

## Bir Otomotiv İşletmesinde Vikor Yöntemi ile Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçimi

Caner Çil, Selen Avcı Azkeskin\*, Zerrin Aladağ

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

canercil.99@gmail.com<sup>ID</sup>, \*selen.avci@kocaeli.edu.tr<sup>ID</sup>, zaladag@kocaeli.edu.tr<sup>ID</sup>

Makale gönderme tarihi:20.05.2022 Makale kabul tarihi:26.10.2022

### Öz

İşletmeler, kar elde edebilmek ve rekabetçi koşullarda ayakta kalabilmek için katma değeri yüksek nihai ürünler oluşturmak zorundadır. Bu bağlamda, mevcut üretim faktörlerinin uyumlu ve işletmenin hedeflerine göre planlanmış olması uzun dönemli bir döngü için oldukça önemlidir. Makineler, üretimde verimliliğe doğrudan etki eden unsurlar olarak üretim faktörlerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. İşletmeler, zaman zaman tesis ve makine yerleşiminin düzenlenmesi, yeni makine ve teknolojilerin alınması gibi karar problemleriyle karşı karşıya kalırlar. Karar problemlerinde birden fazla kriter ve alternatif olması durumunda en uygun kararı verebilmek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine başvurulabilir. Bu çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi işletmesinde mevcut plastik enjeksiyon makinelerinin artan üretim taleplerini karşılamak için yetersiz kalmasından dolayı yeni bir enjeksiyon makinesi satın alma problemi incelenmektedir. Bu amaçla, uzman görüşleri doğrultusunda belirlenen kriterler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve CRITIC (Kriterler arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti - CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemleri ile ayrı ayrı ağırlıklandırılmış; sonrasında VIKOR (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm - VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuç olarak sekiz sıralama elde edilerek uygun plastik enjeksiyon makinesi seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AHP, CRITIC, enjeksiyon, makine, otomotiv, VIKOR

## Selection of Plastic Injection Machine with Vikor Method in a Automotive Enterprise

### Abstract

Companies have to create end products with high added value in order to make profit and survive in competitive conditions. In this regard, it is very important for a long-term cycle that the existing production factors are compatible and planned according to the goals of the enterprise. Machines are among the most important factors of production as they directly affect productivity. Occasionally, companies encounter decision problems such as arranging plant and machine layout, purchasing new machines and technologies. In case of multiple criteria or alternatives, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods can be used to make the most proper decision. In this study, we have examined the problem of purchasing a new injection molding machine in an automotive supply industry company operating in Bursa, because the existing ones are insufficient to meet the increasing production demands. For this, we have weighed the criteria, which we determined in accordance with expert opinions, separately with the Analytical Hierarchy Process (AHP) and CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) methods, and then we have ranked the alternatives with the VIKOR (VİseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) method. We have performed a sensitivity analysis by changing the parameter indicating the weight of the strategy that provides the maximum group benefit in the VIKOR method, and as a result, obtained eight rankings and selected the proper injection molding machine.

**Keywords:** AHP, CRITIC, injection, machine, automotive, VIKOR

## GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin ana hedefi, doğru pazar araştırmaları ile müşterilerin taleplerini en iyi şekilde anlamak ve katma değeri yüksek nihai ürünler ortaya çıkararak kar elde etmektir. Üretim yapan işletmeler; herhangi bir ürüne olan talebin artması, mevcut ürünün ömrünü tamamlaması, hedef kitlenin görüşlerinin değişmesi vb. durumlarda birtakım talepleri karşılayamaz duruma gelebilmektedir. Bu durumda yöneticiler, müşterilerin taleplerine yeniden cevap verebilmek için çeşitli karar problemleri ile karşı karşıya kalırlar (Şahin, 2020). İşletmelerin mevcut kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanarak doğru zaman, kalite ve miktarda üretim yapabilmesi için verilecek en önemli kararlardan biri makine seçimidir. Verimlilik, güvenlik, maliyet, kullanım kolaylığı vb. birçok faktörün dikkate alınmasını gerektirdiğinden yeni makine seçimi oldukça zor ve karmaşık bir süreçtir (Arslan, 2004; Önüt, 2008 Akpınar, 2021). Bunun yanında makine seçimi; tesis yerleşimi, işçi sayısı, üretim kapasitesi gibi pek çok faktörü doğrudan etkilediğinden uzmanlık ve objektif bakış açısı gerektiren bir süreçtir (Arslan ve Budak, 2004).

Plastik malzemeler, çeşitli şekillerde işlenebilme özellikleri, küçük boyutlarda imal edilebilmeleri, montaj ve depolama kolaylıkları yanı sıra maliyet avantajları ile elektrik elektronik ve otomotiv başta olmak üzere birçok sektör için oldukça önemlidir (Kurt, 2012). Plastik malzemelerin üretiminde birden çok yöntem kullanılır. Bu yöntemlerden birisi de plastik enjeksiyon yöntemidir. 18. yy'ın başlarından

itibaren uygulanan plastik enjeksiyon işlemi, günümüzde yatay ve dikey eksenli enjeksiyon makineleri ile gerçekleştirilmektedir (Gültaş, 2004).

Bu çalışmada, Bursa ilinde araç ön, arka, iç aydınlatma, yağ deposu ve dikiz aynası üreten bir otomotiv yan sanayi işletmesinde artan talepleri karşılamak üzere yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçim problemi ele alınmıştır. Bu kapsamda, kriterler ve işletmenin üretim yapısına uygun olan alternatifler işletmede karar verici pozisyonunda bulunan ve enjeksiyon makinelerinden sorumlu üç kişilik bir uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Kriterler, eşit önemde olmadıkları varsayımı ile karşılaştırılmak üzere Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Kriterlerarası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti (CRITIC) yöntemleri ile ayrı ayrı ağırlıklandırılmıştır. Ardından, söz konusu ağırlıklar uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve uzlaşık bir çözüme ulaşmayı sağlayan güçlü bir sıralama yöntemi olan VIKOR (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje)'da kullanılmıştır. VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuç olarak 8 alternatif sıralaması elde edilmiştir.

Literatürde, makine seçiminde VIKOR, AHP ve CRITIC yöntemleri ve bunların bulanık açılımlarının tek tek ya da hibrit şekilde kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Tablo 1'de, bu çalışmalardan bazılarının yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Literatür Özeti

Yazar (Yıl)	Yöntem	Seçim Problemi
Ayağ ve Özdemir (2006)	AHP	Takım tezgahı
Dağdeviren (2008)	AHP ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)	Freze makinesi
Önüt (2008)	AHP ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	Takım tezgahı
Samvedi vd. (2012)	AHP ve Gri İlişkisel Analiz (GİA)	Takım tezgahı
Karim ve Karmaker (2016)	AHP ve TOPSIS	Makine
Wu vd. (2016)	VIKOR	CNC makinesi
Kısa ve Perçin (2017)	DEMATEL ve VIKOR	Mermir kesme makinesi
Demircioğlu ve Coşkun (2018)	CRITIC ve MOOSRA	Kesintisiz güç kaynağı
Faydalı ve Erkan (2019)	VIKOR	Paketleme makinesi
Yazıcı vd. (2021)	ANP, VIKOR ve PROMETHEE	İşleme merkezi
Olabanji ve Mporfu (2021)	AHP ve GİA	Boru bükme makinesi

Tablo 1’de Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri ile makine seçimi problemlerinden örnekler sunulmuştur. Plastik enjeksiyon makinesi seçimi özelinde incelendiğinde ise Özbek (2013)’in çalışması dikkat çekmektedir. Çalışmada, belirlenen kriterler bir anket aracılığıyla karar vericilere sorulmuş ve Pareto analizi ile önemli kriterler seçilmiştir. Sonrasında, Aksiyomatik Tasarım yönteminin Bilgi Aksiyomu kullanılarak plastik enjeksiyon makinesi seçimi yapılmıştır. Bu çalışma da literatürde karar problemlerine fazla konu olmamış “plastik enjeksiyon makinesi”ne odaklanmıştır. Özbek (2013)’in çalışmasından farklı olarak kriter ağırlıkları iki farklı ÇKKV yöntemi ile elde edilmiştir. Ayrıca, VIKOR yönteminde maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını gösteren parametrenin değiştirilmesiyle duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın birçok işletme için önemli bir maliyet kalemi olan makine seçiminde karar vericilere fayda ve gerçek bir problem olması bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE METOT

### Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Metodu

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

Aşağıda AHP yönteminin adımlarından kısaca bahsedilmiştir (Al-Harbi, 2001; Kabak ve Dağdeviren, 2017):

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

**Adım 2:** İkili karşılaştırmalar sonucunda hangi karar elemanının daha önemli olduğu  $a_{ij}$  ile ifade edilen bir değer ile gösterilmektedir. Buradaki  $a_{ij}$   $i$ . kriterin  $j$ . kritere göre ne kadar üstün olduğunu belirtmektedir. İkili karşılaştırmalar sonucunda  $n \times n$  boyutlu ve köşegen elemanları 1 olan bir matris oluşturulmaktadır.  $i$  kriteri  $j$ 'ye göre  $a_{ij}$  önemli ise  $j$  kriteri de  $i$ 'ye göre  $1/a_{ji}$  önemli olacaktır. İkili karşılaştırma matrisi Eşitlik 1.'de verilmiştir.

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

Birden fazla karar vericinin bulunduğu durumlarda, her karar verici kriterler için ikili karşılaştırma matrisi hazırlar ve bu ikili karşılaştırma matrisleri Eşitlik 2’deki gibi geometrik ortalama yardımıyla birleştirilir.

$$a_{nn} = \sqrt[n]{a_{nn}^{(1)} \times a_{nn}^{(2)} \times \dots \times a_{nn}^{(n)}} \quad (2)$$

**Adım 3:** İkili karşılaştırma matrisinde bulunan sütun elemanları sütun toplamına bölünerek normalize edilmektedir. Normalizasyon işlemi Eşitlik 3. ile yapılır.

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

**Adım 4:** Eşitlik 4.’te gösterildiği gibi her bir satır değerleri toplanır ve matris boyutuna ( $n$ ) bölünerek her bir kriter için yüzde önem ağırlıkları ( $w_i$ ) belirlenir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (4)$$

**Adım 4:** Karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sırasında tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranı hesaplanmalıdır. Tutarlılık oranı ( $CR$ ) değeri 0.1’den küçük ise ikili karşılaştırma tutarlı kabul edilir. En büyük özdeğer ( $\lambda_{maks}$ ) ve tutarlılık indeksi ( $CI$ ) formülleri sırasıyla Eşitlik 6. ve Eşitlik 6.’da verilmiştir.

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right) \quad (5)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{n - 1} \quad (6)$$

$CI/RI$  ile hesaplanarak tutarlılık ( $CR$ ) elde edilmektedir.

### CRITIC Metodu

CRITIC (Kriterlerarası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti) metodu, Diakoulaki vd. (1995) tarafından literatüre kazandırılmış bir

yöntemdir. Yöntemin adımları aşağıda özetlenmiştir (Vujicic, 2017, Ulutaş ve Cengiz, 2018):

**Adım 1:** Karar matrisi oluşturularak normalize edilir.  $j=1,2,3,\dots,n$  kriter ve  $i=1,2,3,\dots,m$  alternatif olmak üzere eğer  $j$ . kriter fayda özelliğine sahip ise Eşitlik 7., maliyet özelliğine sahip ise Eşitlik 8. kullanılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (8)$$

**Adım 2:** Eşitlik 9. kullanılarak  $j$  kriteri ve  $k$  kriteri arasındaki korelasyon değerleri ( $\rho_{jk}$ ) hesaplanır.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (9)$$

**Adım 3:** Eşitlik 11. kullanılarak  $C_j$  değerleri hesaplanır. Formülde bulunan  $\sigma_j$  ifadesi  $j$ . kriterin standart sapmasını ifade etmekte olup Eşitlik 10. kullanılarak elde edilmektedir.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (10)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}) \quad (11)$$

**Adım 4:** Eşitlik 12.'de gösterildiği üzere kriter ağırlıkları ( $W_j$ ) hesaplanır.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n (C_k)} \quad (12)$$

### VIKOR Metodu

VIKOR (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) metodu, karmaşık alternatif ve kriterlerin bulunduğu sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yöntem, Serafim Opricovic tarafından 1998 yılında önerilmiştir (Opricovic, 2004). VIKOR belirli kriterler altında seçilen alternatiflerin sıralanması ve en uygun olanının seçilmesi üzerine kurulmaktadır.

Ayrıca uzlaşık bir sıralama belirlemeyi ve uzlaşık bir çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir. Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir (Aktaş vd., 2015):

**Adım 1:** Her bir kriter için en iyi ( $f_j^*$ ) ve en kötü ( $f_j^-$ ) değerler belirlenmektedir. Burada  $j=1,2,3,\dots,m$  kriter ve  $i=1,2,3,\dots,n$  alternatif bulunmaktadır.  $j$ . kriter bir fayda özelliğine sahip ise Eşitlik 13., maliyet özelliğine sahip ise Eşitlik 14. kullanılmaktadır.

$$f_j^* = \max_{ij} \quad f_j^- = \min_{ij} \quad (13)$$

$$f_j^* = \min_{ij} \quad f_j^- = \max_{ij} \quad (14)$$

**Adım 2:** İkinci adımda doğrusal normalizasyon yapılmaktadır. Eşitlik 15. ve Eşitlik 16.'da normalizasyon işlemleri görülmektedir.  $r_{ij}$  normalize değerleri ifade ederken  $R$  ise normalize karar matrisini göstermektedir.

$$r_{ij} = \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \quad (15)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

**Adım 3:** Üçüncü adımda Eşitlik 17. ve Eşitlik 18. kullanılarak normalize matris ağırlıklandırılmaktadır.  $V$  ağırlıklı normalize karar matrisini göstermektedir.

$$V_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (17)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (18)$$

**Adım 4:** Eşitlik 19.'da  $S_i$  ve Eşitlik 20.'de  $R_i$  değerleri hesaplanmaktadır.  $S_i$  değerleri her bir alternatif için kriter değerlerinin toplamını ifade etmektedir.  $R_i$  ise her bir alternatif için mevcut kriterlerin en yüksek değerini göstermektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \quad (19)$$

$$R_i = \max_j (w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-}) \quad (20)$$

**Adım 5:**  $Q_i$  değerlerinin hesaplanması için kullanılan parametreler Eşitlik 21., Eşitlik 22., Eşitlik 23, Eşitlik 24. ve Eşitlik 25.'te yer almaktadır. Burada,  $q$  maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı  $(1-q)$  ise karşıt görüştekilerin pişmanlığını gösteren stratejinin ağırlığını ifade etmektedir.

$$S^* = \min S_i \quad (21)$$

$$S^- = \max S_i \quad (22)$$

$$R^* = \min R_i \quad (23)$$

$$R^- = \max R_i \quad (24)$$

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1 - q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (25)$$

**Adım 6:** Elde edilen  $Q_i$ ,  $S_i$  ve  $R_i$  küçükten büyüğe doğru sıralanır. Eğer iki koşul sağlanırsa en küçük değer en iyi alternatif olmaktadır. Kabul edilebilir avantaj koşulu (C1) en iyi ve en iyiye yakın iki alternatif arasında belirgin bir farkın varlığını araştıran koşuldur ve Eşitlik 26.'te verilmiştir.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (26)$$

$P_1$  ilk sırada,  $P_2$  ikinci sırada yer alan alternatiflerdir.  $D(Q)$  parametresi ise alternatif sayısına bağlıdır ve Eşitlik 27.'de verilmiştir.

$$D(Q) = \frac{1}{(i - 1)} \quad (27)$$

Eğer bu koşul sağlanmıyorsa,  $P_1, P_2, \dots, P_M$  alternatifleri ile Eşitlik 28.'deki gibi bir eşitsizlik oluşturulur.

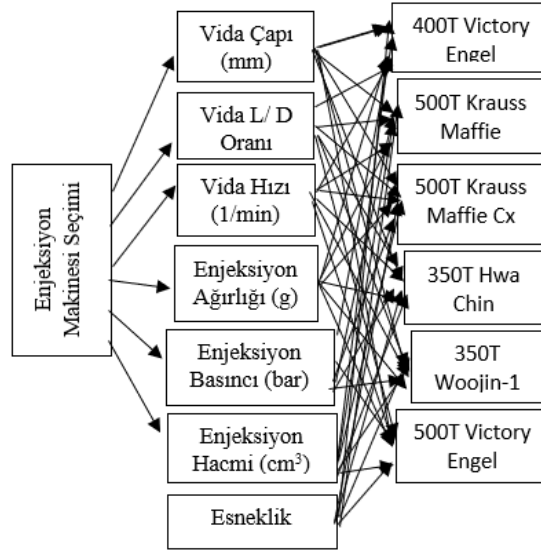
$$Q(P_M) - Q(P_1) \leq D(Q) \quad (28)$$

Kabul edilebilir istikrar koşuluna (C2) göre  $P_1$  alternatifi,  $S$  ve  $R$  değerlerinde en az birinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Eğer bu koşul sağlanmıyorsa,  $P_1$  ve  $P_2$  alternatifleri uzlaşık çözüm olarak kabul edilir. Her iki koşulun da sağlanması durumunda elde edilen sıralamanın istikrarlı ve kullanılabilir olduğu sonucuna varılmaktadır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren bir otomotiv işletmesi için yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçimi üzerinde durulmaktadır. Probleme, kriter ağırlıklandırma için AHP ve CRITIC yöntemleri kullanılmakta ve alternatifler VIKOR ile sıralanmaktadır. Probleme ilişkin 7 kriter ve 6 alternatif enjeksiyon makinelerinden sorumlu uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Kriterler; vida çapı (mm), vida (L/D) oranı, vida hızı (1/min), enjeksiyon ağırlığı (g), enjeksiyon basıncı (bar), enjeksiyon hacmi (cm<sup>3</sup>) ve esnekliktir. Enjeksiyon ünitesinde çeşitli üreticiler vida çapı ve vida hızı için değişik seçenekler sunabilmektedir. Vida L/D oranı makineler için önemli bir niteliktir. L/D değeri yüksek (22:1) olan makinelerde yüksek sıkıştırma nedeniyle daha iyi karıştırma ve daha düzgün ısıtma elde edilebilir. 20:1 L/D oranına sahip makineler ise orta gereksinimli genel uygulamalar için kullanılabilir. Son olarak 18:1 veya daha düşük L/D oranına sahip makineler düşük basınçlı uygulamalarda kullanılabilir. Enjeksiyon ağırlığı, enjektör boşken enjekte edilen plastiğin toplam ağırlığı şeklinde tanımlanabilir ve enjeksiyon ünitesinin önemli bir niteliğidir. Enjeksiyon basıncı, makine enjeksiyona başladığında ocakta oluşan basınçtır. Enjeksiyon hacmi, enjeksiyon safhasında makinenin kalıba basabileceği maksimum eriyik hacmidir (Özbek, 2013; Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Esneklik ise belirlenmiş alternatiflerin işletmenin üretim yöntemlerine uygunluklarını belirtmekte olup uzman ekip tarafından alternatifler bazında 1-10 arasında puanlanmıştır. Alternatifler; piyasada mevcut olanlar arasından tedarik mesafesi ve teslim süresi, maliyet, üretimde mevcut olan ve yüksek verimlilik sağlayanlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Söz konusu alternatifler, 500T Krauss Maffie Cx, 500T Krauss Maffie, 400T Victory Engel, 500T Victory Engel, 350T Woojin-1 ve 350T Hwa Chin olup yukarıda bahsedilen özellikler bakımından birbirine benzerdir. Hiyerarşik model Şekil 1'de verilmiştir.





Şekil 1. Enjeksiyon Makinesi Hiyerarşik Model

Tablo 2. Nihai İkili Karşılaştırma Matrisi ve Kriter Ağırlıkları

	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Vida Çapı (mm)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Vida Hızı (1/min)	Vida L/D Oranı	Esneklik	Kriter Ağırlıkları
Enjeksiyon Ağırlığı (g)	1.00	0.55	1.00	0.87	1.26	1.26	1.44	0.141
Enjeksiyon Basıncı (bar)	1.82	1.00	1.00	0.69	1.82	0.79	0.69	0.153
Vida Çapı (mm)	1.00	1.00	1.00	0.28	0.54	0.87	1.44	0.112
Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	1.14	1.44	3.56	1.00	0.58	0.74	1.26	0.166
Vida Hızı (1/min)	0.79	0.55	2.92	1.71	1.00	1.26	1.82	0.179
Vida L/D Oranı	1.00	1.26	1.96	1.08	0.79	1.00	1.44	0.156
Esneklik	0.55	1.14	0.69	0.60	0.38	0.58	1.00	0.093

### AHP ile Kriter Ağırlıklarının Analizi

AHP ile kriter ağırlıklarının hesaplanabilmesi için fabrika müdürü, üretim mühendisi ve formenden oluşan üç kişilik bir uzman ekibi kurulmuştur. Ekibin her üyesi ikili karşılaştırma matrislerini ayrı ayrı doldurmuş ve bu matrislerdeki değerlerin geometrik ortalamaları (Eşitlik 2) alınarak Tablo 2’de gösterilmiş olan nihai ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Tüm matrisler için tutarlılık analizi yapılmıştır. Tutarlılık oranı (CR) üç matrisle sırasıyla 0.041, 0.024 ve 0.028 olarak hesaplanmıştır. Nihai ikili karşılaştırma matrisinde ise bu oran 0.086 olarak bulunmuştur. Tüm değerler <0.1 olduğundan karar

vericilerin ikili karşılaştırmalarda tutarlı olduğu ve sonuçların güvenilir olduğu görülmüştür. Kriter ağırlıkları; enjeksiyon ağırlığı, enjeksiyon basıncı, vida çapı, enjeksiyon hacmi, vida hızı, vida oranı ve esneklik için sırasıyla 0.141, 0.153, 0.112, 0.166, 0.179, 0.156 ve 0.093 olarak hesaplanmıştır.

### CRITIC ile Kriter Ağırlıklarının Analizi

Tablo 3’te CRITIC ile hesaplanmış olan kriter ağırlıkları yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre, vida çapı, vida oranı, enjeksiyon ağırlığı, vida hızı, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hacmi ve esneklik kriter ağırlıkları sırasıyla 0.143, 0.153, 0.132, 0.152, 0.146, 0.130 ve 0.144’tür.

**Tablo 3.** CRITIC ile Hesaplanan Kriter Ağırlıkları

<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	1.000	0.000	1.000	0.668	0.000	1.000	0.333
400T Victory Engel	0.778	0.333	0.656	0.597	0.357	0.449	1.000
350T Hwa Chin	0.667	0.667	0.151	0.431	0.388	0.647	0.500
350T Woojin-1	0.778	0.000	0.000	0.621	0.228	0.195	0.167
500T Victory Engel	0.000	0.000	0.897	1.000	1.000	0.000	0.000
500T Krauss Maffie	1.000	1.000	0.819	0.000	0.265	0.873	0.000
<b>İlişki Katsayı Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	1.000	0.380	-0.065	-0.710	-0.959	0.807	0.237
400T Victory Engel	0.380	1.000	-0.041	-0.894	-0.146	0.488	0.000
350T Hwa Chin	-0.065	-0.041	1.000	0.109	0.133	0.310	-0.139
350T Woojin-1	-0.710	-0.894	0.109	1.000	0.515	-0.648	0.053
500T Victory Engel	-0.959	-0.146	0.133	0.515	1.000	-0.756	-0.246
500T Krauss Maffie	0.807	0.488	0.310	-0.648	-0.756	1.000	0.114
<b>1-<math>\rho_{jk}</math> Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.620	1.065	1.710	1.959	0.193	0.763
400T Victory Engel	0.620	0.000	1.041	1.894	1.146	0.512	1.000
350T Hwa Chin	1.065	1.041	0.000	0.891	0.867	0.690	1.139
350T Woojin-1	1.710	1.894	0.891	0.000	0.485	1.648	0.947
500T Victory Engel	1.959	1.146	0.867	0.485	0.000	1.756	1.246
500T Krauss Maffie	0.193	0.512	0.690	1.648	1.756	0.000	0.886
$\sigma_j$	<b>0.370</b>	<b>0.422</b>	<b>0.415</b>	<b>0.329</b>	<b>0.336</b>	<b>0.388</b>	<b>0.380</b>
$C_j$	<b>2.050</b>	<b>2.198</b>	<b>1.888</b>	<b>2.178</b>	<b>2.090</b>	<b>1.861</b>	<b>2.273</b>
$W_j$	<b>0.141</b>	<b>0.151</b>	<b>0.130</b>	<b>0.150</b>	<b>0.144</b>	<b>0.128</b>	<b>0.156</b>

**AHP- VIKOR Analizi**

AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları VIKOR yöntemi için temel girdiyi oluşturmaktadır. Buradaki 0.112, 0.15, 0.141, 0.179, 0.153, 0.166 ve 0.093 değerleri kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Tablo 4'te VIKOR yönteminin analiz sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5'te ise  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri,  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  değerleri ve  $Q$  değerleri hesaplanmaktadır.  $Q_i$  0.000, 0.250, 0.500, 0.750 ve 1.000 değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1117838

**Tablo 4.** AHP- VIKOR Analizi

$W_{ij}$	0.112	0.156	0.141	0.179	0.153	0.166	0.093
<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
$f_j^*$	<b>80</b>	<b>23</b>	<b>1464</b>	<b>400</b>	<b>2400</b>	<b>900</b>	<b>8</b>
$f_j^-$	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>1133</b>	<b>189</b>	<b>1856</b>	<b>192</b>	<b>2</b>
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	1.000	0.000	0.332	1.000	0.000	0.667
400T Victory Engel	0.222	0.667	0.344	0.403	0.643	0.551	0.000
350T Hwa Chin	0.333	0.333	0.849	0.569	0.612	0.353	0.500
350T Woojin-1	0.222	1.000	1.000	0.379	0.772	0.805	0.833
500T Victory Engel	1.000	1.000	0.103	0.000	0.000	1.000	1.000
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.181	1.000	0.735	0.127	1.000
<b>Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.156	0.000	0.059	0.153	0.000	0.062
400T Victory Engel	0.025	0.104	0.049	0.072	0.098	0.091	0.000
350T Hwa Chin	0.037	0.052	0.120	0.102	0.093	0.059	0.047
350T Woojin-1	0.025	0.156	0.141	0.068	0.118	0.134	0.078
500T Victory Engel	0.112	0.156	0.015	0.000	0.000	0.166	0.093
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.026	0.179	0.112	0.021	0.093

**Tablo 5.**  $S_i, R_i, S^*, S^-, R^*, R^-, Q_i$  Değerleri ve Nihai Sonuç Tablosu

	$S_i$	$R_i$	$S^*$	$S^-$	$R^*$	$R^-$	
500T Krauss Maffie Cx	0.430	0.156	0.430	0.719	0.104	0.179	
400T Victory Engel	0.439	0.104					
350T Hwa Chin	0.510	0.120					
350T Woojin-1	0.719	0.156					
500T Victory Engel	0.542	0.166					
500T Krauss Maffie	0.431	0.179					
	$S_i$	$R_i$	$Q_i$ (q=0.00)	$Q_i$ (q=0.25)	$Q_i$ (q=0.50)	$Q_i$ (q=0.75)	$Q_i$ (q=1.00)
500T Krauss Maffie Cx	0.430 (1)	0.156 (3)	0.688 (3)	0.516 (3)	0.344 (3)	0.172 (2)	0.000 (1)
400T Victory Engel	0.439 (3)	0.104 (1)	0.000 (1)	0.008 (1)	0.016 (1)	0.024 (1)	0.032 (3)



Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1117838

350T Hwa Chin	0.510 (4)	0.120 (2)	0.214 (2)	0.230 (2)	0.245 (2)	0.261 (4)	0.276 (4)
350T Woojin-1	0.719 (6)	0.156 (3)	0.688 (3)	0.766 (6)	0.844 (6)	0.922 (6)	1.000 (6)
500T Victory Engel	0.542 (5)	0.166 (4)	0.825 (4)	0.716 (4)	0.606 (5)	0.496 (5)	0.387 (5)
500T Krauss Maffie	0.431 (2)	0.179 (5)	1.000 (5)	0.751 (5)	0.502 (4)	0.254 (3)	0.005 (2)
<b>Q(P2)</b>			0.214	0.230	0.245	0.172	0.005
<b>Q(P1)</b>			0.000	0.008	0.016	0.024	0.000
<b>Q(P2)-Q(P1)</b>			0.214	0.222	0.229	0.148	0.005
<b>D(Q)</b>			0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
<b>K1</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ	YANLIŞ
<b>K2</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Tablo 5’te her bir alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplanmıştır. Örneğin 500T Krauss Maffie Cx alternatifinde  $q=0.00$  için  $Q_i$  0.688,  $q=0.25$  için 0.516,  $q=0.50$  için 0.344,  $q=0.75$  için 0.172 ve  $q=1.00$  için ise 0.000 olarak hesaplanmaktadır. Her alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplandıktan sonra kabul edilebilir istikrar ve kabul edilebilir avantaj koşulları kontrol edilmiştir. 400T Victory Engel alternatifi  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  için iki koşulu da sağladığından en iyi alternatif olarak görülmektedir. Diğer bir deyişle, eğer karar verici plastik enjeksiyon makinesi

seçiminde kriter ağırlıklandırma için AHP yöntemini tercih ederse en iyi alternatif 400T Victory Engel olacaktır.

### CRITIC- VIKOR Analizi

CRITIC ile elde edilen kriter ağırlıkları VIKOR yöntemi için temel girdiyi oluşturmaktadır. Buradaki 0.141, 0.151, 0.130, 0.150, 0.144, 0.128 ve 0.156 değerleri kriter ağırlıklarını ifade etmektedir. Tablo 6’da VIKOR yönteminin analiz sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 6.** CRITIC-VIKOR Analizi

$W_{ij}$	0.141	0.151	0.130	0.150	0.144	0.128	0.156
<b>Karar Matrisi</b>	Vida Çapı (mm)	Vida L/D Oranı	Enjeksiyon Ağırlığı (g)	Vida Hızı (1/min)	Hızı Enjeksiyon Basıncı (bar)	Enjeksiyon Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Esneklik
500T Krauss Maffie Cx	80	20	1464	330	1856	900	4
400T Victory Engel	70	21	1350	315	2050	510	8
350T Hwa Chin	65	22	1183	280	2067	650	5
350T Woojin-1	70	20	1133	320	1980	330	3
500T Victory Engel	35	20	1430	400	2400	192	2
500T Krauss Maffie	80	23	1404	189	2000	810	2
<b><math>f_j^*</math></b>	<b>80</b>	<b>23</b>	<b>1464</b>	<b>400</b>	<b>2400</b>	<b>900</b>	<b>8</b>
<b><math>f_j^-</math></b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>1133</b>	<b>189</b>	<b>1856</b>	<b>192</b>	<b>2</b>
<b>Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	1.000	0.000	0.332	1.000	0.000	0.667
400T Victory Engel	0.222	0.667	0.344	0.403	0.643	0.551	0.000
350T Hwa Chin	0.333	0.333	0.849	0.569	0.612	0.353	0.500
350T Woojin-1	0.222	1.000	1.000	0.379	0.772	0.805	0.833

Research article/Araştırma makalesi  
DOI:10.29132/ijpas.1117838

500T Victory Engel	1.000	1.000	0.103	0.000	0.000	1.000	1.000
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.181	1.000	0.735	0.127	1.000
<b>Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi</b>							
500T Krauss Maffie Cx	0.000	0.151	0.000	0.050	0.144	0.000	0.104
400T Victory Engel	0.031	0.101	0.045	0.060	0.092	0.070	0.000
350T Hwa Chin	0.047	0.050	0.110	0.085	0.088	0.045	0.078
350T Woojin-1	0.031	0.151	0.130	0.057	0.111	0.103	0.130
500T Victory Engel	0.141	0.151	0.013	0.000	0.000	0.128	0.156
500T Krauss Maffie	0.000	0.000	0.024	0.150	0.106	0.016	0.156

Tablo 7’de  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri ile  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  hesaplanmaktadır.  $Q_i$  değerleri  $q$  0.00, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

**Tablo 7.**  $S_i$ ,  $R_i$ ,  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  Değerleri

	$S_i$	$R_i$	$S^*$	$S^-$	$R^*$	$R^-$
500T Krauss Maffie Cx	0.449	0.151	0.400	0.714	0.101	0.156
400T Victory Engel	0.400	0.101				
350T Hwa Chin	0.504	0.110				
350T Woojin-1	0.714	0.151				
500T Victory Engel	0.590	0.156				
500T Krauss Maffie	0.452	0.156				

**Tablo 8.**  $Q_i$  Değerleri ve Nihai Sonuç Tablosu

	$S_i$	$R_i$	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
	$S_i$	$R_i$	$Q_i$ (q=0.00)	$Q_i$ (q=0.25)	$Q_i$ (q=0.50)	$Q_i$ (q=0.75)	$Q_i$ (q=1.00)
500T Krauss Maffie Cx	0.449 (3)	0.151 (3)	0.907 (3)	0.719 (3)	0.531 (3)	0.343 (3)	0.155 (2)
400T Victory Engel	0.400 (1)	0.101 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)	0.000 (1)
350T Hwa Chin	0.504 (4)	0.110 (2)	0.171 (2)	0.211 (2)	0.251 (2)	0.292 (2)	0.332 (4)
350T Woojin-1	0.714 (6)	0.151 (3)	0.907 (3)	0.930 (6)	0.953 (6)	0.977 (6)	1.000 (6)
500T Victory Engel	0.590 (5)	0.156 (4)	1.000 (4)	0.901 (5)	0.803 (5)	0.704 (5)	0.605 (5)
500T Krauss Maffie	0.452 (2)	0.156 (4)	1.000 (4)	0.791 (4)	0.582 (4)	0.373 (4)	0.164 (3)
<b>Q(P2)</b>			0.171	0.211	0.251	0.292	0.155
<b>Q(P1)</b>			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Q(P2)-Q(P1)</b>			0.171	0.211	0.251	0.292	0.155
<b>D(Q)</b>			0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
<b>K1</b>			YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ
<b>K2</b>			DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1117838

Tablo 8’de her bir alternatif için  $Q_i$  değerleri hesaplanmıştır. Örneğin 500T Krauss Maffie Cx alternatifinde  $q=0.00$  için  $Q_i$  0.907,  $q=0.25$  için 0.719,  $q=0.50$  için 0.531,  $q=0.75$  için 0.343 ve  $q=1.00$  için ise 0.155 olarak hesaplanmaktadır. Kabul edilebilir istikrar ve kabul edilebilir avantaj koşulları kontrol edildiğinde  $q=0.25$ ,  $q=0.50$  ve  $q=0.75$  için her iki koşulu da sağlayan 400T Victory Engel alternatifi en iyi alternatif olarak görülmektedir. Eğer karar verici plastik enjeksiyon makinesi seçiminde kriter ağırlıklandırma için CRITIC yöntemini dikkate alırsa VIKOR analizi sonucunda en iyi alternatif 400T Victory Engel olacaktır.

## SONUÇLAR

Plastik malzemeler hem gündelik hayatta hem de elektrik elektronik ve otomotiv başta olmak üzere birçok önemli sektörde sıklıkla kullanılmaktadır. Plastik malzemeleri çeşitli yöntemlerle üretmek mümkün olup bu yöntemlerde kullanılan makineleri satın almak ise oldukça maliyetlidir. Bu nedenle, makine seçimleri uzun araştırma ve teknik bilgi isteyen bir iştir. Bu çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren, araç ön aydınlatma, arka aydınlatma, iç aydınlatma, yağ depoları ve dikiz aynaları üreten bir otomotiv yan sanayi işletmesinde artan talepleri karşılamak amacıyla yeni bir plastik enjeksiyon makinesi seçimi için VIKOR yöntemi ele alınmıştır. 7 kriter ve 6 alternatif enjeksiyon makinelerinden sorumlu uzman ekip tarafından işletmenin üretim yapısına uygun olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları AHP ve CRITIC yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca VIKOR yönteminde  $q$  parametresi için 4 farklı değer (0.000, 0.250, 0.500, 0.750 ve 1.000) alınmıştır. Böylece sekiz farklı sıralama elde edilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Diğer bir deyişle edilen sıralamanın doğruluğu kontrol edilmiştir. VIKOR yönteminde hesaplamalar yapıldıktan sonra kabul edilebilir avantaj koşulu (C1) ile en iyi ve en iyiye yakın iki alternatif arasında belirgin bir fark olup olmadığı araştırılır. Sonrasında ise kabul edilebilir istikrar koşulunun (C2) sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Her iki koşulun da sağlanması durumunda elde edilen sıralamanın istikrarlı ve kullanılabilir olduğu söylenebilmektedir. AHP-VIKOR yönteminde  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  için 400T Victory Engel ilk sırada, 350T Hwa Chin ise ikinci sırada yer alan alternatiflerdir. C1’e göre birinci ve ikinci alternatif arasındaki fark,  $D(Q)$  değerinden büyük eşit olduğu için C1 kabul

edilmektedir. C2’ye göre 400T Victory Engel alternatifi  $S$  ve  $R$  değerlerinin en az birinde de en iyi değeri ifade ettiği için C2 de kabul edilmiştir. Böylece AHP-VIKOR analizi ile elde edilen sonuçlara göre  $q=0.00$ ,  $q=0.25$  ve  $q=0.50$  değeri için en iyi alternatifin 400T Victory Engel olduğu görülmüştür. CRITIC-VIKOR yönteminde de benzer analizlerle  $q=0.25$ ,  $q=0.50$  ve  $q=0.75$  değeri için en iyi alternatifin yine 400T Victory Engel olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, sözü edilen alternatifi satın alınmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada gerçek bir problem ele alınarak kullanılan kriter, alternatif ve yöntemlerle literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışma, ileride farklı yöntemler, kriter ya da alternatifler kullanılarak tekrarlanabilir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemektedir.

## ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Akpınar, M. E. (2021). Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection Using Hybrid Model of SWARA and WASPAS. International Journal of Pure and Applied Sciences, 7(3), 371-382.
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. ve Türen, U., Sayısal Karar Verme Yöntemleri, İstanbul: Beta Yayıncılık, 2015.
- Al-Harbi, K. M. A. S. (2001). Application of the AHP in project management. International journal of project management, 19(1), 19-27.
- Arı, E. ve Aydın, E. (2019). Çerkezköy organize sanayi bölgesinde bir tekstil işletmesinin en uygun kumaş seçimi probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile analizi. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7(6), 193-201.
- Arslan, M. C., ve Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. Journal of Manufacturing Technology Management, 15(1), 101-109.
- Ayağ, Z., ve Özdemir, R. G. (2006). A fuzzy AHP approach to evaluating machine tool alternatives. Journal of intelligent manufacturing, 17(2), 179-190.
- Dagdeviren, M. (2008). Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and Promethee, Journal of Intelligence Manufacturing, (19), 397-406.

Research article/Araştırma makalesi  
 DOI:10.29132/ijpas.1117838

- Demircioğlu, M. Coşkun, İ.T. (2018). CRITIC-MOOSRA Yöntemi ve Ups Seçimi Üzerine Bir Uygulama, Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 27(1), 183-195.
- Faydalı, R., ve Erkan, E. F. (2020). Makine seçim probleminin bulanık vikor yöntemiyle incelenmesi, Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 7-12.
- Gök Kısa C., ve Perçin, S. (2017). Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. Journal of Yaşar University, 12(48), 249-256.
- Güldaş, A. (2004). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Ergimiş Plastik Akışının Matematiksel Modellenmesi Ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kabadayı, N., ve Dağ, S. (2017). Bulanık Dematel ve Bulanık Promethee yöntemleri ile kablo üretiminde makine seçimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi, 7(14), 239-260.
- Kabak, M., ve Dağdeviren, M. (2017). A Hybrid approach based on ANP and grey relational analysis for machine selection. Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 24, 109-118.
- Karim, R., ve Karmaker, C. L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods, American Journal of Industrial Engineering, 1(4), 7-13.
- Kurt, B. (2012). Lastik Ürün İmalatı Yapan Kobi'lerde İşg Uygulamaları ve Plastik Enjeksiyon Makinelerinde Oluşan Tehlikelerin Tanımlanması ve Önlenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). Plastik Teknolojisi, Enjeksiyon İle Üretimde Kalıp Ayarları, Ankara.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., (2004), "Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS", European Journal of Operational Research, 156, 445-455.
- Olabanji, O. M., ve Mpofo, K. (2021). Appraisal of conceptual designs: Coalescing fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) and fuzzy grey relational analysis (F-GRA). Results in Engineering, 9, 100194.
- Önüt, S., Kara, S. S., ve Efendigil, T. (2008). A hybrid fuzzy mcdm approach to machine tool selection, Journal Of Intelligent Manufacturing, 19(4), 443-453.
- Özbek, İ. (2013). Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçiminde Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgen, A., Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R., ve Özgen, D. (2011). A multi-criteria decision making approach for machine tool selection problem in a fuzzy environment. International Journal of Computational Intelligence Systems, 4(4), 431-445.
- Saaty, T., L. (1972). An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Plannig Energy, Managment and Policy Center, Universty of Pennsylvania .
- Saaty, T. L. (1994). Homogeneity and clustering in AHP ensures the validity of the scale. European Journal of Operational Research, 72(3), 598-601.
- Samvedi, A., Jain, V., ve Chan, F. T. (2012). An integrated approach for machine tool selection using fuzzy Analytical Hierarchy Process and Grey Relational Analysis, International Journal of Production Research, 50(12), 3211-3221.
- Şahin, M. (2020). Hybrid Multiattribute Decision Method for Material Selection. International Journal of Pure and Applied Sciences, 6(2), 107-117.
- Ulutaş, A. ve Cengiz, E. (2018). CRITIC ve EVAMIX yöntemleri ile bir işletme için dizüstü bilgisayar seçimi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11 (55), 881- 887.
- Vatansever, K. ve Kazançoğlu Y. (2014). Integrated usage of fuzzy multi criteria decision making techniques for machine selection problems and an application, International Journal of Business and Social Science, 5(9), 12-24.
- Vujicic, M.D. Pasic, M.Z. ve Blagojevic, M.D. (2017). Comparative analysis of objective techniques for criteria weighing in two mcdm methods on example of an air conditioner selection, Tehnika – Menadzment, 67(3), 422-429.
- Wu, Z., Ahmad, J., ve Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy vikor approach for machine tool selection with linguistic information, Applied Soft Computing, 42, 314-324.
- Yazıcı, E., Eren, T. ve Alakaş, H. M. (2021). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile işleme merkezi seçimi: imalat işletmesinde uygulama. Endüstri Mühendisliği, 32(1), 34-54.