



## Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS Yaklaşımı ile Kaizen Öneri Sistemi Değerlendirme Modeli

\*<sup>1</sup> Merve Cengiz Toklu, <sup>2</sup> İrem Bozkurt, <sup>3</sup> Burcu Sekmen

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Turkey, [mervetoklu@sakarya.edu.tr](mailto:mervetoklu@sakarya.edu.tr), 

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Turkey, [irem.bozkurt@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:irem.bozkurt@ogr.sakarya.edu.tr), 

<sup>3</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Turkey, [sekmenburcu@gmail.com](mailto:sekmenburcu@gmail.com), 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 18.06.2019

Kabul Tarihi: 26.11.2019

### Öz

Sürekli iyileştirme, rekabet avantajını elinde tutmak isteyen işletmelerin benimsediği bir yaklaşımdır. İşletmelerin, mevcut durumu kabul etmeyerek kendilerini sürekli iyileştirme çabası içinde olmasının birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenlerden bazıları ergonomik sebepler, iş sağlığı ve güvenliği zorunlulukları, maliyet azaltma hedefleri, kaliteli ürün elde etme ve rekabet avantajı sağlama amaçları olarak sayılabilir. İşletmelerdeki küçük fakat sürekli yapılan iyileştirmeler olarak ifade edilen Kaizen öneri sisteminin kalite, iş güvenliği, maliyetler ve verimlilik üzerinde olumlu etkileri uygulamada kanıtlanmış ve pek çok işletme tarafından bu sistem benimsenmiştir. Kaizen yaklaşımı, her şeyin mükemmel olmadığı ve her zaman küçük iyileştirmelerin yapılabileceği üzerine geliştirilmiştir. Kaizen öneri sisteminde farklı bölümlerden ve/veya çalışanlardan aynı zaman diliminde pek çok iyileştirme önerisi gelebilmektedir. Bu durumda önerilerin önceliklendirilmesi ve öncelik sırasına göre uygulamaya geçilmesi gerekmektedir. Bu öncelikleri oluştururken birbirinden farklı pek çok kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada, Kaizen öneri sistemi kapsamında geliştirilen önerilerin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi için bulanık mantık yaklaşımını içeren bir değerlendirme modeli önerilmiştir. Önerilen modelde, öncelikle değerlendirme kriterleri belirlenmiş olup bu kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP metodu ile hesaplanmıştır. Önerilerin değerlendirilmesi ve sıralanması ise Bulanık WASPAS metodu ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen model bir otomotiv işletmesinde uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, öncelik verilecek iyileştirme önerisi Tampon hazırlık sürecinde yaşanan verimsizliğin iyileştirilmesi olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalite, sürekli iyileştirme, Kaizen, AHP, WASPAS, bulanık mantık

## Kaizen Suggestion System Evaluation Model with Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS Approach

\*<sup>1</sup> Merve Cengiz Toklu, <sup>2</sup> İrem Bozkurt, <sup>3</sup> Burcu Sekmen

<sup>1</sup> Sakarya University, Department of Industrial Engineering, Sakarya, Turkey, [mervetoklu@sakarya.edu.tr](mailto:mervetoklu@sakarya.edu.tr)

<sup>2</sup> Sakarya University, Department of Industrial Engineering, Sakarya, Turkey, [irem.bozkurt@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:irem.bozkurt@ogr.sakarya.edu.tr)

<sup>3</sup> Sakarya University, Department of Industrial Engineering, Sakarya, Turkey, [sekmenburcu@gmail.com](mailto:sekmenburcu@gmail.com)

### Abstract

Continuous improvement is an approach adopted by businesses that want to retain their competitive advantage. There are many reasons why businesses do not accept the current situation and constantly strive to improve themselves. Some of these reasons include ergonomic reasons, occupational health and safety obligations, cost reduction targets, quality products, and competitive advantage. The Kaizen suggestion system, which is referred to as small but continuous improvements in the companies, has proven positive effects on quality, safety, costs and productivity in practice and has been adopted by many companies. The Kaizen approach is based on the fact that not everything is perfect and that small improvements can always be made. In Kaizen suggestion system, many improvement suggestions can be received from different departments and / or employees in the same

\*Sorumlu Yazar: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, [mervetoklu@sakarya.edu.tr](mailto:mervetoklu@sakarya.edu.tr), +90 264 295 74 16

Doi: 10.21541/apjes.579084

time frame. In this case, the recommendations should be prioritized and implemented in order of priority. When setting these priorities, many different criteria should be considered. In this study, an evaluation model including fuzzy logic approach is proposed for the evaluation and prioritization of the proposals developed within the scope of Kaizen suggestion system. In the proposed model, firstly, evaluation criteria were determined and the importance of these criteria was calculated by Fuzzy AHP method. The evaluation and ranking of the suggestions were made by Fuzzy WASPAS method. The proposed model was applied in an automotive company. As a result of the study, the improvement proposal to be given priority was determined as improvement of the inefficiency during the buffer preparation process.

**Keywords:** Quality, continuous improvement, Kaizen, AHP, WASPAS, fuzzy logic

## 1. GİRİŞ

Kaizen maliyetleme sistemi, üretim maliyetlerini düşürmek için sürekli olarak uygulanan iyileştirme çalışmalarını içeren bir yaklaşımdır. Kaizen yaklaşımı, sadece imalat ya da hizmet sektöründeki iş süreçlerinde değil, yaşamın her alanında uygulanabilir bir felsefedir. Japocada Kaizen “daha iyisi için değişmek”, “gelişme” anlamına gelmektedir. Bu yaklaşımı ilk ortaya koyan kişi ise Masaaki IMAI'dir. Masaaki Imai tarafından, Kaizen: Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı adı ile yayınlanan eser 1993 yılında Türkçe'ye çevrilmiştir. Kaizen maliyetleme sistemi; tam zamanında üretim, çalışma takımları, toplam verimli bakım, kaizen öneri sistemi ve poka yoke gibi teknikleri içermektedir. Kaizen önerileri ile kalitede artış, maliyetlerde azalma, iş kazalarında azalma, ergonomik problemlerde azalma ve teslim sürelerinde düşüş gibi pek çok fayda beklenmektedir. Ancak Kaizen önerileri geliştirirken önemsenmesi gereken en önemli noktalardan birisi de işletmenin mevcut kaynaklarının (iş gücü, makine, bütçe, fiziksel alan vb.) değerlendirilmesi ve yüksek maliyetler oluşturmadan değişikliklerin uygulanmasıdır. Kaizen çalışmalarının başarılı olabilmesi için operasyonel seviyeden stratejik seviyeye kadar yönetimin her kademesinde benimsenmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Kaizen çalışmaları işletmelerde bir kez uygulanan ya da sadece belirli dönemleri kapsayan bir kalite hareketi değildir. Kaizen yaklaşımının sürekliliğin sağlanması için çalışanların bu kapsamda eğitilmesi ve teşvik edilmesi gerekmektedir.

Kaizen öneri sistemini uygulayan şirketlerde kaizen izleme ve değerlendirme süreci mevcuttur. Bu süreçte çalışma grupları (kalite çemberleri) kaizen önerilerini sunarlar. Kısım, bölüm ve grup içerisindeki en iyi çalışmalar seçilir. Daha sonra finale kalan kaizen önerileri üst yönetim tarafından değerlendirilir ve en iyi öneri seçilir. Kısım, bölüm ve grupta en iyi çalışmalar seçilirken karar vericiler tarafından kullanılan kısıtlı ve herhangi bir metodoloji içermeyen bir puanlandırma şablonu mevcuttur. Karar vericiler daha önceden belirlenen değerlendirme kriterleri kapsamında kaizenleri 1-5 arası puanlandırmaktadır.

Bu çalışmada, Kaizen öneri sistemi kapsamında sunulan Kaizen önerilerinin değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi için bulanık mantık yaklaşımını içeren bir model önerilmiştir. Önerilen modelde, değerlendirme kriterleri yeniden belirlenmiş olup bu kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP metodu ile hesaplanmıştır. Her bir değerlendirme kriteri ikili karşılaştırma matrisleri sayesinde

birbiri ile mukayese edilebilmektedir. Daha sonraki aşamada ise kaizen önerilerinin sıralanması için Bulanık WASPAS metodundan faydalanılmıştır. Böylece değerlendirme sürecinin daha şeffaf ve sistematik bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Önerilen modelde kullanılan metodların bulanık mantık yaklaşımını içermesi sayesinde karar vericilerin dilsel ifadeleri sayısallaştırılabilmektedir. Önerilen model bir otomotiv işletmesinde uygulanmıştır.

Literatürde Kaizen maliyetleme sistemini içeren farklı çalışmalar mevcut olup, bu çalışmada önerilen benzer bir değerlendirme modeline rastlanılmamıştır. Brunet ve New [1] yaptıkları çalışmada öncelikle kaizen yaklaşımını ve metodolojisini açıklamıştır. Bununla birlikte, bir çelik firmasını otomotiv endüstrisindeki diğer firmalarla karşılaştıran bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Modarress, Ansari ve Lockwood [2] Boeing Ticari Uçak Şirketinde uygulanan kaizen maliyetleme ile ilgili bir vaka analizi gerçekleştirmişlerdir. Altınbay [3], Kaizen maliyetleme sistemini bütünüyle ele alarak, tam zamanında üretim, çalışma takımları, toplam verimli bakım, öneri sistemi ve poka yoke olmak üzere 5 temel prensibinden bahsetmiştir. Bozdemir ve Orhan [4] Kaizen maliyetleme yönteminin Türkiye'de otomotiv sektöründe uygulanma düzeyini ölçmeyi amaçlamıştır. García, Rivera ve Iniesta [5] yaptıkları çalışmada kaizen için kritik başarı faktörlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Operatörlerin eğitimi, iletişim süreci, proje sonuçlarının belgelendirilmesi ve değerlendirilmesi, insan kaynakları entegrasyonu, yönetimin katılımı ve müşteri odaklılık başarı faktörlerinin en önemlileri olarak belirlenmiştir. Hacıhasanoğlu [6] kaizen maliyetleme sistemini mobilya sektöründe uygulayarak üretim miktarında %29 oranında bir iyileştirme sağlamıştır. Carnerud, Jaca ve Bäckström [7] 1980-2017 yılları arasında kaizen ve sürekli iyileştirme konularında yapılan çalışmaları ve bu iki konunun arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bellgran, Kurdve ve Hanna [8] yaptıkları çalışmada ilaç sektöründe yeşil kaizen yaklaşımını örneklemiştir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi literatürde sıklıkla yer alan bir yöntem olup genellikle seçme, sıralama ve sınıflandırma amacıyla kullanılmaktadır. WASPAS yöntemi ise nispeten yeni geliştirilmiş bir çok kriterli karar verme yöntemi olmasına rağmen literatürde farklı problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Staniunas vd. [9] sera gazı emisyonunu azaltmak için evlerin modernize edilmesinde COPRAS, WASPAS ve TOPSIS yöntemlerini birlikte

kullanmışlardır. Madic vd. [10] parça işleme yönteminin seçiminde WASPAS yönteminden faydalanmıştır. Bagočiusa, Zavadskas ve Turskis [11] derin su limanı seçiminde Entropi ve WASPAS yöntemlerinin birlikte kullanmışlardır. Ghorabae vd. [12] Aralık Tip-2 Bulanık WASPAS yöntemini yeşil tedarikçi seçimi probleminde kullanmıştır. Zavadskas, Kalibatas ve Kalibatiene [13] WASPAS yönteminden bina iç ortamında en uygun seçimi yapmak için faydalanmıştır. Aytaç Adalı ve Tuş Işık [14] tedarikçi seçimi probleminin çözümünde SWARA ve WASPAS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Ghorabae vd. [15] 3. parti lojistik sağlayıcısı seçiminde aralık Tip-2 bulanık WASPAS yöntemini kullanmışlardır. Çakır, Akel ve Doğaner [16] çalışmalarında SWARA ve WASPAS yöntemlerini birlikte kullanmış ve alışveriş sitelerini değerlendirmiştir. Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemlerinin bir arada kullanılan çalışmalar kısıtlı sayıda olup, 2015 yılında Turskis vd. [17] alışveriş merkezi için inşaat alanı seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemlerini kullanmışlardır.

Çalışmanın bundan sonraki kısmı genel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır: Bölüm 2'de Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemleri ele alınmıştır. Bölüm 3'te ise önerilen model anlatılmıştır. Önerilen model bir otomotiv işletmesinde uygulanmış olup ilgili uygulama Bölüm 4'te verilmiştir. Sonuçlar Bölümünde uygulamanın sonuçları tartışılarak gelecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. METODOLOJİ

### 2.1. Bulanık AHP Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi metodu [18] alternatifleri ve/veya kriterleri seçmek, değerlendirmek ve önceliklendirmek için sıklıkla kullanılan bir çok kriterli karar verme yöntemidir. AHP yönteminde ağırlıklar (veya öncelikler) karar vericiler tarafından yapılan ikili karşılaştırmaların sonuçlarından elde edilir. AHP yönteminde karar vericiler tarafından ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken dilsel ifadeler kullanılmasından dolayı Bulanık AHP yöntemi geliştirilmiştir. Literatürde, Bulanık AHP konusunda karar matrislerinin değerlendirilmesinde farklı yöntemler geliştirilmiş olup bu çalışmada, Chang [19] tarafından 1996 yılında önerilen genişletilmiş Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Chang'ın genişletilmiş Bulanık AHP yönteminin adımları aşağıda verilmiştir:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesnel kümesi, ve  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  amaç kümesi olsun.  $M$  tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup şu şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgensel bulanık sayılardır.

$$S_i = \sum_j^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$$\sum_j^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

$M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ve  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  iki üçgensel bulanık sayı olmak üzere  $M_2 > M_1$  eşitliğinin olabilirlik derecesi aşağıda gösterilmiştir:

$$\begin{aligned} V(M_2 \geq M_1) &= \sup \left[ \min \left( \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right] \\ V(M_2 \geq M_1) &= \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \\ &= \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise,} \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

Buradaki  $d$  değeri  $M_1$  ve  $M_2$  üçgensel bulanık sayılarının kesişim noktasının ordinatıdır.

$M_1$  ve  $M_2$ 'yi karşılaştırabilmek için hem  $V(M_1 \geq M_2)$  hem de  $V(M_2 \geq M_1)$  değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Konveks bir bulanık sayının  $k$  adet bulanık sayıdan,  $M_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ), daha büyük olma ihtimali şu şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \\ &\geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned} \quad (7)$$

O halde  $S_j$ 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır.

$$k = 1, 2, \dots, n; k \neq i \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (8)$$

Daha sonra ağırlık vektörü  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )'nin  $n$  elemandan oluştuğu şu şekilde verilir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

Son olarak, normalizasyon işlemi ile normalize edilmiş vektör  $W$ 'nin bulanık bir sayı olmadığı aşağıdaki denklem ile gösterilir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

### 2.2. Bulanık WASPAS Yöntemi

Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi (WASPAS), çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olarak 2012 yılında Zavadskas vd. [20] tarafından önerilmiştir. Daha sonra bu metod 2014 yılında Zavadskas vd. [21] tarafından aralık değerli sezgisel bulanık sayılar kullanılarak geliştirilmiştir. 2015 yılında ise Bulanık WASPAS yönteminin adımları Turskis vd. [17] tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır. Keshavarz Ghorabae vd.

[12] ise 2016 yılında WASPAS metodunu Aralık Tip-2 bulanık sayıları kullanarak genişletmişlerdir. WASPAS “Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model-WSM)” ve “Ağırlıklı Çarpım Modeli (Weighted Product Model-WPM)” olmak üzere iki farklı modelin sonuçlarını birleştiren çok kriterli karar verme yaklaşımıdır. Bulanık WASPAS adımları şu şekildedir:

**Adım 1:** Bulanık karar matrisinin oluşturulması: Karar matrisinin girdileri, i. alternatifi j. kritere göre bulanık performans değeri ( $\tilde{x}_{ij}$ ) ve ağırlığıdır ( $\tilde{w}_j$ ). m adet alternatif ve n adet kriter vardır.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (11)$$

**Adım 2:** Normalize karar matrisinin oluşturulması:  $\tilde{x}_{ij}$  başlangıç değerlerinin hepsi için normalizasyon işlemleri yapılır.

$$\tilde{x}_{ij} = \begin{cases} \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max_i \tilde{x}_{ij}} & \text{eğer fayda kriteri ise} \\ \tilde{x}_{ij} = \frac{\min_i \tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_{ij}} & \text{eğer maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad (12)$$

$$i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

**Adım 3:** Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin ( $\tilde{X}_q$ ) Ağırlıklı Toplam Modeli (WSM) için hesaplanması:

$$\tilde{X}_q = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \tilde{w}_j; i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin ( $\tilde{X}_p$ ) Ağırlıklı Çarpım Modeli (WPM) için hesaplanması:

$$\tilde{X}_p = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij}^{\tilde{w}_j}; i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$$

Turskis vd. [17] birden fazla karar vericiden ayrı ayrı elde edilen kriter ağırlıklarını bütünleştirmek için aşağıdaki yöntemi önermişlerdir. n kriter için bulanık grup ağırlıkları

$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_n] = [\tilde{w}_j]$  aşağıdaki gibi elde edilir ( $\tilde{w}_j$  bulanık üçgensel sayıdır):

$$\tilde{x}_j = (x_{j\alpha}, x_{j\beta}, x_{j\gamma}) \quad (15)$$

j kriter ağırlığının mümkün olan minimum değeri:

$$w_{j\alpha} = \min_k y_{jk}, \quad y_{jk} \text{ k uzman tarafından belirlenen j kriter ağırlığıdır, } j = \overline{1, n}, k = \overline{1, p},$$

j kriter ağırlığının en olası değeri:

$$w_{j\beta} = \left( \prod_{k=1}^p y_{jk} \right)^{1/p}, \quad j = \overline{1, n},$$

j kriter ağırlığının mümkün olan maksimum değeri:  $w_{j\gamma} = \max_k y_{jk}, \quad j = \overline{1, n}, k = \overline{1, p}$

**Adım 4:** Optimallik fonksiyon değerlerinin hesaplanması:

a) Her bir alternatif için Ağırlıklı Toplam Modeline göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{Q}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}; i = \overline{1, m} \quad (16)$$

b) Her bir alternatif için Ağırlıklı Çarpım Modeline göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tilde{P}_i = \prod_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}; i = \overline{1, m} \quad (17)$$

Her bir alternatif için bulanık performans ölçümünün sonucu olan  $\tilde{Q}_i$  ve  $\tilde{P}_i$  değerleri bulanık sayılardır. Bulanık sayıları durulaştırma işlemi aşağıdaki eşitliklerle yapılır.

$$Q_i = \frac{1}{3} (Q_{i\alpha} + Q_{i\beta} + Q_{i\gamma}) \quad (18)$$

$$P_i = \frac{1}{3} (P_{i\alpha} + P_{i\beta} + P_{i\gamma}) \quad (19)$$

**Adım 5:** Bulanık WASPAS yönteminin her bir alternatif için bütünleşik fayda fonksiyon değeri aşağıdaki gibi belirlenebilir.

$$K_i = \lambda \sum_{j=1}^m Q_i + (1 - \lambda) \sum_{j=1}^m P_i \quad (20)$$

$$\lambda = 0, \dots, 1, 0 \leq K_i \leq 1$$

$\lambda$  değeri belirlenirken, tüm alternatifler için Ağırlıklı Toplam Modelinin, Ağırlıklı Çarpım Modeli puanlarına eşit olması gerektiği varsayılmaktadır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{i=1}^m Q_i + \sum_{i=1}^m P_i} \quad (21)$$

**Adım 6:** Son olarak, alternatifler  $K_i$  değerlerine göre sıralanır. En büyük  $K_i$  değerine sahip olan alternatif en uygun alternatiftir. Alternatifler için  $K_i$  değerlerine bakılarak uygunluk sırası oluşturulabilir.

### 3. ÖNERİLEN MODEL

İşletmeler gelişen teknolojiye uyum sağlamak ve aynı zamanda rekabet avantajı sağlamak için sürekli iyileştirme felsefesini benimsemektedirler. Kaizen öneri sistemi de sürekli iyileştirme felsefesi kapsamında işletmeler tarafından tercih edilen bir yöntemdir. Kaizenler işletme içerisinde küçük iyileştirmeler olarak görülse de uzun vadede etkisi oldukça yüksek olabilmektedir. Kaizen öneri sisteminin çalışanlar tarafından benimsenmesi amacıyla genellikle teşvik amaçlı ödül sistemi de uygulanmaktadır. Çalışanlar tarafından geliştirilen önerilerin bir metot ile değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi hem Kaizen öneri sisteminin verimliliğini arttıracak hem de ödül sisteminin adil olarak uygulanmasına destek olacaktır. Bu çalışmada Kaizen öneri sistemi kapsamında yapılan önerilerin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlayan bir model önerilmiştir. Kaizen önerileri değerlendirilirken göz önünde bulundurulması gereken birçok kriter vardır. Şekil 1'de görüldüğü gibi Kaizen önerilerinin değerlendirilmesi için Kaizen Türü, Çalışan Türü, Risk, Kalite Maliyeti ve Tasarruf olmak üzere 5 ana kriter ve her bir ana kritere ait alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler önerilen modelin uygulandığı işletmedeki uzmanların görüşü alınarak belirlenmiştir.

**Kaizen Türü:** çalışanlar tarafından pek çok farklı konuda iyileştirme önerileri gelebilmektedir. Bazı iyileştirmeler tamamen maliyet odaklı iken bazıları İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından riskleri ortadan kaldırmaya yönelik önerilerdir. Dolayısıyla öncelikle önerilerin hangi amaca yönelik olduğunu belirlemek gerekmektedir. Bu kapsamda öneriler maliyet, bireysel gelişim, kalite, çevre ve İSG olmak üzere 5 ana başlık altında değerlendirilmektedir.

**Çalışan Türü:** Önerilerin gerçekleştirilmesi durumunda iyileştirmenin odağında olacak grubu ifade eder. Bu

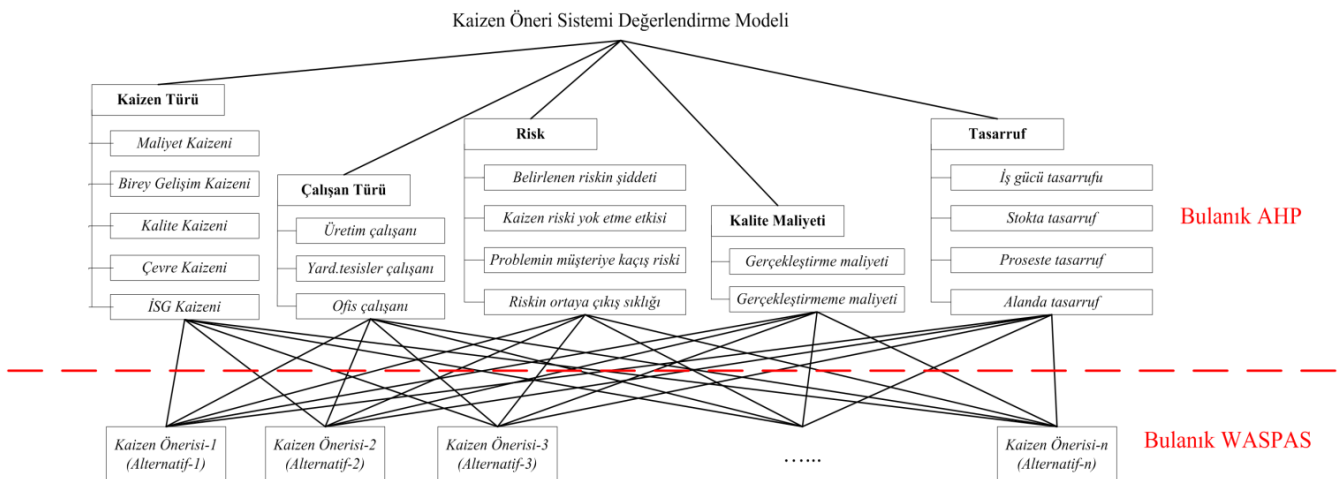
kapsamda ofis çalışanı, üretim çalışanı ve yardımcı tesisler çalışanı olmak üzere 3 ana grup mevcuttur.

**Risk:** Önerilen her bir kaizen olası bir riski önlemeyi de amaçlar. Bu risk bazen hatalı parçanın son kullanıcıya (müşteriye) ulaşması iken bazen yeniden işleme maliyeti bazen de iş kazası olarak ortaya çıkabilir. Önerilen kaizenler risk kriteri kapsamında, belirlenen riskin şiddeti, kaizenin riski yok etme etkisi, problemin müşteriye kaçış riski ve riskin ortaya çıkış sıklığı olmak üzere 4 ana başlıkta incelenmektedir.

**Kalite Maliyeti:** Kaizen öneri sistemindeki felsefe küçük adımlarla fakat sürekli olarak iyileştirme yapılmasını içerir. Önerilen kaizenlerin gerçekleştirme maliyetlerinin kazanımları karşısında çok daha düşük olması hedeflenir. Bununla birlikte önerilen kaizenlerin gerçekleştirilmemesi durumunda ortaya çıkacak maliyetlerin de belirlenmesi önem arz eder. İlgili kaizen gerçekleştirilmeyecekse bundan dolayı oluşacak maliyetlere katlanılacaktır.

**Tasarruf:** Tam olarak önerinin işletmeye ne kazandıracığı ile ilgili bir kriterdir. İş gücü tasarrufu, stok miktarında tasarruf, sürelerde gerçekleşecek bir tasarruf ve fabrika alanından tasarruf olmak üzere 4 başlıkta değerlendirme yapılacaktır.

Kriterlerin ağırlıkları Bulanık AHP metodu ile hesaplanmaktadır. Çalışanlar tarafından önerilen Kaizenlerin her biri birer alternatif gibi değerlendirilerek Bulanık WAPSAS metodu ile sıralanmaktadır. Önerilen model sonucunda ortaya çıkan sıra kaizen önerilerini gerçekleştirme sırası olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Kaizen öneri sistemi değerlendirme modeli

### 4. UYGULAMA

Bu çalışma kapsamında geliştirilen model bir otomotiv firmasında uygulanmıştır. Geliştirilen modelde Kaizen

önerilerinin değerlendirilmesi için ilk adım olan kriter ağırlıklarının belirlenmesi Bulanık AHP yöntemi ile gerçekleştirilirken alternatiflerin yani kaizen önerilerinin sırası ise Bulanık WAPSAS yöntemi ile hesaplanmıştır.

Geliştirilen modelin uygulandığı işletmede toplam 11 adet kaizen önerilmiş olup bu öneriler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışanlar tarafından sunulan Kaizen önerileri

Kaizen Num.	Kaizen Açıklaması
A <sub>1</sub>	Boyalı parçaların taşınmasında yaşanan problemlerin iyileştirilmesi
A <sub>2</sub>	Tampon hazırlık prosesinde yaşanan verimsizliğin iyileştirilmesi
A <sub>3</sub>	Test esnasında oluşan yüksek sesin iyileştirilmesi
A <sub>4</sub>	İzolasyon sac kırılmalarının iyileştirilmesi
A <sub>5</sub>	Mekanik ayak montaj zorluğunun iyileştirilmesi
A <sub>6</sub>	Alt boşaltım prosesinde oluşan ergonomik zorlukların iyileştirilmesi
A <sub>7</sub>	Çamurluk prosesinde yaşanan zaman kayıplarının iyileştirilmesi
A <sub>8</sub>	Model üretim planına göre senaryo hazırlanması
A <sub>9</sub>	Yapılan işlerde detay eksikliğinin iyileştirilmesi
A <sub>10</sub>	Montaj hattı girişinde boya rötuş işleminin yapılması
A <sub>11</sub>	Müşteri şikâyet modelinin iyileştirilmesi

Öncelikle işletme bünyesindeki bulunan yalın ofiste çalışan 3 adet üst düzey yetkili çalışan, karar verici (KV) olarak belirlenmiştir. Karar vericiler tarafından ilk olarak kriterler değerlendirilmiştir. Bulanık AHP yöntemi ile ana kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra alt kriterlere ait global ağırlıklar belirlenmiştir. Karar vericiler, kriterleri karşılaştırırken önemli, daha önemli gibi dilsel ifadeler kullanmışlardır. Bu ifadeler Tablo 2 kullanılarak bulanık üçgensel sayılara dönüştürülmüştür. Kriterlerin ağırlıkları Eşitlik (1)-(10) kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulanık WASPAS yönteminin ilk adımı olarak, karar vericiler başlangıç bulanık karar verme matrisini belirlemişlerdir. Bu matris belirlenirken kullanılan dilsel ifadeler Tablo 6 kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Başlangıç bulanık karar verme matrisi Tablo 7'de verilmiştir. Bir sonraki adımda ise Eşitlik (12) kullanılarak başlangıç bulanık karar verme matrisi normalize edilmiştir (Tablo 8). Burada K11 ve K41 alt kriterleri maliyet kriteri olarak ele alınmış olup hesaplamalar bu durum dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin K11 kriteri için öncelikle Tablo 7'den alınan değerlerin en küçüğü belirlenir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta K11 kriteri bir maliyet kriteridir bu nedenle en küçüğü belirlenmiştir.

$\text{Min}(7,9,10,3,5,7,7,9,10,5,7,9,5,7,9,7,9,10,7,9,10,3,5,7,5,7,9,5,7,9,9,10,10)=3$

Daha sonra Tablo 7'de yer alan ve K11 kriteri için belirlenen her bir  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  değeri için aşağıdaki işlem yapılır.  
 $3/7=0.429$  ;  $3/9=0.333$  ;  $3/10=0.3$

K12 kriteri ise pozitif bir kriter olduğu için Tablo 7'den alınan değerlerin en büyüğü belirlenir.

**Tablo 2.** Kriterlere ait dilsel ifadeler ve bulanık üçgensel sayılar

Dilsel ifadeler	Bulanık üçgensel sayılar	Bulanık üçgensel sayıların tersi
Eşit önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Az önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Daha önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesinlikle daha önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Tablo 3'te karar verici 1'e ait ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi örnek olarak verilmiştir. Her bir karar verici önce ana kriterleri daha sonra alt kriterleri karşılaştırarak değerlendirmiştir. Tablo 4'te ise tüm karar vericilere ait alt kriterlerin global ağırlıkları listelenmiştir. Bulanık AHP ile belirlenen ve Tablo 4'te verilen her bir karar vericinin ayrı ayrı belirlediği ağırlıklar daha sonra WASPAS yönteminde kullanılmak üzere bütünleştirilmiştir (Tablo 5). Tablo 5'te yer alan  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  değerleri Eşitlik (15) kullanılarak hesaplanmıştır. Örneğin K11 kriteri için karar vericilerin görüşleri Bulanık AHP yöntemiyle değerlendirildikten sonra sırasıyla 0.0677, 0.0605 ve 0.0599 olarak belirlenmiştir.

K11 kriter ağırlığının mümkün olan minimum değeri:  
 $\text{min}(0.0677, 0.0605, 0.0599)=0.0599$

K11 kriter ağırlığının en olası değeri:  
 $(0.0677 \times 0.0605 \times 0.0599)^{1/3}=0.0626$

K11 kriter ağırlığının mümkün olan maksimum değeri:  
 $\text{maks}(0.0677, 0.0605, 0.0599)=0.0677$  olarak hesaplanmıştır.

Kriter ağırlıkları Bulanık AHP yöntemi ile belirlendikten sonra Kaizen önerileri Bulanık WASPAS yöntemi ile sıralanmıştır.

$\text{Maks}(9,10,10,9,10,10,5,7,9,9,10,10,5,7,9,7,9,10,3,5,7,5,7,9,7,9,10,9,10,10,3,5,7)=10$

Daha sonra Tablo 7'de yer alan ve K12 kriteri için belirlenen her bir  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  değeri için işlemler yapılır.  $9/10=0.9$  ;  $10/10=1$  ;  $10/10=1$

Eşitlik (13) ve Eşitlik (14) kullanılarak Ağırlıklı Toplam Modeli ve Ağırlıklı Çarpım Modeli için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi hesaplanmıştır. Daha sonra Eşitlik (16)- Eşitlik (19) kullanılarak Optimallik fonksiyon değerleri hesaplanmıştır. Tablo 9'da sadece alternatif 1'e ait Ağırlıklı Toplam Modeli ve Ağırlıklı Çarpım Modeli için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi örnek olarak gösterilmiştir. Son olarak, Eşitlik (20) ve Eşitlik (21) kullanılarak Bulanık WASPAS yönteminin her bir alternatif için bütünleşik fayda fonksiyon değeri hesaplanmıştır. Kaizen önerileri (alternatifler) belirlenen  $K_i$  değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanmış olup, bu değerler Tablo 10'da verilmiştir.

Örneğin Alternatif 1 için;

$\sum p_i=0.695+0.798+0.664+0.676+0.735+0.728+0.674+0.770+0.768+0.740+0.724=7.972$

$$\sum Q_i = 0.740 + 0.829 + 0.714 + 0.727 + 0.765 + 0.768 + 0.717 + 0.792 + 0.807 + 0.772 + 0.768 = 8.401$$

$$\lambda = 7.972 / (7.972 + 8.401) = 0.487$$

Alternatif 1 için bütünlük fayda fonksiyon değeri  $K_1$  aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$(0.487 \times 0.740) + (1 - 0.487) \times 0.695 = 0.717$$

**Tablo 3.** Karar Verici 1'e ait ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	Kaizen türü	Çalışan türü	Risk	Kalite maliyetleri	Tasarruf
Kaizen türü	(1;1;1)	(5;7;9)	(1;3;5)	(3;5;7)	(1;3;5)
Çalışan türü	(0.11;0.14;0.2)	(1;1;1)	(0.14;0.2;0.33)	(1;3;5)	(0.2;0.33;1)
Risk	(0.2;0.33;1)	(3;5;7)	(1;1;1)	(3;5;7)	(1;3;5)
Kalite maliyetleri	(0.14;0.2;0.33)	(0.2;0.33;1)	(0.14;0.2;0.33)	(1;1;1)	(1;3;5)
Tasarruf	(0.2;0.33;1)	(1;3;5)	(0.2;0.33;1)	(0.2;0.33;1)	(1;1;1)

**Tablo 4.** Tüm karar vericilere ait alt kriterlerin global ağırlıkları

Ana Kriter	Alt kriterler	Karar Vericiler		
		KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
Kaizen türü	K11 Maliyet	0.0677	0.0605	0.0599
	K12 Birey Gelişimi	0.0186	0.0166	0.0164
	K13 Kalite	0.1059	0.0945	0.0937
	K14 Çevre	0.0554	0.0495	0.0490
	K15 İş Güvenliği	0.1017	0.0908	0.0900
Çalışan türü	K21 Üretim Çalışanı	0.0603	0.0722	0.0780
	K22 Yardımcı Tesisler	0.0054	0.0065	0.0070
	K23 Ofis Çalışanı	0.0395	0.0473	0.0511
Risk	K31 Belirlenen Riskin Şiddeti	0.0496	0.0473	0.0465
	K32 Kaizenin Riski Yok Etme Etkisi	0.0840	0.0801	0.0788
	K33 Problemin Müşteriye Kaçış Riski	0.1182	0.1127	0.1109
	K34 Riskin Ortaya Çıkış Sıklığı	0.0508	0.0484	0.0477
Kalite maliyetleri	K41 Gerçekleştirme Maliyeti	0.0542	0.0630	0.0624
	K42 Gerçekleştirmeme Maliyeti	0.0542	0.0630	0.0624
Tasarruf	K51 İş Gücü Tasarrufu	0.0507	0.0556	0.0550
	K52 Stokta Tasarruf	0.0447	0.0489	0.0485
	K53 Proseste Tasarruf	0.0302	0.0331	0.0328
	K54 Alanda Tasarruf	0.0091	0.0100	0.0099

**Tablo 5.** Bütünleştirilmiş kriter ağırlıkları

Kriterler	Karar Vericiler			W			Kriterler	Karar Vericiler			W		
	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
K11	0.0677	0.0605	0.0599	0.0599	0.0626	0.0677	K32	0.084	0.0801	0.0788	0.0788	0.081	0.084
K12	0.0186	0.0166	0.0164	0.0164	0.0172	0.0186	K33	0.1182	0.1127	0.1109	0.1109	0.1139	0.1182
K13	0.1059	0.0945	0.0937	0.0937	0.0979	0.1059	K34	0.0508	0.0484	0.0477	0.0477	0.0489	0.0508
K14	0.0554	0.0495	0.049	0.049	0.0512	0.0554	K41	0.0542	0.063	0.0624	0.0542	0.0597	0.063
K15	0.1017	0.0908	0.09	0.09	0.094	0.1017	K42	0.0542	0.063	0.0624	0.0542	0.0597	0.063
K21	0.0603	0.0722	0.078	0.0603	0.0698	0.078	K51	0.0507	0.0556	0.055	0.0507	0.0537	0.0556
K22	0.0054	0.0065	0.007	0.0054	0.0062	0.007	K52	0.0447	0.0489	0.0485	0.0447	0.0473	0.0489
K23	0.0395	0.0473	0.0511	0.0395	0.0457	0.0511	K53	0.0302	0.0331	0.0328	0.0302	0.032	0.0331
K31	0.0496	0.0473	0.0465	0.0465	0.0478	0.0496	K54	0.0091	0.01	0.0099	0.0091	0.0097	0.01

**Tablo 6.** Alternatiflere ait dilsel ifadeler ve bulanık üçgensel sayılar [22]

Dilsel İfadeler	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Önemsiz	0	1	1
Az Önemli	1	3	5
Orta Önemli	3	5	7
Önemli	5	7	9
Çok Önemli	7	9	10
Kesinlikle Çok Önemli	9	10	10

**Tablo 7.** Başlangıç bulanık karar verme matrisi

Alt Kriter	Çalışanlar tarafından yapılan Kaizen Önerileri (Alternatifler)																																
	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>4</sub>			A <sub>5</sub>			A <sub>6</sub>			A <sub>7</sub>			A <sub>8</sub>			A <sub>9</sub>			A <sub>10</sub>			A <sub>11</sub>		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
K11	7	9	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	3	5	7	5	7	9	5	7	9	9	9	10	10		
K12	9	10	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	9	10	10	3	5	7
K13	9	10	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10	7	9	10	3	5	7	5	7	9	9	10	10	7	9	10	9	10	10
K14	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
K15	5	7	9	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	5	7	9	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10
K21	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10
K22	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	7	9	10
K23	7	9	10	5	7	9	7	9	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10
K31	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	9	10	10
K32	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10
K33	3	5	7	7	9	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10
K34	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9
K41	3	5	7	5	7	9	5	7	9	7	9	10	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	10	5	7	9	5	7	9
K42	5	7	9	7	9	10	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	5	7	9	5	7	9
K51	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
K52	3	5	7	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7
K53	9	10	10	9	10	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7
K54	3	5	7	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7

**Tablo 8.** Normalize edilmiş bulanık karar verme matrisi

Alt Kriter	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>4</sub>		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
K11	0.429	0.333	0.300	1.000	0.600	0.429	0.429	0.333	0.300	0.600	0.429	0.333
K12	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.500	0.700	0.900	0.900	1.000	1.000
K13	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.500	0.700	0.900	0.300	0.500	0.700
K14	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.900	1.000	1.000	0.300	0.500	0.700
K15	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000
K21	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000
K22	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.900	1.000	1.000	0.300	0.500	0.700
K23	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900
K31	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000
K32	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000
K33	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.900	1.000	1.000
K34	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000
K41	1.000	0.600	0.429	0.600	0.429	0.333	0.600	0.429	0.333	0.429	0.333	0.300
K42	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700
K51	0.500	0.700	0.900	0.900	1.000	1.000	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700
K52	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700
K53	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.300	0.500	0.700	0.900	1.000	1.000
K54	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000

**Tablo 8 (devam).** Normalize edilmiş bulanık karar verme matrisi

Alt Kriter	A <sub>5</sub>			A <sub>6</sub>			A <sub>7</sub>			A <sub>8</sub>		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
K11	0.600	0.429	0.333	0.429	0.333	0.300	0.429	0.333	0.300	1.000	0.600	0.429
K12	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.500	0.700	0.900
K13	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700	0.500	0.700	0.900
K14	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900
K15	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900
K21	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000
K22	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700
K23	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.900	1.000	1.000
K31	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900



K32	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000
K33	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000
K34	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000
K41	0.600	0.429	0.333	0.600	0.429	0.333	0.600	0.429	0.333	1.000	0.600	0.429
K42	0.500	0.700	0.900	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000
K51	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900
K52	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.500	0.700	0.900
K53	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000
K54	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.700	0.900	1.000

**Tablo 8 (devam).** Normalize edilmiş bulanık karar verme matrisi

Alt Kriter	A <sub>9</sub>			A <sub>10</sub>			A <sub>11</sub>		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
K11	0.600	0.429	0.333	0.600	0.429	0.333	0.333	0.300	0.300
K12	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.300	0.500	0.700
K13	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000
K14	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900
K15	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000
K21	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.700	0.900	1.000
K22	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.700	0.900	1.000
K23	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000
K31	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000
K32	0.700	0.900	1.000	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000
K33	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.900	0.900	1.000	1.000
K34	0.900	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	0.500	0.700	0.900
K41	0.429	0.333	0.300	0.600	0.429	0.333	0.600	0.429	0.333
K42	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900
K51	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900	0.500	0.700	0.900
K52	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700	0.300	0.500	0.700
K53	0.900	1.000	1.000	0.700	0.900	1.000	0.300	0.500	0.700
K54	0.900	1.000	1.000	0.500	0.700	0.900	0.300	0.500	0.700

**Tablo 9.** Alternatif 1 için Ağırlıklı Toplam Modeli ve Ağırlıklı Çarpım Modeli için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriter	Ağırlıklı Toplam Modeli			Kriter	Ağırlıklı Çarpım Modeli		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
K11	0.026	0.021	0.020	K11	0.950	0.934	0.922
K12	0.015	0.017	0.019	K12	0.998	1.000	1.000
K13	0.084	0.098	0.106	K13	0.990	1.000	1.000
K14	0.015	0.026	0.039	K14	0.943	0.965	0.980
K15	0.045	0.066	0.092	K15	0.940	0.967	0.989
K21	0.054	0.070	0.078	K21	0.994	1.000	1.000
K22	0.002	0.003	0.005	K22	0.994	0.996	0.998
K23	0.028	0.041	0.051	K23	0.986	0.995	1.000
K31	0.042	0.048	0.050	K31	0.995	1.000	1.000
K32	0.055	0.073	0.084	K32	0.972	0.992	1.000
K33	0.033	0.057	0.083	K33	0.875	0.924	0.959
K34	0.043	0.049	0.051	K34	0.995	1.000	1.000
K41	0.054	0.036	0.027	K41	1.000	0.970	0.948
K42	0.027	0.042	0.057	K42	0.963	0.979	0.993
K51	0.025	0.038	0.050	K51	0.965	0.981	0.994
K52	0.013	0.024	0.034	K52	0.948	0.968	0.983
K53	0.027	0.032	0.033	K53	0.997	1.000	1.000
K54	0.003	0.005	0.007	K54	0.989	0.993	0.996
Q <sub>i</sub>	0.591	0.744	0.884	P <sub>i</sub>	0.593	0.708	0.784
Q <sub>IDURU</sub>	0.740			P <sub>IDURU</sub>	0.695		

**Tablo 10.** Her bir Kaizen önerisine ait bütünleşik fayda fonksiyon değerleri

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>	A <sub>11</sub>
Q	0.740	0.829	0.714	0.727	0.765	0.768	0.717	0.792	0.807	0.772	0.768
P	0.695	0.798	0.664	0.676	0.735	0.728	0.674	0.770	0.768	0.740	0.724
$\lambda$	0.487										
K <sub>i</sub>	0.717	0.813	0.688	0.701	0.750	0.748	0.695	0.781	0.787	0.756	0.745
Sıra	8	1	11	9	5	6	10	3	2	4	7

## 5. SONUÇ

İşletmeler gerek çekirdek süreçlerinde gerekse yardımcı süreçlerinde sürekli iyileştirmeler sayesinde sistemlerinin güncelliğini koruyabilmektedir. Söz konusu iyileştirmelerin büyük maliyetler ile sonuçlanan ve kazanımı çok kısa dönemde hızla gözlemlenebilen faaliyetler olabileceği gibi, çok daha düşük maliyet ile daha dar kapsamlı fakat sürekli yapılan iyileştirme faaliyetleri de olabilmektedir. Bu çalışmada düşük maliyetli, küçük adımlı fakat sürekli olarak gerçekleştirilen iyileştirme felsefesini içeren kaizen öneri sistemi ele alınarak, bu sistem kapsamında işletme çalışanları tarafından sunulan kaizen önerilerini değerlendirmek üzere bir model geliştirilmiştir. Modelin amacı önerilen iyileştirmelerin belirli kriterlere göre sıralanması ve bu sıra dikkate alınarak uygulanmasıdır. Önerilen modelde, kaizen önerilerinin önceliklendirilmesinde Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışmada, ana kriter ve ilgili alt kriterlerin ağırlıklandırılmasında Bulanık AHP yöntemi kullanılırken, kaizen önerilerinin sıralamasında Bulanık WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Kaizen önerilerinin önceliklendirilmesi sayesinde modeli uygulayan işletme tarafından kaizen önerilerinin uygulama süreci planlanarak kıt kaynaklar etkin bir şekilde ihtiyaçlara yönelik dağıtılabilir. Modelde, önerilen kaizenler; kaizen türü, çalışan türü, risk, kalite maliyetleri ve tasarruf olmak üzere 5 ana kriter ışığında değerlendirilmiştir. Her bir ana kriterin kendi içinde alt kriterleri de mevcuttur. Toplamda 18 alt kriter belirlenmiştir.

Önerilen model bir otomotiv işletmesinde uygulanmıştır. Bu işletmede çalışanlar tarafından önerilen 11 kaizen değerlendirilmiş ve önceliklendirilmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen sıralama incelendiğinde, öncelikle 2 numaralı kaizen önerisinin (tampon hazırlık prosesinde yaşanan verimsizliğin iyileştirilmesi) uygulamaya alınması sonucuna varılmıştır. Bu durum 2 numaralı kaizenin diğer kaizenlere göre öncelikli olduğu anlamına gelmektedir. Bir sonraki iyileştirme ise 9 numaralı kaizen (yapılan işlerde detay eksikliğinin iyileştirilmesi) olarak tespit edilmiştir. İşletmede yeterli kaynak mevcut ise önceliklendirilen kaizenler mümkün olduğunca paralel olarak uygulamaya alınabilir. En son sıralarda yer alan kaizen önerileri ise daha sonra yapılmak üzere planlama listesine alınır.

Gelecek çalışmalarda farklı değerlendirme kriterleri eklenerek model genişletilebilir. Bununla birlikte mevcut

değerlendirme yöntemi olan Bulanık WASPAS yerine Aralık Tip-2 Bulanık WASPAS yöntemi kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

## KAYNAKÇA

- [1] A. P. Brunet and S. New, "Kaizen in Japan: An empirical study," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 23, no. 12, pp. 1426–1446, 2003.
- [2] B. Modarress, A. Ansari, and D. L. Lockwood, "Kaizen costing for lean manufacturing: A case study," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 43, no. 9, pp. 1751–1760, 2005.
- [3] A. Altınbay, "Kaizen Maliyetleme Sistemi: Dinamik Bir Maliyet Yöntemi Sistemi," *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Derg.*, vol. 8, no. 1, pp. 103–121, 2006.
- [4] E. Bozdemir and M. S. Orhan, "Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesinde Kaizen Maliyetleme Yönteminin Rolü ve Uygulanabilirliğine Yönelik Bir Araştırma," *Atatürk Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 15, no. 2, pp. 463–480, 2011.
- [5] J. L. García, D. G. Rivera, and A. A. Iniesta, "Critical success factors for Kaizen implementation in manufacturing industries in Mexico," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 68, no. 1–4, pp. 537–545, 2013.
- [6] T. Hacıhasanoğlu, "Üretim maliyetlerinin düşürülmesinde kaizen maliyetleme yöntemi ve mobilya sektöründe bir uygulama," *Ekonom. ve Sos. Araştırmalar Derg.*, vol. 10, no. 2, pp. 47–64, 2014.
- [7] D. Carnerud, C. Jaca, and I. Bäckström, "Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years," *TQM J.*, vol. 30, no. 4, pp. 371–390, 2018.
- [8] M. Bellgran, M. Kurdve, and R. Hanna, "Cost driven green kaizen in pharmaceutical production – Creating positive engagement for environmental improvements," *Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 1219–1224, 2019.
- [9] M. Staniūnas, M. Medineckienė, E. K. Zavadskas, and D. Kalibatas, "To modernize or not: Ecological-economical assessment of multi-dwelling houses modernization," *Arch. Civ. Mech. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 88–98, 2013.
- [10] M. Madić, V. Gecevska, M. Radovanović, and D. Petković, "Multi-criteria economic analysis of machining processes using the WASPAS method," *J. Prod. Eng.*, vol. 17, no. 2, pp. 79–82, 2014.
- [11] V. Bagočius, K. E. Zavadskas, and Z. Turskis, "Multi-criteria selection of a deep-water port in Klaipėda," *Procedia Eng.*, vol. 57, pp. 144–148, 2013.
- [12] M. K. Ghorabae, E. K. Zavadskas, M. Amiri, and A. Esmaili, "Multi-criteria evaluation of green suppliers

using an extended WASPAS method with interval type-2 fuzzy sets,” *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 213–229, 2016.

[13] E. K. Zavadskas, D. Kalibatas, and D. Kalibatiene, “A multi-attribute assessment using WASPAS for choosing an optimal indoor environment,” *Arch. Civ. Mech. Eng.*, vol. 16, no. 1, pp. 76–85, 2016.

[14] E. Aytaç Adalı and A. Tuş Işık, “Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı,” *Int. Rev. Econ. Manag.*, vol. 5, no. 4, pp. 56–77, 2017.

[15] M. K. Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, and J. Antuchevičienė, “Assessment of third-party logistics providers using a CRITIC–WASPAS approach with interval type-2 fuzzy sets,” *Transport*, vol. 32, no. 1, pp. 66–78, 2017.

[16] E. Çakır, G. Akel, and M. Doğaner, “Türkiye’de faaliyet gösteren özel alışveriş sitelerinin bütünlük SWARA-WASPAS yöntemi ile değerlendirilmesi,” *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Derg.*, no. 18. EYİ Özel Sayısı, pp. 599–616, 2018.

[17] Z. Turskis, E. K. Zavadskas, J. Antuchevičiene, and N. Kosareva, “A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection,” *Int. J.*

*Comput. Commun. Control*, vol. 10, no. 6, pp. 873–888, 2015.

[18] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process*. New York, USA: McGraw-Hill, 1980.

[19] D.-Y. Chang, “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 95, no. 3, pp. 649–655, 1996.

[20] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antuchevičiene, and A. Zakarevicius, “Optimization of weighted aggregated sum product assessment,” *Elektron. ir Elektrotechnika*, vol. 122, no. 6, pp. 3–6, 2012.

[21] E. K. Zavadskas, J. Antuchevičiene, S. H. Razavi Hajiagha, and S. S. Hashemi, “Extension of weighted aggregated sum product assessment with interval-valued intuitionistic fuzzy numbers (WASPAS-IVIF),” *Appl. Soft Comput.*, vol. 24, pp. 1013–1021, 2014.

[22] Z. Turskis, N. Goranin, A. Nurusheva, and S. Boranbayev, “A fuzzy WASPAS-based approach to determine critical information infrastructures of EU sustainable development,” *Sustain.*, vol. 11, no. 2, p. 424, 2019.