÜŞ lisans eğitimini Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde tamamladıktan sonra yüksek lisans ve doktora eğitimlerini Kanada’da bulunan Waterloo Üniversitesinin Yönetim Bilimleri bölümünde tamamlamıştır. Doktora sonrasında Birleşik Arap Emirlikleri’nin Sharjah Amerikan Üniversitesinde öğretim üyesi olarak çalışmıştır. 2016 yılından bu yana Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları: Lojistik yönetimi ve ulaştırma, stok yönetimi, tedarik zinciri yönetimi ve matematiksel modelleme konularıdır.

E-Posta: mehmet.gumus@alanya.edu.tr



Emir Hüseyin ÖZDER

Dr. Öğretim Üyesi Emir Hüseyin ÖZDER lisans eğitimini Atılım Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde tamamladıktan sonra Yüksek Lisans eğitimine Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde devam etmiştir. Sonrasında Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde Doktora eğitimini tamamlamıştır. Farklı üniversitelerde araştırma görevlisi ve sonrasında doktor öğretim üyesi olarak çalışmış; birçok firmada personel planlama ve verimlilik konularında danışmanlık görevi yürütmüştür. Çalışma alanları: Çizelgeleme, çok ölçütlü karar verme, optimizasyon algoritmaları ve matematiksel modelleme konularıdır.

E-Posta: emir.ozder@ankarabilim.edu.tr

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Yazarların katkıları: Mustafa Sait KAPLAN: Yazma-orijinal taslak hazırlama Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, Metodoloji, Yazılım, Kaynaklar, Doğrulama, İnceleme, Kontrol. Mehmet GÜMÜŞ: Kavramsallaştırma, Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, İnceleme, Kontrol. Emir Hüseyin ÖZDER: Görselleştirme, Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, İnceleme, Kontrol.