



## Sürekli İyileştirme Projelerinin Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi: DEMATEL Yöntemi Uygulaması

**Didem TEZSÜRÜCÜ COŞANSU**

Doç. Dr., Adnan Menderes Üniversitesi, Söke İşletme Fakültesi

[didem.tezsurucu@adu.edu.tr](mailto:didem.tezsurucu@adu.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0001-8591-1177>

Makale Başvuru Tarihi : 03.08..2023

Makale Kabul Tarihi : 02.10.2023

Makale Yayın Tarihi : 10.10.2023

Makale Türü : Araştırma Makalesi

DOI: 10.5281/zenodo.10004447

### Özet

**Anahtar Kelimeler:**

DEMATEL,

Çok Kriterli Karar

Verme,

Proje Seçimi,

İşletmeler uyguladıkları kalite yönetim felsefelerinin sonucu olarak süreçlerde iyileştirmeler yapmak durumundadırlar. Bu çalışmada, sürekli iyileştirme projelerinden Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde kullanılan kriterlerin önceliklendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliğini göstermek amaçlanmaktadır. Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin önceliklendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemi olan DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Aydın ili Organiza Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde yapılan uygulamada, Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili sekiz kriter belirlenmiştir. DEMATEL yöntemiyle yapılan analiz sonuçlarına göre en önemli kriterlerin üretim standartlaştırma, kalite iyileştirme, rework azaltma ve üretim adedi artışı olduğu bulunmuştur. Sürekli iyileştirme projelerinin hangisinin öncelikli olarak seçileceği işletmeler için oldukça önemlidir. Seçim aşamasında hangi kriterlerin dikkate alınacağını belirlemek gerekmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden DEMATEL yöntemi seçim kriterlerinin önem sıralamasını yapmakta ve hangi kriterlerin etkileyen veya etkilenen kriterler olduğunu belirlemesine yardımcı olmaktadır. Kalite iyileştirme, İSG riski, üretim standartlaştırma ve rework azaltma kriterleri etkileyen kriterler olarak bulunmuştur.

### *Evaluation of Selection Criteria for Continuous Improvement Projects: Application of the DEMATEL Method*

### Abstract

**Keywords:**

DEMATEL,

Multi-Criteria

Decision Making,

Project Selection,

Businesses have to make improvements in processes as a result of the quality management philosophies they implement. In this study, it is aimed to show the applicability of multi-criteria decision making methods in prioritizing the criteria used in the selection of Kaizen improvement projects from continuous improvement projects. The DEMATEL method, a multi-criteria decision-making method, was used to prioritize the criteria that are effective in the selection of Kaizen improvement projects. In the application carried out in a production enterprise operating in the Organiza Industrial zone of Aydın province, eight criteria were determined as effective criteria in the selection of Kaizen improvement projects. According to the results of the analysis made with the DEMATEL method, it has been found that the most important criteria are production standardization, quality improvement, rework reduction and production number increase. Which of the continuous improvement projects will be chosen as a priority is very important for businesses. It is necessary to determine which criteria will be taken into account during the selection stage. The DEMATEL method, one of the multi-criteria decision-making methods, ranks the importance of the selection criteria and helps determine which criteria affect or are affected. Quality improvement, OHS risk, production standardization and rework reduction were found to be influencing criteria.

## GİRİŞ

Sürekli artan müşteri talep ve beklentileri ve artan rekabet, işletmeleri faaliyetlerini yapma biçimlerini sürekli iyileştirmeye zorlamaktadır. Sürekli iyileştirme teknikleri süreç performansını iyileştirmede, israfı en aza indirmede, süreç ve bilgi akışını düzenlemede ve tesis kullanımını arttırmada işletmelere yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, şirket içindeki süreçleri iyileştirirken iş üretkenliğini ve verimliliğini artırmayı da sağlamaktadır (Khan vd., 2019:1).

İşletmelerin; sürekli artan rekabet ortamında güçlü durabilmeleri, kalite, hız, maliyet kriterlerini optimize ederek ürün sunabilmelerine bağlıdır. Aynı zamanda değişen koşullara uyum sağlayabilmeleri için iş süreçlerinde iyileştirme yapmaları gerekmektedir. Sürekli iyileştirme faaliyetleri belirli bir kapsam içerisinde sistematik olarak ele alındığında başarıya ulaşır.

Süreç iyileştirme ve kaliteye yönelik yaklaşımlar Toplam Kalite yönetimi ile başlamıştır. Kaizen yönetim yaklaşımı ise, yalın üretim, altı sigma ve yalın altı sigma ile geliştirilmiştir. Japonca bir terim olan Kaizen "daha iyisi için değişim" anlamına gelir. Süreci daha verimli, kontrol altında ve uyarlanabilir hale getiren, sürekli iyileştirme sürecidir. İyileştirmeler genellikle karmaşık teknikler veya pahalı ekipman olmadan çok az masrafla veya hiç masraf yapılmadan gerçekleştirilir. Karmaşık süreçler alt süreçlere ayrılır. Bu süreçler geliştirilerek sadeleştirilme ve katma değerli olan ve olmayan iş aktivitelerine odaklanılır (Khan vd., 2019:6).

İşletmelerde sürekli iyileştirme uygulamaları proje bazlı olarak gerçekleştirilmektedir. Sürekli iyileştirme projeleri benzersiz seçim, dağıtım ve izleme süreçlerini takip eder. Sürekli iyileştirme projelerinin yaygın örnekleri arasında Kaizen Etkinlikleri, Altı Sigma projeleri, Yalın Altı Sigma projeleri ve iş geliştirme girişimleri bulunmaktadır (Rudnik vd., 202:1-3; Bumblauskas ve Meyer, 2015:1).

Yalın üretim sistemi ile Kaizen iyileştirme faaliyetlerinin bütünleştirilmesi, işletmelerin rekabet üstünlüğü sağlamalarında, müşteri memnuniyetinde ve operasyonel mükemmellik kazanmalarında avantaj sağlamaktadır. Sürekli iyileştirme, mühendislik ve operasyon yönetiminin odağında yer almaktadır. Üretim süresinin kısaltılması, pazar payının artması, ürün fiyatının düşürülmesi ve ürün çeşitliliğinin artırılması Kaizen uygulamalarının yararları olarak sıralanmaktadır (Sarı, 2019: 97).

İyileştirme projelerinin uygulanması, işletmelerin sürekli iyileştirmeyi amaçlayan hedeflerine ulaşmasını sağlar (Aleu ve Van Aken, 2016: 215). İşletmeler sürekli iyileştirme yaklaşımı doğrultusunda farklı iyileştirme projeleri uygulamak durumunda kalabilmektedirler. Bu durumda hangi iyileştirme projesinin daha öncelikli olacağını belirlemek oldukça önem taşımaktadır. Proje önceliklendirme, kıt kaynakları daha etkin bir şekilde tahsis ettiğinden, işletmenin stratejik hedeflerine odaklanmasına yardımcı olur. Projelerin önceliklendirilmesinde etkili olan çok sayıda kriter söz konusudur. Bu nedenle, proje önceliklendirilmesi ile ilgili yapılacak analizlerde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması son derece mantıklıdır.

Bu çalışmanın amacı, sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin nasıl kullanıldığının gösterilmesidir. Kaizen sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde etkili olan kriterlerin önem düzeylerini belirlemek için kullanılan DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), Cenevre Araştırma Merkezi'nde yapılan proje sonucu ortaya çıkan ve karmaşık nedensel ilişkilerin yapısını görselleştirmeyi sağladığından oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Çalışmanın uygulamasında, DEMATEL yöntemiyle, Aydın ilinde faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin Kaizen iyileştirme projesi seçim kriterlerinin önem düzeyleri belirlenmiştir. Kaizen iyileştirme projelerinin seçimi ve önceliklendirilmesine ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Çalışmanın bu açıdan literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. LİTERATÜR

Çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak, sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi ve seçilmesine yönelik literatür incelemesi yapılmıştır. Sürekli iyileştirme faaliyetleri ile ilgili, Kaizen iyileştirme, altı sigma ve yalın altı sigma projelerinin ÇKKV yöntemleriyle önceliklendirildiği ve seçildiği çalışmaların olduğu görülmüştür.

Rudnik vd. (2021), iyileştirme projelerinin seçiminde Sıralı Bulanık WASPAS yöntemini uygulamışlardır. Sürekli iyileştirme prosesi için anahtar kriterler belirlenmiş ve elektrik elektronik sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın beş iyileştirme projesinin sıralaması yapılmıştır. Kargı (2015), bir üretim işletmesinin iyileştirme proje seçiminde Bulanık AHP yöntemini kullanmış ve dört iyileştirme projesinin beş kritere göre önem sıralamasını yapmıştır.

Kumar vd. (2018), Hindistan'daki küçük ölçekli işletmelerde sürekli iyileştirme Kaizen projeleriyle ilgili örnek olayda VSM (Değer Akışı Haritalama)-Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. İyileştirme projelerinin olumlu sonuçlarını ortaya koymuşlardır. Eski ve Araz (2021), otomotiv yan sanayi firmasında uygulanan 10 adet Kaizen projesinin değerlendirilmesinde VIKOR yöntemini uygulamışlardır. Firma yöneticileri tarafından belirlenen kriterlere göre projelerin VIKOR yöntemiyle önem sıralaması elde edilmiştir. Shaygan ve Testik (2019), sağlık sektöründe kötü performans gösteren süreç için Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde Bulanık AHP kullanılmıştır.

Raval vd. (2021), yalın altı sigma uygulamalarında etkili olan kritik başarı faktörlerinin belirlenmesinde ve önem düzeylerinin elde edilmesinde DEMATEL yaklaşımı kullanmışlardır. Vinodh ve Swarnakar (2015), yalın altı sigma projelerinin seçiminde Fuzzy DEMATEL, ANP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımını incelemişlerdir. Shukla vd. (2021), yalın altı sigma projelerinin seçiminde etkili kriterlerin önceliklerini BWM yöntemi ile belirlemişlerdir. Singh vd. (2021), üretim işletmelerinde yalın altı sigma projelerinin seçiminde bulanık TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmışlardır. Tabatabaei vd. (2020), yalın altı sigma iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde bulanık BWM ve VIKOR yöntemlerini birlikte uygulamışlardır.

Kaswan vd. (2023), yeşil yalın altı sigma projelerinin seçiminde entropi ve gri ilişkisel analiz yöntemlerinden faydalanmışlardır. Bir imalat işletmesinde potansiyel yeşil yalın altı sigma projelerinden uygun olanının seçiminde gri ilişkisel analiz yöntemini kullanmışlardır. Proje seçiminde etkili olan altı kriter ve onyeddi alt kriterin ağırlıklarının belirlenmesinde entropi yöntemi uygulanmıştır.

Lammoglia vd. (2020), üretim hattı için en iyi yalın projenin seçilmesinde AHP yöntemini uygulamışlardır. Proje seçiminde dört ana kriter ve bu kriterlere bağlı farklı sayıdaki alt kriteri kullanarak en uygun projeyi belirlemişlerdir.

Altıntaş vd. (2016), altı sigma projelerinin değerlendirilmesinde Bulanık ANP yöntemini uygulamışlardır. Firmanın 10 adet altı sigma projesi değerlendirilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Pakdil vd. (2020), sağlık sektöründe altı sigma projelerinin önceliklendirilmesi ve seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden KEMİRA-M uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Wang vd. (2014), Altı Sigma proje seçiminde hibrit bir çok kriterli karar verme modeli kullanmışlardır. Bu seçim sürecinde DEMATEL, ANP ve VIKOR yöntemlerini birlikte uygulamışlardır. Perçin ve Kahraman (2010), altı sigma projelerinin seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini uygulamışlardır.

Sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi ve seçilmesi ile ilgili literatür incelendiğinde, altı sigma projelerinin ve yalın altı sigma projelerinin seçimine yönelik çalışmaların daha yoğun olduğu görülmüştür. Kaizen iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi ve seçimine yönelik sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Bununla birlikte, iyileştirme seçim problemlerinde ÇKKV yöntemlerinden ANP, TOPSIS, AHP, VIKOR yöntemlerinin daha sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. DEMATEL ile yapılan az sayıda çalışma vardır. Bu nedenle, çalışmanın uygulamasında Kaizen iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde DEMATEL yöntemi kullanılacaktır. Konuyla ilgili sınırlı sayıda yayın olduğundan çalışmanın literatüre faydalı olacağı düşünülmektedir.

### **3. YÖNTEM**

#### **3.1.DEMATEL Yöntemi**

DEMATEL yöntemi, çok sayıdaki alternatif arasındaki ilişkileri analiz etmek için kullanılabilir. DEMATEL, ilişkilerin türüne ve bunların bir başkası üzerindeki etkilerinin ciddiyetine göre kriterleri

önceliklendirmeye yardımcı olur. DEMATEL yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Tseng ve Lin, 2009);

**1. Direk İlişki Matrisinin Oluşturulması:** Kriterler arasındaki ilişkiler DEMATEL metoduna özel karşılaştırma ölçeğine göre değerlendirilir. DEMATEL metodunun karşılaştırma ölçeği Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1: DEMATEL Karşılaştırma Ölçeği**

Sayısal Değer	Tanım
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

**2. Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisinin Bulunması:** Direk ilişki matrisi (A) ile k katsayısı çarpılarak normalize direk ilişki matrisi (X) hesaplanır. Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılır.

$$X = k \times A \quad (1)$$

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

**3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması:** Normalize edilmiş ilişki matrisi elde edildikten sonra Eşitlik (3)’teki formül yardımıyla toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (3)$$

**4. Gönderici ve alıcı grubunun hesaplanması:** Toplam ilişki matrisi belirlendikten sonra etkileyen ve etkilenen faktör gruplarının belirlenmesi için matrisin satır ve sütun toplamları bulunur (Karaoğlan, 2016: 14).

Satırların toplamı vektör D ve sütunların toplamı vektör R olarak Eşitlik (4) ve (5) yardımıyla hesaplanır.

$$T = [t_{ij}]_{n \times n}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$D = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (4)$$

$$R = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (5)$$

D+R ve D-R değerleri, bir kriterin diğeriyle ilişki düzeyinin ve diğeriye etki seviyesinin belirlenmesini sağlamaktadır. D+R değeri yüksek kriterler diğeri kriterlerle daha çok ilişkilidir. D-R değeri pozitif kriterler diğeri üzerinde yüksek etkiye sahip gönderici kriterlerdir. D-R değeri negatif kriterler diğeri kriterlerden fazla etkilenen alıcı kriterlerdir.

**5. Eşik Değerin Belirlenmesi ve Etki Diyagramının Çizilmesi:** Diyagram oluşturulurken etki seviyesinin belirlenmesi için bir eşik değer hesaplanır. Matriste eşik değerden büyük etki değerine sahip faktörler seçilerek etkileyen- etkilenen diyagramı oluşturulur. Eşik değer karar vericiler tarafından belirlenir (Tsai ve Chou, 2009). Eşik değer karar verici tarafından belirlenemediğinde toplam ilişki matrisinin (T) ortalaması eşik değer olarak belirlenmektedir (Battal, 2018: 103). Etki-yönlü graf diyagramı; yatay eksenini D+R, dikey eksenini D-R olan koordinat sisteminde (D+R) ve (D-R) noktaları çizilerek oluşturulur.

**6. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması:** Kriter ağırlıkları hesaplanırken toplam ilişki matrisinin sütun toplamı bir olacak şekilde normalize edilerek iç bağımlılık matrisi bulunur. Kriter ağırlıkları Eşitlik (6) ve (7) kullanılarak bulunur.

$$w_i = [(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (7)$$

### 3.2. Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi

Bu çalışma, Aydın ili Organiza Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren, makine sanayii alanındaki bir üretim işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletme, üretim süreçlerinde mükemmelliği hedeflemekte ve bu kapsamda Toplam Kalite Yönetimi ve Kaizen felsefelerini benimsemektedir. Yönetici ve mühendislerle yapılan görüşmelerde, kalite uygulamaları gerçekleştirilirken üretim sürecinde bazı olumsuzluklar yaşandığı ve iyileştirilmesi istenen bazı süreçler olduğunu belirtmişlerdir. Bu süreçte yaşanan sorunların her biri Kaizen iyileştirme projesi olarak ele alınarak iyileştirmeler yapılacaktır. Ancak, ilk olarak hangi projeye başlanacağı konusu da işletme için önem taşımaktadır. Bu sebeple, Kaizen iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde kullanılacak faktörlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi çalışmanın uygulamasını oluşturmaktadır.

Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin önceliklendirilmesinde DEMATEL yöntemi kullanılacaktır. Öncelikle iyileştirme projelerinin seçiminde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde farklı projelerin seçiminde kullanılan farklı kriterler mevcuttur. Rudnik vd (2021), teknik yeterlilik, proje riski, maliyet azaltma, iş güvenliği, ergonomi, çevrim zamanı kısaltma, atıkları azaltma, hataları azaltma başta olmak üzere toplam yirmi üç kriter kullanmışlardır. Kargı (2015), iyileştirme projelerinin seçiminde verimlilik, maliyet, kalite, iş güvenliği, müşteri memnuniyeti kriterlerini kullanmıştır. Bilgen ve Şen (2016), altı sigma projelerinin seçiminde maliyet, zaman, emek, verimlilik, kalite, kapasite, hurdayı azaltma, kazançlar ve enerji kriterlerini dikkate almışlardır. Wang vd. (2014), örgüte uyum, kalite, teknik yeterlilik, zaman, müşteri memnuniyeti, maliyet azaltma, karlılık artışı, çevrim zamanını kısaltma, operasyonel performansı artırma kriterlerini kullanarak altı sigma proje seçimi gerçekleştirmişlerdir. Lammoglia vd. (2020), yalın altı sigma proje seçiminde emek verimliliği, lojistik, gelir artışı, kalite, maliyet, yatırım, tasarım problemleri, yedek parça problemleri kriterlerini kullanmışlardır.

Çalışmadaki Kaizen iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesinde etkili faktörler, literatür incelenerek elde edilmiştir. Bu faktörlere ilave olarak işletmede görevli kalite mühendisleri ve yöneticilerle yapılan görüşmeler sonucunda işletmenin Kaizen proje önceliklendirmesinde etkili olduğu düşünülen kriterler de eklenmiştir. Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin müşteri terminini tutturma (K1), üretim adedi artışı (K2), kalite iyileştirme (K3), İSG riski (K4), üretim standartlaştırma (K5), rework azaltma (K6), süre tasarrufu (K7), maliyet tasarrufu (K8) olduğuna karar verilmiştir. Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde kullanılacak kriterler belirlendikten sonra DEMATEL yöntemi kullanılarak uygulama yapılmıştır.

### 4. Bulgular

İşletmede kalite alanında çalışan iki mühendis ve bir yönetici, bu kriterleri Dematel ölçeğine göre puanlandırmıştır. Birden fazla karar vericinin olduğu durumda direk ilişki matrisi elde edilirken, karar vericilerin verdikleri puanların ortalaması alınmaktadır. İşletmede üç çalışanın kriterlere vermiş olduğu puanların ortalaması alınarak Tablo 2'deki direk ilişki matrisi elde edilmiştir.

**Tablo 2. Direk İlişki Matrisi**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Toplam
K1	0,000	1,333	2,000	1,667	2,333	2,000	3,333	2,667	15,333
K2	2,000	0,000	2,333	1,333	3,333	2,333	2,000	2,667	16,000
K3	2,000	3,000	0,000	2,000	3,000	3,333	3,000	3,000	19,333

<b>K4</b>	1,333	2,000	1,667	0,000	2,000	2,000	1,333	2,000	12,333
<b>K5</b>	2,667	4,000	3,333	1,667	0,000	3,000	3,667	2,667	21,000
<b>K6</b>	3,000	2,000	2,667	1,333	2,333	0,000	2,667	3,000	17,000
<b>K7</b>	4,000	1,333	1,333	1,000	1,667	2,000	0,000	2,667	14,000
<b>K8</b>	1,333	3,333	2,000	1,000	2,000	2,000	2,000	0,000	13,667
<b>Toplam</b>	16,333	17,000	15,333	10,000	16,667	16,667	18,000	18,667	

Direk ilişki matrisi elde edildikten sonra normalize etme işleminin yapılması için satır ve sütun toplamları içindeki en büyük değer belirlenir. Direk ilişki matrisi bu değerle tersiyle çarpılarak normalize edilmiş direk ilişki matrisi bulunur. Tablo 3 normalize edilmiş direk ilişki matris değerlerini göstermektedir.

**Tablo 3. Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisi**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,000	0,063	0,095	0,079	0,111	0,095	0,159	0,127
<b>K2</b>	0,095	0,000	0,111	0,063	0,159	0,111	0,095	0,127
<b>K3</b>	0,095	0,143	0,000	0,095	0,143	0,159	0,143	0,143
<b>K4</b>	0,063	0,095	0,079	0,000	0,095	0,095	0,063	0,095
<b>K5</b>	0,127	0,190	0,159	0,079	0,000	0,143	0,175	0,127
<b>K6</b>	0,143	0,095	0,127	0,063	0,111	0,000	0,127	0,143
<b>K7</b>	0,190	0,063	0,063	0,048	0,079	0,095	0,000	0,127
<b>K8</b>	0,063	0,159	0,095	0,048	0,095	0,095	0,095	0,000

Normalize edilmiş direk ilişki matrisi birim matristen çıkarılarak ters matrisi alınır. Bu değerler Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.  $(I-X)^{-1}$  Matris Değerleri**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	1,326	0,390	0,386	0,272	0,420	0,409	0,490	0,473
<b>K2</b>	0,432	1,357	0,424	0,273	0,484	0,446	0,464	0,498
<b>K3</b>	0,492	0,539	1,376	0,335	0,528	0,541	0,563	0,575
<b>K4</b>	0,326	0,363	0,324	1,166	0,355	0,355	0,350	0,385
<b>K5</b>	0,550	0,606	0,542	0,341	1,436	0,560	0,623	0,598
<b>K6</b>	0,485	0,453	0,446	0,281	0,457	1,357	0,504	0,525

<b>K7</b>	0,462	0,360	0,335	0,229	0,368	0,380	1,325	0,443
<b>K8</b>	0,358	0,444	0,364	0,229	0,386	0,384	0,409	1,331

$(I-X)^{-1}$  matris değerleri direk ilişki matris değerleriyle çarpılarak Toplam İlişki Matrisi (T) değerleri hesaplanmış olur. Tablo 5 toplam ilişki matrisi değerlerini göstermektedir.

**Tablo 5. Toplam İlişki Matrisi**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,326	0,390	0,386	0,272	0,420	0,409	0,490	0,473
<b>K2</b>	0,432	0,357	0,424	0,273	0,484	0,446	0,464	0,498
<b>K3</b>	0,492	0,539	0,376	0,335	0,528	0,541	0,563	0,575
<b>K4</b>	0,326	0,363	0,324	0,166	0,355	0,355	0,350	0,385
<b>K5</b>	0,550	0,606	0,542	0,341	0,436	0,560	0,623	0,598
<b>K6</b>	0,485	0,453	0,446	0,281	0,457	0,357	0,504	0,525
<b>K7</b>	0,462	0,360	0,335	0,229	0,368	0,380	0,325	0,443
<b>K8</b>	0,358	0,444	0,364	0,229	0,386	0,384	0,409	0,331

Toplam ilişki matrislerinin satır ve sütun toplamları alınarak (D + R) ve (D – R) değerleri hesaplanır. Tablo 6’da bu değerler belirtilmiştir. (D+ R) değerleri kriterlerin ilişkisini göstermektedir. (D – R)’deki pozitif değerli kriterler kalite iyileştirme (K3), İSG riski (K4), üretim standartlaştırma (K5), rework azaltma (K6) değişkenleri etkileyen, (D – R)’deki negatif değerli kriterler müşteri terminini tutturma (K1), üretim adedi artışı (K2), süre tasarrufu (K7), maliyet tasarrufu (K8) etkilenen kriterlerdir.

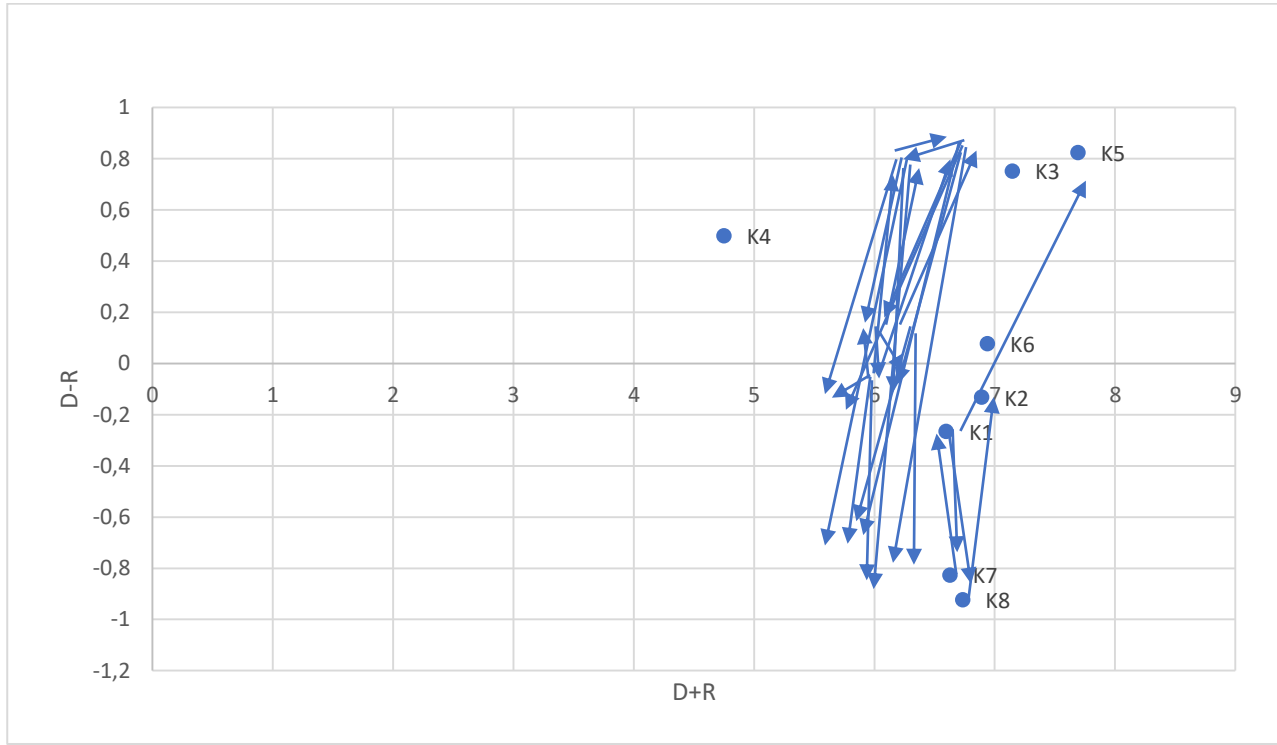
**Tablo 6. (D + R) ve (D- R) Değerleri**

	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>D+R</b>	<b>D-R</b>	<b>Etkileyen/ Etkilenen Kriterler</b>
<b>K1</b>	3,166	3,431	6,597	-0,266	Etkilenen
<b>K2</b>	3,380	3,512	6,892	-0,133	Etkilenen
<b>K3</b>	3,949	3,198	7,147	0,751	Etkileyen
<b>K4</b>	2,624	2,126	4,750	0,498	Etkileyen
<b>K5</b>	4,257	3,434	<b>7,691</b>	0,824	Etkileyen
<b>K6</b>	3,508	3,431	6,939	0,077	Etkileyen
<b>K7</b>	2,901	3,728	6,629	-0,827	Etkilenen
<b>K8</b>	2,905	3,830	6,735	-0,924	Etkilenen

(D + R)'deki en yüksek pozitif değerli kriter olan üretim standartlaştırma (K5) diğer kriterler ile daha kuvvetli ilişki içerisinde. (D - R) değerleri incelendiğinde; üretim standartlaştırma (K5) kriteri diğer kriterler üzerinde daha yüksek etkiye ve öneme sahip kriterdir. Daha sonra kalite iyileştirme (K3), İSG riski (K4) ve rework azaltma (K6) kriterleri yüksek etkiye sahip kriterler olarak sıralanmaktadır. Maliyet tasarrufu (K8) kriterinin diğer kriterlere göre en çok etkilenen kriter olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla süre tasarrufu (K7), müşteri terminini tutturma (K1), üretim adedi artışı (K2) kriteri takip etmektedir.

Toplam ilişki matrisinin ortalaması alınarak eşik değer 0,417 olarak belirlenmiştir. Diyagram bu değere göre oluşturulmuştur.

Şekil 1. Etki yönlü graf diyagramı



DEMATEL yönteminin son aşamasında Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Kriter Ağırlıkları

	Wi	Ağırlık
<b>K1</b>	6,602	0,123
<b>K2</b>	6,893	0,129
<b>K3</b>	7,187	0,134
<b>K4</b>	4,776	0,089
<b>K5</b>	7,735	0,144
<b>K6</b>	6,940	0,129
<b>K7</b>	6,680	0,125
<b>K8</b>	6,798	0,127



<b>Toplam</b>	53,611	1,000
---------------	--------	-------

Tablo 7 incelendiğinde; üretim standartlaştırma (K5) kriteri 0,144'lük ağırlık değeriyle kriterler içerisinde en yüksek öneme sahip değişkendir. Kalite iyileştirme (K3) kriteri 0,134'lük ağırlık değeriyle ikinci sıradaki öneme sahip kriterdir. 0,129'lük ağırlık değeriyle üretim adedi artışı (K2) ve rework azaltma (K6) kriterleri önem düzeyine göre üçüncü sıradaki kriterlerdir. Maliyet tasarrufu (K8) 0,127'lik ağırlık değeriyle önem düzeyine göre dördüncü sıradaki kriterdir. Önem sıralamasına göre beşinci olan kriter 0,125 ağırlık değeriyle süre tasarrufu (K7) kriteridir. Müşteri terminini tutturma (K1) kriteri 0,123'lük ağırlıkla altıncı sıradadır. Sonuncu kriter ise 0,089'lük ağırlık ile İSG riski (K4) kriteridir.

## **Sonuç ve Tartışma**

Sürekli iyileştirme uygulamalarının işletmeye sağladığı yararlar artan kalite ve verimlilik, azalan maliyetler ve müşteri memnuniyetinin elde edilmesi olarak sıralanabilir. Bu yararların elde edilmesi işletmeye artan rekabet ortamında rakipleriyle rekabet edebilme olanağı sağlar. Bu sebeple, işletmeler için üretim süreçlerinde aksayan yönlerin düzeltilmesini sağlayan iyileştirme projelerinden hangisinin seçileceği önemli bir konu haline gelmiştir. Bir diğer önemli konu ise, doğru iyileştirme projesinin seçiminde etkili olan kriterlerin önceliklendirilmesidir.

Sürekli iyileştirme projelerinin türleri, Kaizen iyileştirme projeleri, altı sigma projeleri ve yalın altı sigma projeleridir. Literatürde daha yoğunluklu olarak altı sigma ve yalın altı sigma projelerine odaklanıldığı görülmektedir. Bu nedenle, çalışmada Kaizen iyileştirme projeleri ele alınmıştır. Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin önceliklendirilmesinde DEMATEL yönteminin uygulanabilirliği gösterilmeye çalışılmıştır. Aydın ilinde faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde, mevcut Kaizen projelerinden hangisinin öncelikle uygulanmasının gerektiği işletme için önemli bir sorun olarak görülmüştür. Bunun için ise Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan kriterlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple, işletmenin üst düzey üç çalışanı ile yapılan görüşmeler sonucunda işletmenin seçim sürecinde etkili olan kriterler belirlenmiştir.

DEMATEL, birden çok kriterin karar süreçlerini etkilediği durumlarda, kriterlerin birbirleriyle olan ilişkisini ve birbirine olan etkisini gösteren ve kriter ağırlığını hesaplayan bir yöntemdir. Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan çok sayıda kriter söz konusudur. Bu sebeple, Kaizen iyileştirme projelerinin seçim kriterlerinin önceliklendirilmesinde uygulanabilir bir yöntemdir. DEMATEL yönteminin sonuçlarına göre, Kaizen iyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan en önemli kriterlerin üretim standartlaştırma (K5), kalite iyileştirme (K3), üretim adedi artışı (K2) ve rework azaltma (K6) olduğu görülmektedir. İşletme mevcut Kaizen iyileştirme projelerinden hangisini öncelikli olarak ele alacağını belirlerken bu kriterlere daha fazla dikkat etmelidir. İyileştirme projelerinin seçiminde etkili olan ilk kriter olarak maliyet tasarrufu akla gelse de işletme için maliyet tasarrufu dördüncü sırada bir önem düzeyine sahiptir. Üretim standartlaştırmaya yönelik olarak hammadde standartları veya mamulün üretilmesine ilişkin metod standartları belirlemek bu kriter için yapılabilecek iyileştirmelerden bazılarıdır. Üretim sürecinde kalite iyileştirme tekniklerinin uygulamalarına ağırlık verilmelidir. Üretim sürecinde verimlilik artışını sağlayacak uygulamalar arttırılmalıdır. Rework azaltma için yapılacak iyileştirme ise, süreçte tekrarlanan işler maliyet artışına ve performans düşüklüğüne sebep olduğundan tekrarları azaltmaya yönelik olarak sürecin yeniden tasarlanması olabilir.

Literatürdeki sürekli iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi ve seçimi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; her çalışmada farklı kriterlerin öne çıktığı görülmektedir. Çünkü sürekli iyileştirme projelerinin seçiminde kullanılan kriterler işletmelerin ihtiyaçlarına yönelik belirlenmektedir. Önemli ve önemsiz kriterler farklılık göstermektedir. Kargı'nın (2005) yapmış olduğu çalışmada, iyileştirme projelerinin seçiminde iş güvenliği, müşteri memnuniyeti ve kalite en önemli kriterler olarak bulunmuştur. İş güvenliği riski kriteri bu çalışmada en önemsiz kriter olarak bulunmuştur. Durmaz (2022), sürekli iyileştirme projelerinin seçimindeki kriterleri maliyet, fayda ve uygulanabilirlik olarak belirlemiştir. Bu kriterler arasından en önemsiz kriter olarak maliyet kriteri bulunmuştur.

Çalışmada, sürekli iyileştirme projelerinin seçimindeki kriter ağırlıklarını belirlerken DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. İleriki çalışmalarda, DEMATEL yöntemine TOPSIS, VIKOR, COPRAS vb. çok kriterli karar

verme yöntemleri entegre edilerek oluşturulan hibrit modellerle işletmenin mevcut Kaizen iyileştirme projelerinin sıralaması yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Aksakal, E. ve Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak.Der.*, 25(4), 905-913.
- Aleu, G. F. ve Van Aken, E. M. (2016). Systematic literature review of critical success factors for continuous improvement projects. *In International Journal of Lean Six Sigma*, 7(3), 214-232.
- Altıntaş, M., Erginel, N. ve Küçük, G. (2016). Determining the Criteria and Evaluating Six Sigma Project via Fuzzy ANP Methodin Group Decision Method. *IFAC-Papersonline*, 49(12), 1850-1855.
- Battal, Ü. (2018). Türkiye’de Havayolu Taşımacılığının Finansman Sorunları: DEMATEL Yöntemi Uygulaması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 96-111.
- Bilgen, B. ve Şen, M.(2012). Project Selection Through Fuzzy Analytic Hierarchy Process and a Case Study on Six Sigma Implementation in an Automotive Industry. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 23(1), 2-25.
- Bumblauskas, D. ve Meyer, B. (2015). Continious Improvement Project Selection and Execution. *Proceedings of the POMS*.
- Durmaz, Ç. (2022). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini Kullanarak Sürekli İyileştirme Projelerinin Seçimi ve Önceliklendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Eski, Ö. ve Araz, Ö. U. (2021). İyileştirme Projelerinin Bulanık VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 32(3), s. 473-495.
- Karaoğlan, S. (2016). DEMATEL ve VIKOR Yöntemleriyle Dış Kaynak Seçimi: Otel İşletmesi Örneği. *Akademik Bakış Dergisi*(55), 9-24.
- Kargı, V. A. (2015). Bir İmalat Şirketinin İyileştirme Projesi Seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin Ugulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(3), 329-340.
- Kaswan, M.S., Rathi, R., Garza-Reyes, J.A. ve Antony, J. (2023). Green Lean Six Sigma Sustainability-Oriented Project Selection and Implementation Framework for Manufacturing Industry. *International Journal of Lean Six Sigma*,14(1), 33-71.
- Khan, S. A., Kaviani, M., Galli , B. J. ve Istihaq, P. (2019). Application of Continuous Improvement Techniques to Improve Organization Performance A Cade Study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 542-565.
- Kumar, S., Dhingra, A. K. ve Shing , B. (2018). Kaizen Selection for Continuous Improvement Through VSM-Fuzzy- TOPSIS in Small-Scale Enterprises: an Indian Case Study. *Hindawi Advances in Fuzzy Systems*, 10, 1-11.
- Lammoglia, J.S.M., Brandalise, N. ve Hernandez, C.T. (2020). Analytic Hierarchy Process-BOCR Applied for The Best Lean Project Selection for Production Lines. *Independent Journal of Management and Production*, 11(1), 54-64.
- Pakdil, F., Toktaş , P. ve Can, G. F. (2020). Six Sigma Project Prioritization and Selection: a Multi-Criteria Decision Making Approach in Healthcare Industry. *Intrenational Journal of Lean Six Sigma*, 12(3), 553-578.
- Perçin, S. ve Kahraman, C. (2010). An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach for Six Sigma Project Selection. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3(5), 610-621.
- Raval, S. J., Kant, R. ve Shankar, R. (2021). Analyzing the Critical Success Factors Influencing Lean Six Sigma Implementation: Fuzzy DEMATEL Approach. *Journal of Modelling in Management*, 16(2), s. 728-764.

- Rudnik, K., Bocewicz, G., Kucinska-Landwojtowicz, A. ve Czabak-Gorska, I. D. (2021). Ordered Fuzzy WASPAS Method for Selection of Improvement Projects. *Expert Systems with Applications*, 169, s. 1-18.
- Sarı, E. B. (2019). Endüstri İşletmelerinde Kaizen Çalışmalarının Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesine Yönelik Bir Uygulama. *International Review of Economics and Management*, 7(1), s. 95-114.
- Shaygan, A. ve Testik, Ö. M. (2019). A Fuzzy AHP-Based Methodology for Project Prioritization and Selection. *Soft Computing- a Fusion of Foundation, Methodologies and Applications*, 23(4), s. 1309-1319.
- Shukla, V., Swarnakar, V. ve Singh, A. R. (2021). Prioritization of Lean Six Sigma project selection criteria using Best Worst Method. *Materials Today: Proceeding*, 47, 5749-5754.
- Singh, M. S., Rathi, R., Antony, J. ve Garze-Reyes, J. A. (2021). Lean Six Sigma Project Selection in a Manufacturing Environment Using Hybrid Methodology Based on Intuitionistic Fuzzy MADM Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-15. doi:doi: 10.1109
- Tabatabaei, M. H., Firouzabadi, S. A., Amiri, M. ve Ghahremanloo, M. (2020). A combination of the fuzzy best-worst and Vikor methods for prioritisation the Lean Six Sigma improvement projects. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, 10(4).
- Tsai, W. H. ve Chou, W. C. (2009). Selecting Management Systems for Sustainable Development in SMEs: a Novel Hybrid Model Based on Dematel, ANP and ZOGP. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1444-1458.
- Tseng, M.-L. ve Lin, Y. H. (2009). Application of Fuzzy DEMATEL to develop a Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila. *Environ Monit Assess*, 158, 519-533.
- Vinodh, S., ve Swarnakar, V. (2015). Lean Six Sigma Project Selection Using Hybrid Approach Based on Fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(4), s. 313-338.
- Wang, F.-K., Hsu, C.-H. ve Tzeng, G.-H. (2014). Applying a Hybrid MCDM Model for Six Sigma Project Selection. *Mathematical Problems in Engineering*, 4, 1-13.