

Araştırma Makalesi – Research Article

Tedarikçi Seçiminde Dematel ve Aksiyomatik Tasarım Tekniği Uygulaması

Supplier Selection with Dematel and Axiomatic Design

Şule Emmi¹, Ezgi Güler^{2*}, Selen Avcı³, Zerrin Aladağ⁴

Geliş / Received: 23/06/2022

Revize / Revised: 21/11/2022

Kabul / Accepted: 26/12/2022

ÖZ

Tedarik zinciri yönetiminin en önemli adımlarından biri olan doğru tedarikçi seçimi, rekabetçi koşullarda işletmenin belirlemiş olduğu hedeflere ulaşmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Öncelikle, tedarikçi seçiminin yapılacağı ürün grubunun belirlenmesi amacıyla FSN (Fast-Slow-NonMoving) analizi ile kritik yedek parça seçilmiştir. Ardından, problemin çözümü için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden Aksiyomatik Tasarım ve Dematel (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemleri önerilmiştir. Tedarikçi seçimine etki eden kriterler arasındaki ilişki Dematel ile yorumlanmış ve kriterler “etkileyen” ve “etkilenen” olarak iki gruba ayrılmıştır. Tedarikçiler arasında seçim ve sıralama ise Aksiyomatik Tasarım ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kriterlerin eşit ağırlığa sahip olmadığı durum da gözönüne alınarak kriterler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle ağırlıklandırılmış ve alternatifler Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım ile yeniden sıralanmıştır. Son olarak, Dematel yönteminde “etkilenen” olarak belirlenen kriterler analizden çıkarılarak metodoloji tekrarlanmıştır. Böylece kriterler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin belirlenmesinin sonuçlara etkisi yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler- *Tedarikçi Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Aksiyomatik Tasarım, Dematel, AHP*

ABSTRACT

Supplier selection is one of the most important steps of supply chain management, and choosing the right supplier is of great importance in achieving the goals of the companies under competitive conditions. In this study, the supplier selection problem in a company operating in the logistics sector is discussed. Firstly, critical spare parts have been selected by FSN (Fast-Slow-Non-Moving) analysis in order to determine the product group from which supplier selection would be made. Axiomatic Design and Dematel (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) method, which are among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques, have been proposed to solve the problem. The relationships between the criteria influencing the supplier selection have been interpreted via Dematel and the criteria have been divided into two groups as “dispatcher” and “receiver”, and selection and ranking among the suppliers have been carried out with Axiomatic Design. In addition, considering

¹İletişim: suleemmi@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-5664-8506>)

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli, Türkiye

^{2*}Sorumlu yazar iletişim: ezgi.guler@bilecik.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-8789-8244>)

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilecik, Türkiye

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli, Türkiye

³İletişim: selen.avci@kocaeli.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-7433-5696>)

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli, Türkiye

⁴İletişim: zaladag@kocaeli.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-5986-7210>)

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli, Türkiye

the fact that the criteria do not have equal weight, the criteria have been weighted by the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the ranking obtained by Weighted Axiomatic Design have been compared with the previous ranking. Finally, the criteria determined as “receiver” in the Dematel method have been removed from the analysis and the methodology has been repeated. Thus, the effect of determining the cause-effect relationship between the criteria on the results has been interpreted.

Keywords- *Supplier Selection, Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Axiomatic Design, Dematel, AHP*

I. GİRİŞ

İşletmeler, günümüzün rekabetçi koşullarında kârlılıklarının artmasını sağlayacak ürün ve hizmetleri pazara sunabilmelidir. Müşteri beklentilerinin çok kısa süre içinde değiştiği göz önüne alındığında, işletmelerin talepleri karşılayabilmek için hızlı çözümler üretmesi gerektiği açıktır. Bu durum tedarik zincirinin etkin bir şekilde yönetilmesi ile mümkündür. Doğru tedarikçi ile çalışmak, prosesin sorunsuz işlenmesini ve terminlerde sapma yaşanmamasını sağlayarak müşteri memnuniyetine ve kârlılığa doğrudan etki eden temel faktörlerdendir [1]. Bu nedenle, tedarik zincirindeki en önemli problemlerden biri işletmeleri strateji ve hedeflerine ulaştırabilecek en uygun tedarikçi seçiminin yapılmasıdır.

Karar problemlerinin kompleks yapısı, doğru ve etkin seçim yapılırken bilimsel yöntemlerin kullanımını zorunlu hale getirmiş ve literatürde karar problemlerinin çözümü için çok sayıda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniği geliştirilmiştir. Tedarikçi seçimi, çoğu zaman birbirleriyle çelişen farklı kriterleri ve çok sayıda alternatifini birlikte değerlendirmeyi gerektirdiğinden işletmeleri meşgul eden önemli bir karar problemi olarak ÇKKV yöntemleriyle ele alınabilir. Karar verme problemlerinin çoğunda olduğu gibi tedarikçi seçiminde de değerlendirme ve seçme olmak üzere iki temel adım bulunmaktadır. Değerlendirme adımında genellikle tedarikçi seçimine etki eden kriterler belirlenir ve derecelendirilir. Seçim adımında ise derecelendirmeye bağlı olarak en uygun tedarikçi tespit edilir[2].Bu çalışmada, lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim problemi için ÇKKV tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Aksiyomatik Tasarım ve Dematel (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)yöntemleri kullanılmıştır.

Aksiyomatik Tasarım, ürün, sistem ve süreçler için tasarılmasını bilimsel açıdan ortaya koymak amacıyla geliştirilmiş bir tekniktir. Yöntem, tasarım ve sistem aralıklarını belirleyerek bilgi içeriklerinin hesaplanması ve en küçük değere sahip bilgi içeriğinin tercih edilmesi temeline dayanmaktadır. Bilgi içeriği en küçük olan seçenек işletmenin isteklerine en yakın olan seçenektir [3].Dematel tekniği ise kriterleri etkileyen yada etkilenen olarak gruplandırarak kriterler arasındaki ilişkiyi net bir şekilde tespit etmeye sağlar. Böylece, karar vericiler, kriterler arasındaki nedensel ilişkiyi ayırt edebilir [4].Bu çalışmada, üzerinde çalışılacak ürün grubu belirlendikten sonra Dematel yöntemiyle kriterler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Ardından, kriterler uzman görüşü alınarak AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Alternatif tedarikçiler Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım yöntemleriyle önce tüm kriterler kullanılarak, ardından yalnızca “etkileyen” kriterler dikkate alınarak sıralanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylece iki yöntem birlikte kullanılarak tedarikçi seçim probleminin detaylandırılması ve değerlendirme kriterlerinin irdelenmesi ile literatüre katkı sağlanmak amaçlanmıştır.

II.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İşletmeler için önemli bir karar problemi olarak tedarikçi seçimi literatürde birçok çalışmaya konu olmuş ve farklı yöntemler ile ele alınmıştır. Aşağıdaki paragrafta tedarik zincirinde Dematel yöntemi ve Dematel yöntemiyle bütünlük farklı ÇKKV yöntemleri ile gerçekleştirilmiş çalışmalardan örnekler verilmiştir:

Ar, Gökşen ve Tuncer [5], kablo sektöründe tedarikçi seçimi için Dematel, Analitik Ağ Süreci (AAS) ve Vikor (VIse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemlerini kullanmış ve çalışmada “ürün fiyatının uygunluğu” en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Sarı, Ervural ve Bozat [6] sağlık sektöründe tedarikçi değerlendirme kriterlerini Dematel yöntemiyle incelemiş ve etkinliği en fazla olan kriterleri fiyat, zamanında teslimat ve hizmet performansı olarak belirlemiştir. Çoşkun, Yıldız ve Bayraktar [7] ahşap sektöründe yaptıkları çalışmada kriterleri ekonomik, sosyal ve çevrel olarak gruplandırmış ve Dematel sonuçlarına göre ekonomik kriterler etkileyen olarak tespit etmiştir. Doğan [8] tarafından hazır giyim sektöründe yapılan çalışmada 13 kriter Dematel yöntemi ile analiz edilerek en önemli kriter “müşteri memnuniyeti”, ikincil öneme sahip kriter ise “teslimat zamanına uygunluk” olarak tespit edilmiştir. Kabadayı ve Dağ [9], Dematel ve Electre (ELimination Et Choix Tradusiant la REalité) teknikleri ile tedarik zincirinde bayi performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada,

performans göstergeleri (KPI) arasındaki ilişkinin ve önem düzeyinin belirlenmesinde Dematel yöntemi, sıralamada ise Electre kullanılmıştır. Çalışmada pazar payı öncelikli kriter olarak elde edilmiştir. Çelik ve Çağır [10], bir traktör firmasında tedarikçi seçimi üzerine çalışmıştır. Problem sırasıyla; bulanık AHP, bütünleşik bulanık Dematel ve Topsis ve bütünleşik bulanık AHP ve Moora (Multi-objective Optimization By Ratio Analysis) teknikleri ile ele alınmıştır. Dematel ve AHP'den farklı ağırlıklar hesaplanmış ancak alternatif sıralaması değişmemiştir. Yaman [11], otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi üzerine Dematel ve Topsis (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemlerini kullanarak çalışmıştır. Belirlenen 6 ana kriter içinde ağırlığı en yüksek kriter “ürün fiyatı” olarak belirlenmiştir. Mirmousaa ve Dehnavi [12], tedarikçi seçiminde etkisi olduğu düşünülen 43 kriteri Dematel tekniği ile analiz etmiştir. Benzer şekilde Kumar, Sangwanc ve Gupta [13], operasyonel esneklik, erişilebilirlik gibi 4 ana kriter belirlenmiş ve Dematel ile kriterleri analiz etmiştir. Kant [14], döngüsel tedarik zincirinde engelleyici kriterleri belirlemek için AHP ve Dematel yöntemlerini kullanmıştır. Ashtarinezhad, Sarfaraz ve Navabakhsh [15], petrol ve gaz endüstrisinde tedarikçi değerlendirmesi için bulanık Dematel yöntemini kullanmıştır. Sözü edilen çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, farklı sektörlerde tedarikçi seçiminin sıklıkla çalışıldığı söylenebilir. Çalışmalarda, Dematel yöntemiyle kriterler “etkileyen” ve “etkilenen” olarak gruplanmış ve kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Başka bir ÇKKV yöntemiyle ise alternatifler sıralanmıştır. Bazı çalışmalarda kriter ağırlıkları AHP ya da AAS gibi bir kriter ağırlıklandırma yöntemiyle de hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Birçok çalışmada “ürün fiyatı” kriterinin etkileyen kriter grubunda ve en öncelikli kriter olarak tespit edildiği söylenebilir.

Literatür araştırması bölümünün bu kısmında ise tedarikçi seçiminde Aksiyomatik Tasarım yönteminin kullanıldığı çalışmalardan örnekler sunulmuştur:

Demirci [1], lojistik sektöründe tedarikçi seçimi için Aksiyomatik Tasarım yöntemini kullanmıştır. Kurumsal yapı, ekonomik güç, lojistik konum, tedarik süresi ve ürün birim maliyeti kriterlerine göre en uygun tedarikçi belirlenmiştir. Ardali [3], AHP, Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım tekniklerini kullanarak yeşil tedarikçi seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Özel ve Özyörük [16], bir beyaz eşya firmasında tedarikçi seçim problemi için Aksiyomatik Tasarım tekniğini önermiştir. Problem Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım ile de çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

İncelenen çalışmalar arasında tedarikçi seçiminde Dematel ve Aksiyomatik Tasarım yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, kriterlerin Dematel ile gruplanmasının Aksiyomatik Tasarım yönteminden elde edilen sonuçlara etkisi analiz edilerek karar vericilere farklı bir bakış açısı sunma ve literatürdeki boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır.

III. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Dematel Tekniği

Dematel tekniği, kompleks problemlerin çözülmesi, kriterler arasındaki ilişkilerin ortaya konması ve yapısal bir model oluşturma amacıyla 1972 ile 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programında ortaya konmuştur [17]. ÇKKV yöntemlerinden biri olan Dematel ile kriterler, etkileyen yada etkilenen olarak gruplandırabilmektedir. Böylece yöntem, karar vericilerin kriterler arasındaki nedensel ilişkiyi net bir şekilde ifade etmelerine ve neden-sonuç gruplandırması yapabilmelerine imkan vermektedir [4]. Dematel, probleme doğrudan ya da dolaylı olarak etki eden kriterleri hesaplamalara dahil ederek grafik gösterim ile ifade edebilmesi açısından önemli bir tekniktir. Karar vericiler tarafından probleme dair kriterlerin belirlenmesinin ardından aşağıdaki adımlar uygulanır [18]:

Adım 1. Direkt ilişki matrisinin oluşturulması: Uzmanlardan kriterleri ikili olarak 0,1,2,3 ve 4 değerlerinden oluşan ölçeği kullanarak karşılaştırmaları istenir. Bir kriterin diğerine göre etkisi yoksa 0 verilir. Bir kriterin diğerine etkisi düşük ise 1, orta ise 2, yüksek ise 3 ve son olarak çok yüksek ise 4 değeri kullanılır. Bu bilgiler ışığında A matrisi Eşitlik 1’de gösterildiği gibi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Direkt ilişki matrisinin normalize edilmesi: Direkt ilişki matrisi A, Eşitlik 2, 3 ve 4 kullanılarak normalize edilir.

$$X = \lambda * A \quad (2)$$

$$\lambda = \min \left\{ \frac{1}{\max_{i=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_{j=1}^n |a_{ij}|} \right\} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (4)$$

Adım 3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması: Toplam ilişki matrisi Eşitlik 5 ile hesaplanır. Matris t_{ij} elemanı i kriterinin j kriterini etkileme derecesini ve I birim matrisi ifade etmektedir.

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

Adım 4. Kriterlerin Etki ve Etkilenme Derecelerinin (Gönderici ve Alıcı Grubunun) Belirlenmesi: T matrisinin satır toplamları D_i , sütun toplamları R_j olmak üzere;

D_i , i . kriterin diğer kriterleri etki derecesinin toplamını, R_j , j . kriterin diğer kriterlerden etkilenme derecesinin toplamını ifade etmektedir. D_i ve R_j elde edildikten sonra $D_i + R_j$ ve $D_i - R_j$ değerleri hesaplanır. $D_i + R_j$, alınan ve gönderilen etkini toplamını, $D_i - R_j$, kriterler arasındaki ilişkinin yönünü ifade etmektedir.

$D_i - R_j > 0$ ise; i kriterinin diğer kriterleri etkileme derecesi diğer kriterlerden etkilenme derecesinden fazladır.

$D_i - R_j < 0$ ise; i kriterinin diğer kriterleri etkileme derecesi diğer kriterlerden etkilenme derecesinden azdır.

$D_i - R_j = 0$ ise; i kriterinin sistemdeki etki ve etkilenme dereceleri birbirine eşittir.

B. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP, Saaty (1972) tarafından ortaya koyulmuş yaygın olarak kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Hedef, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler arasında hiyerarşik yapı oluşturulmuş bir karar probleminde ikili karşılaştırmalar ile kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesini sağlar. Aşağıda AHP yönteminin adımlarından kısaca bahsedilmiştir [19, 20]

Adım 1: Yöntemin ilk aşaması amacın belirlenmesi ve hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır.

Adım2: İkili karşılaştırmalar sonucunda hangi karar elemanının daha önemli olduğu a_{ij} ile gösterilmektedir. a_{ij} , i . kriterin j . kriterine göre ne kadar üstün olduğunu belirtmektedir. İkili karşılaştırmalar sonucunda $n \times n$ boyutlu ve köşegen elemanları 1 olan bir matris oluşturulmaktadır. i kriteri j 'ye göre a_{ij} önemli ise j kriteri de i 'ye göre $1/a_{ij}$ önemli olacaktır. İkili karşılaştırma matrisi Eşitlik 6'da verilmiştir. İkili karşılaştırmalar Tablo 1'de verilen Saaty ölçeği ile yapılır.

Tablo 1. Saaty Ölçeği

Önem Değeri	Değer Tanımı	Açıklama
1	Eşit Derecede Önem	Her iki faktör de aynı önem derecesindedir.
3	Orta Derecede Önem	Deneyim ve yargılara göre faktör değerine göre biraz daha önem taşır.
5	Kuvvetli Derecede Önem	Faktör değerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Faktör değerine göre yüksek derecede önem taşır.
9	Mutlak Öneme Sahip	Faktör diğer bir faktöre göre çok yüksek derecede önem taşır.
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	Yukarıda açıklamaları bulunan değerlerin ara değerleri olarak görülür.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = \frac{1}{a_{21}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} & a_{n2} = \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 3: Normalizasyon işlemi Eşitlik 7 ile yapılır.

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

Adım 4: Eşitlik 8 kullanılarak her bir kriter için önem ağırlıkları (w_i) belirlenir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (8)$$

Adım 5: Karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sırasında tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı hesaplanmalıdır. Tutarlılık oranı (CR) değeri 0,1'den küçük ise ikili karşılaştırma tutarlı kabul edilir. En büyük öz değer (λ_{maks}) ve tutarlılık indeksi (CI) formülleri sırasıyla Eşitlik 9 ve Eşitlik 10'da verilmiştir.

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right) \quad (9)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{n-1} \quad (10)$$

C. Aksiyomatik Tasarım

Aksiyomatik Tasarım, ürün ve proseslerin tasarım aralığını bilimsel olarak tanımlayabilmek için Suh tarafından geliştirilmiştir [3]. Tasarım, "Neyi gerçekleştirmek istiyoruz?" ve "Bunu nasıl gerçekleştirebiliriz?" soruları ile ifade edilir. Aksiyomatik Tasarım tekniğinin amacı, tasarım faaliyetlerinin bilim ve mantık ile desteklenerek gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Aksiyomatik tasarımda iki önemli aksiyom bulunmaktadır. İlk aksiyom tasarımın oluşturulması, ikinci aksiyom ise alternatifler arasından en uygun olanının tercih edilmesidir [2]:

Aksiyom 1 (Bağımsızlık Aksiyomu): Tasarım parametresi ve fonksiyonel ihtiyaçların birbirinden bağımsız olmasıdır.

Aksiyom 2 (Bilgi Aksiyomu): En küçük bilgi içeriği değerinin tercih edilmesidir. Alternatif tasarımlardan bağımsızlık aksiyomunu sağlayan en iyi tasarım minimum bilgi içeriğine sahiptir.

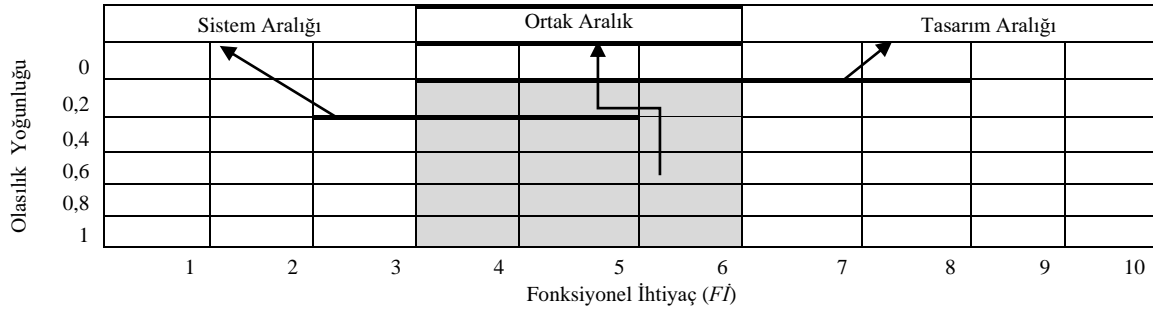
Bilgi içeriği I , verilen bir fonksiyonel ihtiyacı (F_i)'yi sağlama olasılığı olarak ifade edilir. Bu olasılık p ise, olasılıkla ilgili bilgi içeriği I , Eşitlik 11 ile gösterilir:

$$I_i = \log_2 \left(\frac{1}{p_i} \right) \quad (11)$$

Aynı anda karşılanması gereken birçok fonksiyonel ihtiyaç bulunabilir. Logaritma fonksiyonu, her bir fonksiyonel ihtiyacın bilgi içeriğine eklenebilmesi için kullanılır. Bilgi içeriği n tane fonksiyonel ihtiyacın olasılıkları toplamıdır. Olasılıklar toplamı 1 ise bilgi içeriği 0'dır. Bir ve daha fazla olasılık 0'a eşit ise bilgi içeriği sonsuzdur. Düşük olasılık, fonksiyonel ihtiyaçları karşılayabilmek için daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğunu belirtir.

Şekil 1'de gösterildiği üzere, fonksiyonel ihtiyaçların olasılık dağılım fonksiyonu uniform olduğunda tasarımcının belirttiği tasarım aralığı ve sistemin gerçekleştiği sistem aralığının kesişimi çözüm aralığı olarak kabul edilir. Sistem olasılık dağılım fonksiyonunun uniform olduğu durumda F_i 'nin gerçekleşme olasılığı Eşitlik 12 ile hesaplanır:

$$p_i = \frac{\text{ortak aralık}}{\text{sistem aralığı}} \quad (12)$$



Şekil 1. Tasarım Aralığı, Sistem Aralığı, Ortak Aralık ve $F\dot{I}$ 'nin Sistem Olasılık Dağılım Fonksiyonu [16].

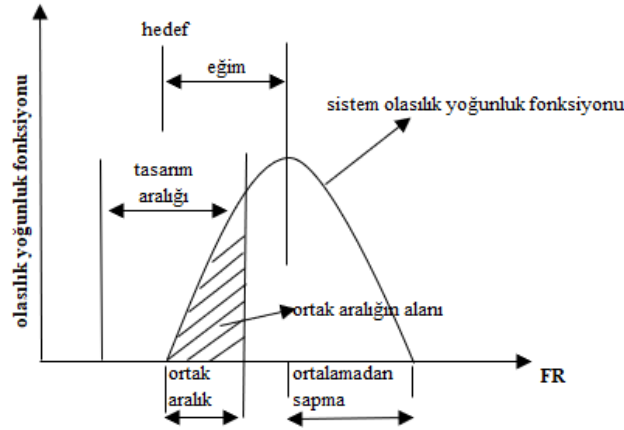
Eşitlik 12'den hareketle bilgi içeriği Eşitlik 13 ile hesaplanır.

$$I_i = \log_2 \frac{\text{sistem aralığı}}{\text{ortak aralık}} \quad (13)$$

Fonksiyonel ihtiyaçlar sürekli tesadüfî değişken ise tasarım aralığındaki fonksiyonel ihtiyacın gerçekleşme olasılığı Eşitlik 14 ile ifade edilir:

$$p_i = \int_{dr_l}^{dr_u} p_s(F\dot{I}_i) dF\dot{I}_i \quad (14)$$

Eşitlik 14, ilgili sistemdeki olasılık yoğunluk fonksiyonunun integralinin alınması ile tüm sistem aralığının gerçekleşme ihtimalini verir. Şekil 2'de sistem aralığı belirlenmiş $F\dot{I}$ 'ye karşı bir olasılık yoğunluk fonksiyonu bulunmaktadır. Tasarım aralığı ve sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi ortak alan (A_{cr}) olarak gösterilir ve bu alan sadece fonksiyonel ihtiyaçların sağlandığı alandır. Sistem aralığının altındaki alan, ortak aralığın altındaki alana bölündüğünde tasarımın belirlenmiş hedefinin gerçekleşme derecesinin olasılığı elde edilmiş olur (Eşitlik 15).



Şekil 2. Tasarım Aralığı, Sistem Aralığı, Ortak Aralık ve $F\dot{I}$ 'nin Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu [16].

$$I = \log_2 \frac{A_{sr}}{A_{cr}} \quad (15)$$

Burada A_{sr} sistem aralığının altındaki alanı, A_{cr} ise ortak aralığın altındaki taralı alanı ifade eder. Genellikle $A_{sr} = 1,0$ olduğundan sağlanacak n tane F_i olduğunda bilgi içeriği Eşitlik 16 ile ifade edilir:

$$I = \log_2 \frac{1}{A_{cr}} \quad (16)$$

D. Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım

Her bir kriter farklı ağırlık değerlerine (w_j) sahip olduğunda formüllere ağırlık değerleri de dahil edilmektedir. Bu yaklaşım Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım olarak ifade edilmekte olup Eşitlik 17 ile gösterilmiştir [16].

$$\begin{aligned} \left[\log_2 \left(\frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{1/w_j} & , 0 \leq I_{ij} \leq 1 \\ \left[\log_2 \left(\frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{w_j} & , I_{ij} \geq 1 \\ w_j & , I_{ij} = 1 \end{aligned} \quad (17)$$

IV. BULGULAR

Uygulamanın gerçekleştirildiği lojistik firmasında yedek parça, lastik, akü, transpalet ve istif araçları Almanya merkezli fabrikadan ve yurt içi tedarikçilerden temin edilmektedir. Tedarik edilen malzemeler, bayilere ve müşterilere satılmaktadır. Çalışmada, yurt içinden tedarik edilen ve çok hareket gören ürün grubundaki bir malzemenin teknik özellikleri dikkate alınarak tedarikçiler arasında sıralama ve önceliklendirme yapılması amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, 1 yıl içinde sipariş edilerek tüketime giren malzemeler hareket ve birim maliyetleri göz önüne alınarak gruplandırılmıştır. Gruplandırma yapılırken yıllık sipariş adetleri ve birim mahsuplaştırılmış maliyetleri dikkate alınmıştır. Çalışmanın devamında, belirlenen ürün için tedarikçi değerlendirme kriterleri Dematel yöntemi ile etkileyen ve etkilenen gruplar bakımından incelenmiş ve AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Öncelikle, söz konusu değerlendirme kriterlerinin tümü sonrasında yalnızca “etkileyen” kriterler dikkate alınarak Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım yöntemleriyle tedarikçi seçimi yapılmıştır.

A. Yedek Parça FSN Analizi

FSN envanter sınıflandırma sistemi, hangi malzeme kalemlerinden stok tutulması gerektiği temel sorusunu, öğelerin göreceli önemine dayalı olarak farklı kontrol seviyelerine izin vererek yanıtlar. Çoğu işletme stokta çok sayıda ürün bulundurur ancak; makul bir maliyetle daha iyi bir kontrole sahip olmak için malzemeleri önemlerine göre sınıflandırmak yararlı olmaktadır. Çalışmada, kritik öneme sahip malzemenin belirlenmesi için 1 yıl içinde sipariş edilerek tüketime giren malzeme verileri SAP (Sistem Analizi ve Yazılım Geliştirme) paket programı üzerinden alınarak analiz edilmiştir. Stok kontrol yaklaşımı çerçevesinde malzemeler, hızlı hareket etme, yavaş hareket etme ya da hareket görmeme durumuna göre sınıflandırılmıştır. Tablo 2’de sınıflandırma tablosu yer almaktadır.

Tablo2. Stok Malzemelerinin Sınıflandırılması

HareketGrubu (Sipariş/Yıl)	BirimMaliyet (Eur)
Fast (F)	>250
Good (G)	25-250
Middle (M)	4-24
Slow (S)	1,2,3
Without (W)	0

Extreme (E)	High (H)	Intermediate (I)	Low (L)	Penny (P)
≥1000	≥100	≥10	≥1	>0

- **Fast Grubu Stok Kalemleri:** Yıllık hareketi 250 adetten fazla olan en önemli gruptur.
- **Good Grubu Stok Kalemleri:** Yıllık hareketi 25 ile 250 adetasında olan malzemelerdir.
- **Middle Grubu Stok Kalemleri:** Yıllık hareketi 4 ile 24 adet arasında olan malzemelerdir. Orta derecede önemli gruptur.
- **Slow Grubu Stok Kalemleri:** Yıllık hareketi 1,2 ya da 3 adet olan malzemelerdir.
- **Without Grubu Stok Kalemleri:** Hareketi olmayan malzemelerdir. Göreceli olarak en az önemli gruptur.

- **Extreme Grubu Stok Kalemleri:** Mahsuplaştırılmış birim maliyeti 1000 Eur ve üzeri olan malzemelerdir.
- **High Grubu Stok Kalemleri:** Mahsuplaştırılmış birim maliyeti 100 Eur ve üzerinde olan malzemelerdir.
- **Intermediate Grubu Stok Kalemleri:** Mahsuplaştırılmış birim maliyeti 10 Eur ve üzerinde olan malzemelerdir.
- **Low Grubu Stok Kalemleri:** Mahsuplaştırılmış birim maliyeti 1 Eur ve üzerinde olan malzemelerdir.
- **Penny Grubu Stok Kalemleri:** Mahsuplaştırılmış birim maliyeti 0 Eur olan malzemelerdir.

Bir yıl içinde tüketime giren ve müşteri tarafından talep edilen 1669 kalem malzeme Tablo 3'te belirtildiği üzere birim maliyet ve tüketim adedine göre analiz edilmiştir. Bu malzemelerin 330 kalemi yerli tedarikçilerden temin edilmektedir. Temin edilecek tedarikçi sayısının çok olması ve fazla hareket görmesi sebebi ile 48V/625Ah traksiyoneraküler, tedarikçi değerlendirme çalışması yapılacak malzeme grubu olarak belirlenmiştir. Traksiyoneraküler, hareketli araçlarda kullanılan akülerdir. Özellikle forklift, istif makineleri, taşıma bantları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Birim hücre olarak 2V enerjiye sahiptir. Müşteri isteğine göre bütün hücreler seri olarak bağlanarak toplamda voltaj ve amper-saatleri (Ah) elde edilerek kullanıma hazır olur. Genellikle 120 ile 1550 Ah arasında ortalama kapasitededir. Kullanım ömürleri ortalama 1550 cycle (bir gündeki şarj ve deşarj döngüsü) olarak hesaplanmaktadır. Kullanıcının günde 1 kere şarj ettiği varsayılırsa ortalama 4 yıllık bir kullanım ömrü söz konusudur. Kullanım ömrü periyodik bakımların düzenli yapılması vb. Durumlara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 3.Stok Malzemelerinin FGMSW Sınıfları

Malzeme Kodu	Malzeme Kısa Metni	Tür	Tüketim Adedi	FGMSW	Birim Maliyet	PB	EHILP
000974*	Far Mavi Işık	Far	47	Good	17,47	Eur	Intermediate
00097408*	Far	Far	17	Middle	2,94	Eur	Low
000993*	Jant	Diğer	1	Slow	50,78	Eur	Intermediate
000993249*	Jant	Diğer	1	Slow	134,24	Eur	High
014580*	Conta	Diğer	1	Slow	4,12	Eur	Low
014867*	Cam Ön	Cam	1	Slow	39,4	Eur	Intermediate

Tablo 4.Kritik Yedek Parça Özellikleri

Malzeme	Malzeme Kısa Metni	Tür	Tedarikçi Sayısı	Talep Miktarı	Birim Maliyet
FL60000*	Akü - 48V/625Ah	Akü	7	4	2.611,33 €
FL63000*	Akü - 48V/625Ah	Akü	7	11	2.427,41 €

B. Kriterlerin Belirlenmesi

Bu çalışmada, literatürdeki benzer çalışmalardan bazıları incelenerek tedarikçi firma seçim sürecini etkileyen 6 adet kriter belirlenmiştir:

KÖ-Kullanım Ömrü: Tedarikçi seçim kriteri olarak tedarik edilecek ürünün teknik yetkinliği ya da kullanım ömrü karar vericiler tarafından değerlendirilmektedir [21].

ÇS-Çevrim Sayısı: İşletmelerin rekabet koşullarında üstünlük sağlayabilmeleri için tedarik riskini azaltmaları, üretim maliyetlerini düşürmeleri, stok düzeylerini ve iş süreçlerini optimize etmeleri gerekmektedir. Bu hususta çevrim zamanını minimum seviyede tutabilecek tedarikçi ya da tedarikçilerin seçimi işletmeler için önem arz etmektedir [22].

TS- Tedarik Süresi: Tedarik süresi, bir siparişin verilmesinden siparişin temin edilmesine kadar geçen süredir. İşletmeler girdi teminini gerçekleştirirken miktar ve kalite açısından uygunluğun yanında, istenildiği anda istenildiği miktarda girdi teminini de önemsemektedirler [23].

LK-Lojistik Konum: Tedarikçinin lojistik konumu taşıma maliyeti ve süresini direkt olarak etkileyeceği için karlılık oranı üzerinde de etkilidir. Diğer taraftan coğrafi konumunun uygun olmadığını düşünen bir firma karlılık oranına bağlı olarak tesis yeri seçiminde yeni kararlar alabilir [24].

BF-Birim Fiyatı: Bir işletme amaç ve hedefleri doğrultusunda en kaliteli ürünü en az maliyetle işletmeye sağlamaya çalışacaktır. Kaliteli ürününü sağlayan tedarikçi ise en iyi fiyatı sunmayabilir. Dolayısıyla tedarikçi seçim kararı bu çatışan kriterler arasında en iyi uzlaşan çözümü arama işlemi olmaktadır [25].

ÖŞ-Ödeme Şekli: İşletmede tedarikçiler için yapılan ödeme biçimini (vadelendirme ya da nakit) ifade etmektedir [26].

Kriterler ve çalışma özelindeki birim ve kriter açıklamaları Tablo 5’te belirtilmektedir.

Tablo 5. Kriterler ve Açıklamaları

Kriterler	Açıklama	Kaynak
KÖ-Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	1 şarj 1 deşarj döngüsü ile traksiyoner akünün kullanılabilir sürelerini ifade eder.	[27], [21]
ÇS-Çevrim sayısı (Cycle)	Traksiyoner akünün kalitesini bir başka deyişle akü ömrünün uzun olmasını sağlayan temel faktördür.	[22], [28]
TS-Tedarik süresi (Hafta)	Talep edilen akünün siparişten sonar firmaya ulaşımına kadar geçen süreyi ifade eder.	[29], [30], [23]
LK-Lojistik Konum (Dakika)	Tedarikçinin akü sevkinin yapacağı mevcut konumunu ifade eder.	[31], [32]
BF-Birim Fiyatı (Eur)	Tedarik edilen akünün maliyetini ifade eder.	[33], [34], [35]
ÖŞ-Ödeme Şekli (Vade)	Ödeme süresini ifade eder.	[36], [26]

C. Dematel Yönteminin Uygulanması

Tablo 6’da firmadan alınan bilgiler doğrultusunda kriterlere göre tedarikçi performansları verilmiştir.

Tablo 6. Kriterlere Göre Tedarikçi Performansları

Kriterler	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
KÖ Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	4-5 Yıl	3-5 Yıl	4-4,5 Yıl	2-5 Yıl
ÇS Çevrim sayısı (Cycle)	1500 Cycle	1200-1600 Cycle	1500 Cycle	1500 Cycle
TS Tedarik süresi (Hafta)	8 Hafta	8-10 Hafta	22-24 Hafta	15-16 Hafta
LK Lojistik Konum (Dakika)	45 dk	270 dk	25 dk	25 dk
BF Birim Fiyatı (Eur)	2.917,00 €	2.750,00 €	2.525,00 €	2.960,00 €
ÖŞ Ödeme Şekli (Vade)	60 gün	90 gün	90 gün	90 gün

Uzman görüşleri dikkate alınarak kriterler için direkt ilişki matrisi Tablo 7’de gösterildiği şekilde elde edilmiştir. Daha sonra direkt ilişki matrisi normalize edilerek Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Direkt İlişki Matrisi

A	KÖ	ÇS	TS	LK	BF	ÖŞ
KÖ	0	0	0	0	4	0
ÇS	4	0	0	0	4	3
TS	0	0	0	0	2	1
LK	0	0	3	0	2	2
BF	0	0	0	0	0	3
ÖŞ	0	0	0	0	2	0

Tablo 8. Normalize Direkt İlişki Matrisi

Kriterler	KÖ	ÇS	TS	LK	BF	ÖŞ
KÖ	0	0	0	0	0,3636	0
ÇS	0,3636	0	0	0	0,3636	0,2727
TS	0	0	0	0	0,1818	0,0909
LK	0	0	0,2727	0	0,1818	0,1818
BF	0	0	0	0	0	0,2727
ÖŞ	0	0	0	0	0,1818	0

Toplam ilişki matrisi Eşitlik 5 ile hesaplanarak Tablo 9 elde edilir.

Tablo 9. Toplam İlişki Matrisi

	KÖ	ÇS	TS	LK	BF	ÖŞ
KÖ	0	0	0	0	0,3826	0,1043
ÇS	0,3636	0	0	0	0,5739	0,4292
TS	0	0	0	0	0,2087	0,1478
LK	0	0	0,2727	0	0,2830	0,2838
BF	0	0	0	0	0,0522	0,2870
ÖŞ	0	0	0	0	0,1913	0,0522

Toplam ilişki matrisinde satır toplamları D , diğer kriterleri etkileme derecesini ifade ederken, sütun toplamları R ise diğer kriterlerden etkilenme derecesini ifade etmektedir. Bu değerler kullanılarak Tablo 10'da gösterildiği üzere D_i+R_i ve D_i-R_i hesaplanmıştır. D_i+R_i i kriterinin etki ve etkilenme dereceleri toplamıdır ve kriterler arasındaki ilişkinin yoğunluğunu belirtir. D_i-R_i ise i kriterinin diğer kriterler ile ilişkisini belirtmektedir.

Tablo 10. Kriterlerin Etki ve Etkilenme Dereceleri

Kriterler	D	R	D+R	D-R
KÖ	0,4870	0,3636	0,8506	0,1233
ÇS	1,3668	0	1,3668	1,3668
TS	0,3565	0,2727	0,6292	0,0838
LK	0,8395	0	0,8395	0,8395
BF	0,3391	1,6917	2,0308	-1,3526
ÖŞ	0,2435	1,3043	1,5478	-1,0609

Sistemde etkinliği en yüksek ve diğer kriterlerle en fazla ilişkili olan kriter birim fiyattır. Çevrim süresi ve ödeme şekli kriterleri de sistemde etkinliği yüksek diğer kriterlerdir. *D-R* değerlerine göre kriterlerin ilişki yönü hakkında yorum yapılabilmektedir. *D-R* değerleri pozitif olan kullanım ömrü, çevrim süresi, tedarik süresi ve lojistik konum kriterlerinin etkileme derecesinin etkilenme derecesinden fazla olduğu görülmektedir. *D-R* değerleri negatif olan birim fiyat ve ödeme şekli ise diğer kriterlerden etkilenen kriterlerdir. Diğer kriterlerden en fazla etkilenen kriter ise birim fiyattır.

D. AHP Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Karar verme aşamasında kullanılan kriterlerin önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşımda ilk adım kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Bu çalışmada, Saaty tarafından önerilen 1-9 önem skalası kullanılmış ve AHP yöntemi adımları uygulanarak kriterlere ilişkin ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Düzenlenen ikili karşılaştırma matrisi, hesaplanan ağırlık değerleri ile birlikte Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Kriterler için İkili Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Değerleri

Kriterler	KÖ	ÇS	TS	LK	BF	ÖŞ	W_j -Kriter Ağırlıkları
KÖ	1	1	2	5	1	5	0,256
ÇS	1	1	1	5	1	5	0,2251
TS	0,5	1	1	5	1	5	0,2037
LK	0,2	0,2	0,2	1	0,2	1	0,045
BF	1	1	1	5	1	5	0,2251
ÖŞ	0,2	0,2	0,2	1	0,2	1	0,045

E. Aksiyomatik Tasarım ile Analiz

Aksiyomatik Tasarımda bilgi aksiyomunun uygulanabilmesi için bağımsızlık aksiyomu sağlanmalıdır. Bu çalışmada, alternatifler için sağlanması gereken kriterler yani $F\hat{I}$ ’ler birbirinden bağımsızdır. Her bir alternatifin sahip olduğu bilgi içeriğinin hesaplanabilmesi için $F\hat{I}$ tasarım aralıklarının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla belirlenen tasarım aralıkları (kısıtlar) Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Tasarım Aralıklarının Belirlenmesi

Kriterler	Tasarım Aralığı		
	Alt Değer	Üst Değer	
KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	3 Yıl	5 Yıl
ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	1200 Cycle	1600 Cycle
TS	Tedarik süresi (Hafta)	6 Hafta	24 Hafta
LK	Lojistik Konum (Dakika)	60 dk	1440 dk
BF	Birim Fiyatı (Eur)	2.500,00 €	3.100,00 €
ÖŞ	Ödeme Şekli (Vade)	60 gün	120 gün

Alternatif tedarikçiler için kriterlere ait system aralıkları Tablo 13'te, tasarım aralığı ile sistem aralığı kesişim bölgesi ise Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 13. Tedarikçi Firmaların Sistem Aralıkları

Kriterler	Tedarikçi 1		Tedarikçi 2		Tedarikçi 3		Tedarikçi 4		
KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	4	5	3	5	4	4,5	2	5
ÇS	Çevrimsayısı (Cycle)	1200	1500	1200	1600	1200	1500	1200	1500
TS	Tedarik süresi (Hafta)	8	9	8	10	22	24	15	16
LK	Lojistik Konum (Dakika)	90	2880	270	2880	50	2880	50	2880
BF	Birim Fiyatı (Eur)	2.917,00 €	3.117,00 €	2.750,00 €	2.950,00 €	2.525,00 €	2.725,00 €	2.960,00 €	3.160,00 €
ÖŞ	Ödeme Şekli (Vade)	0	60	0	90	0	90	0	90

Tablo 14. Tasarım Aralığı ile Sistem Aralığı Kesişim Bölgesi

Kriterler		Tedarikçi 1		Tedarikçi 2		Tedarikçi 3		Tedarikçi 4	
KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	4	5	3	5	4	4,5	3	5
ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	1200	1500	1200	1600	1200	1500	1200	1500
TS	Tedarik süresi (Hafta)	8	9	8	10	22	24	15	16
LK	Lojistik Konum (Dakika)	90	1440	270	1440	60	1440	60	1440
BF	Birim Fiyatı (Eur)	2.917,00 €	3.100,00 €	2.750,00 €	2.950,00 €	2.525,00 €	2.725,00 €	2.960,00 €	3.100,00 €
ÖŞ	Ödeme Şekli (Vade)	0	60	60	90	60	90	60	90

Eşitlik 13 yardımıyla her bir tedarikçi için bilgi içeriği hesaplanabilmektedir. Örneğin; Tedarikçi 1 için kullanım ömrü kriteri kesişim aralığına bakılarak;

$I_{KÖ1} = \log_2\left(\frac{5-4}{5-4}\right) = 0$ hesaplaması yapılır. Diğer alternatif tedarikçiler için de benzer hesaplar yapılarak bilgi içerikleri Tablo 15'teki gibi belirlenmiştir.

Tablo 15. Aksiyomatik Tasarım Bilgi İçerikleri

Kriterler		Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4
I-KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	0	0	0	0,585
I-ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	0	0	0	0
I-TS	Tedarik süresi (Hafta)	0	0	0	0
I-LK	Lojistik Konum (Dakika)	1,0473	1,1575	1,0361	1,0361
I-BF	Birim Fiyatı (Eur)	0,1282	0	0	0,5146
I-ÖŞ	Ödeme Şekli (Vade)	0	1,585	1,585	1,585
Toplam -I		1,1755*	2,7425	2,6211	3,7206

Tablo 14'e göre, toplam bilgi içeriği en düşük olan 1. firma tercih edilir. Kriterlerin eşit önem düzeyine sahip olmadığı varsayımında ise Eşitlik 17 yardımıyla hesaplanan Ağırlıklandırılmış Aksiyomatik Tasarım bilgi içerikleri Tablo 16'da verilmiştir. Her iki analiz sonucunda da bilgi içeriği minimum olan Tedarikçi 1 en uygun seçenek olarak belirlenmiştir (Tablo 17).

Tablo 16. Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım Bilgi İçerikleri

Kriterler	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4	
I-KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşari)	0	0	0	0,1231
I-ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	0	0	0	0
I-TS	Tedarik süresi (Hafta)	0	0	0	0
I-LK	Lojistik Konum (Dakika)	1,0021	1,0066	1,0016	1,0016
I-BF	Birim Fiyatı (Eur)	0,0001	0	0	0,0523
I-ÖŞ	Ödeme Şekli (Vade)	0	1,021	1,021	1,021
Toplam -I		1,0022*	2,0276	2,0226	2,1979

Tablo 17. Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım Yöntemleri Sonuçları

Tedarikçiler	AksiyomatikTasarım	AğırlıklıAksiyomatikTasarım
Tedarikçi 1	1. öncelikli	1. öncelikli
Tedarikçi 2	3. öncelikli	3. öncelikli
Tedarikçi 3	2. öncelikli	2. öncelikli
Tedarikçi 4	4. öncelikli	4. öncelikli

F. Kriterlerin Yeniden Düzenlenmesi ve Ağırlıklandırılması

Dematel yönteminden elde edilen bulgulara göre *D-R* değerleri pozitif olan kullanım ömrü, çevrim süresi, tedarik süresi ve lojistik konum kriterleri etkileyen; *D-R* değerleri negatif olan birim fiyat ve ödeme şekli ise etkilenen kriterler olarak tespit edilmişti. Çalışmanın bu bölümünde, “etkilenen” kriterler çıkarılarak metodoloji tekrarlanmıştır. Beş kritere göre yeniden düzenlenen ikili karşılaştırma matrisi, hesaplanan ağırlık değerleri ile birlikte Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Etkileyen Kriterler için İkili Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlık Değerleri

Kriterler	KÖ	ÇS	TS	LK	W_j -Kriter Ağırlıkları
KÖ	1	1	2	5	0,3679
ÇS	1	1	1	5	0,3084
TS	0,5	1	1	5	0,2621
LK	0,2	0,2	0,2	1	0,0617

G. Etkileyen Kriterlere göre Aksiyomatik Tasarım Analizi

Yalnızca etkileyen kriterler ve hesaplanan yeni kriter ağırlıkları kullanılarak Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım adımları tekrarlanmıştır. Tablo 19’da Aksiyomatik Tasarım, Tablo 20’de ise Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım bulgularına yer verilmiştir.

Tablo 19. Etkileyen Kriterlere Göre Bilgi İçeriğinin Hesaplanması (Aksiyomatik Tasarım)

Kriterler	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4	
I-KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	0	0	0	0,5850
I-ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	0	0	0	0
I-TS	Tedarik süresi (Hafta)	0	0	0	0
I-LK	Lojistik Konum (Dakika)	1,0473	1,1575	1,0361	1,0361
Toplam -I		1,0473	1,1575	1,0361*	1,6211

Tablo 20. Etkileyen Kriterlere Göre Bilgi İçeriğinin Hesaplanması (Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım)

Kriterler	Tedarikçi 1	Tedarikçi 2	Tedarikçi 3	Tedarikçi 4	
I-KÖ	Kullanım Ömrü (%80 deşarj)	0	0	0	0,2328
I-ÇS	Çevrim sayısı (Cycle)	0	0	0	0
I-TS	Tedarik süresi (Hafta)	0	0	0	0
I-LK	Lojistik Konum (Dakika)	1,0029	1,0091	1,0022	1,0022
Toplam -I		1,0029	1,0091	1,0022*	1,2350

Her iki analiz sonucunda da bilgi içeriği minimum olan Tedarikçi 3 en uygun seçenek olarak belirlenmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Etkileyen Kriterlere Göre Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım Yöntemleri Sonuçları

Tedarikçiler	Aksiyomatik Tasarım	Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım
Tedarikçi 1	2. öncelikli	2. öncelikli
Tedarikçi 2	3. öncelikli	3. öncelikli
Tedarikçi 3	1. öncelikli	1. öncelikli
Tedarikçi 4	4. öncelikli	4. öncelikli

V. SONUÇLAR

Karar problemlerinde karara etki eden birçok kriter ve alternatifin olması en doğru kararın verilmesini güçleştirmektedir. Probleme etki eden kriterlerin eşit önem düzeyine sahip olmaması, birbirleriyle çelişmesi ya da aralarında neden-sonuç ilişkisi olması da problemin zorluğunu arttıran faktörlerdendir. Bu gibi problemlerde ÇKKV yöntemleri, alternatifler arası önceliklendirme ve seçimde sıklıkla kullanılmaktadır.

Günümüzün rekabetçi koşullarında; sürecin sorunsuz işleyişi, müşteri taleplerinin doğru miktar, zaman ve kalitede karşılanabilmesi ve böylece pazar payı ve karlılığın artırılabilmesi için doğru tedarikçilerle çalışmak oldukça önemlidir. Tedarikçi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriter ve alternatiflerin fazla olması seçim aşamasında subjektiften ziyade rasyonel yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda tedarikçi seçimi bir ÇKKV problemi olarak ele alınabilir.

Bu çalışmada, lojistik sektöründe yer alan bir firmada kullanılan kritik bir parça özelinde tedarikçi seçim problemi ele alınmış ve AHP, Aksiyomatik Tasarım ve Dematel yöntemleri ile tedarikçi seçim modeli geliştirilmiştir. Çalışmada, tedarikçi seçiminin yapılacağı ürün grubunun belirlenmesi için öncelikle malzemeler FSN (Fast, Slow, NonMoving) yaklaşımı ile analiz edilmiştir. İlgili ürün grubu belirlendikten sonra söz konusu ürün grubu için tedarikçi seçim kriterleri belirlenmiş ve kriterler arası ilişki ve önem seviyesinin değerlendirilebilmesi için Dematel yöntemi uygulanmıştır. Sistemde etkinliği en yüksek kriter “birim fiyat” olarak tespit edilmiştir. Birim fiyat, kullanım ömrü, çevrim süresi, tedarik süresi ve lojistik konum kriterlerinin diğer kriterleri etkileme derecesi bu kriterlerden etkilenme derecesinden fazladır. Diğer bir deyişle bu kriterler “etkileyen” kriterlerdir. Birim fiyat ve ödeme şekli ise “etkilenen” kriterlerdir. Tedarikçi seçim uygulamasında alternatif tedarikçilerin kriterler için karşılması gereken tasarım aralıkları ve kriterlerin sistem aralıkları belirlenmiştir. Aksiyomatik Tasarım ile bilgi içerikleri hesaplanarak toplam bilgi içeriği minimum olan Tedarikçi 1 öncelikle çalışılması gereken tedarikçi olarak seçilmiştir. Alternatif sıralaması en iyiden başlamak üzere Tedarikçi 1, Tedarikçi 3, Tedarikçi 2 ve Tedarikçi 4 olarak tespit edilmiştir. Kriterlerin AHP yöntemiyle ağırlıklandırılması ile de aynı sıralama elde edilmiştir. Ancak toplam bilgi içeriklerinde değişiklikler gözlenmiştir. Örneğin; kriter ağırlıklandırmadan sonra Tedarikçi 3 ve Tedarikçi 2'nin toplam bilgi içerikleri arasındaki fark kapanmıştır. Bu durumda firma herhangi bir zorunluluk durumunda Tedarikçi 3'ü Tedarikçi 2 yerine tercih edebilir. Son olarak, Dematel yönteminde “etkilenen” olarak belirlenen kriterler analizden çıkarılarak metodoloji tekrarlanmıştır. Etkileyen kriterlere göre Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarımdan elde edilen sıralama en iyiden başlamak üzere Tedarikçi 3, Tedarikçi 1, Tedarikçi 2 ve Tedarikçi 4'tür. Sıralamada 1. ve 3. alternatifin yer değiştirdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Dematel yöntemiyle elde edilen bulguların seçimi değiştirdiği açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] Demirci, A. (2020). Lojistik Tedarikçi Seçiminde Aksiyomatik Tasarım Tekniği Uygulaması. *International Journal Of Economics ,Politics, Humanities and Social Sciences*, 3(1), 90-105.
- [2] Zaralı, F. (2018). *Lojistik Merkezi Yer Seçimi ve Yerleştirme Problemi*, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- [3] Ardalı, Z. (2020). Bulanık AHP ve Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Yeşil Tedarikçi Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- [4] Badem, E. (2019). Otomobil Seçimi Kararında Tüketici Satın alma Kararını Etkileyen Faktörlerin Dematel Yöntem ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Bartın.
- [5] Ar, İ. M., Gökşen H., & Tuncer M. A. (2015). Kablo Sektöründe Tedarikçi Seçimi İçin Bütünleşik Dematel-AAS-Vikor Yönteminin Kullanılması, *Ege Akademik Bakış*. 15(2), 285-300.
- [6] Sarı, İ. U., Ervural B. Ç., & Bozat S. (2017). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde Dematel yöntemiyle tedarikçi değerlendirme kriterlerinin incelenmesi ve sağlık sektöründe bir uygulama, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 477-485.
- [7] Coşkun B., Yıldır M., S. & Bayraktar M. (2022).Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Değerlendirme Kriterlerinin Dematel Yöntemiyle İncelenmesi Ve Ahşap Sektöründe Bir Uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*,18 (2), 618-648.
- [8] Doğan H. (2022). Dematel ve Copras Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi: Hazır Giyim Sektöründe Bir Uygulama. *Journal of Textiles and Engineer*, 29(127), 150- 160.
- [9] Kabadayı, Ç., & Dağ, S. (2020). Dematel ve Electre Yöntemi ile Tedarik Zincirinde Bayi Performans Değerlendirmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 241-253.
- [10] Çelik, F. & Çağıl, G. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Tedarikçi Seçimi;Bir Traktör Fabrikası Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(68),607-619.
- [11] Yaman, K.H. (2019). Bulanık Dematel ve Bulanık Topsis Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Seçimi ve Bulanık Doğrusal Programlama ile Optimum Sipariş Miktarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- [12] Mirmousaa, S. & Dehnavi, D.H. (2016). Development of Criteria of Selecting the Supplierby Using the Fuzzy Dematel Method. *3rd International Conference on New Challenges in Management and Organization: Organization and Leadership*, Dubai, UAE.
- [13] Kumar, S.J. A., Sangwanc, K.S., Gupta, G.S. (2021). Modelling Supply Chain Agility Antecedents Using Fuzzy Dematel. 28th CIRP Conference on Life Cycle Engineering.
- [14] Kant, R.L.S. (2021). *Evaluating the circular supply chain implementation barrier susing Pythagorean fuzzy AHP-Dematel approach*. Mechanical Engineering Department, Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology, Ichchhanath, Surat 395007, Gujarat, India.

- [15] Ashtarinezhad, E., Sarfaraz, H. A., & Navabakhsh, M. (2018). Supplier evaluation and categorize with combine Fuzzy Dematel and Fuzzy Inference System. *Data in Brief*, 18,1149-1156.
- [16] Özel, B., & Özyörük, B. (2007). Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Seçimi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3), 415-423.
- [17] Sarı, İ. U., Ervural, B. Ç., & Bozat, S. (2017). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminde Dematel Yöntemiyle Tedarikçi Değerlendirme Kriterlerinin İncelenmesi ve Sağlık Sektöründe Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 477-485.
- [18] Erdem, M. B., & Doğan, N.Ö. (2020). Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirliğin Analizi, Kahramanmaraş'ta Faaliyet Gösteren bir Tekstil İşletmesinde Dematel Uygulaması. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(36), 571-598.
- [19] Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in Project management. *International journal of Project management*, 19(1), 19-27.
- [20] Kabak, M., & Dağdeviren, M. (2017). A Hybrid approach based on ANP and grey relational analysis for machine selection. *Technical Gazette*, 24(1), 109-118.
- [21] Erdoğan, D., & Tokgöz, N. (2017). Bilgi Teknolojileri Dış Kaynak Kullanımında Kritik Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi: Havacılık Sektöründe Nitel Bir Araştırma. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 68-83.
- [22] Akyüz, G. A. (2012). Bulanık VIKOR yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(1), 197-215.
- [23] Kabadayı, N., & Küçük Çırpın, B. (2020), Gri İlişkisel Temelli TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Risk Değerlendirmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(2), 767- 788.
- [24] Dağdeviren, M., Dönmez, N., & Kurt, M. (2006). Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2), 247-255.
- [25] Özdemir, A. (2010). Ürün grupları temelinde tedarikçi seçim probleminin ele alınması ve analitik hiyerarşi süreci ile çözümlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55-84.
- [26] Zhumazhanova, M. (2022). Tedarikçi seçim kararlarında bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanımı: Mobilya sektöründe bir uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- [27] Tursun, S. S., & Özkoç, H. (2019). Taze gıda ürünlerinde tedarikçi seçim kararı üzerine karma bir araştırma. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 3(6), 75-94.
- [28] Güleş, H. K., Çağlıyan, V., & Şener, T. (2014). Hazır giyim sektöründe analitik hiyerarşi prosesi yöntemine dayalı tedarikçi seçimi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 159-170.
- [29] Candan, G., & Yazgan, H. R. (2015). Tedarik Zincirinde Hammadde Tedarikçisi Seçimi Problemi: Bir Uygulama. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 43-52.
- [30] Gültepe, M., & Yılmaz, E. (2022). Tedarik Zinciri Yönetiminde Lojistik ve Dağıtım Ağının Etki Seviyelerinin Belirlenmesi ve Tedarikçi Seçimi Optimizasyonu için AHP ve Matematik Programlama Modelini İçeren Yeni Bir Yaklaşım. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(2), 262-270.
- [31] Li, Y., Dlabat, A., & Lu, C., C. (2020), Leagile Supplier Selection in Chinese Textile Industries a Dematel Approach, *Annals of Operations Research*, 287, 303-322.
- [32] Çağıl, G., & Çelik, F. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Tedarikçi Seçimi; Bir Traktör Fabrikası Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(68), 607-619.
- [33] Karagöz, E. T. (2022). Çok kriterli karar verme ve veri madenciliği yöntemleri ile tedarikçi seçimi ve seviyelendirmesi, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- [34] Gündoğan, K., & Borat, O. (2021). Çelik Yapıda Kullanılan Endüstriyel Boya için Ahp ve Topsis Yöntemleri Uygulanarak Yapılan Tedarikçi Seçimi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(40), 162-177.
- [35] Vargeloğlu, A. A., Başkır, M. B., & Gamgam, H. (2021). Ekonomik Göstergelere Dayalı Tedarikçi Seçimi için Sezgisel Bulanık Yaklaşım. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 1017-1037.
- [36] Oğuz, C., Pence, I., Siseci Çeşmeli, M., & Çetinkaya Bozkurt, O. (2021), Tedarikçilerin TOPSIS ile Seçilmesi ve Gelişim Durumlarının Sezgisel Optimizasyon ile Belirlenmesi, *Acta Infologica*, 5(1), 53-64.