

## İYİLEŞTİRME PROJELERİNİN BULANIK VİKOR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Özgür ESKİ<sup>1\*</sup>, Özlem UZUN ARAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-5454-8029>

<sup>2</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Manisa  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-5630-6170>

Anahtar Kelimeler	Öz
Kaizen, Sürekli iyileştirme, Bulanık VİKOR, Çok kriterli karar verme	Günümüzün rekabetçi pazar yapısı içinde firmalar sürekli olarak ürün kalitesini iyileştirecek, israfları azaltacak yöntemlerin arayışı içindedir. Birçok firma bu amaçla süreçleri üzerine yalın üretim felsefesini uygulamaktadır. Kaizen, sürekli iyileştirme anlamına gelmektedir ve yalın üretim metodolojisinin temel sütunlarından birisini oluşturmaktadır. Kaizen felsefesinde problemlerin ortaya çıkarılmasında ve problemlere çözüm üretilmesinde organizasyonun farklı seviyelerinden ve birimlerinden çalışanların bir araya gelerek oluşturdukları takımlar görev almaktadır. Gerçekleşen iyileştirme projelerinin etkinliğinin değerlendirilmesi, iyileştirme projelerinin göreceli olarak başarılarının ortaya konması ve en iyi uygulamaların yaygınlaşarak daha sonraki dönemlerde gerçekleşecek projelere örnek olması açısından önem taşımaktadır. Tamamlanmış iyileştirme projelerinin birden fazla kriter dikkate alınarak değerlendirilmesi, birçok kriterli karar verme problemidir. Bunun yanı sıra, değerlendiricilerin görüşlerindeki belirsizlik ve muğlaklık problemin belirgin özelliklerinden birisidir. Bu çalışmada tamamlanmış iyileştirme projelerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılacak bir bulanık çok kriterli karar verme metodolojisi geliştirilmiştir. Önce uzman görüşleri doğrultusunda temel ve alt kriterler belirlenmiş. Sonrasında kriter ağırlıkları bulanık küme teorisi yardımıyla hesaplanmıştır. Tamamlanmış projelerin başarı durumuna göre sıralaması için bulanık VİKOR yöntemi kullanılmıştır. Sayısal analiz kısmında, bir otomotiv yan sanayi firmasında gerçekleşmiş 10 adet örnek proje, çalışma kapsamında önerilen metodoloji kullanılarak sıralanmış ve sonuçlar sunulmuştur. Son kısımda, çalışmada önerilen metodolojinin sonuçları ile firmanın değerlendirme sürecinde kullandığı basit toplamlı ağırlıklandırma yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları, önerilen metodolojinin tamamlanmış projelerin sistematik ve etkin bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

## EVALUATION OF IMPROVEMENT PROJECTS USING FUZZY VIKOR METHODOLOGY

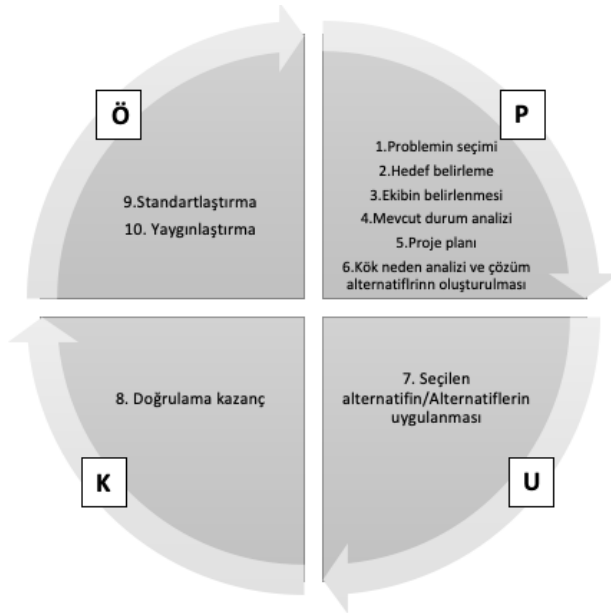
Keywords	Abstract		
Kaizen, Continuous improvement, Fuzzy VİKOR, Multi criteria decision making	In today's competitive marketplace companies must continually seek out methods to increase product quality and reduce waste. For this purpose, many companies use lean concept in their processes. One of the main pillars of Lean methodology is Kaizen which means continuous improvement. Kaizen teams are formed across all levels of organizations to promote ideas and improvement projects. Evaluation of completed improvement projects is important to determine their relative success and feedback the results to all kaizen teams. This may lead superior future projects. Evaluation of projects considering is a well-known multi criteria decision making problem. Moreover, the uncertainty and vagueness of the experts' opinion is the significant characteristic of the problem. In this study, we proposed a fuzzy VİKOR based multicriteria methodology for evaluating improvement projects. First, main criteria and sub-criteria are determined based on the expert's opinion. Then the weighting of main and sub-criteria is carried out using fuzzy set theory and a Fuzzy VİKOR methodology is used for ranking completed projects. A numerical analysis was performed to show the effectiveness of the proposed methodology. 10 kaizen projects which were performed in an automotive supplier are selected and ranked using fuzzy VİKOR methodology and the results were presented. In the final section, the rankings obtained by fuzzy VİKOR and the rankings performed by the firm are compared. Results showed that the proposed methodology can be effectively used for ranking of completed improvement projects.		
Araştırma Makalesi	Research Article		
Başvuru Tarihi	: 20.06.2021	Submission Date	: 20.06.2021
Kabul Tarihi	: 06.10.2021	Accepted Date	: 06.10.2021

\*Sorumlu yazar; e-posta : [ozgur.eski@cbu.edu.tr](mailto:ozgur.eski@cbu.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüz piyasa koşullarında firmaların rekabet edebilmesi için müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılayacak ürün ve hizmetleri uygun fiyatla sunabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle firmalar sürekli olarak kalite düzeyini yukarı çekecek, israfları ve maliyetleri azaltacak yöntemler üzerine odaklanmaktadır. Bu noktada yalın üretim anlayışı birçok firma tarafından ilgi görmektedir. Sürekli iyileştirme anlamına gelen kaizen felsefesi, yalın üretim anlayışının temel unsurlarından birisidir. Kaizen anlayışında problemlerin tespiti ve çözülmesinde temel düzeyde, karmaşık olmayan yöntemlerin kullanılıyor olması, hem problemlere kısa sürede çözüm üretilmesini hem de tüm çalışanların sürekli iyileştirme süreçlerine katkı verebilmesini sağlamaktadır.

Kaizen uygulamaları, ele alınan problemin büyüklüğü ve karmaşıklığı açısından “önce-sonra kaizen” ve “odaklanmış kaizen” (kobetsu kaizen/10 adımda kaizen) olarak ikiye ayrılır (Çetinay, 2016). Önce-sonra kaizenler genellikle daha temel düzeyde kayıpları önlemeye yönelik olup, çalışanlardan gelen önerilerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan, kısa süre içinde uygulamaya geçen ve genellikle tek sayfada raporlanan kaizenlerdir. Odaklanmış kaizenler ise daha karmaşık problemlerin ele alındığı, kök nedenler araştırılırken problem çözme tekniklerinin yoğun şekilde kullanıldığı ve aşamaların PUKÖ (Planla/Uygula/Kontrol et/önlem al) döngüsüne (Şekil 1) göre yürütüldüğü bir ekip çalışmasıdır.



Şekil 1. Odaklanmış Kaizen Aşamaları ve PUKÖ Döngüsü

Kaizenler Şekil 2 de gösterilen 16 kayıp türü üzerine odaklanır. 16 kayıp unsurunun yanı sıra 5s, ergonomi, çalışan sağlığı ve iş güvenliği konularında da odaklanmış kaizen faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Kaizenler yoluyla

maliyetlerin düşürülmesi, yüksek kalite düzeyine ulaşılması, sevkiyat performansının artırılması ve böylelikle firmanın rekabet gücünün ve karlılığının artırılması hedeflenmektedir.

Ekipman Kayıpları	İşgücü Kayıpları	Mazleme ve Enerji kayıpları
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapatma kaybı</li> <li>• Arıza</li> <li>• Setup</li> <li>• Başlangıç kaybı</li> <li>• Hız kaybı</li> <li>• Kısa süreli duruşlar</li> <li>• İkmal kaybı</li> <li>• Hurda kaybı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yönetim</li> <li>• Hareket kayıpları</li> <li>• Hat organizasyon kayıpları</li> <li>• Ölçme ve ayar kayıpları</li> <li>• Lojistik kayıpları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji kayıpları</li> <li>• Malzeme kayıpları</li> <li>• Yardımcı malzeme ve ekipman kayıpları</li> </ul>

Şekil 2. 16 Temel Kayıp

Belli bir dönem içinde gerçekleşen kaizenlerin performans odaklı olarak sıralanması, hem firma içindeki ödüllendirme süreçlerinin sağlıklı işlemesi açısından hem de başarılı kaizen uygulamalarının belirlenerek bu uygulamaların daha sonraki kaizen faaliyetleri için örnek oluşturması açısından önem taşımaktadır. Projelerin seçimi veya sıralanması, iyi bilinen bir “çok kriterli karar verme” problemidir.

Literatürde çok kriterli karar verme ile proje seçimi konusundaki mevcut çalışmalar incelendiğinde (Tablo 1) çalışmaların çoğunlukla yapılması düşünülen 6 sigma projelerinin değerlendirilmesi ile ilgili olduğu görülmektedir. Yapılması düşünülen 6 Sigma projelerinin seçimi ile ilgili detaylı literatür araştırmaları Padhy (2016), Conde ve Martens (2020) çalışmalarında yer almaktadır.

6 sigma dışındaki iyileştirme projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların daha az sayıda olduğu görülmektedir. 6 sigma projelerinde sınırlı kaynakları en fazla kazanım sağlayacak projelere ayrılması hedeflendiği için, henüz başlamamış, öneri halindeki projelerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesi, önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 1'deki çalışmalar incelendiğinde, tamamlanmış iyileştirme projelerinin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların oldukça az olduğu gözlemlenmektedir. Literatür araştırmalarında tamamlanmış iyileştirme

projelerinin değerlendirilmesine ilişkin üç çalışmaya erişilebilmiştir.

Altıntaş, Erginel ve Kucuk, (2016) bulanık Analitik Ağ süreci (fuzzy analytic network process-FANP) yöntemi ile tamamlanmış 6 sigma projelerini grup kararı ile değerlendirmişlerdir. Gerçek uygulama olarak, seçilen 10 adet tamamlanmış 6 sigma projesi değerlendirilmiştir. Kriterler üç uzman kara kuşak tarafından belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları grup kararı olarak bulanık FANP ile belirlenmiştir. Projelerin sıralanması ağırlıklı toplam yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Erginel, Uluskan, Kucuk ve Altıntaş (2018) yaptıkları çalışmada, tamamlanmış 6 sigma projelerini değerlendirmek üzere 7 temel ve 18 alt kriter belirlemişlerdir. Kriter ağırlıkları bulanık ANP yöntemi ile belirlenmiştir. Ev aletleri üreten bir firmanın 6 sigma proje havuzundan seçilen 15 adet projeyi belirlenen kriterler doğrultusunda ağırlıklı toplam yöntemi ile sıralamışlardır.

Albayrak (2019) ise KALDER Ankara Şubesi'nin gerçekleştirdiği Kalite çemberleri ve Kaizen etkinliği için başvuran iyileştirme projelerini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)-Gri İlişkisel Analiz (GRA) ve AHP-TOPSIS yöntemleri ile sıralamıştır. Çalışmada KALDER Kalite Çemberleri ve Kaizen etkinliği için kullanılan değerlendirme kriterleri baz alınmıştır. Kriter ağırlıkları AHP ile belirlenmiştir.

Tablo 1. Literatür

Yazar	Proje Seçimi	Tamamlanmış proje seçimi	6Sigma	Kaizen-iyileştirme	Kullanılan ÇKKV yöntemi
Rudnik, Bocewicz, Landwojtowicz ve Gorska(2021)	X			X	Bulanık WASPAS
Pakdil, Toktaş ve Can (2020)	X		X		KEMIRA-M
Shaygan ve Testik(2019)	X			X	Bulanık AHP
Erginel, Uluskan, Kucuk ve Altintas (2018)		X	X		Bulanık ANP
Çakır ve Özdemir (2016)	X		X		Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Bulanık COPRAS
Altıntaş, Erginel ve Kucuk(2016)		X	X		Bulanık ANP
Albayrak (2019)		X		X	AHP-TOPSIS, AHP GRA
Vinodh ve Swarnakar (2015)	X		X		Hibrit ÇKKV (Bulanık Dematel,ANP,TOPSIS)
Wang, Hsu ve Tzu. (2014)	X		X		DEMATEL, ANP, VIKOR
Yousefi ve Vencheh (2014)	X		X		AHP, TOPSIS, Veri Zarflama analizi
Bilgen ve Şen (2011)	X		X		Bulanık AHP
Perçin ve Kahraman (2010)	X		X		AHP, Bulanık TOPSIS
Buyukozkan ve Öztürkcan (2010)	X		X		Dematel, ANP
Yang ve Hsieh (2009)	X		X		Delphi tekniği, Bulanık küme teorisi
Kumar, Saranga, Marquez ve Nowicki (2007)	X		X		Veri zarflama analizi

Tamamlanmış projelerin değerlendirilmesi ile ilgili olarak erişilebilen üç çalışmadan iki tanesi 6 sigma projeleri ile ilgilidir (Altıntaş ve diğ.,2016; Erginel ve diğ., 2018). Çalışmalardan sadece bir tanesi kaizen projelerinin değerlendirilmesi ile ilgilidir (Albayrak, 2019).

Yapılması düşünülen projelerin önceliklendirilmesi ve seçimi; kaynakların doğru noktalara tahsis edilebilmesi açısından önem oluşturmakla birlikte tamamlanmış projelerin değerlendirilmesi de belli bir dönemde gerçekleşen projelerin bağlı olarak başarı düzeylerinin ortaya konması ve ödüllendirme mekanizmalarının işleyişi açısından önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, başarılı uygulamaların başarı düzeylerinin ortaya konarak daha sonra gerçekleşecek projeler için örnek oluşturması da mümkün olacaktır.

Firma içindeki değerlendirme süreçlerinin dışında, KALDER, MMO gibi kurumların düzenlediği organizasyonlarda da firmalarda gerçekleşen iyileştirme projeleri, birtakım değerlendirme süreçlerinden geçirilerek sıralanmaktadır.

Gerek firma bünyesinde gerçekleşen kaizenlerin gerekse farklı firmalarda gerçekleşen kaizenlerin değerlendirildiği organizasyonlara katılan kaizen projeleri için değerlendirme süreci, büyük oranda değerlendiricilerin yargılarına, sübjektif değerlendirmelerine bağımlı olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle, değerlendiricilerin yargılarını doğru şekilde yansıtabilecek ve sistematik olarak değerlendirme yapmaya imkan verecek değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık ÇKKV yöntemleri, kriterlerin göreceli öneminin ve alternatiflerin performans derecelendirmesindeki belirsizlik nedeniyle geliştirilmiştir. Belirsizlik çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir: ölçülemez bilgi, eksik bilgi, elde edilemeyen bilgi vb. Bu zorluğu çözmek için karar verme sürecinde bulanık küme teorisi kullanılmaktadır (Yang ve Hsieh, 2009). Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile karar vericiler dilsel değişkenler kullanarak hem kriterlerin önem derecelerini hem de alternatiflerin değerlendirilmesini gerçekleştirebilmektedirler.

Bu çalışmada, tamamlanmış kobetsu kaizenlerin değerlendirilme sürecinde Bulanık VIKOR yöntemine dayalı bir değerlendirme metodolojisi geliştirilmiştir. Önce tamamlanmış kaizenlerin değerlendirilmesi için kullanılacak temel ve alt kriterler belirlenmiştir. İyileştirme projelerini değerlendirmek üzere kullanılacak kriterler Kalder Kalite Çemberleri Çalıştayı (KALDER Ankara Şubesi,

2021) ve MMO Kaizen Paylaşımları (TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 2016) etkinliklerinin değerlendirme kriterleri temel alınarak, uzman görüşleri doğrultusunda oluşturulmuştur. Kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiştir. Sonrasında, bir otomotiv yan sanayi firmasında gerçekleşmiş 10 adet kaizen örnek olarak alınmış, belirlenmiş olan değerlendirme kriterleri doğrultusunda, Bulanık VIKOR yöntemi ile sıralanmıştır. Temel ve alt Kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesinde daha önce iyileştirme projelerinin değerlendirme süreçlerinde yer almış, üç endüstri mühendisinden oluşan bir uzman grubunun görüşleri dikkate alınmıştır.

Çalışmanın mevcut literatüre yaptığı katkıları aşağıda özetlenmiştir:

- Mevcut literatürde tamamlanmış kaizen projelerinin değerlendirilmesi ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, değerlendiricilerin yargılarını dilsel değişkenlerle aktarabilmesine imkan veren, bulanık VIKOR tabanlı bir karar verme metodolojisi geliştirilmiştir.
- Erişebildiğimiz literatürde tamamlanmış kaizen projelerinin değerlendirilmesi için bulanık çok kriterli karar verme metodolojisi içeren bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bulanık VIKOR yöntemi tamamlanmış kaizenlerin değerlendirilmesinde ilk kez bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde Bulanık VIKOR metodolojisi anlatılacaktır. Üçüncü Bölümde uygulama aşamaları detaylı olarak açıklanacak, son bölümde de değerlendirmeler ve daha sonraki çalışmalar hakkında bilgiler verilecektir.

## 2. Bulanık VIKOR

VIKOR (VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi son yıllarda çok kriterli karar verme problemlerini çözümde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. 1988 yılında Opricovic tarafından önerilen bu yöntem, birden fazla alternatifi birbiri ile çelişen kriterler altında ideal çözüme yakınlık seviyesine göre değerlendirerek sıralama yapmaktadır. Bu yöntem özellikle karar vericilerin problemi çözmeye başladıklarında tercihlerini tam belirleyememesi veya bilmemesi durumunda karar vericilere yardımcı olmak için geliştirilen çok kriterli bir karar

verme yöntemidir. Bu yöntemin temelinde maksimum grup faydasını ve minimum bireysel pişmanlığı uzlaşma katsayısı çerçevesinde değerlendirerek, karar vericinin amacını en iyi sağlayan alternatifi bulmak vardır (Yıldız ve Deveci, 2013). VIKOR, karar vericilerin tercihlerine dayalı olarak maksimum grup faydasını ve minimum bireysel pişmanlığı birlikte sağlayan çözümler üretir. Böylelikle elde edilen çözüm, karar vericiler tarafından kabul edilebilir çözümdür. Bunun yanı sıra VIKOR yöntemi kolay uygulanabilir ve anlaşılabilir bir yöntemdir. Bu avantajlarından dolayı VIKOR, farklı alanlardaki ÇKKV problemlerinin çözümü için sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir.

Klasik çok kriterli karar verme yöntemlerinde karar vericinin kriterleri birbirine göre göreceli değerlendirmesinin ve alternatiflerin kriterler altında değerlendirmesinin kesin olarak yapıldığı varsayımı vardır. Ancak gerçek hayatta karar vericiler bazı problemlerde kesin değerlendirmeler yapamamaktadır. Özellikle kriterlerin birbiri ile karşılaştırılması göreceli bir durumdur. Ayrıca alternatiflerin kriterler altında aldıkları değerler sayısal değerler değil ise alternatiflerin kriterler altında birbirleri ile karşılaştırmasının kesin ifadelerle yapılması oldukça zordur. Bu zorluklardan dolayı bu tarz problemlerin çözümünde, Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık mantık teorisine dayalı olarak bulanık kümelerden faydalanılabilmektedir. Böylece karar vericilerin kesin olarak ifade etmekte zorlandığı karşılaştırmalarda dilsel ifadeler kullanılabilir. Bu bakış açısı ile ortaya konulan karar verme problemleri, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini daha iyi yansıtabilmektedir. Bulanık mantık yaklaşımı çok kriterli karar verme yöntemlerine adapte edilerek, birçok ÇKKV gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri de Bulanık VIKOR yaklaşımıdır. Bulanık ifadelerle oluşturulan karar matrisi aşağıda aşamaları içeren bir algoritma kullanarak alternatiflerin birden fazla kriter altında birbirleri ile karşılaştırılmasını sağlamaktadır (Chen ve Wang, 2009).

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{f}_{11} & \tilde{f}_{12} & \dots & \tilde{f}_{1m} \\ \tilde{f}_{21} & \tilde{f}_{22} & \dots & \tilde{f}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{f}_{n1} & \tilde{f}_{n2} & \dots & \tilde{f}_{nm} \end{bmatrix}, \tilde{w}_j = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_j] \quad j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

1. Aşama: Belli bir amacı sağlamak adına oluşturulan karar problemi, k karar verici, m alternatif ve n kriter belirlenerek tanımlanmaktadır.

2. Aşama: Kriterleri birbirleri ile ve alternatifleri kriterler altında birbirlerine göre göreceli olarak karşılaştırılmasını sağlamak üzere kullanılacak olan dilsel ifadeler tanımlanır. Bu dilsel ifadeler bulanık üyelik fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Çalışmada, literatürde sık kullanılan, hesaplama kolaylığı avantajına sahip olan üçgensel bulanık üyelik fonksiyonları kullanılmıştır.  $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{l}_{ij}, \tilde{m}_{ij}, \tilde{u}_{ij})$  bulanık değişkeninde  $\tilde{l}_{ij}$  üyelik fonksiyonun alt değerini,  $\tilde{m}_{ij}$  orta değerini ve  $\tilde{u}_{ij}$  ise üst değerini göstermektedir. Bulanık değişkenlerle oluşturulan karar matrisi denklem (1) de verilmiştir.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

3. Aşama: m tane kriterin önem ağırlıkları denklem 1 kullanılarak hesaplanır.  $w_j^n$ , k tane karar vericiden oluşan bir problemde n. karar vericinin j. kriter için değerlendirdiği önem ağırlığını ifade etmektedir. Bu değer bir sözel değişkene karşılık gelmektedir. (2) nolu denklem kullanılarak, her bir kriter için bütünleştirilmiş tek bir ağırlık üyelik fonksiyonu hesaplanır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_j^k] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

4. Aşama: Her bir karar vericinin her bir kriter altında her bir alternatifi değerlendirmesi  $\tilde{f}_{ij}^k$  olarak ifade edilmektedir. Bu değer bir sözel değişkene karşılık gelmektedir. Denklem (3) kullanılarak her bir kriter altında her bir alternatifi bütünleştirilmiş değeri hesaplanır.

$$\tilde{f}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{f}_{ij}^1 \oplus \tilde{f}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{f}_{ij}^k] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

5. Aşama: Bulanık karar matrisinde, tüm kriterlerin bulanık en iyi  $\tilde{f}_j^*$  ve bulanık en kötü  $\tilde{f}_j^-$  değerleri denklem (5) ve (6) ya göre belirlenir.

6. Aşama: Bulanık karar matrisinde, tüm kriterlerin bulanık en iyi  $\tilde{f}_j^*$  ve bulanık en kötü  $\tilde{f}_j^-$  değerleri denklem (5) ve (6) ya göre belirlenir.

$$\tilde{f}_j^* = \max_i(\tilde{f}_{ij}), \tilde{f}_j^- = \min_i(\tilde{f}_{ij}), j \in F \quad (5)$$

$$\tilde{f}_j^* = \min_i(\tilde{f}_{ij}), \tilde{f}_j^- = \max_i(\tilde{f}_{ij}), j \in M \quad (6)$$

$j$  kriteri fayda açısından değerlendiriliyorsa kullanılırken denklem (5),  $j$  kriteri maliyet kriteri açısından değerlendiriliyorsa denklem (6) kullanılmaktadır.

7. Aşama: Her alternatfin her kriter altında aldığı bulanık değerler, bulanık en iyi  $\tilde{f}_j^*$  ve bulanık en kötü  $\tilde{f}_j^-$  değerler kullanılarak denklem (7) ve denklem (8) kullanılarak normalize edilir.

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (u_j^* - l_j^-) \quad j \in F \quad (7)$$

$$\tilde{d}_{ij} = (\tilde{x}_{ij} - \tilde{f}_j^*) / (u_j^- - l_j^*) \quad j \in M \quad (8)$$

$j$  kriteri fayda açısından değerlendiriliyorsa kullanılırken denklem (7),  $j$  kriteri maliyet kriteri açısından değerlendiriliyorsa denklem (8) kullanılmaktadır.

8. Aşama: Alternatif  $A_i$ 'nin tüm kriterler altında aldığı değerlerin bulanık en iyi değer olan  $\tilde{f}_j^*$  değerlerine olan uzaklıklarının toplamının ölçüsünü ifade eden  $\tilde{S}_i$  denklem (9) ile hesaplanır. Alternatif  $A_i$ 'nin tüm kriterler altında aldığı değerlerin bulanık en kötü değer olan  $\tilde{f}_j^-$  değerlerinden olan uzaklıklarının maksimum ölçüsünü ifade eden  $\tilde{R}_i$  değeri ise denklem (10) ile hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n (\tilde{w}_j \otimes \tilde{d}_{ij}) \quad (9)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j (\tilde{w}_j \otimes \tilde{d}_{ij}) \quad (10)$$

$\tilde{S}_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^u)$  ve  $\tilde{R}_i = (R_i^l, R_i^m, R_i^u)$  ağırlıklı bulanık farklılık değerleri hesaplanırken kullanılan  $\tilde{w}_j$  değeri her bir kriterin bulanık ağırlık değerini ifade etmektedir.

9. Aşama: Maksimumum çoğunluk kuralını ifade eden  $S_i^*$  değeri ve farklı görüşte olanların minimum bireysel pişmanlığını gösteren  $R_i^*$  değeri denklem (11) ve (12) ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (11)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (12)$$

10. Aşama: Grup faydası ile bireysel pişmanlığı birlikte değerlendiren  $Q_i = (l_i, m_i, u_i)$  endeks değeri denklem 13 ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{Q}_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*) / (S^{-u} - S^{*l}) \oplus (1 - v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (R^{-u} - R^{*l}) \quad (13)$$

11. Denklem 13 de kullanılan “ $v$ ” değeri grup faydasının önem derecesini, “ $1-v$ ” de bireysel pişmanlığın önem derecesini göstermektedir. Uzlaşmalı çoğunluk için  $v \approx 0.5$  olarak alınabilir (Opricovic,2011).

12. Aşama: Bu aşamada hesaplanan  $\tilde{S}_i, \tilde{R}_i$  ve  $\tilde{Q}_i$  değerleri durulaştırma işlemine tabi tutulur. Literatürde kullanılan birçok durulaştırma yöntemi vardır. Bu çalışmada Chen (1985) tarafından önerilen durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Durulaştırma sonrasında elde edilen endeks değerlerine göre alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanır. En küçük  $Q_i$  değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak değerlendirilir.

$$BNP = l + \frac{[(u-l)+(m-l)]}{3} \quad (14)$$

13. Aşama: Belirlenen en iyi alternatfin uzlaştırıcı bir çözüm olup olmadığının belirlenmesi için aşağıda verilen iki koşulun uygunluğu kontrol edilmektedir.

*Koşul 1- Kabul edilebilir avantaj:* Bu koşul en iyi alternatif ile ona en yakın alternatif arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını kontrol eder. (15) nolu denklem kullanılarak bu koşulun kontrolü sağlanmaktadır.

$$Q_A^2 - Q_A^1 \geq DQ \quad (15)$$

$$DQ = 1/(m - 1)$$

Bu denklemdeki  $m$  alternatif sayısını,  $Q_A^2$  sıralamada ikinci sırada yer alan alternatfin endeks değerini ve  $Q_A^1$  ise sıralamada ilk sırada yer alan alternatfin endeks değerini göstermektedir.

*Koşul 2- Kabul edilebilir istikrar:* Sıralamada en iyi alternatif olarak belirlenen Alternatif  $A, S$  ve/veya  $R$  değerine göre sıralamalarda da en iyi alternatif olmalıdır. (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Eğer koşul 1 kabul edilmez ise iki alternatif arasında anlamlı bir fark olduğu söylenemez. Bu iki alternatif aynı uzlaştırımacı çözüme olur.

Eğer koşul 2 kabul edilmez ise iki alternatfin değerlendirilmesinde tutarsızlık vardır. Bundan dolayı iki çözüm aynıdır. Bu koşullardan en az biri

kabul edilmez ise bir kapsayıcı çözüm önerilir. Bunlar:

1. Eğer yalnızca koşul 2 sağlanmadı ise  $A_1$  ve  $A_2$  çözüm olarak alınır.
2. Eğer yalnızca koşul 1 sağlanmadı ise  $Q_A^M - Q_A^1 \leq DQ$  koşulunu sağlayan tüm alternatifler  $A_1, A_2, \dots, A_M$  çözüm olarak ele alınır. Bu  $M$  tane çözüm birbirine yakın çözümlerdir.

### 3. Araştırma ve Uygulama Metodolojisi

Bu çalışmada tamamlanmış Kaizen projelerinin farklı kriterler altında dilsel ifadeler ile değerlendirmesini sağlamak için bulanık VIKOR yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Örnek uygulama olarak bir otomotiv yan sanayi firmasında gerçekleştirilen 10 verimlilik kaizeni ele alınmış ve bu kaizenlerin

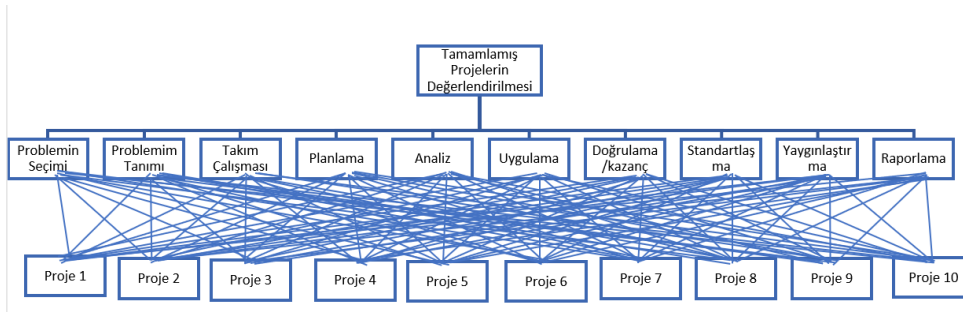
başarı sıralaması bulanık VIKOR yöntemi ile yapılmıştır. Uygulanan bulanık VIKOR yaklaşımının aşamaları aşağıda belirlenmiştir.

1. Aşama: Tamamlanmış projelerin değerlendirilerek birbirlerine göre göreceli başarı düzeylerini belirlemek için öncelikle temel ve alt kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriterlerin belirlenmesinde Kalder Kalite Çemberleri Çalıştayı (KALDER Ankara Şubesi, 2021) ve MMO Kaizen Paylaşımları (TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 2016) etkinliklerinin değerlendirme kriterleri temel alınarak bir taslak oluşturulmuştur. Bu kriterler daha önce kaizen değerlendirme süreçlerinde yer almış olan 3 uzmanın görüşleri doğrultusunda revize edilmiştir. Uzmanların deneyimleri ve mesleki uzmanlıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2  
Uzmanların Mesleki Yetkinlikleri

Uzmanlar	Mesleği	Görevi	Deneyim
Uzman 1	Endüstri Mühendisi	Akademisyen	15 yıl
Uzman 2	Endüstri Mühendisi	Kalite Kontrol Müdürü	24 yıl
Uzman 3	Endüstri Mühendisi	Süreç iyileştirme Sorumlusu	10 yıl

Kriterlerin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmaların sonucunda problem çözümü için geliştirilen hiyerarşik yapı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Hiyerarşik Yapı



Bu kriterlerinden bazılarının alt kriterleri belirlenmiştir. Bu alt kriterler ile bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kriter ve Alt Kriter Tanımlamaları

Ana Kriter	Alt Kriter	
Problemin Seçimi	-Seçilen problemin kurumsal hedeflerle ilişki düzeyi	K1
	-Problem seçiminin verilere / geçmiş istatistiklere dayandırılma düzeyi	K2
Problemin Tanımı	-Seçilen problemin net ve anlaşılabilir olarak ifade edilme düzeyi	K3
	-Proje hedefinin SMART (spesifik/ölçülebilir/kabul edilebilir/gerçekçi/zamana uyumlu) hedef olma düzeyi	K4
Takım Çalışması	-Proje ekibinin yetkinlik düzeyi	K5
	-Proje ekip üyelerinin katkı düzeyi	K6
Planlama	-Proje planı tüm eylem adımlarını/sorumluları/zaman çizelgesini içeriyor mu?	K7
	-Projenin takvimine uyum düzeyi	K8
	-İnsan/para/ekipman açısından kaynakların planlanma -düzeyi	K9
Analiz	-Mevcut durumun tanımlanma düzeyi	K10
	-Problemin kök nedenlerinin ortaya konma düzeyi	K11
	-Olası kök nedenler bulunurken sistematik kullanılma düzeyi	K12
	-Olası kök nedenler içinden gerçek kök nedenin uygun şekilde belirlenme düzeyi	K13
Uygulama	-Belirlenen kök nedene ilişkin alternatif çözümlerin oluşturulma düzeyi	K14
	-Seçilen çözümün mantıklı ve uygulanabilir olma düzeyi	K15
	-Çözüm önerisinin yenilikçi yönü ve orijinallik düzeyi	K16
Doğrulama/Kazanç	-Hedefe ulaşma düzeyi	K17
	-Proje kazanımlarının doğrulanma düzeyi	K18
	-Proje bütçesine uyum düzeyi	K19
	-Proje net kazanç düzeyi	K20
	-Mali açıdan sürdürülebilirliği var mı?	K21
Standartlaşma	-Yeni prosedür veya talimatların oluşturulma düzeyi	K22
Yaygınlaştırma	-Yaygınlaştırma faaliyetlerinin gerçekleşme (veya planlanma) düzeyi	K23
	-Projenin Farklı alanlarda iyileştirme potansiyeli	K24
	-Projenin yeni iyileştirme projeleri için temel oluşturma potansiyeli	K25
Raporlama	-Proje dokümantasyonunun uygunluk düzeyi	K26

2. Aşama: Problem kapsamında belirlenen kriterlerin birbirleri ile karşılaştırılması ve alternatiflerin kriterler altında birbirleri ile karşılaştırılması için kullanılacak olan dilsel ifadeler

ve bu ifadelere karşılık gelen üçgen üyelik fonksiyon değerleri Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir (Chen,2000)

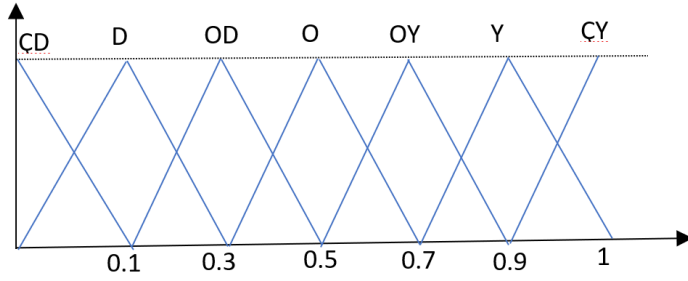
Tablo 4  
Kriterleri Değerlendirmek İçin Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler	Bulanık Üyelik Fonksiyonları
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1, 1)

Tablo 5  
Alternatifleri Değerlendirmek İçin Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler	Bulanık Üyelik Fonksiyonları
Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Orta Kötü (OK)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Kriterlerin birbirleri ile karşılaştırılması için kullanılan dilsel ifadeler karşılık gelen üyelik fonksiyonları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Kriter ağırlıkları için kullanılan dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları (Chen, 2000)

3. Aşama: Problem kapsamında belirlenen ana kriterlerin birbirleri ile ve alt kriterlerin birbiri ile karşılaştırılması üç karar verici tarafından yapılmıştır. Karar vericiler tarafından dilsel

değişkenlerle ana kriterlere ait yapılan karşılaştırmalar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6  
Karar Vericilerin (KV) Kriterlere Verdikleri Önem Ağırlıkları

Ana Kriterler	KV1	KV2	KV3
Problemin seçimi	OY	OY	O
Problem tanımı	OY	O	O
Takım çalışması	ÇD	ÇD	D
Planlama	Y	ÇY	Y
Analiz	Y	OY	OY
Uygulama	ÇY	ÇY	Y
Doğrulama/kazanç	OD	OD	O
Standartlaşma	OD	O	OD
Yaygınlaştırma	O	OY	O
Raporlama	D	OD	D

Karar vericiler aynı zamanda her ana kriterin altında tanımlanan alt kriterlerin de birbiri ile karşılaştırmasını yapmışlardır. Tablo 7'de "Problemin Seçimi" ana kriterinin alt kriterlerin üç

karar verici tarafından değerlendirilmesi verilmiştir. Tüm alt kriterlere ait değerlendirmeler karar vericiler tarafından ayrı ayrı yapılmıştır.

Tablo 7  
Karar Vericilerin (KV) Problemin Seçimi Ana Kriterinin Alt Kriterlerine Verdikleri Önem Ağırlıkları

Alt Kriterler	KV1	KV2	KV3
Seçilen problemin kurumsal hedeflerle ilişki düzeyi	O	O	OD
Problem seçiminin verilere/geçmiş istatistiklere dayandırılma düzeyi	OY	O	O

Tüm ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi üç farklı konuda uzman karar verici tarafından dilsel ifadelerle yapıldıktan sonra tüm dilsel ifadeler Tablo 4' te verilen değerlere göre bulanık üyelik fonksiyonlarına dönüştürülmüştür. Alt kriterlerin ve ana kriterlerin ağırlıkları denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 8'de ana kriter ağırlıkları ve alt kriter ağırlıkları verilmiştir. Her ana kriter ve alt kriter karşılaştırmalarında üç karar vericiye ait bulanık üyelik fonksiyonları işleme alınarak hem ana kriter bulanık üyelik fonksiyonları hem de alt kriterlere ait bulanık üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Kriter ağırlıklarının birbirlerine göre göreceli önem düzeyini belirlemek için denklem 14 kullanılarak durulaştırma işlemi yapılarak normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen değerler incelendiğinde 13 numaralı kriter olan "Olası kök nedenler içinden gerçek kök nedenin uygun şekilde belirlenme düzeyi" kriteri en

yüksek önem düzeyine sahip kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. İkinci olarak 4 numaralı kriter olarak değerlendirilen "Proje hedefinin SMART (spesifik/ölçülebilir/kabul edilebilir/gerçekçi/zamana uyumlu) hedef olma düzeyi" kriteri karşımıza çıkmaktadır. Buna karşın en az ağırlığa sahip olan kriter olarak 6 numaralı kriter olan "Proje ekip üyelerinin katkı düzeyi" kriteri en az ağırlığa sahip olan kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada değerlendirilen projeler kaizen projeleri olduğundan projenin nasıl tanımlandığı, kök nedenlerin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve sürecin doğru yöneltmesi önem kazanırken, ekip üyelerinin katkı düzeyi ve proje takvimine uyum daha az önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 8  
Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıkları

Kriter Numarası	Bulanık Ana Kriter Ağırlıkları	Bulanık Alt Kriter Ağırlıkları	Global Ağırlık Değerleri
K1	(0.433, 0.633, 0.800)	(0.200, 0.367, 0.567)	0.065
K2		(0.167, 0.367, 0.567)	0.063
K3	(0.433, 0.633, 0.833)	(0.500, 0.700, 0.867)	0.062
K4		(0.567, 0.767, 0.933)	0.068
K5	(0.033, 0.167, 0.367)	(0.567, 0.767, 0.933)	0.029
K6		(0.100, 0.233, 0.433)	0.010
K7	(0.033, 0.167, 0.367)	(0.167, 0.367, 0.567)	0.019
K8		(0.033, 0.167, 0.367)	0.010
K9	(0.833, 0.967, 1.000)	(0.033, 0.167, 0.367)	0.010
K10		(0.233, 0.433, 0.633)	0.043
K11	(0.833, 0.967, 1.000)	(0.033, 0.167, 0.367)	0.019
K12		(0.367, 0.567, 0.767)	0.056
K13	(0.433, 0.633, 0.833)	(0.567, 0.767, 0.933)	0.075
K14		(0.433, 0.633, 0.833)	0.046
K15	(0.433, 0.633, 0.833)	(0.833, 0.967, 1.000)	0.067
K16		(0.067, 0.233, 0.433)	0.018
K17	(0.700, 0.900, 1.000)	(0.067, 0.233, 0.433)	0.028
K18		(0.033, 0.167, 0.367)	0.022

K19		(0.033, 0.167, 0.367)	0.022
K20		(0.300, 0.500, 0.700)	0.057
K21		(0.233, 0.433, 0.633)	0.050
K22	(0.100, 0.300, 0.500)	(1.000, 1.000, 1.000)	0.062
K23		(0.167, 0.367, 0.567)	0.037
K24	(0.033, 0.167, 0.367)	(0.033, 0.167, 0.367)	0.019
K25		(0.033, 0.167, 0.367)	0.019
K26	(0.000, 0.100, 0.300)	(1.000, 1.000, 1.000)	0.027

4. Aşama: Bu çalışma kapsamında tamamlanmış 10 kaizen projesi değerlendirmeye alınmıştır. Bu projelerin her kriter altındaki değerlendirmeleri üç karar verici tarafından dilsel ifadelerle yapılmıştır.

Yapılan değerlendirme sonucunda oluşan karar matrisi Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9  
Değerlendirmeye Alınan Projeler İçin Dilsel İfadelerle Oluşturulan Karar Matrisi

Proje	Karar Verici	K1	K2	K3	K4	K5	...	K25	K26
PRJ1	KV1	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	...	İ	0
	KV2	Çİ	İ	Çİ	İ	0İ	...	0İ	0İ
	KV3	İ	Çİ	İ	0İ	İ	...	İ	0
PRJ2	KV1	ÇK	Çİ	OK	0	0	...	0İ	0İ
	KV2	K	Çİ	OK	0İ	0İ	...	0İ	İ
	KV3	ÇK	İ	0	0	OK	...	0	İ
PRJ3	KV1	ÇK	0İ	Çİ	0İ	0İ	...	0	0İ
	KV2	ÇK	İ	Çİ	0	0İ	...	0İ	0İ
	KV3	K	0İ	İ	0İ	0	...	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PRJ10	KV1	İ	İ	0İ	Çİ	İ	...	İ	Çİ
	KV2	0İ	Çİ	0İ	İ	İ	...	0	İ
	KV3	İ	Çİ	0	Çİ	Çİ	...	0İ	Çİ

Tablo 10  
Değerlendirmeye Alınan Projeler İçin Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi

Proje	Üyelik Fonksiyonu Parametreleri	K1	K2	K3	K4	K5	...	K25	K26
PRJ1	D	8.333	8.333	7.667	6.333	6.333	...	6.333	3.667
	O	9.667	9.667	9.333	8.333	8.333	...	8.333	5.667
	Y	10.000	10.000	10.000	9.667	9.667	...	9.667	7.667
PRJ2	D	0.000	8.333	1.667	3.667	3.000	...	4.333	6.333
	O	0.333	9.667	3.667	5.667	5.000	...	6.333	8.333
	Y	1.667	10.000	5.667	7.667	7.000	...	8.333	9.667
PRJ3	D	0.000	5.667	8.333	4.333	4.333	...	3.667	4.333
	O	0.333	7.667	9.667	6.333	6.333	...	5.667	6.333
	Y	1.667	9.333	10.000	8.333	8.333	...	7.667	8.333
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PRJ9	D	3.000	2.333	6.333	6.333	8.333	...	8.333	5.667
	O	5.000	4.333	8.333	8.333	9.667	...	9.667	7.667
	Y	7.000	6.333	9.667	9.667	10.000	...	10.000	9.333
PRJ10	D	6.333	8.333	4.333	8.333	7.667	...	5.000	8.333
	O	8.333	9.667	6.333	9.667	9.333	...	7.000	9.667
	Y	9.667	10.000	8.333	10.000	10.000	...	8.667	10.000

5. Aşama: Dilsel ifadelerle oluşturulan karar matrisinde yer alan her dilsel ifade, Tablo 5'te verilen bulanık üyelik fonksiyonuna dönüştürülür. Her karar vericinin değerlendirmeleri bütünleştirilerek, bütünleştirilmiş karar matrisi Tablo 10'da verildiği gibi oluşturulmuştur.

6. Aşama: Bulanık karar matrisi dikkate alınarak tüm kriterlerin bulanık en iyi  $\tilde{f}_j^*$  ve bulanık en kötü  $\tilde{f}_j^-$  değerleri denklem (5) 'e göre belirlenmiştir ve bu değerler Tablo 11' de verilmiştir.

Tablo 11  
En iyi ve En Kötü Bulanık Değerler

Kriter	En İyi Bulanık Değerler	En Kötü Bulanık Değerler	Kriter	En İyi Bulanık Değerler	En Kötü Bulanık Değerler
K1	8.333	0.000	K14	8.333	2.000
	9.667	0.333		9.667	3.333
	10.000	1.667		10.000	5.000
K2	8.333	0.000	K15	8.333	5.667
	9.667	0.667		9.667	7.667
	10.000	2.333		10.000	9.333
...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
K12	8.333	0.000	K25	8.333	0.667
	9.667	0.333		9.667	2.333
	10.000	1.667		10.000	4.333
K13	8.333	0.000	K26	8.333	2.333
	9.667	0.667		9.667	4.333
	10.000	2.333		10.000	6.333

7. Aşama: Bu aşamada karar matrisindeki değerler bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerlere göre denklem (7) kullanılarak normalize bulanık karar

matrisi elde edilmiştir. Elde edilen bu değerlere örnek olarak  $\tilde{d}_{11}$  değeri aşağıda verilmiştir.

$$\tilde{d}_{11} = \frac{(8.333, 9.6667, 10) - (8.3333, 9.6667, 10)}{(10-0)} = \frac{(8.333-10), (9.6667-9.6667), (10-8.333)}{(10-0)} = (-0.1667, 0, 0.1667)$$

Normalize edilmiş bulanık üyelik fonksiyon değerleri ( $\tilde{d}_{ij}$ ) Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12  
 Normalize Edilmiş Bulanık Değerler

Proje	Bulanık Normalize Değerler	K1	K2	K3	K4	K5	...	K25	K26
PRJ1	D	-0.1667	-	0.2000	0.1600	-0.1739	...	0.1428	0.0869
	O	0.0000	0.0000	0.0400	0.1600	0.17391	...	0.1428	0.5217
	Y	0.16667	0.1667	0.2800	0.4400	0.4782	...	0.3928	0.8260
PRJ2	D	0.6667	-	0.3200	0.0800	0.1739	...	0.0000	-
	O	0.9333	0.0000	0.7200	0.4800	0.6087	...	0.3571	0.1739
	Y	100.000	0.1667	1.000	0.7600	0.9130	...	0.6071	0.4782
PRJ3	D	0.6667	-	0.2000	0.0000	0.0000	...	0.0714	0.0000
	O	0.9333	0.2000	0.0000	0.4000	0.4347	...	0.4285	0.4347
	Y	10.000	0.4333	0.2000	0.6800	0.7391	...	0.6785	0.7391
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PRJ10	D	-0.1333	-	0.0000	-	-0.2173	...	-	-
	O	0.1333	0.0000	0.4000	0.0000	0.0434	...	0.2857	0.0000
	Y	0.3667	0.1667	0.6800	0.2000	0.3043	...	0.5357	0.2173

8. Aşama: Tüm kriterlere göre  $i$  alternatifinin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını veren  $\tilde{S}_i$  değeri denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır.  $\tilde{S}_i$  değeri

hesaplanırken tüm kriterlerin ağırlık değeri dikkate alınır. Bulanık  $\tilde{S}_i$  değerleri Tablo 13'te verilmiştir.



Tablo 13  
Bulanık  $\tilde{S}_i, \tilde{R}_i, \tilde{Q}_i$  Değerleri

Proje_No	$S_i$			$R_i$			$Q_i$		
	D	O	Y	D	O	Y	D	O	Y
PRJ1	-0.0181	0.3497	0.5937	0.0720	0.0894	0.0741	-0.20503	0.4490	0.9289
PRJ2	-0.0325	0.2879	0.5711	0.0640	0.0473	0.0596	-0.26612	0.1358	0.8205
PRJ3	-0.0964	0.2025	0.4867	0.0640	0.0372	0.0672	-0.30458	0.0183	0.8192
PRJ4	-0.0422	0.3731	0.6542	0.0320	0.0596	0.0672	-0.48169	0.2677	0.9200
PRJ5	-0.0172	0.3244	0.6043	0.0640	0.0729	0.0794	-0.25691	0.3253	0.9700
PRJ6	0.0033	0.3068	0.5347	0.0512	0.0627	0.0661	-0.32849	0.2483	0.8414
PRJ7	-0.1495	0.2057	0.4896	0.0230	0.0518	0.0672	-0.60496	0.1158	0.8209
PRJ8	0.0015	0.2856	0.5660	0.0640	0.0558	0.0794	-0.24565	0.1903	0.9470
PRJ9	-0.0663	0.2572	0.5189	0.0518	0.0685	0.0609	-0.36663	0.2565	0.7972
PRJ10	-0.1768	0.1721	0.4574	0.0031	0.0372	0.0672	-0.75214	0.0000	0.8016

Her bir kriter göre  $i$  alternatifinin en kötü bulanık değere olan maksimum uzaklığını veren  $\tilde{R}_i$  değeri denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir alternatif için elde edilen  $\tilde{R}_i$  değerleri Tablo 13'te verilmiştir.

9. Aşama: Maksimum çoğunluk kuralını ifade eden  $S_i^*$  değeri ve farklı görüşte olanların minimum bireysel pişmanlığını gösteren  $R_i^*$  değerleri denklem (11) ve (12) ile hesaplanmış ve Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14  
 $S_i^*, \tilde{S}^-, \tilde{R}^*, \tilde{S}^-$  değerleri

Parametre	Bulanık Üyelik Fonksiyonu
$S^*$	(-0.1768, 0.1721, 0.4574)
$\tilde{S}^-$	(0.0033, 0.3731, 0.6542)
$\tilde{R}^*$	(0.0031, 0.0372, 0.0596)
$\tilde{R}^-$	(0.0720, 0.0894, 0.0794)

10. Aşama: Bu aşamada her alternatif için bulanık uzlaşık değerler hesaplanır. Birinci alternatif için hesaplanan uzlaşık değer olan  $\tilde{Q}_i$  hesaplanmanın anlaşılması için örnek olarak aşağıda verilmiştir.

$$\tilde{Q}_1 = 0.5 * \left[ \frac{[(-0.0181, 0.3497, 0.5937) - (-0.1768, 0.1721, 0.4574)]}{0.6542 - (-0.1768)} + 0.5 \left[ \frac{[(0.0720, 0.0894, 0.0741) - (0.0031, 0.0372, 0.0596)]}{0.0784 - 0.0031} \right] \right]$$

Tüm alternatifler için hesaplanan  $\tilde{Q}_i$  değerleri Tablo 13'te verilmiştir.

11. Aşama: Tüm alternatiflere ait önceki aşamalarda hesaplanan  $\tilde{S}_i, \tilde{R}_i, \tilde{Q}_i$  değerleri denklem 14'e göre durulaştırılmıştır ve bu değerler küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatif projeler sıralanmıştır. Tablo 15'te her projeye ait durulaştırılmış değerler verilmiştir.

12. Aşama:  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında 10. Alternatif en iyi alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak elde edilen bu sonucun uzlaşmacı bir sonuç olup olmadığı belirlenmelidir. Bunun için öncelikle "kabul edilebilir avantaj" koşulu kontrol edilmiştir. Denklem 15'e göre ilk iki sırada yer alan PRJ10 ve PRJ7,  $Q$  değerlerinin farkı üzerinden incelenmiştir.

$$Q_{10} - Q_7 = 0.01648 - 0.011058 = 0.09409 \leq 0.11111$$

Bu durumda iki alternatif arasında anlamlı bir fark olduğu söylenememektedir. Bu iki proje uzlaşık çözüm olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda

ikinci koşulun kontrolü yapılır. Bu koşula göre tüm alternatifler  $S_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$  değerlerine göre sıralanmıştır. Yapılan sıralamalar Tablo 16'da verilmiştir. Tablo 16'daki değerler incelendiğinde PRJ10 hem  $Q$ , hem  $R$  hem de  $S$  değerlerine göre yapılan sıralamada birinci sırada olduğundan en iyi proje olarak değerlendirilebilir. Bulanık VIKOR yaklaşımındaki birinci koşul açısından bakıldığında ise PRJ10 ile PRJ7 arasında net bir fark belirlenememesine rağmen diğer alternatiflere göre daha üstün oldukları ortaya konulmuştur. İkinci koşul açısından değerlendirme yapıldığında ise ilk altı proje alternatifinin hem  $Q$  hem de  $S$  değerleri açısından aynı sıralamaya sahip olması yapılan karşılaştırmanın tutarlı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, eğer birden fazla proje iyi olarak değerlendirilecekse o zaman PRJ10 ve PRJ7 iyi performans gösterilmiş projeler olarak değerlendirilebilir. Tek bir proje başarılı olarak seçilecek ise her iki koşulu sağlamasından dolayı PRJ10 seçilecektir. Bu çalışmanın temel amacı en iyi projeyi seçmekten çok yapılan projeleri birbirlerine göre göreceli olarak sıralamak ve bu sıralamaya göre değerlendirme yapmaktır.

Tablo 16

$S_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$  değerlerine göre alternatif projelerin sıralanması

Q	PRJ10>PRJ7>PRJ3>PRJ9>PRJ2>PRJ4>PRJ6>PRJ8>PRJ5>PRJ1
S	PRJ10>PRJ7>PRJ3>PRJ9>PRJ2>PRJ6>PRJ8>PRJ5>PRJ1>PRJ4
R	PRJ10>PRJ7>PRJ4>PRJ3>PRJ2>PRJ6>PRJ9>PRJ8>PRJ5>PRJ1

Daha önce de belirtildiği gibi çözüm sırasında " $v$ " değeri (grup faydasının önem derecesi) 0.5 olarak alınmıştır. Farklı  $v$  değerlerinin çözümü ne şekilde

Tablo 15  
Durulaştırılmış  $S_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$  Değerleri

Proje_No	$S_i$	$R_i$	$Q_i$
PRJ1	0.308403	0.078499	0.390967
PRJ2	0.275516	0.05697	0.230058
PRJ3	0.197606	0.056124	0.177633
PRJ4	0.328343	0.052925	0.235327
PRJ5	0.303843	0.072077	0.346124
PRJ6	0.281581	0.060026	0.253737
PRJ7	0.181925	0.047334	0.11058
PRJ8	0.284404	0.066398	0.297204
PRJ9	0.236601	0.060385	0.229027
PRJ10	0.150932	0.035824	0.016483

değiştirdiğine ilişkin duyarlılık analizinin sonuçları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17

Farklı  $v$  değerleri için duyarlılık analizi

Proje_No	$v=0$		$v=0.25$		$v=0.50$		$v=0.75$		$v=1.00$	
	Q	Sıralama	Q	Sıralama	Q	Sıralama	Q	Sıralama	Q	Sıralama
PRJ1	0.592	10	0.492	10	0.391	10	0.290	10	0.190	9
PRJ2	0.310	5	0.270	5	0.230	5	0.190	5	0.150	5
PRJ3	0.299	4	0.238	3	0.178	3	0.117	3	0.056	3
PRJ4	0,257	3	0.246	4	0.235	6	0.224	7	0.214	10
PRJ5	0.508	9	0.427	9	0.346	9	0.265	9	0.184	8
PRJ6	0.350	6	0.302	7	0.254	7	0.205	6	0.157	6
PRJ7	0.184	2	0.147	2	0.111	2	0.074	2	0.037	2
PRJ8	0.434	8	0.365	8	0.297	8	0.229	8	0.161	7
PRJ9	0.355	7	0.292	6	0.229	4	0.166	4	0.103	4

PRJ10	0.033	1	0.025	1	0.016	1	0.008	1	0.000	1
-------	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---	-------	---

VIKOR hem grup faydasını hem de bireysel pişmanlığı dikkate alarak çözüm üretmektedir. Tablo 17'de  $v$  değeri arttıkça grup faydası daha ön plana çıkmakta,  $v$  değeri sıfıra yaklaştıkça bireysel pişmanlığın önem derecesi artmaktadır. Tablodaki sonuçlara bakıldığında  $v$  değerinin 0'dan 1'e doğru artması durumunda 1. ve 2. Sıradaki projelerin (PRJ10 ve PRJ7) sıralamasının değişmediği gözlemlenmektedir. Bu durum, bu projelerin ağırlığı yüksek kriterlerden yüksek puan almasından kaynaklanmaktadır.

Son kısımda ise bulanık VIKOR yöntemi ile elde edilen sıralama ile örnek kaizenlerin gerçekleştiği firmanın yaptığı sıralama karşılaştırılmıştır. Firma, projelerin değerlendirilmesi amacıyla basit toplamı

ağırlıklandırma (Churchman ve Ackoff, 1954; Çakır ve Perçin, 2013) yöntemini kullanmaktadır. Basit toplamı ağırlıklandırma yönteminde projelerin önem dereceleri denklem (16) ile hesaplanmaktadır.

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$V_i$ : Alternatifin toplam önem derecesi  
 $w_j$ : j. Kriterin ağırlığı

Basit toplamı ağırlık yöntemi için bulanık VIKOR yönteminde kullanılan ağırlıklar kullanılmıştır. Projeler kriter bazında 0-100 arası puanlanmıştır. Kullanılan veri setinin bir bölümü Tablo 18'de, elde edilen sonuçlar Tablo 19'de verilmiştir.

Tablo 18  
Basit Toplamı Ağırlık Yönteminde Kullanılan Karar Matrisi

Proje	Karar Verici	K1	K2	K3	K4	K5	...	K25	K26
PRJ1	KV1	100	100	90	90	90	...	90	60
	KV2	100	90	100	90	75	...	75	75
	KV3	90	100	90	75	90	...	90	60
PRJ2	KV1	15	100	45	60	60	...	75	75
	KV2	30	100	45	75	75	...	75	90
	KV3	15	90	60	60	45	...	60	90
PRJ3	KV1	15	75	100	75	75	...	60	75
	KV2	15	90	100	60	75	...	75	75
	KV3	30	75	90	75	60	...	60	60
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PRJ10	KV1	90	90	75	100	90	...	90	100
	KV2	75	100	75	90	90	...	60	90
	KV3	90	100	60	100	100	...	75	100

Tablo 19  
Basit toplamı Ağırlıklandırma Yöntemine Göre Sıralama

PROJE	Ağırlıklı Skorlar (100 üzerinden)
PRJ1	73.6355
PRJ2	77.0588
PRJ3	81.3032
PRJ4	74.3116
PRJ5	75.4395
PRJ6	75.4376
PRJ7	84.5122
PRJ8	75.7845
PRJ9	78.3502
PRJ10	86.8549

Basit toplamli ağırlıklandırma yönteminden elde edilen sıralama ile bulanık VIKOR yöntemiyle elde

edilen sıralama, karşılaştırma amacıyla Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20  
Basit Toplamli Ağırlıklandırma ve Bulanık VIKOR Sonuçları

PROJE	Sıralama		
	Bulanık VIKOR	Basit Toplamli Ağırlıklandırma	Sıralama Farkı
PRJ1	10	10	0
PRJ2	5	5	0
PRJ3	3	3	0
PRJ4	6	9	3
PRJ5	9	7	2
PRJ6	7	8	1
PRJ7	2	2	0
PRJ8	8	6	2
PRJ9	4	4	0
PRJ10	1	1	0

Tablo 20'deki sonuçlar irdelendiğinde her iki yöntem ile elde edilen sıralamada da ilk 5 sıradaki projelerin sıralarının değişmediği görülmektedir. İki yöntemden elde edilen sıralamalar arasında korelasyon olup olmadığını daha sistematik şekilde incelemek için Spearman sıralama korelasyon katsayısı denklem (17) kullanılarak hesaplanmıştır

$$\rho_{ki} = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (17)$$

$\rho_{ki}$ : Spearman sıralama korelasyon katsayısı  
 $d_i$ : i. alternatifin sıralamaları arasındaki fark  
 $n$ : Alternatif sayısı

Basit toplamli ağırlıklandırma ve bulanık VIKOR ile elde edilen sıralamalar dikkate alınarak Spearman sıra korelasyon katsayısı 0,89 olarak bulunmuştur. Katsayının 1'e yakın olması, iki yöntemin sonuçları arasında pozitif korelasyon olduğunu göstermektedir.

Her iki yöntemle de elde edilen sonuçlar benzer olmakla birlikte, basit toplamli ağırlıklandırma yönteminin kullanımına ilişkin birtakım temel problemler bulunmaktadır. Bu yöntemde, karar

vericilerin projeleri değerlendirirken her projeye kriter bazında sayısal puanlar vermesi gerekmektedir. Bu sistematikte, değerlendiriciler projeleri değerlendirirken kriterler bazında sayısal puanlar vermekte zorlanmaktadır. Ayrıca projelerin toplam puanları kimi zaman çok yakın olmakta ve bu durum, sağlıklı bir sıralama yapılmasını zorlaştırmaktadır. Çalışmada önerilen bulanık VIKOR metodolojisiyle projelerin kriterler bazında dilsel ifadelerle değerlendirilmesine imkan verilmekte, böylelikle hem değerlendiriciler kişisel değerlendirmelerini daha sağlıklı şekilde yansıtabilmekte hem de alternatifler arasındaki farklılıklar daha net şekilde ortaya konabilmektedir

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada bir organizasyonda yürütülmüş ve tamamlanmış kaizen projelerinin birden fazla karar verici tarafından sözel ifadelerle değerlendirilmesine olanak sağlayan bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak bir analitik süreç önerilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle firmada hangi projelerin uygulanacağı kararı verilirken önerilen metodolojileri içeren çalışmaların daha fazla olduğu görülmektedir. Tamamlanmış projelerin değerlendirilmesi ile ilgili olan çalışmalar ise daha az sayıda literatürde yer almaktadır. Firmalar sürekli iyileştirme kapsamında birçok eşzamanlı projeler yürütmekte olup bu projeler için farklı bütçeler, farklı zaman çizelgeleri ve farklı takımlar kullanılmaktadır. Projelerin tamamlandıktan sonra değerlendirmeleri, projelere ayrılan kaynakların ne kadar etkin kullanıldığını, proje hedeflerine ulaşılma düzeyinin değerlendirilmesi, proje takvimine uyum gibi birçok kriterin aynı anda analiz edilmesini gerektiren bir süreçtir. Bu değerlendirilme aşaması ile hem proje takımlarının performansı değerlendirilmekte hem de seçilen projelerin ne kadar etkin olarak yürütüldüğünün ortaya konması sağlanmaktadır. Böylece karar vericiler bundan sonraki proje yönetim süreçlerinde nelere dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koyarken aynı zamanda bu proje takımlarında yer alan kişilerin performans değerlendirilmesi yapılmasını sağlamaktadır. Buradan elde edilen sonuçlar firma performans ödül sistemine veri sağlayabilmektedir. Bu çalışmada önerilen yaklaşım bu amaçları gerçekleştirilebilecek bir bulanık tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılmaktadır. Özellikle projelerin değerlendirilmesi sözel ifadelerle dayanan bir süreç olduğundan bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Uzman görüşleri alınarak elde edilen kriter değerlendirmeleri ve alternatiflerin göreceli karşılaştırmaları, bir otomotiv yan sanayi firmasında gerçekleştirilen 10 kaizen projesinin değerlendirilmesinde kullanılmış olup, projelerin belirlenen kriterler altında göreceli sıralanması gerçekleştirilmiştir. Böylece firmalarda yoğun olarak gerçekleştirilen projelerin bir sistematik altında değerlendirmesini sağlayacak bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda projelerin seçim kararının verilmesini sağlayan, biten projelerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlara göre firma ödül sistemine veri oluşturan ve proje seçim karar destek sisteminde bu sonuçlara göre güncellemeler yapılmasını sağlayan bir karar destek sisteminin geliştirmesi

düşünülmektedir. Ayrıca farklı bulanık tabanlı ÇKKV tekniklerinin uygulanarak etkinliklerinin incelenmesi de başka bir çalışması gereken konudur.

### Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Özgür ESKİ, problemin belirlenmesi, yazın araştırması, makalenin yazımı, çözüm yönteminin oluşturulması, örneklerin oluşturulması ve sayısal sonuçların yorumlanması; Özlem UZUN ARAZ kriterlerin belirlenmesi, çözüm yönteminin oluşturulması, yöntemin elektronik ortama aktarılması ve sonuçların oluşturulması konularında katkı sağlamışlardır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

- Albayrak, N. (2019). *Kalder Kalite Çemberi Ve Kaizen Ödül Değerlendirme Sürecinin İyileştirilmesi: Çok Ölçütlü Karar Verme Uygulaması*, (Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Kalite Mühendisliği A.B.D.
- Altıntaş, M., Erginel, N. & Kucuk, G. (2016). Determining the Criteria and Evaluating Six Sigma Projects via Fuzzy ANP method in Group Decision method. *IFAC-PapersOnLine* 49(12), 1850-1855
- Bilgen, B. & 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*, 23(1), 2-25, Doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.537286>
- Büyüközkan, G. & Öztürkcan, D. (2010). An integrated analytic approach for Six Sigma project selection, *Expert Systems with Applications*. 37, 5835-5847. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.022>
- Chen, S.H., (1985) Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set, *Fuzzy Sets and Systems*, 17(2), 113-129.
- Chen,C.T. (2000), Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy

- Environment, *Fuzzy Set and Systems*, 114, 1-9. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- Chen, L.Y. ve Wang, T.C. (2009), Optimizing partners' choice in IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR, *International Journal of Production Economics*, 120, 233-242. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.022>
- Churchman, C.W. ve Ackoff, R.L. (1954). An Approximate Measure of Value. *Journal of Operations Research Society of America*, 2(1), 172-87.
- Condé, G.C.P., & Martens, L.P. (2020) Six sigma project generation and selection: literature review and feature based method proposition, *Production Planning & Control*, 31(16), 1303-1312, Doi: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1706196>
- Çakır, E. ve Özdemir, M. (2016). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması. *Business and Economics Research Journal*, 7 (2), 167-201. Doi: <https://doi.org/10.20409/berj.2016217536>
- Çakır, S. ve Perçin, S. (2013). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.
- Çetinay H., (2016). *Operasyonel Mükemmellik El Kitabı 3*, Kaizen Program Yönetimi, Kaizen Atölyesi
- Erginel, N., Uluskan, M., Küçük, G. & Altıntaş, M. (2018). Evaluation methods for completed Six Sigma projects through an interval type-2 fuzzy ANP. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 35, 1851-1863. Doi: <https://doi.org/10.3233/IJFS-171306>
- KALDER Ankara Şubesi (2021). *Kalite Çemberi Ve Kaizen Ödülü Bilgilendirme Kitapçığı* 2021
- Kumar, D.U., Saranga, H., Ramírez-Ma'riquez, J. & Nowicki, D. (2007). Six sigma project selection using data envelopment analysis, *The TQM Magazine*, 19(5), 419-441. Doi: <https://doi.org/10.1108/09544780710817856>
- Opricovic (1998), Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems, Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2004), The Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156,2, 445-455. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Opricovic, S. (2011), Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38 (10), 12983-12990. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.097>
- Padhy., R. (2016). Six Sigma project selections: a critical review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(2), 244-258. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2016-0025>
- Pakdil, F., Toktaş, P. & Can, G.F. (2020). Six sigma Project prioritization and selection: a multi-criteria decision making approach in healthcare industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2020-0054>
- Perçin, S. & 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. Doi: <https://doi.org/10.1080/18756891.2010.9727727>
- Rudnik, K., Bocewicz, G., Landwojtowicz, A., Gorska, I., D. (2021) Ordered fuzzy WASPAS method for selection of improvement projects, *Expert Systems With Applications*, 169, 1-18. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114471>
- Shaygan, A. & Testik, Ö.M. (2019). A fuzzy AHP-based methodology for project prioritization and selection. *Soft Computing*, 23, 1309-1319. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-017-2851-9>
- TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi (2016), 3. Kaizen Paylaşımları Etkinliği, *Kaizen Bilgilendirme Kitapçığı*.
- Vinodh, S. & 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), 313-338. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2014-0041>
- Wang, F., Hsu, C. & Tzeng, G. (2014). Applying a Hybrid MCDM Model for Six Sigma Project Selection. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/730934>

- Yang, T.& Hsieh, C. (2009). Six-Sigma project selection using national quality award criteria and Delphi fuzzy multiple criteria decision-making method. *Expert Systems with Applications*, 36, 7594-7603. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.09.045>
- Yıldız, A. ve Deveci, M. (2013), Bulanık Vikor Yöntemine Dayalı Personel Seçim Süreci, *Ege Akademik Bakış*. 13(4), 427-436. Doi: <https://doi.org/10.21121/eab.2013418077>
- Yousefi, A. & Hadi-Vencheh, A. (2014). Selecting Six Sigma projects: MCDM or DEA? *Journal of Modelling in Management*, 11(1), 309-325. Doi: <https://doi.org/10.1108/JM2-05-2014-0036>
- Zadeh, L.A. (1965), Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8: 338-383.