

LOJİSTİK HİZMET YÖNETİMİNDE ETKİNLİĞİN BULANIK DEMATEL YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: DEMİR ÇELİK ÜRETİM İŞLETMELERİ ÖRNEĞİ*

EVALUATION OF EFFICIENCY IN LOGISTICS SERVICE MANAGEMENT WITH FUZZY DEMATEL METHOD: EXAMPLE OF IRON AND STEEL MANUFACTURING ENTERPRISES

Araştırma Makalesi
Research Paper

Hüseyin BALCI**
Hasan AYYILDIZ***

Öz:

Demir-çelik sektörü, yüksek hacimli üretim süreçleri, özel taşımacılık gerektiren ürün yapısı, karmaşık tedarik zincirleri ve çok modlu lojistik sistemlerin zorunlu kıldığı operasyonel yapısıyla, lojistik yönetimi açısından oldukça stratejik ve zorluklarla dolu bir yapıya sahiptir. Küresel ölçekte artan rekabet baskısı, sürdürülebilirlik talepleri ve dijital dönüşüm süreçleri, bu sektörde lojistik hizmetlerin yeniden değerlendirilmesini ve sistematik bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, demir-çelik sektöründeki lojistik hizmetlerin birbirleriyle olan ilişkileri, nedensellik bağlamında analiz edilerek, karar vericilerin hangi faktörleri önceliklendirmeleri gerektiği ortaya konulmuştur. Lojistik sistemin çok sayıda alt faktörden oluştuğu dikkate alındığında, bu faktörlerin yalnızca bireysel önem düzeyleriyle değil, ayrıca sistem içindeki etkileşimleriyle değerlendirilmesi elzemdir. Bu kapsamda, Bulanık DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi kullanılarak, karar vericilerin uzman görüşleri doğrultusunda elde edilen verilerle kriterler arası nedensel ilişkiler ortaya konulmuştur.

Analiz bulguları, teknoloji ve iş birliği temelli kriterlerin sektördeki lojistik yapının yönlendirici güç olduğunu göstermektedir. Özellikle Teknoloji ve Otomasyon, İş Birlikleri ve Lojistik Ağları ile Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik ana kriterleri, sistemin stratejik yönlendirme gücünü belirleyen temel yapılar olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, "Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı", "Otomasyon Sistemleri", "İzleme ve Takip Sistemleri", "Veri Analitiği ve Yazılım Araçları" ve "Etkin Talep Tahmini" alt kriterlerinin hem yüksek etki düzeyleri hem de sistem üzerindeki yönlendirici etkileriyle en kritik alt faktörler olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, karar vericilerin dijitalleşmeyi yalnızca destekleyici bir araç değil, lojistik sistemin temel taşı olarak görmeleri gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, demir-çelik üretim işletmelerinde lojistik stratejilerin yalnızca maliyet ve hız optimizasyonuna değil; aynı zamanda bütüncül, teknoloji temelli ve sürdürülebilirlik odaklı bir yapıya dönüştürülmesi gerektiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Demir Çelik Sektörü, Lojistik Hizmetler, Bulanık DEMATEL Yöntemi.

Abstract:

The iron and steel industry is characterized by high-volume production processes, products requiring specialized transportation, complex supply chains, and an operational structure necessitated by multimodal logistics systems. This renders logistics management in the sector highly strategic and inherently challenging. The growing global competitive pressure, increasing demands for sustainability, and ongoing digital transformation processes necessitate a comprehensive reevaluation of logistics services within this sector, based on a systematic approach. In this study, the interrelationships among logistics services in the iron and steel industry are analysed through the lens of causality, aiming to identify which factors should be prioritized by decision-makers. Given that the logistics system comprises numerous sub-factors, it is essential to assess these factors not only based on their

individual significance but also through their interactions within the system. In this context, the Fuzzy DEMATEL (The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) method is employed to reveal causal relationships among the criteria, based on expert evaluations provided by decision-makers.

The analysis results indicate that technology- and collaboration-oriented criteria serve as the driving forces behind the logistics structure in the sector. Specifically, the main criteria of Technology and Automation, Collaborations and Logistics Networks, and Sustainability and Green Logistics emerge as the core structures shaping the system's strategic orientation. Within this framework, sub-criteria such as Data Analytics and Big Data Usage, Automation Systems, Tracking and Monitoring Systems, Data Analytics and Software Tools, and Effective Demand Forecasting are identified as the most critical factors, given their high influence levels and directive roles within the system. These findings clearly demonstrate that decision-makers should regard digitalization not merely as a supportive tool, but as a fundamental pillar of the logistics system. In conclusion, logistics strategies in iron and steel production enterprises must evolve beyond simple cost and speed optimization, toward a holistic, technology-driven, and sustainability-oriented structure.

Keywords: Iron Steel, Logistics Services, Fuzzy DEMATEL Method.

* Makale Geliş Tarihi: 11.06.2025

Makale Kabul Tarihi: 03.10.2025

** Öğr. Gör. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Araklı Ali Cevat Özyurt MYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, huseyinbalci@ktu.edu.tr, orcid.org/ 0000-0002-9135-3551.

*** Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, ayyildiz@ktu.edu.tr, orcid.org/ 0000-0003-1954-6719.

GİRİŞ

Demir çelik sektörü, küresel ekonomik sistemin temel yapı taşlarından biri olarak, üretim süreçlerinde yüksek verimlilik, sürdürülebilirlik ve süreklilik gereksinimlerini ön planda tutan stratejik bir sanayi koludur. Bu sektör, yalnızca mühendislik ve üretim alanlarında değil; tedarik zinciri yönetimi ve lojistik etkinlik bağlamında da hayati bir rol üstlenmektedir. Özellikle lojistik, hammaddelerin temininden nihai ürünlerin dağıtımına kadar tüm değer zinciri boyunca operasyonların kesintisiz ve etkin bir biçimde işlenmesini sağlayan temel bir işlevi temsil etmektedir (Çekerol ve Kurnaz, 2011). Ancak, bu işlevin yerine getirilmesi; ürünlerin yüksek tonajlı yapısı, özel taşıma ve depolama gereksinimleri, maliyet baskıları ve küresel tedarik zincirinin karmaşıklığı gibi sektöre özgü zorluklarla yakından ilişkilidir.

Lojistik yönetimi, demir çelik sektöründe yalnızca fiziksel hareketlerin organize edilmesinden ibaret olmayıp, stratejik rekabet üstünlüğü sağlama, müşteri memnuniyetini artırma ve çevresel sürdürülebilirliği destekleme açısından da belirleyici bir faktördür. Hoffmann vd. (2016) ve Jain (2016), sektördeki lojistik zorlukların büyük ölçüde operasyonel karmaşıklık, tedarik zinciri entegrasyonu ve küresel taleplerin karşılanması gibi faktörlerden kaynaklandığını belirtmektedir. Bu kapsamda lojistik süreçler, malzeme akışının ötesine geçerek, dijitalleşme, otomasyon, çok modlu taşımacılık ve stratejik planlama gibi bileşenleri içeren bütüncül bir yönetim yaklaşımını zorunlu kılmaktadır.

Sektöre özgü lojistik sorunlar, ürünlerin yüksek hacim ve ağırlıkları nedeniyle özel ekipman kullanımını zorunlu kılmakta; bu durum ise taşıma ve depolama maliyetlerini doğrudan artırmaktadır. Ravi (2017) ve Gupta (2018), lojistik faaliyetlerin yalnızca operasyonel değil; tedarik zincirinin tüm aşamalarında verimlilik yaratma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda, süreçler arasındaki uyum ve entegrasyon, lojistik yönetiminin başarısı için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, müşteri beklentilerinin karşılanmasında lojistik süreçlerin etkin yönetimi belirleyici bir rol oynamaktadır. Joshi ve Sodhi (2018), lojistik verimliliğinin doğrudan müşteri memnuniyetine etki ettiğini ortaya koymuştur. Teslimat sürelerinin kısaltılması, ürün kalitesinin korunması ve sipariş doğruluğunun sağlanması, yalnızca fiziksel taşımaya değil, aynı zamanda stratejik lojistik planlamaya dayalıdır.

Demir çelik sektörünün karşılaştığı bir diğer temel sorun ise küresel tedarik zincirine entegrasyonun getirdiği karmaşıklılıktır. Farklı coğrafyalardan sağlanan hammaddeler, uluslararası taşımacılıkla bağlantılı gümrük prosedürleri ve uzun tedarik süreleri, lojistik sistemin koordinasyonunu güçleştirmektedir. Sardar (2017) ve Saraj (2017), bu tür zorlukların üstesinden gelinmesi için lojistik süreçlerin optimizasyonunun kaçınılmaz olduğunu vurgulamışlardır. Süreçlerin dijital teknolojilerle desteklenmesi, bu noktada önemli bir avantaj sağlamaktadır. Lee (2018) ve Joshi ve Sodhi (2018), otomasyon ve dijitalleşmenin, lojistik faaliyetlerde verimliliği artıran temel bileşenler hâline geldiğini belirtmektedir. Diğer yandan, lojistik süreçlerin sürdürülebilirlik perspektifiyle yönetilmesi, çevresel etkilerin azaltılması bakımından da önem arz etmektedir. Yüksek enerji tüketimi ve karbon salınımı gibi çevresel problemlerle anılan demir çelik sektörü için, yeşil lojistik

uygulamaları stratejik öncelik hâline gelmiştir. Sharma ve Choudhary (2019), alternatif taşıma yöntemlerinin (örneğin demiryolu ve denizyolu taşımacılığı) kullanımının hem maliyetleri düşürdüğünü hem de çevresel etkileri minimize ettiğini ortaya koymuştur. Bu tür uygulamalar, sektörün çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında önemli bir araç işlevi görmektedir.

Tüm bu unsurlar göz önüne alındığında, demir çelik sektörü lojistik yapısı itibarıyla çok boyutlu, dinamik ve karmaşık bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, mevcut lojistik sorunların büyük bir kısmı çoğu zaman bütüncül bir şekilde ele alınmamakta; sistemsel analiz eksiklikleri, kaynakların etkin kullanımını sınırlamakta ve karar alma süreçlerini belirsiz hâle getirmektedir. Literatürde sıkça dile getirilen sorunlar yalnızca fiziksel dağıtım değil; aynı zamanda dijitalleşme yetersizliği, çevresel duyarlılık eksiklikleri, çok modlu taşımacılıkta entegrasyon sorunları ve tedarik zinciri koordinasyonundaki kırılmalar gibi geniş bir problem setini kapsamaktadır (Hoffmann vd., 2016; Gupta, 2018; Joshi ve Sodhi, 2018).

Lojistik hizmetlerin yönetiminde Bulanık DEMATEL yöntemi kullanımı incelendiğinde, özellikle Çok Kriterli Karar Verme teknikleri, sektörlerde yaygın olarak incelenmiş olup, bu alanda pek çok akademik çalışma literatürde yer almaktadır. DEMATEL uygulamalarına yönelik literatür taramaları, yöntem temelli (klasik, bulanık, gri DEMATEL) ve uygulama alanı temelli (lojistik, sağlık, enerji, üretim, tedarik zinciri vb.) sınıflandırmalarla sistematize edilmiştir. Örneğin, Li vd., (2011) çalışmasında DEMATEL yöntemi farklı sektörlerdeki karar problemlerini analiz etmede etkili bir araç olarak sunulurken; Büyüközkan ve Çifçi (2012), sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi bağlamında Bulanık DEMATEL'in yapısal karar ilişkilerini analiz etme gücünü vurgulamaktadır. Diğer yandan, Awasthi vd., (2011) ve Govindan vd., (2018), Bulanık DEMATEL yöntemini özellikle tedarikçi seçimi, sürdürülebilirlik ve risk analizi gibi başlıklarda kullanarak, sektörel uygulamaların çeşitliliğini ortaya koymuştur. Ancak mevcut literatürde demir çelik sektörüne özgü lojistik sorunların neden-sonuç ilişkileri çerçevesinde bütüncül olarak ele alındığı, özellikle etkileşim temelli sistemsel yaklaşımlar kullanılarak analiz edildiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, mevcut çalışmanın literatüre katkısı; demir çelik sektöründeki lojistik sistemin, yalnızca sorun bazlı değil, kriterler arası nedensellik ilişkilerini göz önünde bulunduran yapısal bir analiz çerçevesi ile değerlendirilmesidir. Ayrıca, bulanık mantık temelli karar destek yaklaşımı sayesinde, belirsizlik içeren uzman değerlendirmeleri daha güvenilir hale getirilmiş ve karar vericiler için daha isabetli politika geliştirme fırsatları sunulmuştur. Çalışma, DEMATEL yönteminin sektörel bazlı uygulanabilirliğini genişletmenin yanı sıra, lojistik sistemlerde karar değişkenlerinin etkileşimsel önemini belirlemeye yönelik uygulamalı bir örnek sunarak hem teorik hem de pratik düzeyde özgün bir katkı sağlamaktadır.

Bu çerçevede, çalışmanın temel amacı; demir çelik sektöründeki lojistik hizmetlerin karşılaştığı temel sorunları sistematik bir yaklaşımla analiz etmek ve bu sorunlar arasındaki karşılıklı etkileşimleri ortaya koymaktır. Çalışma, yalnızca sorunların listelenmesiyle yetinmeyip, bu sorunlar arasındaki nedensellik ilişkilerini irdeleyerek, karar destek süreçleri

için daha derinlemesine bir analiz sunmaktadır. Bu kapsamda Bulanık DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. Çok sayıda değişkenin etkileşim hâlinde olduğu karar ortamlarında etkili bir yöntem olan Bulanık DEMATEL, özellikle neden-sonuç ilişkilerinin belirlenmesinde sağladığı analitik yetkinlikle öne çıkmaktadır. Aynı zamanda bulanık mantık yaklaşımı sayesinde, uzman görüşlerinden kaynaklanan belirsizlikleri minimize ederek daha güvenilir ve anlamlı sonuçlar üretmektedir (Altan ve Aydın, 2015).

Araştırmanın özgün katkısı, demir çelik sektöründeki lojistik sistemi yalnızca sorun temelli değil, etkileşim temelli bir yaklaşımla incelemesidir. Böylece, lojistik darboğazların giderilmesine yönelik stratejik kararların daha sağlam temellere dayanması hedeflenmektedir. Elde edilen bulgular, sektör aktörlerinin karar alma süreçlerini destekleyen somut öneriler sunmakta ve sektöre özgü lojistik politikalarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem kuramsal düzeyde literatüre katkı sunmakta hem de uygulayıcılar için stratejik bir yol haritası işlevi görmektedir.

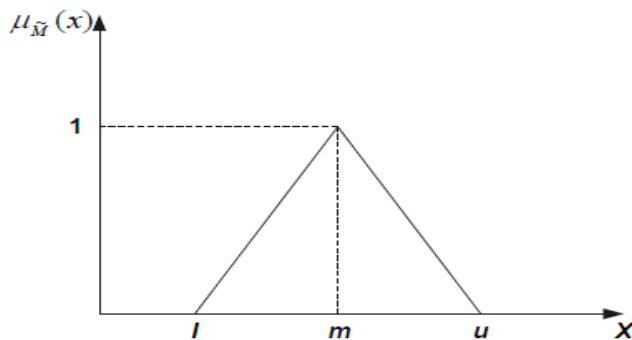
1. METODOLOJİ

1.1. Yöntem

Çalışmada ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemlerinden bulanık mantık tabanlı DEMATEL yöntemi uygulanmıştır.

Bulanık Mantık: kesin olmayan bir bilginin veya bir tercih şeklinin ifade edilmesinde bulanık küme yaklaşımı ve bulanık aritmetik kullanılır (Lin vd, 2007). Bulanık ifadeler ile daha hassas sonuçlara ulaşılabilir. Her kriter ve her bir alternatif çifti için, karar vericiler kendi tercihine göre alternatifler arasından güçlü, daha güçlü, yetersiz, çok yetersiz vb. gibi dilsel tanımlayıcılar kullanabilir. Bu dilsel değerlerin gösterilmesi üyelik fonksiyonuna göre belirlenmektedir.

Grafik 1: Üyelik fonksiyonu (Seçme vd., 2009:11701)



Grafik 1'de ifade edildiği üzere l ve u ifadeleri sırasıyla M bulanık sayısının alt ve üst değerlerini, m ise var olan sayının orta değerini ifade etmektedir (Seçme vd., 2009:11701):

Bulanık DEMATEL: araştırmalarda karmaşık ve birbiri içine girmiş problem gruplarının çözümünde kullanılır. Çözümü zor olan problemlere çözüm yolu geliştirmek, iç içe geçmiş problem kümelerinin ve hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin ifade

edilmesini kolaylaştırmaya katkıda bulunmak, uygun bilimsel araştırma tekniklerinin kullanılmasını sağlamak için geliştirilmiştir. DEMATEL yöntemi faktörleri sebep ve sonuç gruplarına göre ayırıştırarak, problemleri taslak olarak planlama ve çözüme kavuşturma fırsatı verir. Böylece nedensel ilişkileri çok daha iyi anlamamızı sağlar (Li ve Tzeng, 2009). DEMATEL yönteminde faktörler arasındaki etkileşim derecesini tam olarak belirlemek mümkün olmadığı için yöntem bulanık ortama genişletilmiştir (Altan ve Aydın, 2015).

Bu yöntemin sağladığı en önemli fayda ise uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri de içermesidir. DEMATEL metodu sistem bileşenleri arasındaki kayda değer sayıda alternatifleri inceleyen etkili bir metottur. Bu metot ortaya konan kriterlerin özellikleri ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir ve diğer kriterlere göre daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu farz edilen kriterler ise sonuç kriterleri olarak ifade edilir (Tseng ve Lin, 2008).

Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama aşamaları aşağıda sırasıyla gösterilmiştir (Nilashi vd., 2015: 349-352; Organ, 2013: 160-163; Sevim vd., 2011: 218-219; Altan ve Aydın, 2015: 103-105; Ada vd., 2011: 724-726; Lin vd., 2018: 135-136; Li vd., 2020, Zhou vd., 2018: 492):

1.Adım: Faktörlerin Belirlenmesi ve Bulanık Skalanın Oluşturulması: Birinci aşamada problemin çözümünde katkı sağlamak amacıyla, birbirleriyle etkileşim içerisinde bulunan m tane karar verici tarafından değerlendirilecek olan n adet faktör belirlenir ve karar vericiler tarafından belirlenen faktörler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır.

2.Adım: Bulanık Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması (Z Matrisi)

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & \dots & x_{ln} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{nl} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.Adım: Normalize Edilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması (i, j : kriterlerin indeksleri, k : uzman indeksi, r^k : normalize sabiti)

$$\tilde{X}_{ij}^k = \frac{z_{ij}^k}{r^k} = \left(\frac{l_{ij}^k}{r^k}, \frac{m_{ij}^k}{r^k}, \frac{u_{ij}^k}{r^k} \right)$$

$$r^k = 1^{\max} < i < n (\sum_{j=1}^n l_{ij}^k) \quad (\text{alt limite göre}) \quad (2)$$

$$r^k = 1^{\max} < i < n (\sum_{j=1}^n u_{ij}^k) \quad (\text{üst limite göre}) \quad (3)$$

4.Adım: Bulanık Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması (I : birim matris, \tilde{T} : her bir kriterin diğerleriyle olan doğrudan ve dolaylı etkilerinin toplamını gösteren matris)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \tilde{X}^3 + \dots + (\tilde{X})^n \quad (4)$$

$$\tilde{T} = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^i$$

$$\tilde{T} = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (5)$$

5.Adım: Etkileyen ve Etkilenen Faktörlerin Belirlenmesi (R_i : satır toplamı, D_i : sütun toplamı)

$$(R_i + D_i) \text{ ve } (R_i - D_i) \quad (6)$$

6.Adım: Durulaştırma

$$\tilde{R}_i^{def} + \tilde{D}_i^{def} = \frac{1}{4}(l + 2m + u) \quad (7)$$

$$\tilde{R}_i^{def} - \tilde{D}_i^{def} = \frac{1}{4}(l + 2m + u) \quad (8)$$

7.Adım: Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi (w_i : kriter i 'nin ağırlık değeri (önemi), W_i : normalize edilmiş ağırlık)

$$w_i = \sqrt{(\tilde{R}_i^{def} + \tilde{D}_i^{def})^2 + (\tilde{R}_i^{def} - \tilde{D}_i^{def})^2} \quad (9)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_i^n w_i} \quad (10)$$

2. UYGULAMA

Çalışmada öncelikle ilgili literatür çalışmaları ve karar verici uzmanların görüşleri dikkate alınarak demir çelik sektöründe lojistik hizmetlere etki eden kritik faktörler belirlenmiştir. Karşılıklı bilgi paylaşımı neticesinde belirlenmiş olan ana kriter ve alt kriterler Tablo 1'deki gibi sıralanmıştır.

Çalışmada Bulanık DEMATEL yönteminin uygulanabilmesi amacıyla, kriterler arasındaki nedensel ilişkilerin güvenilir biçimde ortaya konulabilmesi için alan bilgisine sahip uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Bu doğrultuda oluşturulan karar verici grup, demir-çelik sektöründe lojistik süreçlere dair hem teorik hem de uygulamalı bilgi birikimine sahip, disiplinlerarası nitelikteki on uzmandan oluşmaktadır. Uzman grubun belirlenmesinde çeşitlilik ve temsil kabiliyeti esas alınmış; farklı perspektiflerin bir araya getirilmesi yoluyla elde edilen verilerin bütüncül ve sektörel gerçeklikle uyumlu olmasına özen gösterilmiştir.

Karar verici uzman grupta üç temel uzmanlık alanı temsil edilmiştir:

- (i) Demir-çelik üretim işletmelerinde lojistik süreçlerden sorumlu, karar alma mekanizmalarında aktif görev üstlenen üç üst düzey yönetici,
- (ii) Sektörde lojistik planlama, tedarik zinciri koordinasyonu ve operasyonel süreçlerde en az 10 yıllık deneyime sahip üç kıdemli lojistik uzmanı,
- (iii) Lojistik, tedarik zinciri yönetimi ve üretim sistemleri alanında akademik çalışma yürüten, en az doktora derecesine sahip dört öğretim üyesi.

Bu yapı sayesinde, uygulamaya dönük saha deneyimi ile akademik perspektif bir araya getirilmiş; sistem dinamiklerini çok yönlü değerlendirebilen nitelikli bir uzman paneli oluşturulmuştur.

Tablo 1: Yöntem Çözümlemesinde Kullanılacak Ana ve Alt Kriterler

Ana Kriter ve Kodu	Alt Kriter Kodu	Alt Kriter
Alternatif Ulaşım Modları K1	K11	Denizyolu Taşımacılığı
	K12	Demiryolu Taşımacılığı
	K13	İç Su Taşımacılığı
Talep Tahmini ve Planlama K2	K21	Geçmiş Veri Analizi
	K22	Müşteri İlişkileri
	K23	Stok Yönetimi
	K24	Üretim Planlaması
	K25	Tedarike Dayalı Üretim
	K26	Esneklik
Teknoloji ve Otomasyon K3	K27	Veri Analitiği ve Yazılım Araçları
	K31	Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı
	K32	Otomasyon Sistemleri
	K33	İzleme ve Takip Sistemleri
	K34	Stok Yönetimi Yazılımları
	K35	Etkin Talep Tahmini
	K36	Elektronik Veri Değişimi (EDI)
K37	Uygulama Tabanlı Hizmetler	
İşbirlikleri ve Lojistik Ağları K4	K41	Taşıma ve Nakliye İşbirlikleri
	K42	Tedarikçi İşbirlikleri
	K43	Dış Ticaret Ortaklıkları
	K44	Araştırma ve Geliştirme Ortaklıkları
	K45	Sürdürülebilirlik İşbirlikleri
	K46	İşbirliği Platformları
Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri K5	K51	Uygun Depolama Alanları
	K52	Gelişmiş Elleçleme Ekipmanları
	K53	Envanter Yönetimi
	K54	Teknoloji Kullanımı
	K55	Çevre Düzenlemeleri
	K56	Güvenlik
	K57	Yerel Düzenlemelere Uygunluk
Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik K6	K61	Çevre Dostu Ulaşım Modları
	K62	Sürdürülebilir Ambalajlama
	K63	Enerji Verimliliği
	K64	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri
	K65	Yeşil Teknolojiler
	K66	Geri dönüşüm ve Atık Yönetimi

Veri toplama sürecinde, uzmanlara ikili karşılaştırma matrisine dayalı olarak yapılandırılmış Ek 2’de görünen bir anket formu sunulmuştur. Kriterler arasındaki ilişkiler, Tablo 2’de ifade edildiği şekliyle bulanık sayılarla ifade edilen önem düzeyleri üzerinden değerlendirilmiş ve her bir uzmanın kendi uzmanlık alanına dayalı yorumları, bağımsız olarak alınmıştır. Uzman görüşlerinin hem sektörel temsil gücüne hem de akademik geçerliliğe sahip olması, analiz sonuçlarının güvenilirliğini ve bilimsel değerini artırmaktadır. Böylelikle elde edilen bulgular, yalnızca teorik düzeyde değil, aynı zamanda sahaya uygulanabilir nitelikte karar destek çıktıları üretme potansiyeline sahiptir.

Tablo 2: Bulanık Değerlendirme Ölçeği (Wang ve Elhag, 2006)

Sözel İfadeler	Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı
Çok Yüksek Etki (ÇYE)	(0,75; 1; 1)
Yüksek Etki (YE)	(0,50; 0,75; 1)
Eşit Seviye Etki (ESE)	(0,25; 0,50; 0,75)
Düşük Etki (DE)	(0; 0,25; 0,50)
Çok Düşük Etki (ÇDE)	(0; 0; 0,25)

2.1. Ana Kriterler için Bulanık DEMATEL Çözümü

Bir sonraki aşamada karar verici grubun Tablo 2’deki sözel ifadeleri kullanarak ana kriter için yapmış oldukları değerlendirmeler Tablo 3’teki şekliyle ortalamaları alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 3: Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0	DE	ESE	DE	DE	ESE
K2	DE	0	ESE	DE	DE	DE
K3	ÇYE	YE	0	ÇYE	YE	YE
K4	YE	ESE	ÇYE	0	YE	YE
K5	DE	DE	ESE	ESE	0	DE
K6	ESE	DE	YE	YE	DE	0

Daha sonra elde edilen bulanık karar matrisi Tablo 2’deki sözel ifade karşılığına denk gelen üçgensel bulanık sayı karşılıklarına dönüşümü gerçekleştirilerek Tablo 4’ teki bulanık direk ilişki matrisi (Z Matrisi) oluşturulmuştur.

Daha sonra Bulanık DEMATEL yöntemi Excel çözümü Ek 1’de görüldüğü gibi 3. adımda normalize edilmiş bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulmuş, 4. adımda bulanık toplam ilişki matrisi oluşturulmuş, 5. adımda etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenmesi sağlanarak 6. adımda durulaştırma yapılmıştır. Son olarak 7. adımda Tablo 5’teki gibi kriter ağırlıkları hesaplanarak sıralama yapılmıştır.

Tablo 4: Bulanık Direkt İlişki Matrisi (Z Matrisi)

Direkt İlişki Matrisi (Z Matrisi)																		
	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
K1	0	0	0	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75
K2	0	0,25	0,5	0	0	0	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5
K3	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0	0	0	0,75	1	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
K4	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	0,75	1	1	0	0	0	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
K5	0	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75	0	0	0	0	0,25	0,5
K6	0,25	0,5	0,75	0	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0	0,25	0,5	0	0	0

Tablo 5: Ana Kriterlere Ait $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ Değerleri ve Ağırlıklar (W)

SONUÇLAR						
Kriterler		D+R	D-R	w_i	W_i	Sıralama
Teknoloji ve Otomasyon	K3	4,813	0,508	4,840	0,222	1
İşbirlikleri ve Lojistik Ağları	K4	4,373	0,592	4,413	0,202	2
Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik	K6	3,678	0,095	3,679	0,169	3
Alternatif Ulaşım Modları	K1	3,225	-0,603	3,281	0,150	4
Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri	K5	2,972	-0,278	2,985	0,137	5
Talep Tahmini ve Planlama	K2	2,608	-0,314	2,626	0,120	6

Çalışmada demir-çelik üretim işletmelerinde lojistik hizmetlerin yönetiminin etkinliğinde karşılaşılan temel sorunlar, Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiş ve Tablo 5'te gözüktüğü üzere elde edilen veriler doğrultusunda kriterlerin sistem içindeki konumları üç temel ölçüt üzerinden analiz edilmiştir. Bu ölçütler; kriterlerin sistemle olan toplam etkileşim düzeyini gösteren (D+R), neden mi (etkileyen) sonuç mu (etkilenen) olduğunu belirten (D-R) ve karar sürecindeki görece ağırlıklarını temsil eden normalize edilmiş W (nispi ağırlık) değerleridir (Shieh vd., 2010).

(D+R) değerleri incelendiğinde, kriterlerin sistem içerisindeki merkezilik dereceleri net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. En yüksek (D+R) değerine sahip olan Teknoloji ve Otomasyon (K3) kriteri, (4,813) değeri ile sistemin en merkezi unsuru konumundadır. Bu durum, teknolojik gelişmelerin ve otomasyon uygulamalarının yalnızca operasyonel verimlilik açısından değil, aynı zamanda diğer tüm kriterler üzerinde belirleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bunu takip eden İşbirlikleri ve Lojistik Ağları (K4) kriteri, (4,373) değeri ile ikinci sırada yer almakta olup, lojistik hizmetlerin tedarik zinciri bütünlüğü içerisindeki konumunu ve diğer aktörlerle olan entegrasyonunu stratejik düzeyde etkilediğini göstermektedir. Bu iki kriterin yüksek (D+R) değerleri, sistemin bütünsel işleyişinde yönlendirici bir rol oynadıklarını ortaya koymaktadır. Buna karşılık, Talep Tahmini ve Planlama (K2) kriteri (2,608) ile en düşük (D+R) değerine sahip olup, sistemle olan etkileşimi görece sınırlı kalmakta; bu da onu çevresel bir unsur haline getirmektedir.

(D-R) değerleri dikkate alındığında ise kriterlerin neden-sonuç (etkileyen-etkilenen) bağlamındaki yapısal rolleri belirginleşmektedir. İşbirlikleri ve Lojistik Ağları (K4) kriteri, (0,592)' lik (D-R) değeri ile sistemin en güçlü etkileyen kriteri olarak tanımlanmıştır. Bu, lojistik ağların yalnızca pasif bir unsur değil, aktif bir yönlendirici olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Teknoloji ve Otomasyon (K3) kriteri de (0,508)' lik değeriyle güçlü bir etkileyen kriter olarak konumlanmıştır. Bu iki kriterin hem yüksek (D+R) hem de yüksek pozitif (D-R) değerlerine sahip olması, onları hem sistemin merkezine yerleştirmekte hem de diğer kriterler üzerinde doğrudan etki yarattığını göstermektedir. Öte yandan, Alternatif Ulaşım Modları (K1) kriteri (-0,603)' lük değeriyle sistemin en güçlü etkilenen kriteri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum, ulaşım sistemlerinin performansının büyük ölçüde diğer faktörlere bağlı olduğunu, kendi başına yönlendirici bir güç taşımadığını göstermektedir. Aynı şekilde, Talep Tahmini ve Planlama (K2) ile Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri (K5) kriterleri de negatif (D-R) değerleri ile sistemin dış etkenlerden etkilenen unsurları olarak değerlendirilmektedir.

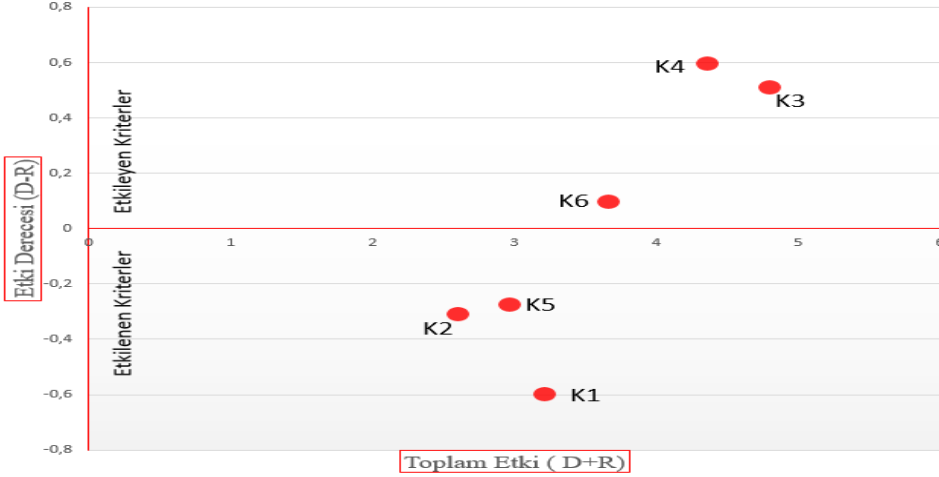
Kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları (W) analiz edildiğinde, Teknoloji ve Otomasyon (K3) kriteri (0,222)' lik değeri ile açık ara en yüksek öneme sahip unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu sonuç, demir-çelik sektöründe lojistik sistemin başarısının veri entegrasyonu ve otomasyon altyapılarının etkin kullanımıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. İkinci sırada yer alan İşbirlikleri ve Lojistik Ağları (K4) kriteri ise (0,202)' lik ağırlık değeriyle sektörün dış paydaşlarla kurduğu ilişkilerin ve tedarik zinciri koordinasyonunun lojistik başarıya etkisini doğrulamaktadır. Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik (K6) kriteri (0,169)' luk değeriyle çevresel faktörlerin gittikçe daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Buna karşın, Talep Tahmini ve Planlama (K2) kriteri (0,120)' lik değeriyle en düşük öneme sahip olup, sistemin genelinde daha çok tepkisel ve ikincil bir rol üstlenmektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, demir-çelik üretim işletmelerinde lojistik sistemlerin etkin yönetimi için özellikle teknoloji yatırımlarının ve stratejik işbirliklerinin önceliklendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Sistem üzerinde doğrudan etkisi olmayan ancak sonuç kriteri olarak tanımlanan unsurların geliştirilmesi ise, ancak temel neden kriterlerine yönelik müdahalelerle mümkün olacaktır. Bu da, lojistik süreçlerin yalnızca operasyonel değil, aynı zamanda yapısal ve stratejik bir bakış açısıyla ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Son olarak, DEMATEL yöntemiyle elde edilen (D-R) ve (D+R) değerlerinin görselleştirilmiş hali Grafik 2' de sunulmaktadır. Bu grafik, yatay ekseninde ana kriterlerin toplam etkililik düzeyini (D+R) ve dikey ekseninde ise etki derecelerini (D-R) göstermektedir. Grafik, karar vericilere hangi ana kriterlerin daha etkili olduğunu ve hangi ana kriterlerin sistem üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğunu kolayca anlamalarını sağlayan görsel bir araç sunmaktadır (Tzeng ve Huang, 2011). Pozitif (D-R) değerine sahip olan K4, K3, K6 ana kriterleri, demir çelik üretim işletmelerinde lojistik hizmetler bağlamında karşılaşılan sorunların çözümünde daha fazla etkiye sahipken, negatif (D-R) değerine sahip olan K5, K2, K1 kriterleri daha pasif ve diğer kriterlerden etkilenmeye daha açıktır. Bu görselleştirme, işletmelere, stratejik kararlarını verirken hangi faktörleri

önceliklendirerek daha verimli ve etkili seçimler yapacakları konusunda bütüncül bir perspektif kazandırmaktadır.

Grafik 2: Bulanık DEMATEL Yöntemi Ana Kriterlerin Etki ve Etkililik Haritası (D+R / D-R Diyagramı)



2.2. Alt Kriterler için Bulanık DEMATEL Çözümü

Çalışmada, belirlenen alt kriterlerin sistem içerisindeki etkileşim düzeyleri, yapısal rollerine göre konumları ve karar sürecindeki göreceli önemleri, karar verici ekip tarafından Tablo 2 kullanılarak puanlanmıştır. Elde edilen tüm verilerin ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen bulanık karar matrisi Tablo 2'deki sözel ifade karşılığına denk gelen üçgensel bulanık sayı karşılıklarına dönüşümü gerçekleştirilerek bulanık direkt ilişki matrisi (Z Matrisi) oluşturulmuştur. Sonraki aşamalar yukarıda ifade edildiği üzere Bulanık DEMATEL yöntem adımları kullanılarak Excel çözümü Ek 1'de ana kriter çözüm adımlarında da gözüktüğü üzere 3. adımda normalize edilmiş bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulmuş, 4. adımda bulanık toplam ilişki matrisi oluşturulmuş, 5. adımda etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenmesi sağlanarak 6. adımda durulaştırma yapılmıştır. Son olarak 7. adımda Tablo 6'daki gibi kriter ağırlıkları hesaplanarak sıralama yapılmıştır.

Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda elde edilen (D+R), (D-R) ve normalize ağırlık (W) değerleri, her bir alt kriterin sistem dinamikleri içindeki işlevsel rolünü ortaya koymakta ve karar vericilere stratejik önceliklendirme imkânı sunmaktadır.

Çalışmada, belirlenen alt kriterlerin sistem içerisindeki etkileşim düzeyleri, yapısal rollerine göre konumları ve karar sürecindeki göreceli önemleri, Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda elde edilen (D+R), (D-R) ve normalize ağırlık (W) değerleri, her bir alt kriterin sistem dinamikleri içindeki işlevsel rolünü ortaya koymakta ve karar vericilere stratejik önceliklendirme imkânı sunmaktadır.

Tablo 6: Alt Kriterlere Ait $\bar{D}_i + \bar{R}_i$ ve $\bar{D}_i - \bar{R}_i$ Değerleri ve Ağırlıklar (W)

Alt Kriter Kodu	Kriterler	D _i +R _i	D _i -R _i	w _i	W _i	Sıra
K31	Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı	2,3646	1,1969	2,6503	0,0425	1
K32	Otomasyon Sistemleri	2,2793	1,1116	2,5359	0,0406	2
K33	İzleme ve Takip Sistemleri	2,0981	0,8786	2,2746	0,0364	3
K27	Veri Analitiği ve Yazılım Araçları	2,0128	0,7164	2,1365	0,0342	4
K35	Etkin Talep Tahmini	1,8859	0,6405	1,9916	0,0319	5
K22	Müşteri İlişkileri	1,9032	-0,25	1,9195	0,0308	6
K41	Taşıma ve Nakliye İşbirlikleri	1,9	-0,218	1,9124	0,0306	7
K42	Tedarikçi İşbirlikleri	1,8983	-0,187	1,9075	0,0306	8
K23	Stok Yönetimi	1,8655	0,3766	1,9031	0,0305	9
K56	Güvenlik	1,7919	0,3181	1,82	0,0292	10
K25	Tedariğe Dayalı Üretim	1,7961	0,2516	1,8137	0,0291	11
K24	Üretim Planlaması	1,7785	0,2057	1,7904	0,0287	12
K36	Elektronik Veri Değişimi (EDI)	1,7452	-0,168	1,7533	0,0281	13
K11	Denizyolu Taşımacılığı	1,719	-0,257	1,7381	0,0279	14
K21	Geçmiş Veri Analizi	1,7271	0,0978	1,7298	0,0277	15
K12	Demiryolu Taşımacılığı	1,7083	-0,268	1,7291	0,0277	16
K53	Envanter Yönetimi	1,7182	-0,141	1,724	0,0276	17
K34	Stok Yönetimi Yazılımları	1,7011	0,2185	1,7151	0,0275	18
K52	Gelişmiş Elleçleme Ekipmanları	1,7053	-0,129	1,7101	0,0274	19
K37	Uygulama Tabanlı Hizmetler	1,6678	-0,282	1,6914	0,0271	20
K51	Uygun Depolama Alanları	1,6864	-0,11	1,6899	0,0271	21
K45	Sürdürülebilirlik İşbirlikleri	1,6439	-0,284	1,6681	0,0267	22
K43	Dış Ticaret Ortaklıkları	1,5742	-0,407	1,626	0,0261	23
K54	Teknoloji Kullanımı	1,6093	-0,223	1,6246	0,026	24
K44	Araştırma ve Geliştirme Ortaklıkları	1,5602	-0,393	1,609	0,0258	25
K46	İşbirliği Platformları	1,5391	-0,372	1,5835	0,0254	26
K13	İç Su Taşımacılığı	1,3282	-0,648	1,4777	0,0237	27
K61	Çevre Dostu Ulaşım Modları	1,4525	-0,183	1,464	0,0235	28
K63	Enerji Verimliliği	1,4415	-0,224	1,4588	0,0234	29
K66	Geri dönüşüm ve Atık Yönetimi	1,4296	-0,263	1,4535	0,0233	30
K65	Yeşil Teknolojiler	1,4276	-0,235	1,4468	0,0232	31
K62	Sürdürülebilir Ambalajlama	1,4281	-0,184	1,44	0,0231	32
K64	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri	1,4112	-0,115	1,4159	0,0227	33
K55	Çevre Düzenlemeleri	1,3628	-0,196	1,3768	0,0221	34
K26	Esneklik	1,3091	-0,142	1,3168	0,0211	35
K57	Yerel Düzenlemelere Uygunluk	1,3025	-0,136	1,3095	0,021	36

(D+R) değerleri, kriterlerin sistemle olan toplam etkileşimini, yani hem etkilediği hem de etkilendiği ilişkilerin büyüklüğünü göstermektedir. Bu bağlamda en yüksek (D+R) değerine sahip olan Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı (K31) kriteri (2,3646)' lık değerle sistemin merkezinde yer alan ve çok sayıda kriterle çift yönlü etkileşim kuran bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu kriteri sırasıyla Otomasyon Sistemleri (K32) kriteri

(2,2793)' lük değeri ve İzleme ve Takip Sistemleri (K33) kriteri (2,0981)' lik değerleri izlemektedir. Söz konusu kriterler, teknolojik dönüşüm ve otomasyon bağlamında lojistik sistemin omurgasını oluşturmaktadır. Yüksek (D+R) değerleri, bu kriterlerin sistemin genel işleyişi üzerinde güçlü bir etkileşim kapasitesine sahip olduğunu ve diğer kriterlerin işlevselliğini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Diğer yandan, en düşük (D+R) değerleri Yerel Düzenlemelere Uygunluk (K57) kriteri (1,3025)' lik değeri ve Esneklik (K26) kriteri (1,3091)' lik değerlerle yer almaktadır. Bu bulgu, söz konusu kriterlerin sistemde daha marjinal, sınırlı etkileşim kuran ve çevresel olarak konumlanan bileşenler olduğunu ortaya koymaktadır.

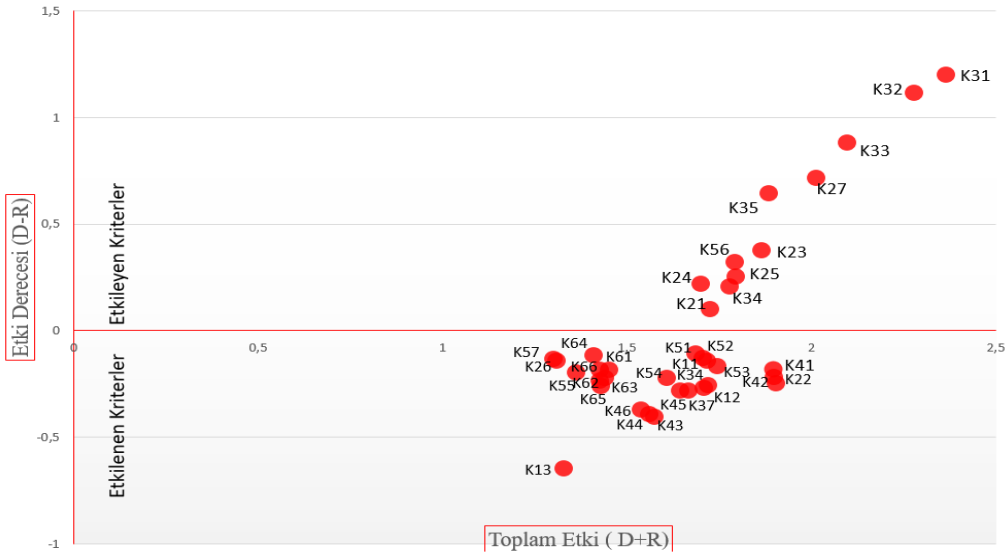
Kriterlerin nedensellik yapısı ise (D-R) değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Pozitif (D-R) değerine sahip kriterler sistemde neden (etkileyen), negatif değerlere sahip kriterler ise sonuç (etkilenen) konumunda yer almaktadır. Bu kapsamda en yüksek (D-R) değerine sahip olan kriterler sırasıyla Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı (K31) kriteri (1,1969)' luk değer ile, Otomasyon Sistemleri (K32) kriteri (1,1116)' lık değer ile ve İzleme ve Takip Sistemleri (K33) kriteri (0,8786)' lık değer ile yer alıp, sistemin temel yönlendirici bileşenleri olarak tanımlanabilir. Bu kriterler yalnızca sistemin işleyişine katkı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda diğer kriterleri şekillendiren yapısal girdiler olarak işlev görmektedir. Bu bağlamda özellikle veri temelli dijital sistemlerin, lojistik bütünlüğün kurulmasında ve sürdürülebilir verimliliğin sağlanmasında temel belirleyici olduğu söylenebilir. Diğer yandan, negatif (D-R) değerine sahip kriterler arasında öne çıkan İç Su Taşımacılığı (K13) kriteri (-0,648)' lik değerle, Dış Ticaret Ortaklıkları (K43) kriteri (-0,407)' lik değerle ve Ar-Ge Ortaklıkları (K44) kriteri (-0,393)' lük değeriyle, sistemin dışsal değişkenlerden daha fazla etkilenen, tepki veren unsurlarıdır. Bu kriterlerin sonuç konumunda yer alması, onların sistemdeki stratejik yönlendirme gücünün sınırlı olduğunu, daha çok diğer karar alanlarından etkilenerek işlev kazandıklarını ortaya koymaktadır.

Kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları (W) ise, her bir alt kriterin karar sürecindeki görece önemini ve öncelik düzeyini belirlemektedir. Bu ölçüte göre en yüksek ağırlık değeri yine Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı (K31, 0,0425 değerle) kriterine aittir. Bunu Otomasyon Sistemleri (K32, 0,0406 değerle) ve İzleme ve Takip Sistemleri (K33, 0,0364 değerle) takip etmektedir. Bu üç kriterin hem yüksek ağırlık değerlerine hem de yüksek (D+R) ve (D-R) skorlarına sahip olması, onların sistemin en önemli, merkezi ve yönlendirici unsurları olduğunu bütüncül bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, büyük veri analitiğine dayalı karar destek sistemlerinin yaygınlaştırılması ve operasyonların izlenebilirliğinin artırılması, sektörel lojistik performansın artırılmasında öncelikli stratejik adımlar olarak değerlendirilmelidir. Diğer taraftan, Çevre Düzenlemeleri (K55, 0,0221 değerle), Esneklik (K26, 0,0211 değerle) ve Yerel Düzenlemelere Uygunluk (K57, 0,0210 değerle) kriterleri düşük ağırlık değerleriyle, karar sürecinde ikincil düzeyde dikkate alınan unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, söz konusu faktörlerin stratejik önceliklerinin görece düşük olduğunu ancak yine de sistemin sürdürülebilirliği açısından göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Genel olarak bulgular, teknoloji ve işbirliği temelli kriterlerin sistemin hem yönlendirici hem de karar süreçlerinde baskın unsurlar olduğunu, buna karşılık yapısal esneklik, düzenleyici uyum gibi kriterlerin daha çok çevresel, destekleyici roller üstlendiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, sektörde lojistik yönetiminin teknolojik yetkinlikler üzerine inşa edilmesi gerektiğini; karar vericilerin stratejik yatırım ve geliştirme planlarında teknolojiyi merkez alarak sistemin geri kalan unsurlarını bu temel üzerine yapılandırmaları gerektiğini göstermektedir.

Son olarak aşağıda verilmiş Grafik 3 ile DEMATEL yöntemiyle elde edilen alt kriterlerin toplam ilişkisellik (D+R) ve net etki düzeyi (D-R) değerlerini görselleştirmektedir. Pozitif (D-R) değerine sahip olan K31, K32, K33, K27, K35, K23, K56, K25, K24, K34, K21 kriterleri, sistem üzerinde belirleyici etkiler üretirken; negatif değerlere sahip olan K51, K52, K64, K57, K61, K11, K26, K66, K54, K53, K41, K22, K42, K12, K34, K37, K45, K63, K62, K59, K65, K46, K44, K43, K13 kriterleri daha çok dış etkilerden etkilenen, bağımlı öğelerdir. Bu analiz, karar vericilere lojistik süreçlerde hangi unsurların stratejik öncelik taşıdığını görsel ve analitik bir biçimde sunarak etkili planlama yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

Grafik 3: Bulanık DEMATEL Yöntemi Alt Kriterlerin Etki ve Etkililik Haritası (D+R / D-R Diyagramı)



Bu çerçevede, oluşturulmuş olan ana kriterler ve bunlara bağlı alt kriterlerin ağırlık değerleri ile önem sıralamasını ayrıntılı olarak gösteren Tablo 7 oluşturulmuş; teknoloji ve otomasyon, dijitalleşme ve işbirliğinin sektöre bağlı lojistik yönetim etkinliğinin belli kriterler bağlamında önceliklendirmesi somut verilerle ortay konulmuştur.

Tablo 7: Ana ve Alt Kriterlerin Nihai Ağırlıkları ve Sıralamalar

Ana Kriter Kodu	Ana Kriter Adı	Ağırlık (W)	Sıra	Alt Kriter Kodu	Kriterler	Di+Ri	Di-Ri	w _i	W _i	Sıra
K3	Teknoloji ve Otomasyon	0,222	1	K31	Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı	2,3646	1,1969	2,6503	0,0425	1
				K32	Otomasyon Sistemleri	2,2793	1,1116	2,5359	0,0406	2
				K33	İzleme ve Takip Sistemleri	2,0981	0,8786	2,2746	0,0364	3
				K34	Stok Yönetimi Yazılımları	1,7011	0,2185	1,7151	0,0275	18
				K35	Etkin Talep Tahmini	1,8859	0,6405	1,9916	0,0319	5
				K36	Elektronik Veri Değişimi (EDI)	1,7452	-0,168	1,7533	0,0281	13
				K37	Uygulama Tabanlı Hizmetler	1,6678	-0,282	1,6914	0,0271	20
K4	İşbirlikleri ve Lojistik Ağları	0,202	2	K41	Taşıma ve Nakliye İşbirlikleri	1,9	-0,218	1,9124	0,0306	7
				K42	Tedarikçi İşbirlikleri	1,8983	-0,187	1,9075	0,0306	8
				K43	Dış Ticaret Ortaklıkları	1,5742	-0,407	1,626	0,0261	23
				K44	Araştırma ve Geliştirme Ortaklıkları	1,5602	-0,393	1,609	0,0258	25
				K45	Sürdürülebilirlik İşbirlikleri	1,6439	-0,284	1,6681	0,0267	22
				K46	İşbirliği Platformları	1,5391	-0,372	1,5835	0,0254	26
K6	Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik	0,169	3	K61	Çevre Dostu Ulaşım Modları	1,4525	-0,183	1,464	0,0235	28
				K62	Sürdürülebilir Ambalajlama	1,4281	-0,184	1,44	0,0231	32
				K63	Enerji Verimliliği	1,4415	-0,224	1,4588	0,0234	29
				K64	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri	1,4112	-0,115	1,4159	0,0227	33
				K65	Yeşil Teknolojiler	1,4276	-0,235	1,4468	0,0232	31
				K66	Geni dönüşüm ve Atık Yönetimi	1,4296	-0,263	1,4535	0,0233	30
K1	Alternatif Ulaşım Modları	0,15	4	K11	Denizyolu Taşımacılığı	1,719	-0,257	1,7381	0,0279	14
				K12	Demiryolu Taşımacılığı	1,7083	-0,268	1,7291	0,0277	16
				K13	İç Su Taşımacılığı	1,3282	-0,648	1,4777	0,0237	27
K5	Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri	0,137	5	K51	Uygun Depolama Alanları	1,6864	-0,11	1,6899	0,0271	21
				K52	Gelişmiş Elleçleme Ekipmanları	1,7053	-0,129	1,7101	0,0274	19
				K53	Envanter Yönetimi	1,7182	-0,141	1,724	0,0276	17
				K54	Teknoloji Kullanımı	1,6093	-0,223	1,6246	0,026	24
				K55	Çevre Düzenlemeleri	1,3628	-0,196	1,3768	0,0221	34
				K56	Güvenlik	1,7919	0,3181	1,82	0,0292	10
				K57	Yerel Düzenlemelere Uygunluk	1,3025	-0,136	1,3095	0,021	36
K2	Talep Tahmini ve Planlama	0,12	6	K21	Geçmiş Veri Analizi	1,7271	0,0978	1,7298	0,0277	15
				K22	Müşteri İlişkileri	1,9032	-0,25	1,9195	0,0308	6
				K23	Stok Yönetimi	1,8655	0,3766	1,9031	0,0305	9
				K24	Üretim Planlaması	1,7785	0,2057	1,7904	0,0287	12
				K25	Tedarik Dayalı Üretim	1,7961	0,2516	1,8137	0,0291	11
				K26	Esneklik	1,3091	-0,142	1,3168	0,0211	35
				K27	Veri Analitiği ve Yazılım Araçları	2,0128	0,7164	2,1365	0,0342	4

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, demir-çelik sektörünün dijital dönüşüm sürecinde lojistik hizmetlerin stratejik önemi analiz edilmiş ve sektöre özgü çözüm önerileri geliştirilmiştir. Sektörün karmaşık lojistik ihtiyaçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak yönetmede etkinliğin sağlanmasına yönelik belli kriterler arasında önceliklendirme yapılmıştır. Elde edilen bulgular, sektörel dönüşüm dinamiklerinin hangi alanlar etrafında yoğunlaştığını ve yönetim stratejilerinin hangi yönlerden desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Analiz sonuçlarına göre, Teknoloji ve Otomasyon (K3) ana kriteri (0,222' lik değeriyle), temel itici gücü olarak öne çıkmaktadır. Bu verilere göre Teknoloji ve Otomasyon (K3) önceliği, Büyüközkan ve Göçer (2018) tarafından dijital tedarik zincirlerinde otomasyonun karar kalitesini artırdığına dair bulgularla örtüşmektedir. Alt kriterlerden Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı (K31) kriteri (0,042' lik değeriyle), Otomasyon Sistemleri (K32) kriteri (0,040' lık değeriyle) ve İzleme ve Takip Sistemleri (K33) kriteri (0,036' lık değeriyle) yüksek ağırlıklara sahiptir. Bu bulgular, veri temelli yönetim anlayışı ve otomasyon teknolojilerinin sektörde rekabet avantajı sağlamada belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Endüstri 4.0' ın temel bileşenlerinin lojistik süreçlere entegrasyonu, artık opsiyonel değil; sürdürülebilirlik için zorunlu bir gereklilik hâline gelmiştir.

İkinci sırada yer alan İşbirlikleri ve Lojistik Ağları ana kriteri (K4) kriteri (0,202' lik değeriyle), otomasyonun yalnızca kurum içi optimizasyonla sınırlı olmadığını, tedarik zinciri ekosistemindeki tüm aktörler arasında dijital iş birliklerinin geliştirilmesini gerektirdiğini göstermektedir. İşbirlikleri ve Lojistik Ağları (K4) konusunda önceki çalışmalar incelendiğinde Govindan vd. (2018) tarafından ortaya konulan dijital platformların sürdürülebilir tedarik zincirleri için e-ticaret ve iş birliği ağlarında değer yarattığı fikri ile örtüşmektedir. Özellikle Taşıma ve Nakliye İşbirlikleri (K41) kriteri (0,030' luk değeri) ile Tedarikçi İşbirlikleri (K42) kriteri (0,029' luk değeriyle), bilgi paylaşımı, ortak dijital platform kullanımı ve ekosistem kurulmasının önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular, teknolojik yatırımların etkili olabilmesi için işbirlikçi yapılanmaların da eş zamanlı olarak geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Üçüncü sıradaki Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik (K6) kriteri (0,169' luk değeriyle), lojistik stratejiler oluşturma da çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik boyutlarının bütüncül biçimde ele alınmasının önemine işaret etmektedir. Alt kriterlerden Çevre Dostu Ulaşım Modları (K61) kriteri (0,027' lik değeriyle) öne çıkması, çevresel performansın sektördeki lojistik strateji belirlemede öncelikli hâle geldiğini göstermektedir. Öte yandan, Enerji Verimliliği (K63, 0,023' lük değeriyle) kriterinin nispeten düşük ağırlıkları, çevresel duyarlılığın tam olgunluğa ulaşmadığını düşündürmektedir.

Dördüncü sıradaki Alternatif Ulaşım Modları (K1) ana kriteri (0,150' lik değeriyle), Denizyolu ve Demiryolu Taşımacılığın (K11 ve K12 kriterleri yaklaşık 0,028' lik değerleriyle) sunduğu maliyet, zaman ve çevre avantajlarını ortaya koymaktadır. Ancak İç

Su Taşımacılığı (K13) kriteri (0,024)' lük değeri ile aynı ana kriter altındaki diğer alt kriterlere oranla göreceli olarak düşük ağırlığı, bu alandaki fiziki altyapı eksikliklerinin ve sektörel alışkanlıkların hâlen aşılması gereken engeller olduğunu göstermektedir.

Beşinci sıradaki Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri (K5) ana kriteri (0,137)' lik değeriyle, depo yönetimi ve malzeme elleçleme süreçlerinde operasyonel stratejik kararlar almanın sektörde hâlâ önemli bir gelişim alanı olduğunu göstermektedir. Uygun Depo Alanları (K51) kriteri (0,027)' lik değeriyle ve Gelişmiş Elleçleme Ekipmanları (K52, 0,027' lik değeriyle) gibi kriterler, değişim ve dönüşüm sadece taşıma süreçleriyle sınırlı kalmaması, envanter ve stok yönetimine de entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Son sırada yer alan Talep Tahmini ve Planlama (K2) ana kriteri (0,120)' lik değeriyle, planlama süreçlerinin operasyonel öncelikleri arasında görece geri planda kaldığını göstermektedir. Ancak Veri Analitiği ve Yazılım Araçları (K27) kriteri (0,034' lük değeriyle) ve Müşteri İlişkileri (K22) kriteri (0,031' lük değeriyle) gibi alt kriterlerin nispeten yüksek ağırlıkları, doğru tahminleme sistemlerinin ve müşteri odaklı stratejik yaklaşımlarda hâlâ temel bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, düşük öncelik düzeyine rağmen planlama yeteneklerinin dijital dönüşüm stratejileri içerisinde mutlaka değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Genel olarak, yapılan analizler demir-çelik sektöründe lojistik stratejilerin teknoloji ve otomasyon merkezli bir yapı etrafında geliştiğini, ancak bu yapının işbirlikçi platformlar ve sürdürülebilirlik temelli stratejilerle desteklenmesi hâlinde bütüncül bir etki yaratabileceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, alternatif ulaşım modlarının entegrasyonu, depolama süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve planlama kapasitelerinin güçlendirilmesi de sektörde lojistik yönetimin etkinliği açısından kritik öneme sahiptir (Kamble vd., 2018). Dolayısıyla, yalnızca teknoloji yatırımları değil; aynı zamanda kültürel dönüşüm, organizasyonel adaptasyon ve stratejik iş birlikleri de dijitalleşme süreçlerinin ayrılmaz birer parçası olarak ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, lojistik hizmetlerin etkin ve verimli bir biçimde yönetilmesi, demir-çelik sektöründeki firmaların rekabet gücünü artırmada ve operasyonel verimliliği sürdürülebilir kılmada önemli katkılar sunmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu araştırmada elde edilen bulguların daha geniş kapsamlı veri kümeleriyle desteklenmesi ve sektörel dijitalleşmenin farklı boyutlarının da ayrıntılı biçimde incelenmesi yararlı olacaktır. Böylece, demir-çelik sektöründe lojistik hizmetlerin stratejik önemi daha da netleşecek ve sektördeki tüm paydaşlara yol gösterici bir çerçeve sunulabilecektir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin yayın süreçlerinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi'nin "Etik Kurallara Uygunluk" başlığı altında belirtilen esaslara uygun olarak hareket edilmiştir. Çalışmanın araştırma kısmı için etik kurul izni alınmıştır.

Araştırmacıların Katkı Beyanı

İki yazarlı ele alınan makalede her bir bölüm her iki yazar tarafından üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalede yazarlar tarafından beyan edilmiş herhangi bir olası çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Altan, Ş., ve Aydın, E. K. (2015). Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSİS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firma seçimi için bütünlük bir model yaklaşımı. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 20 (3), 99-119.
- Ananda Mohan, P. V., ve Soundarapandian, M. (2019). Impact of Logistics Management on Steel Industry. International Journal of Management, Technology and Engineering, 9(4), 2267-2273.
- Anderson, C. ve Garcia, E. (2020). "Demir Çelik Taşımacılığında Ulaşım Modlarının Karşılaştırılması: Maliyet ve Çevresel Etkiler." Uluslararası Taşımacılık Araştırmaları Dergisi, 11(3), 64-79.
- Awasthi, A., Govindan, K., & Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. International Journal of Production Economics, 195, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.013>
- Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2012). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. Computers in Industry, 63(2), 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.10.009>
- Büyüközkan, G. & Göçer, F. (2018). Digital supply chain: Literature review and a proposed framework for future research. Computers in Industry, 97, 157–177. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Chen, L. ve Kim, Y. (2018). "Demir Çelik Lojistiğinde İnovasyon: Otomasyon ve Veri Analitiği." İş ve Lojistik Yönetimi Dergisi, 39(2), 91-104.
- Choudhary, A., ve Shankar, R. (2021). An analysis of the role of logistics in the steel industry. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 12(4), 32-43.
- Çekerol, G. S. ve Kurnaz, N. (2011). Küresel Kriz Ekseninde Lojistik Sektörü ve Rekabet Analizi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı:25, 48-59
- Debnath, A., Ghosh, S. K., ve Bera, S. (2020). Integrated Logistics Management in the Steel Supply Chain. In Handbook of Research on Emerging Business Models and Managerial Strategies in the Nonprofit Sector (pp. 190-208). IGI Global.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. Journal of Cleaner Production, 47, 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.014>
- Green, M. ve Turner, S. (2018). "Demir Çelik Endüstrisinde Sürdürülebilir Taşıma ve Ambalajlama: İhtiyaç ve Fırsatlar." Çevre ve Sürdürülebilirlik Araştırmaları Dergisi, 5(1), 32-45.
- Gupta, A. (2018). Logistics Management in Steel Industry: An Empirical Study. International Journal of Supply Chain Management, 7(5), 150-158.
- Hoffmann, L., Vieira, G., ve Comini, G. (2016). Logistics in the Steel Industry: Challenges and Solutions. Materials Research, 19(Suppl 2), 190-197.

- Jain, S. (2016). Evaluation of logistics performance in steel industry: a case study. *International Journal of Operations and Logistics Management*, 5(1), 25-37.
- Jones, A. ve Smith, B. (2019). "Tedarik Zinciri İşbirlikleri ve Demir Çelik Lojistiği: Vaka İncelemesi." *Uluslararası Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 45-58.
- Joshi, A., ve Sodhi, M. (2018). Logistics management in steel industry: a review. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(4), 939-944.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Lee, S. (2018). The Role of Logistics in the Steel Industry. *The Journal of Business Logistics*, 39(1), 26-35.
- Lın H.Y., Hsu, P.Y., Shen, G. J., (2007): "A fuzzy-based decision-making procedure for data warehouse system selection", *Expert Systems with Applications*, 32(3): 939-953.
- Li, C. W., ve Tzeng, G. H. (2009). Identification of a Threshold Value for the DEMATEL Method Using the Maximum Mean De-Entropy Algorithm to Find Critical Services Provided by a Semiconductor Intellectual Property Mall. *Expert Systems with Applications*, 36, 9891-9898.
- Li, R., & Tzeng, G. H. (2011). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1833-1838. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.113>
- Mishra, R., ve Gupta, A. (2020). Optimization of Logistics Operations in Steel Industry: A Case Study. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(1S), 1105-1110.
- Ravi, V. (2017). Logistics Management in Steel Industry: A Case Study. *International Journal of Science, Technology ve Management*, 6(2), 26-32.
- Russo, I., Amendola, A., ve Bevilacqua, M. (2019). Logistics Performance Management in the Steel Industry: A Case Study. *International Journal of Production Economics*, 214, 29-37.
- Saraj, M. (2017). Logistics Optimization in the Steel Industry: A Literature Review. *International Journal of Engineering Sciences ve Research Technology*, 6(8), 211-218.
- Sardar, S. A. (2017). Enhancing the competitiveness of steel industry by optimizing logistics and supply chain management. *Journal of Management and Strategy*, 8(2), 51-62.
- Seçme, N.Y., Bayrakdaroğlu, A. ve Kahraman, C. (2009) "Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS", *Expert Systems with Applications*, 36(9), ss.11699-11709.
- Sharma, A., ve Choudhary, R. (2019). Role of logistics in the growth of the steel industry: a study on select steel plants in India. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 6(3), 242-248.

- Shieh, J. I., Wu, H. H., & Huang, K. K. (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowledge-Based Systems*, 23(3), 277–282. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2010.01.013>
- Smith, J. ve Brown, R. (2017). "Demir Çelik Depolama ve Elleçleme: En İyi Uygulamalar ve Verimlilik Stratejileri." *Depo ve Envanter Yönetimi Dergisi*, 30(5), 112-126.
- Tseng, M. L., ve Lin, Y. H. (2008). Application of Fuzzy DEMATEL to Develop a Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste. *Environ Monit Assess*, 158, 519-533.
- Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. CRC press.
- Wang, Ying-Ming, Elhag, Taha M.S. (2006). "Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment", *Expert Systems With Applications*, 31, 309-319.
- Wang, Q. ve Li, H. (2019). "Demir Çelik Talep Tahmini: Gelişmiş Modeller ve Uygulamalar." *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Dergisi*, 6(3), 54-67.

Ekler

Ek 1: Ana Kriterler için Bulanık DEMATEL Excel Çözümleri

Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisi (X matrisi)																		
	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
K1	0	0	0	0	0,0588	0,1	0,0833	0,1176	0,15	0	0,0588	0,1	0	0,0588	0,1	0,0833	0,1176	0,15
K2	0	0,0588	0,1	0	0	0	0,0833	0,1176	0,15	0	0,0588	0,1	0	0,0588	0,1	0	0,0588	0,1
K3	0,25	0,2353	0,2	0,1667	0,1765	0,2	0	0	0	0,25	0,2353	0,2	0,1667	0,1765	0,2	0,1667	0,1765	0,2
K4	0,1667	0,1765	0,2	0,0833	0,1176	0,15	0,25	0,2353	0,2	0	0	0	0,1667	0,1765	0,2	0,1667	0,1765	0,2
K5	0	0,0588	0,1	0	0,0588	0,1	0,0833	0,1176	0,15	0,0833	0,1176	0,15	0	0	0	0	0,0588	0,1
K6	0,0833	0,1176	0,15	0	0,0588	0,1	0,1667	0,1765	0,2	0,1667	0,1765	0,2	0	0,0588	0,1	0	0	0

I-X																		
	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
K1	1	1	1	0	-0,059	-0,1	-0,083	-0,118	-0,15	0	-0,059	-0,1	0	-0,059	-0,1	-0,083	-0,118	-0,15
K2	0	-0,059	-0,1	1	1	1	-0,083	-0,118	-0,15	0	-0,059	-0,1	0	-0,059	-0,1	0	-0,059	-0,1
K3	-0,25	-0,235	-0,2	-0,167	-0,176	-0,2	1	1	1	-0,25	-0,235	-0,2	-0,167	-0,176	-0,2	-0,167	-0,176	-0,2
K4	-0,167	-0,176	-0,2	-0,083	-0,118	-0,15	-0,25	-0,235	-0,2	1	1	1	-0,167	-0,176	-0,2	-0,167	-0,176	-0,2
K5	0	-0,059	-0,1	0	-0,059	-0,1	-0,083	-0,118	-0,15	-0,083	-0,118	-0,15	1	1	1	0	-0,059	-0,1
K6	-0,083	-0,118	-0,15	0	-0,059	-0,1	-0,167	-0,176	-0,2	-0,167	-0,176	-0,2	0	-0,059	-0,1	1	1	1

(I-X)-1 (Matrisin Tersi)

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	U1	U2	U3	U4	U5	U6
K1	1,0499	0,0253	0,1249	0,0532	0,0297	0,1172	1,1447	0,1613	0,2628	0,2006	0,1725	0,2361	1,3303	0,3811	0,4933	0,422	0,4003	0,4607
K2	0,0327	1,0195	0,1015	0,0314	0,0221	0,0249	0,1823	1,0939	0,2413	0,1806	0,1595	0,1696	0,3964	1,2694	0,465	0,3956	0,3783	0,3964
K3	0,3922	0,2344	1,2182	0,3764	0,2658	0,2985	0,4967	0,3715	1,3391	0,4883	0,3986	0,4262	0,6708	0,6098	1,5562	0,6695	0,6403	0,6708
K4	0,32	0,1648	0,4031	1,1708	0,2623	0,289	0,4335	0,3117	0,5056	1,2797	0,3828	0,4069	0,6542	0,5569	0,7035	1,4863	0,6245	0,6542
K5	0,0593	0,0333	0,1351	0,1289	1,044	0,049	0,2064	0,1668	0,2694	0,2516	1,1252	0,1922	0,4261	0,3857	0,497	0,4632	1,3158	0,4261
K6	0,2062	0,0686	0,2806	0,2623	0,0905	1,1077	0,3217	0,2137	0,3865	0,361	0,2338	1,1961	0,5468	0,456	0,6221	0,5803	0,4824	1,4164

Normalize Edilmiş X Matrisi

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	U1	U2	U3	U4	U5	U6
K1	0	0	0,0833	0	0	0,0833	0	0,0588	0,1176	0,0588	0,0588	0,1176	0	0,1	0,15	0,1	0,1	0,15
K2	0	0	0,0833	0	0	0	0,0588	0	0,1176	0,0588	0,0588	0,0588	0,1	0	0,15	0,1	0,1	0,1
K3	0,25	0,1667	0	0,25	0,1667	0,1667	0,2353	0,1765	0	0,2353	0,1765	0,1765	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,2
K4	0,1667	0,0833	0,25	0	0,1667	0,1667	0,1765	0,1176	0,2353	0	0,1765	0,1765	0,2	0,15	0,2	0	0,2	0,2
K5	0	0	0,0833	0,0833	0	0	0,0588	0,0588	0,1176	0,1176	0	0,0588	0,1	0,1	0,15	0,15	0	0,1
K6	0,0833	0	0,1667	0,1667	0	0	0,1176	0,0588	0,1765	0,1765	0,0588	0	0,15	0,1	0,2	0,2	0,1	0

$X*((I-X)^{-1})$																		
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	U1	U2	U3	U4	U5	U6
K1	0,0499	0,0253	0,1249	0,0532	0,0297	0,1172	0,1447	0,1613	0,2628	0,2006	0,1725	0,2361	0,3303	0,3811	0,4933	0,422	0,4003	0,4607
K2	0,0327	0,0195	0,1015	0,0314	0,0221	0,0249	0,1823	0,0939	0,2413	0,1806	0,1595	0,1696	0,3964	0,2694	0,465	0,3956	0,3783	0,3964
K3	0,3922	0,2344	0,2182	0,3764	0,2658	0,2985	0,4967	0,3715	0,3391	0,4883	0,3986	0,4262	0,6708	0,6098	0,5562	0,6695	0,6403	0,6708
K4	0,32	0,1648	0,4031	0,1708	0,2623	0,289	0,4335	0,3117	0,5056	0,2797	0,3828	0,4069	0,6542	0,5569	0,7035	0,4863	0,6245	0,6542
K5	0,0593	0,0333	0,1351	0,1289	0,044	0,049	0,2064	0,1668	0,2694	0,2516	0,1252	0,1922	0,4261	0,3857	0,497	0,4632	0,3158	0,4261
K6	0,2062	0,0686	0,2806	0,2623	0,0905	0,1077	0,3217	0,2137	0,3865	0,361	0,2338	0,1961	0,5468	0,456	0,6221	0,5803	0,4824	0,4164

Di + Ri Matrisi				Durulaştırma
Kriterler	l	m	u	
K1	1,460	2,963	5,512	3,225
K2	0,778	2,346	4,960	2,608
K3	3,049	4,525	7,154	4,813
K4	2,633	4,082	6,697	4,373
K5	1,164	2,684	5,355	2,972
K6	1,902	3,340	6,129	3,678

Di - Ri Matrisi				Durulaştırma
Kriterler	l	m	u	
K1	-2,624	-0,607	1,427	-0,603
K2	-2,427	-0,292	1,755	-0,314
K3	-1,552	0,516	2,554	0,508
K4	-1,407	0,558	2,657	0,592
K5	-2,392	-0,261	1,799	-0,278
K6	-2,009	0,086	2,218	0,095

Ek 2: Anket Formu

Not: Tablo 1’de verilmiş olan ana kriterleri kendi aralarında birbirlerine karşı önem veya etkileme derecelerini ve Tablo 2’de her bir alt kriterleri kendi aralarında birbirlerine karşı önem veya etki derecelerine göre aşağıda verilmiş olan dilsel değişkenler bağlamında etki puanlarına göre değerlendiriniz.

Dilsel Değişkenler	Etki Derecesi	Bulanık Karşılıklar
Çok Yüksek Etki (ÇYE)	5	(0,75; 1; 1)
Yüksek Etki (YE)	4	(0,50; 0,75; 1)
Eşit Seviye Etki (ESE)	3	(0,25; 0,50; 0,75)
Düşük Etki (DE)	2	(0; 0,25; 0,50)
Çok Düşük Etki (ÇDE)	1	(0; 0; 0,25)

Tablo 1: Kriterlerin kendi aralarında, birbirlerine karşı etki değerlendirme matrisi

		K1	K2	K3	K4	K5	K6
Alternatif Ulaşım Modları	K1	0					
Talep Tahmini ve Planlama	K2		0				
Teknoloji ve Otomasyon	K3			0			
İşbirlikleri ve Lojistik Ağları	K4				0		
Depolama ve Elleçleme İyileştirmeleri	K5					0	
Sürdürülebilirlik ve Yeşil Lojistik	K6						0

Tablo 2: Her bir alt kriterler kendi aralarında, birbirlerine karşı etki değerlendirme matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30	K31	K32	K33	K34	K35	K36			
Denizyolu Taşımacılığı	K1	0																																					
Demiryolu Taşımacılığı	K2		0																																				
İç Su Taşımacılığı	K3			0																																			
Geçmiş Veri Analizi	K4				0																																		
Müşteri İlişkileri	K5					0																																	
Stok Yönetimi	K6						0																																
Üretim Planlaması	K7							0																															
Tedarik Dayalı Üretim	K8								0																														
Eneklilik	K9									0																													
Veri Analitiği ve Yazılım Araçları	K10										0																												
Veri Analitiği ve Büyük Veri Kullanımı	K11											0																											
Otomasyon Sistemleri	K12												0																										
İzleme ve Takip Sistemleri	K13													0																									
Stok Yönetimi Yazılımları	K14														0																								
Erkin Talep Tahmini	K15															0																							
Elektronik Veri Değişimi (EDI)	K16																0																						
Uygulama Tabanlı Hizmetler	K17																	0																					
Taşıma ve Nakliye İşbirlikleri	K18																		0																				
Tedarikçi İşbirlikleri	K19																			0																			
Dış Ticaret Ortaklıkları	K20																				0																		
Araştırma ve Geliştirme Ortaklıkları	K21																					0																	
Sürdürülebilirlik İşbirlikleri	K22																						0																
İşbirliği Platformları	K23																							0															
Uygun Depolama Alanları	K24																								0														
Gelişmiş Eyleme Ekipmanları	K25																									0													
Ervaanter Yönetimi	K26																										0												
Teknoloji Kullanımı	K27																											0											
Çevre Düzenlemeleri	K28																												0										
Güvenlik	K29																													0									
Yerel Düzenlemelere Uygunluk	K30																														0								
Çevre Dostu Ulaşım Modları	K31																															0							
Sürdürülebilir Ambalajlama	K32																																0						
Enerji Verimliliği	K33																																	0					
Sürdürülebilir Tedarik Zinciri	K34																																		0				
Yeşil Teknolojiler	K35																																			0			
Geri dönüşüm ve Atık Yönetimi	K36																																				0		