



MAKİNE SEÇİMİ PROBLEMİNDE ENTROPİ - ROV VE CRITIC - ROV YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Nalan Gülten AKIN¹

Öz

Üretimde kullanılacak makinelerin seçimi, yönetim açısından stratejik bir karardır. Genellikle büyük miktarda sermaye yatırımı gerektiren ve üretim faaliyetinin yapılabilmesi için gerekli olan makinelerin doğru seçimi, işletmelerin üretim planlarının aksatılmadan yürütülmesi, verimliliğin artırılması, maliyetlerinin azaltılması, dolayısıyla işletmenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Karar üzerinde etkili olan kriterlerin doğru belirlenmesi, belirlenen kriterler açısından alternatiflerin uygun yöntemlerle analiz edilmesi ve değerlendirilmesi sonucunda doğru seçimin yapılması mümkün olacaktır.

Bu çalışmada, yatak ve uyku ürünleri üreten bir işletme için yatak kenarı bordür dikim makinesi seçimi yapılacaktır. Karar üzerinde etkili olduğu düşünülen kriterler doğrultusunda en iyi alternatif belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Entropi ve CRITIC yöntemleri, kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için; ROV yöntemi ise alternatiflerin sıralamasının yapılabilmesi ve en iyi alternatifin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine seçimi, çok kriterli karar verme, Entropi-ROV, CRITIC-ROV yöntemleri

JEL Kodları: M11, C6, C44

COMPARISON OF ENTROPY - ROV AND CRITIC - ROV METHODS IN MACHINE SELECTION PROBLEM

Abstract

The selection of machines to be used in production is a strategic decision in terms of management. The right choice of machines, which usually requires a large amount of capital investment and which is necessary for the production of the production activity, is of great importance in terms of execution of production plans of the enterprises, increasing the efficiency, reducing the costs and sustainability of the enterprise. It will be possible to determine the criteria that are effective on the decision correctly and to make the right choice as a result of analyzing and evaluating the alternatives with appropriate methods in terms of the determined criteria.

In this study, border sewing machine will be selected for a factory which produces spring mattress and sleep products. It will be tried to determine the best alternative in line with the criteria that are thought to be effective on the decision. For this purpose, Entropy-ROV and CRITIC-ROV methods were applied together. Entropy and CRITIC methods can be used to determine the criteria weights; the ROV method was used to determine the alternatives and determine the best alternative.

Keywords: Machine selection, multi criteria decision making, Entropy-ROV, CRITIC-ROV methods

JEL Codes: M11, C6, C44

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Bozok Üniversitesi, İİBF, ORCID 0000-0003-0183-0607 nalan.akin@bozok.edu.tr

Başvuru Tarihi (Received): 15.02.2019 **Kabul Tarihi** (Accepted): 11.10.2019

Giriş

Ekonomik sistemin temelini üretim faaliyetleri oluşturmaktadır. Üretim işletmeleri, iş gücü, makine, teçhizat, malzeme, bilgi gibi girdileri, insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla katma değeri yüksek ürün ve hizmetlere dönüştürürler. Üretim faaliyetlerinin başarılı bir şekilde yürütülmesi için kabul edilebilir bir üretim planı çerçevesinde doğru girdilerin bir araya getirilmesi gerekir. Yöneticiler işletme kaynaklarının temin edilmesi, verimli kullanılması ve üretim sisteminin aksamadan işlemesi gibi konularda doğrudan sorumluluk taşımaktadırlar (Monks, 1996). Bu nedenle üretimde kullanılacak makinelerin seçimi, yöneticiler açısından önemli bir karardır. Genellikle büyük miktarda sermaye yatırımı gerektiren ve üretim faaliyetinin yapılabilmesi için gerekli olan makinelerin doğru seçimi, işletmelerin üretim planlarının aksatılmadan yürütülmesi, verimliliğin artırılması, maliyetlerinin azaltılması, dolayısıyla işletmenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Makine seçiminde işlevsel özellikler, işlem kalitesi, kapasite, maliyet, işletim maliyeti, denge, servis ve bakım olanakları, ekonomik kullanım ömrü gibi pek çok kriter etkili olmaktadır (Yılmaz, Öztürk, & Burdurlu, 2017; Vardin & Yılmaz, 2012). Bu nedenle karar verici, en uygun kararı verebilmek için birbiri ile çelişen çok sayıda kriteri aynı anda değerlendirmek ve analiz etmek zorundadır. Karar üzerinde etkili olduğu düşünülen kriterlerin doğru belirlenmesi ve her bir alternatifin belirlenen kriterlere göre uygun yöntemler kullanılarak doğru değerlendirilmesi, doğru seçimin yapılabilmesi açısından çok önemlidir.

Karar problemlerinde, karar üzerinde etkili olan çok sayıda kriterin olması, bu kriterlerin eş zamanlı olarak dikkate alınması ve birden fazla alternatif arasından tercih yapılması gereken durumlarda genellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri tercih edilmektedir (Jahan, Edwards, & Bahraminasab, 2016). ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda karara etki eden kriterler açısından alternatiflerin sınıflandırması, sıralaması ya da seçimi yapılabilmektedir (Pamucar, Bozanic, & Randelovic, 2017). Makine seçimi problemlerinde genellikle çok sayıda faktör ve birden fazla alternatif değerlendirilerek nihai karar verilmektedir. Bu nedenle makine seçimi problemleri, ÇKKV problemleri arasında yer almaktadır. Uygulamada farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş çok sayıda ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan Entropi, CRITIC (The Criteria Importance Through Intercriteria Correlation – Kriterler Arası Korelasyon Yardımıyla Nitelik Ağırlıklandırma) ve ROV (Range of Value – Değer Aralığı) yöntemleri de ÇKKV yöntemleri arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri kullanılarak, yatak ve uyku ürünleri üretimi yapan bir işletme için yatak kenarı bordür dikim makinesi seçimi yapılmıştır. Entropi ve CRITIC yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. ROV yöntemi ise, alternatiflerin sıralanmasının yapılabilmesi için kullanılmıştır. Literatürde, makine seçimi problemi ile ilgili olarak farklı yöntemlerle hazırlanmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak Entropi, CRITIC ve ROV yöntemleri ile yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu nedenle çalışmanın literatürde yer alan çalışmalara alternatif oluşturarak, katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, giriş, literatür taraması, yöntem, analiz ve bulgular ile sonuç bölümleri olmak üzere beş bölüm yer almaktadır. Giriş bölümünde çalışmanın konusu ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümü olan literatür kısmında makine seçimi problemi, Entropi, CRITIC ve ROV yöntemleri ile ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalara ilişkin örnekler bulunmaktadır. Yöntem kısmında Entropi, CRITIC ve ROV yöntemleri anlatılmıştır. Analiz ve bulgular kısmında Entropi ve CRITIC tabanlı ROV yöntemi kullanılarak, bir işletme için yatak kenarı kapama makinesi seçimi probleminin çözümü yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda alternatiflerin sıralaması yapılmış ve işletme için en uygun alternatif belirlenmiştir. Sonuç bölümünde ise, çalışmanın sonuçlarına ve önerilere yer verilmiştir.

1. Literatür Taraması

Hem mal hem de hizmet üreten işletmeler açısından makine teçhizat seçimi, üretim sisteminin performansını etkileyen önemli bir karardır (Organ, 2013). Makine seçimi kararı, alternatif sayısının genellikle birden fazla olması ve seçim kararı üzerinde işlevsel özellikler, işlem kalitesi, kapasite, maliyet, işletim maliyeti, denge, servis ve bakım olanakları, ekonomik kullanım ömrü (Yılmaz, Öztürk, & Burdurlu, 2017; Vardin & Yılmaz, 2012) gibi çok sayıda kriterin etkili olması nedeniyle çok kriterli karar verme problemi olarak görülmektedir. Aşağıda Tablo 1’de makine seçimi, Entropi, CRITIC ve ROV yöntemi ile ilgili olarak daha önce yapılmış çalışmalara ilişkin örnekler verilmiştir.

Tablo 1: Makine Seçimi, Entropi, CRITIC Ve ROV Yöntemi İle İlgili Çalışmalara İlişkin Örnekler

Yazar	Yöntem	Konu
Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis (1995)	CRITIC yöntemi	İlaç firmasında finansal performansın değerlendirilmesi
Wang, Shaw ve Chen (2000)	Çok amaçlı, bulanık çok kriterli karar verme modelleri	Esnek üretim hücresi için makine seçimi problemi
Arslan, Çatay ve Budak (2004)	Çok kriterli ağırlıklı ortalama yaklaşımı	Takım tezgâhlarının seçimi
Kaya, Kılınç ve Çevikcan (2007)	Bulanık TOPSIS	CNC makinesi seçimi
Lotfi ve Fallahnejad (2010)	Entropi yöntemi	Aralıklı ve bulanık veri durumunda çok nitelikli karar verme
Lee, Chang ve Chen (2011)	Dilsel entropi ve bulanık sentetik değerlendirme yöntemi	Kurumsal kaynak planlaması sistemi seçimi
Özgen vd. (2011)	DELPHI, AHP, PROMETHEE ve bulanık küme teorisi	Pres makinesi seçimi
Safari, Fagheyi, Ahangari ve Fathi (2012).	PROMETHEE ve Entropi yöntemleri	Tedarikçi seçimi
Dashore, Pawar, Sohani ve Verma (2013)	Entropi, TOPSIS, Modified TOPSIS, SAW ve WPM yöntemleri	Dizüstü bilgisayar seçimi
Organ (2013)	Bulanık DEMATEL	Dokuma tezgâhı seçimi
Madic ve Radovanovic (2015)	ROV ve CRITIC yöntemleri	Geleneksel olmayan işleme süreçlerinin sıralaması
Madic vd. (2015)	ROV tabanlı Taguchi yaklaşımı	Lazer kesiminin çok amaçlı optimizasyonu

Tablo 1: Makine Seçimi, Entropi, CRITIC Ve ROV Yöntemi İle İlgili Çalışmalara İlişkin Örnekler (devamı)

Yazar	Yöntem	Konu
Garg, Agarwal ve Choubey (2015)	Entropi, bulanık ortamda ve bilinmeyen öznitelik ağırlıkları durumunda çok kriterli karar verme	Ev seçimi
Hussain ve Mandal (2016)	Entropi, COPRAS ve MOORA yöntemleri	Malzeme seçimi
Çakır (2016)	Bütünleşik bulanık SMART ve FWAD - bulanık ağırlıklı aksiyomatik tasarım teknikleri	Çay fabrikası için makine seçimi
Kumaraswamy ve Ramaswamy (2016)	CRITIC yöntemi	Yazılım projelerinin performanslarını değerlendirme
Madic, Radovanovic ve Manic (2016)	ROV yöntemi	Kesme sıvısı seçimi
Gök Kısa ve Perçin (2017)	Bütünleşik bulanık DEMATEL - Bulanık VIKOR	Mermer kesim makinesi seçimi
Kabadaayı ve Dağ (2017)	Bulanık DEMATEL ve PROMETHEE	Kablo üretim tesisi için makine seçimi
Yılmaz, Öztürk ve Burdurlu (2017)	AHP yöntemi	Mobilya endüstrisinde kullanılmak üzere panel ebatlama makinesi seçimi
Ulutaş (2017)	EDAS yöntemi	Bir tekstil atölyesi için dikiş makinesi seçimi
Özdağoğlu, Yakut ve Bahar (2017)	Entropi ve SAW- basit toplamli ağırlıklandırma yöntemleri	Süt ürünleri üretimi yapan bir işletme için makine seçimi
Çakır ve Sezen Akar (2017)	Bütünleşik SWARA – TOPSIS yöntemi	CNC makinesi seçimi
Işık ve Adalı (2017)	Entropi ve ROV yöntemi	Bir gıda işletmesi için elma seçimi
Ulutaş ve Cengiz (2018)	Bütünleşik CRITIC ve EVAMIX yöntemleri	Bir işletme için dizüstü bilgisayar seçimi
Ulaş (2018)	Entropi temelli ROV yöntemi	Esnek üretim sistemi seçimi

2. Yöntem

Bu çalışmada Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri ile makine seçimi yapılmıştır. Karar kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için Entropi ve CRITIC yöntemleri, alternatiflerin sıralamasının yapılması için de ROV yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda yöntemlerin uygulama adımları detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.1. Entropi Yöntemi

Entropi, bilgi teorisinde, sosyal bilimlerde ve fizikte kullanılan önemli bir kavramdır. ÇKKV problemlerinde ise kriter ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılmaktadır (Karami & Johansson, 2014). Rudolph Clausius tarafından 1865 yılında tanımlanan Entropi kavramı, başlangıçta termodinamik alanında uygulanmıştır. Bilgi Entropisi kavramı ise ilk defa Claude E. Shannon tarafından 1948 yılında tanıtılmıştır. Bilgi teorisinde Entropi rasgele bir değişkenle ilgili belirsizliğin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Zhang, Gu, Gu, & Zhang, 2011). Shannon'un bilgi entropisi metriği, bilgi teorisinin temel bir kavramı olup, bir değişkendeki bilgi miktarını nicelleştirir. Böylece bilgi kavramı etrafında bir teori temeli sağlar (Vajapeyam, 2014). Entropi yönteminin uygulama adımları şöyledir (Wang & Lee, 2009):

Adım 1. Karar matrisinin oluşturulması: Karar probleminin verileri kullanılarak hazırlanan, m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan X karar matrisi aşağıda gösterilmiştir. Matriste yer alan X_{ij} değerleri i . alternatifin j . kriter açısından başarı değerini göstermektedir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: Bu aşamada aşağıdaki eşitlik kullanılarak, verilerin normalizasyonu sağlanır.

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} ; \square_j \quad (2)$$

Normalize edilmiş karar matrisi $R = [p_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde ifade edilir.

Adım 3. Entropi değerinin hesaplanması: Her bir kriter için entropi değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} ; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

Adım 4. Kriter ağırlıklarının hesaplanması: Kriter ağırlıkları, kriterlerin sonuç üzerindeki etki düzeylerini göstermektedir ve toplamları daima 1'e eşittir. w_j değeri j . kriterin ağırlığını göstermek üzere kriter ağırlıkları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j} ; \sum_{j=1}^n w_j = 1 \text{ dir.} \quad (4)$$

2.2. CRITIC Yöntemi

CRITIC yöntemi de Entropi yöntemi gibi ÇKKV problemlerinde karar kriterlerinin objektif ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılmaktadır. CRITIC yöntemi, Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis (1995) tarafından geliştirilmiştir. Yöntem, karar vericilerin subjektif yargılarını dikkate almadan, doğrudan bilgi kaynağı olarak karar matrisindeki kriterleri dikkate almakta ve böylece objektif kriter ağırlıklarının hesaplanabilmesine olanak sağlamaktadır (Vuzicic, Papic, & Blagojevic, 2017; Kumaraswamy & Ramaswamy, 2016). CRITIC yöntemi ile karar kriterlerinin ağırlıklarını hesaplayabilmek için her bir karar kriterinin standart sapması ve kriterler arasındaki korelasyon dikkate alınmaktadır (Wang & Luo, 2010). Objektif kriter ağırlıkları karar problemlerinin doğasında bulunan karşıtlığın yoğunluğu ve çelişki ya da çatışma durumundan elde edilmektedir (Zardari vd., 2015; Vuzicic, Papic, & Blagojevic, 2017). CRITIC yönteminin uygulama adımları aşağıda sıralanmıştır (Diakoulaki, Mavrotas, & Papayannakis, 1995; Jahan vd., 2012):

Adım 1. Karar matrisinin oluşturulması: X_{ij} değeri i . alternatifin j . kriter açısından performansını göstermek üzere, karar probleminin verileri kullanılarak hazırlanan, m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan X karar matrisi şöyledir:

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: Karar problemlerinde karar kriterleri amaçları bakımından fayda kriterleri ve maliyet kriterleri olarak tanımlanmaktadır. Karar matrisindeki farklı ölçüm birimlerine sahip olan kriterlerin boyutsuz hale getirilebilmesi için X_{ij} değerleri ölçekleme yöntemleri kullanılarak, normalize edilir. Kriter amacı fayda ise eşitlik (6), kriter amacı maliyet ise, eşitlik (7) kullanılarak normalizasyon işlemi yapılır.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \quad (6)$$

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

Adım 3. Objektif kriter ağırlıklarının hesaplanması: CRITIC yönteminde kriterler arasındaki ilişki korelasyon katsayıları ile hesaplanır. Ayrıca her bir kriterin taşıdığı bilgi miktarı kriterlerin göreceli önemini gösterir (Vuzicic, Papic, & Blagojevic, 2017). İki kriter arasındaki korelasyon katsayısı t_{jk} şeklinde gösterilmek üzere, kriterler arasındaki korelasyon aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$t_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_{ij}) - (r_{ik} - \bar{r}_{ik})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_{ij})^2 - \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_{ik})^2}} \quad (8)$$

σ_j j . kriterin standart sapmasını ve $\sum_{k=1}^n (1 - t_{jk})$ kriterler arasındaki zıtlığı göstermek üzere, j . kriterinin taşıdığı toplam bilgi miktarı ise şu şekilde hesaplanır:

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - t_{jk}) \quad (9)$$

Kriterler arasındaki korelasyon katsayıları ve her bir kriterin taşıdığı bilgi miktarı hesaplandıktan sonra objektif kriter ağırlıkları belirlenir. Elde edilen objektif kriter ağırlıkları karar probleminin yapısında yer alan hem kontrast yoğunluğu hem de çatışmayı gösterir (Jahan vd., 2012). Objektif kriter ağırlıkları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$w_{ij} = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad (10)$$

2.3. ROV Yöntemi

ROV yöntemi, bir karar probleminde amaçları bakımından birbiri ile çelişen çok sayıda kriter olması durumunda, her bir alternatif için en iyi ve en kötü fayda değerinin hesaplanması ve elde edilen sonuçlara göre alternatiflerin sıralamasının yapılması için kullanılır. Bu yöntem Yakowitz vd. tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir (Madic & Radovanovic, 2015). ROV yöntemi sınırlı veri olması durumunda ya da veri olmaması durumunda karar vericilerin karar kriterlerine ağırlık vermede sıkıntı yaşadıkları karar problemlerinin çözümü açısından kullanışlı bir yöntemdir (Ulutaş, 2018). ROV yönteminin uygulama adımları şöyledir (Madic & Radovanovic, 2015):

Adım 1. Karar matrisinin hazırlanması: Bu adımda problemin amacı doğrultusunda belirlenen m adet alternatifin, n adet karar kriterinin ve i . alternatifin j . kritere göre performans ölçüsünün gösterildiği X_{ij} değerlerinden oluşan karar matrisi hazırlanır.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Adım 2. Normalize edilmiş karar matrisinin hazırlanması: Uygun ölçeklendirme yöntemi kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi hazırlanır. Bu amaçla fayda kriteri için eşitlik (12), maliyet kriteri için eşitlik (13) kullanılır:

$$\bar{X}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (12)$$

$$\bar{X}_{ij} = \frac{(1|x_{ij})}{\sum_{i=1}^m (1|x_{ij})} \quad (13)$$

Adım 3. En iyi ve en kötü fayda değerlerinin hesaplanması: Bu adımda her bir alternatif için en iyi ve en kötü fayda değerleri belirlenir. Bu amaçla fayda fonksiyonu maksimize ve minimize edilerek, i . alternatifin en iyi ve en kötü faydası sırasıyla eşitlik (14) ve eşitlik (15) kullanılarak hesaplanır:

$$Max: u_i^+ = \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij} \cdot w_j \quad (14)$$

$$Min: u_i^- = \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij} \cdot w_j \quad (15)$$

Eşitlik (14) ve eşitlik (15)'te yer alan w_j değeri kriter ağırlıklarını göstermektedir. Kriter ağırlıkları $w_j \geq 0$ 'dır ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 'dir.

$u_i^- > u_i^+$ olması halinde, gerçek nicel ağırlıklardan bağımsız olarak i . alternatifin i' alternatifinden daha iyi performansla sahip olduğu söylenebilir. Böyle bir durumda eşitlik (16) kullanılarak her bir alternatif için orta nokta değerleri hesaplanır.

$$u_i = \frac{u_i^- + u_i^+}{2} \quad (16)$$

Adım 4. Alternatiflerin sıralanması: Bu adımda, bir önceki adımda hesaplanan u_i değerlerine göre alternatiflerin sıralaması elde edilir. En yüksek u_i değerine sahip alternatif en iyi alternatiftir.

Çalışmada, Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri bütünleşik olarak uygulanarak, iki yöntemin sonuçları karşılaştırılacak ve işletme için en uygun alternatif belirlenmeye çalışılacaktır.

3. Uygulama

Çalışma kapsamında yatak ve uyku ürünleri üretimi yapan bir imalat işletmesi için yatak kenarı bordür dikim makinesi seçimi yapılacaktır. Yatak üretimi süreci kapıtonenin dokunması, bordürün hazırlanması, terzihane işlemleri, yatak hazırlık işlemleri ve paketlenme işleminden oluşmaktadır. Çalışma sonucuna göre işletmeye alınması düşünülen bordür dikim makinesi, farklı desende bordürlerin hazırlanması, kesilmesi, birleştirilmesi gibi işlemler için kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle işletme için en uygun yatak kenarı bordür dikim makinesinin seçilebilmesi amacıyla satın alma kararı üzerinde etkili olduğu düşünülen dikiş kafası sayısı, dikiş hızı, bordür dikim genişliği, dikiş adımı, desen sayısı, kapasite, makine ağırlığı, enerji tüketimi, nakliye alanı, garanti ve servis hizmetleri ile otomatik bordür sarıcı, ip koptu/bitti sensörü, istenen metrajda durma ve bordür kenar dikimi gibi özelliklerin bulunup bulunmaması şeklinde çok sayıda karar kriteri belirlenmiştir. Yapılan ön araştırma sonucunda belirlenen kriterler açısından işletme için uygun olabileceği düşünülen farklı marka ve/veya modelde alternatif sekiz adet yatak kenarı bordür dikim makinesinin değerlendirilmesine karar verilmiştir. Alternatifler açısından aynı ya da benzer değerlere sahip olan karar kriterleri analiz dışında tutularak, dikiş kafası sayısı, dikiş hızı, bordür dikim genişliği, dikiş adımı, desen sayısı, bordür kenar dikimi, güç ve nakliye alanı kriterleri ile çalışmaya devam edilmiştir. Alternatif makinelerin belirlenen kriterler açısından özellikleri ve karar kriterlerinin amaçları Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: Alternatifler ve Kriterler

Alternatifler	Dikiş kafası sayısı	Dikiş hızı (rpm)	Bordür dikim genişliği (cm)	Dikiş adımı (mm)	Desen sayısı	Bordür kenar dikimi	Güç (kw)	Nakliye alanı (m ²)
	M1	3	3000	40	6	Sınırsız	Var	6,5
M2	2	5500	50	6	Çok	Var	3	3,45
M3	1	3000	28	6	Orta	Yok	2,5	5,52
M4	1	1800	40	6,4	Çok	Var	2	4,6
M5	1	2200	33	6,4	Çok	Yok	2	5,52
M6	2	3000	28	6	Sınırsız	Yok	4	4,6
M7	1	3000	30	3	Çok	Var	1,5	5,52
M8	1	4400	30	6	Az	Yok	2,2	3,96
Amaç	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Maliyet

Tablo 2’de yer alan desen sayısı ve bordür kenar dikimi kriterleri kalitatif ifadelerle oluşturulmuştur. Bu nedenle analiz aşamasına geçmeden önce kalitatif ifadeler sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Bunun için amacı fayda olan kriterler çok yüksek 9, yüksek 7, orta 5, düşük 3 ve çok düşük 1; amacı maliyet olan kriterler ise çok düşük 9, düşük 7, orta 5, yüksek 3 ve çok yüksek 1 değerleri kullanılarak ölçeklendirilmiştir. Bu değerler karar matrisi üzerinde gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan Entropi ve CRITIC yöntemleri ile karar kriterlerinin ağırlıkları belirlenecektir. Her iki yöntem de karar vericilerin tercihlerine ya da yargılarına ihtiyaç duyulmadan matematiksel modeller yardımıyla objektif kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için kullanılabilir (Wang & Lee, 2009).

Çalışma kapsamında Entropi yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır.

Karar matrisinin oluşturulması: Karar probleminin verileri kullanılarak hazırlanan, sekiz adet alternatif ve sekiz adet kriterden oluşan X karar matrisi aşağıda gösterilmiştir. Matris içinde yer alan veriler i . alternatife j . kriter açısından performans değerlerini göstermektedir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} 3 & 3000 & 40 & 6 & 9 & 9 & 6,5 & 8,05 \\ 2 & 5500 & 50 & 6 & 7 & 9 & 3 & 3,45 \\ 1 & 3000 & 28 & 6 & 5 & 1 & 2,5 & 5,52 \\ 1 & 1800 & 40 & 6,4 & 7 & 9 & 2 & 4,60 \\ 1 & 2200 & 33 & 6,4 & 7 & 1 & 2 & 5,52 \\ 2 & 3000 & 28 & 6 & 9 & 1 & 4 & 4,60 \\ 1 & 3000 & 30 & 3 & 7 & 9 & 1,5 & 5,52 \\ 1 & 4400 & 30 & 6 & 3 & 1 & 2,2 & 3,96 \end{bmatrix}$$

Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: Bu aşamada (2) nolu eşitlik kullanılarak, verilerin normalizasyonu sağlanmıştır. $R = [p_{ij}]_{m \times n}$ ile ifade edilen normalize edilmiş karar matrisi aşağıda yer almaktadır.

$$R = \begin{bmatrix} 0,250000 & 0,115830 & 0,143369 & 0,131004 & 0,166667 & 0,225000 & 0,274262 & 0,195294 \\ 0,166667 & 0,212355 & 0,179211 & 0,131004 & 0,129630 & 0,225000 & 0,126582 & 0,083697 \\ 0,083333 & 0,115830 & 0,100358 & 0,131004 & 0,092593 & 0,025000 & 0,105485 & 0,133916 \\ 0,083333 & 0,069498 & 0,143369 & 0,139738 & 0,129630 & 0,225000 & 0,084388 & 0,111596 \\ 0,083333 & 0,084942 & 0,118280 & 0,139738 & 0,129630 & 0,025000 & 0,084388 & 0,133916 \\ 0,166667 & 0,115830 & 0,100358 & 0,131004 & 0,166667 & 0,025000 & 0,168776 & 0,111596 \\ 0,083333 & 0,115830 & 0,107527 & 0,065502 & 0,129630 & 0,225000 & 0,063291 & 0,133916 \\ 0,083333 & 0,169884 & 0,107527 & 0,131004 & 0,055556 & 0,025000 & 0,092827 & 0,096070 \end{bmatrix}$$

Entropi değerinin hesaplanması: Her bir kriter için entropi değeri eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Entropi Değerleri

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Entropi Değeri	0,951795	0,973192	0,989955	0,990598	0,979845	0,822999	0,945724	0,985265

Kriter ağırlıklarının hesaplanması: Bu aşamada her bir kriterin ağırlığını hesaplamak üzere eşitlik (4) kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda en yüksek ağırlığa sahip kriterin K6 olduğu görülmektedir. Aşağıda Tablo 4'te kriter ağırlıkları yer almaktadır.

Tablo 4: Kriter Ağırlıkları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Kriter Ağırlıkları	0,133669	0,074337	0,027854	0,026071	0,055889	0,490815	0,150505	0,040859

Çalışmanın bu kısmında yine kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için CRITIC yöntemi uygulanmıştır. CRITIC yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmiştir:

Karar matrisinin oluşturulması: CRITIC yönteminin uygulanabilmesi için alternatifler ve kriterlere göre hazırlanmış karar matrisinde kriterlerin amaçları da yer almaktadır. Görüldüğü üzere kriterler amaçları bakımından birbiri ile çelişmektedir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} 3 & 3000 & 40 & 6 & 9 & 9 & 6,5 & 8,05 \\ 2 & 5500 & 50 & 6 & 7 & 9 & 3 & 3,45 \\ 1 & 3000 & 28 & 6 & 5 & 1 & 2,5 & 5,52 \\ 1 & 1800 & 40 & 6,4 & 7 & 9 & 2 & 4,60 \\ 1 & 2200 & 33 & 6,4 & 7 & 1 & 2 & 5,52 \\ 2 & 3000 & 28 & 6 & 9 & 1 & 4 & 4,60 \\ 1 & 3000 & 30 & 3 & 7 & 9 & 1,5 & 5,52 \\ 1 & 4400 & 30 & 6 & 3 & 1 & 2,2 & 3,96 \\ \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Maliyet} & \text{Maliyet} \end{bmatrix}$$

Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: CRITIC yöntemi için kriter amaçlarının fayda ya da maliyet olması durumuna göre (6) ve (7) numaralı eşitlikler kullanılarak hazırlanan, $R = [p_{ij}]_{m \times n}$ ile ifade edilen normalize edilmiş karar matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$R = \begin{bmatrix} 1,000000 & 0,324324 & 0,545455 & 0,882353 & 1,000000 & 1,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,500000 & 1,000000 & 1,000000 & 0,882353 & 0,666667 & 1,000000 & 0,700000 & 1,000000 \\ 0,000000 & 0,324324 & 0,000000 & 0,882353 & 0,333333 & 0,000000 & 0,800000 & 0,550000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,545455 & 1,000000 & 0,666667 & 1,000000 & 0,900000 & 0,750000 \\ 0,000000 & 0,108108 & 0,227273 & 1,000000 & 0,666667 & 0,000000 & 0,900000 & 0,550000 \\ 0,500000 & 0,324324 & 0,000000 & 0,882353 & 1,000000 & 0,000000 & 0,500000 & 0,750000 \\ 0,000000 & 0,324324 & 0,090909 & 0,000000 & 0,666667 & 1,000000 & 1,000000 & 0,550000 \\ 0,000000 & 0,702703 & 0,090909 & 0,882353 & 0,000000 & 0,000000 & 0,860000 & 0,889130 \end{bmatrix}$$

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi: Bu adımda kriterler arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve her bir kriterin standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu amaçla eşitlik (8) kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları Tablo 5'te ve kriterlere ait standart sapma değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5: *Kriterler Arasındaki Korelasyon*

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,000	0,247	0,448	0,186	0,667	0,354	-0,951	-0,478
K2	0,247	1,000	0,406	-0,030	-0,312	0,079	-0,070	0,478
K3	0,448	0,406	1,000	0,261	0,275	0,702	-0,254	0,119
K4	0,186	-0,030	0,261	1,000	-0,036	-0,359	-0,286	0,108
K5	0,667	-0,312	0,275	-0,036	1,000	0,405	-0,583	-0,449
K6	0,354	0,079	0,702	-0,359	0,405	1,000	-0,190	-0,193
K7	-0,951	-0,070	-0,254	-0,286	-0,583	-0,190	1,000	0,629
K8	-0,478	0,478	0,119	0,108	-0,449	-0,193	0,629	1,000

Tablo 6: Standart Sapma Değerleri

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Standart Sapma	0,377964	0,320420	0,354959	0,328175	0,330344	0,534522	0,324070	0,304478

Korelasyon katsayıları ve standart sapma değerleri hesaplandıktan sonra kriterler arasındaki zıtlık, j . kriterin taşıdığı toplam bilgi miktarı ve her bir kriter için objektif ağırlıklar hesaplanmıştır. Bu amaçla sırasıyla eşitlik (9) ve eşitlik (10) kullanılmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7: Kriterlerdeki Zıtlık, Bilgi Miktarı ve Kriterlerin Objektif Ağırlıkları

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
$\sum_{k=1}^n (1 - t_{jk})$	6,527000	6,202000	5,043000	7,156000	7,033000	6,202000	9,989000	6,786000
C_j	2,466971	1,987245	1,790058	2,348420	2,323309	3,315105	3,237135	2,066188
W_{ij}	0,126288	0,101730	0,091636	0,120220	0,118934	0,169706	0,165714	0,105772

Hesaplamalar sonucunda en yüksek ağırlığa sahip kriterin K6 olduğu görülmektedir. Entropi ve CRITIC yöntemlerine göre kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra ROV yönteminin uygulamasına geçilmiştir. ROV yönteminin uygulama adımları ise şöyledir:

Karar matrisinin oluşturulması: Kriter amaçlarını gösteren karar matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$X = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} 3 & 3000 & 40 & 6 & 9 & 9 & 6,5 & 8,05 \\ 2 & 5500 & 50 & 6 & 7 & 9 & 3 & 3,45 \\ 1 & 3000 & 28 & 6 & 5 & 1 & 2,5 & 5,52 \\ 1 & 1800 & 40 & 6,4 & 7 & 9 & 2 & 4,60 \\ 1 & 2200 & 33 & 6,4 & 7 & 1 & 2 & 5,52 \\ 2 & 3000 & 28 & 6 & 9 & 1 & 4 & 4,60 \\ 1 & 3000 & 30 & 3 & 7 & 9 & 1,5 & 5,52 \\ 1 & 4400 & 30 & 6 & 3 & 1 & 2,2 & 3,96 \\ \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Fayda} & \text{Maliyet} & \text{Maliyet} \end{bmatrix}$$

Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: Kriterlerin amaçları dikkate alınarak, karar matrisinde yer alan değerler eşitlik (12) ve eşitlik (13) kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize edilmiş karar matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$\bar{X}_{ij} = \begin{bmatrix} 0,250000 & 0,115830 & 0,143369 & 0,131004 & 0,166667 & 0,225000 & 0,047215 & 0,075522 \\ 0,166667 & 0,212355 & 0,179211 & 0,131004 & 0,129630 & 0,225000 & 0,102300 & 0,176218 \\ 0,083333 & 0,115830 & 0,100358 & 0,131004 & 0,092593 & 0,025000 & 0,122760 & 0,110136 \\ 0,083333 & 0,069498 & 0,143369 & 0,139738 & 0,129630 & 0,225000 & 0,153450 & 0,132164 \\ 0,083333 & 0,084942 & 0,118280 & 0,139738 & 0,129630 & 0,025000 & 0,153450 & 0,110136 \\ 0,166667 & 0,115830 & 0,100358 & 0,131004 & 0,166667 & 0,025000 & 0,076725 & 0,132164 \\ 0,083333 & 0,115830 & 0,107527 & 0,065502 & 0,129630 & 0,225000 & 0,204600 & 0,110136 \\ 0,083333 & 0,169884 & 0,107527 & 0,131004 & 0,055556 & 0,025000 & 0,139500 & 0,153523 \end{bmatrix}$$

En iyi ve en kötü fayda değerlerinin hesaplanması: Bu adımda Entropi ve CRITIC yöntemleri ile daha önce hesaplanmış olan objektif kriter ağırlıkları kullanılarak fayda fonksiyonu, kriter amaçlarına göre maksimize ve minimize edilmiştir. i . alternatifin en iyi faydasını hesaplamak için eşitlik (14) ve en kötü faydasını hesaplamak için eşitlik (15) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: *En İyi, En Kötü Fayda Değerleri ve Orta Noktalar*

Alternatifler	Entropi-ROV			CRITIC-ROV		
	u_i^+	u_i^-	u_i	u_i^+	u_i^-	u_i
M1	0,169185	0,010192	0,089689	0,130249	0,015812	0,073031
M2	0,164149	0,022597	0,093373	0,128424	0,035591	0,082008
M3	0,043406	0,022976	0,033191	0,062508	0,031992	0,047250
M4	0,141620	0,028495	0,085058	0,101132	0,039408	0,070270
M5	0,043906	0,027595	0,035751	0,066463	0,037078	0,051771
M6	0,058685	0,016948	0,037817	0,081842	0,026694	0,054268
M7	0,142131	0,035293	0,088712	0,093637	0,045554	0,069596
M8	0,045553	0,027268	0,036411	0,064259	0,039356	0,051808

Alternatiflerin sıralanması: Bu adımda her bir alternatif için eşitlik (16) kullanılarak orta nokta değerleri (u_i) hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alınarak, alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Tablo 9'da Entropi ve CRITIC yöntemlerine göre alternatiflerin sıralaması gösterilmektedir.

Tablo 9: Alternatiflerin Sıralaması

Alternatifler	Entropi-ROV	Alternatifler	CRITIC-ROV
M2	0,093373	M2	0,082008
M1	0,089689	M1	0,073031
M7	0,088712	M4	0,070270
M4	0,085058	M7	0,069596
M6	0,037817	M6	0,054268
M8	0,036411	M8	0,051808
M5	0,035751	M5	0,051771
M3	0,033191	M3	0,047250

Tablo 9 incelendiğinde makine seçimi kararı üzerinde etkili olan kriterler açısından en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru sıralama Entropi-ROV yönteminde M2, M1, M7, M4, M6, M8, M5 ve M3 olarak; CRITIC-ROV yönteminde ise M2, M1, M4, M7, M6, M8, M5 ve M3 şeklinde elde edilmiştir. Görüldüğü üzere her iki yöntemde de en iyi alternatif M2'dir.

Makine seçimi ile ilgili olarak Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri kullanılarak elde edilen sıralamalar, Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı (Rho testi) kullanılarak SPSS Statistics 17.0 programında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 10'da yer almaktadır.

Tablo 10: Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı

Correlations	Entropi-ROV	CRITIC-ROV
Entropi-ROV Correlation Coefficient	1,000	0,976**
Sig. (2-tailed)		0,000
N	8	8
CRITIC-ROV Correlation Coefficient	0,976**	1,000
Sig. (2-tailed)	0,000	
N	8	8

**Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)

Tablo 10'da görüldüğü gibi Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri arasındaki korelasyon katsayısı 0,976'dır ve bu katsayı 0,000 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan geçerlidir. Dolayısıyla kriter ağırlıklarına göre elde edilen sıralamalar arasında, $\alpha = 0,01$ anlam düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı ve çok yüksek ilişki olduğu söylenebilir.

4. Sonuç

Yöneticiler işletme kaynaklarının temin edilmesi, verimli kullanılması ve üretim sisteminin aksamadan işlemesi gibi konularda doğrudan sorumluluk taşımaktadırlar. Bu nedenle üretimde kullanılacak makinelerin seçimi, yöneticiler açısından önemli bir karardır. Genellikle büyük miktarda sermaye yatırımı gerektiren ve üretim sürecinin temel girdileri arasında yer alan

makinelerin doğru seçimi, işletmelerin üretim planlarının aksatılmadan yürütülmesi, verimliliğin artırılması, maliyetlerinin azaltılması, dolayısıyla işletmenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Makine seçiminde işlevsel özellikler, işlem kalitesi, kapasite, maliyet, işletim maliyeti, denge, servis ve bakım olanakları, ekonomik kullanım ömrü gibi pek çok kriter etkili olmaktadır. Bu nedenle karar verici, en uygun kararı verebilmek için birbiri ile çelişen çok sayıda kriteri aynı anda değerlendirmek ve analiz etmek zorundadır. Karar üzerinde etkili olduğu düşünülen kriterlerin doğru belirlenmesi ve her bir alternatifin belirlenen kriterlere göre uygun yöntemler kullanılarak doğru değerlendirilmesi, doğru seçimin yapılabilmesi açısından çok önemlidir. Karar problemlerinde, karar üzerinde etkili olan çok sayıda kriterin olması, bu kriterlerin eş zamanlı olarak dikkate alınması ve çok sayıda alternatif arasından seçim yapılması gereken durumlarda genellikle ÇKKV yöntemlerine başvurulmaktadır. Sonuçta karara etki eden kriterler açısından alternatiflerin sınıflandırması, sıralaması ya da seçimi yapılabilmektedir.

Bu çalışmada ÇKKV tekniklerinden Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri bütünlük olarak kullanılarak, yatak ve uyku ürünleri üretimi yapan bir işletme için yatak kenarı kapama makinesi seçimi yapılmıştır. Bu amaçla satın alma kararı üzerinde etkili olduğu düşünülen dikiş kafası sayısı, dikiş hızı, bordür dikim genişliği, dikiş adımı, desen sayısı, bordür kenar dikimi, güç ve nakliye alanı olmak üzere sekiz adet karar kriteri belirlenmiştir. Entropi ve CRITIC yöntemleri ile her bir karar kriterinin ağırlığı hesaplanmıştır. Ayrıca yapılan araştırma sonucunda işletme için uygun olabileceği düşünülen farklı marka, model ve özelliklere sahip sekiz adet yatak kenarı bordür dikme makinesi belirlenmiştir. ROV yöntemi ile bu alternatiflerin sıralanması yapılmıştır. Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri uygulanarak yapılan sıralama sonucunda her iki yöntemde de en iyi alternatif M2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca makine seçimi ile ilgili olarak Entropi-ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri kullanılarak kriter ağırlıklarına göre elde edilen sıralamalar, Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, elde edilen sıralamaların istatistiksel açıdan anlamlı ve çok yüksek derecede ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla her iki yöntem de makine seçimi problemleri açısından oldukça kullanışlıdır.

Literatürde, makine seçimi problemi ile ilgili olarak farklı yöntemlerle hazırlanmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak Entropi- ROV ve CRITIC-ROV yöntemleri ile yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca Entropi ve CRITIC yöntemleri karar kriterleri için objektif kriter ağırlıklarının hesaplanması açısından oldukça kullanışlı yöntemlerdir. Kriter ağırlıklarının objektif olarak belirlenebilmesi, seçimin de objektif olmasını sağlayacağı için, verilen kararda isabet düzeyini artıracaktır. Entropi, CRITIC ve ROV yöntemleri makine seçimi probleminin yanı sıra her türlü ÇKKV probleminin çözümü için uygundur.

Kaynakça

- Arslan, M. Ç., Çatay, B., & Budak, E. (2004). A decision support system for machine tool selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(1), 101 -109.
- Çakır, S. (2016). An integrated approach to machine selection problem using fuzzy SMART - fuzzy weighted axiomatic design. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-13.
- Çakır, E., & Sezen Akar, G. (2017). Bütünlük SWARW – TOPSIS yöntemi ile makine seçimi: Bir üretim işletmesinde uygulama. *International Journal of Academic Value Studies*, 3(13), 206 -216.
- Dashore, K., Pawar, S. S., Sohani, N., & Verma, D. S. (2013). Product evaluation using entropy and multi criteria decision making methods. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 4(5), 2183-2187.

- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Garg, H., Agarwal, N., & Choubey, A. (2015). Entropy based multi-criteria decision making method under fuzzy environment and unknown attribute weights. *Global Journal of Technology & Optimization*, 6(3), 1-4.
- Gök Kısa, A. C., & Perçin, S. (2017). Bütünleşik bulanık DEMATEL – bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. *Journal of Yasar University*, 12(48), 249 -256.
- Hussain, S. A. I., & Mandal, U. K. (2016). Entropy based MCDM approach for selection of material. *National Level Conference on Engineering Problems and Application of Mathematics*, (pp. 1 - 6), NIT, Agartala.
- Işık, A. T., & Adalı, E. A. (2017). The decision - making approach based on the combination of entropy and ROV methods for the apple selection problem. *European Journal of Interdisciplinary Studies*, 8(1), 80 -86.
- Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S. M., Ismail, M. Y., & Bahraminasab, M. (2012). A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58, 411 -420.
- Jahan, A., Edwards, K. L., & Bahraminasab, M. (2016). *Multi criteria decision analysis for supporting the selection of engineering materials in product design* (2nd Edition). Butterworth-Heinemann.
- Kabadayı, N., & 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.
- Karami A., & Johansson, R. (2014). Utilization of multi attribute decision making techniques to integrate automatic and manual ranking of options. *Journal of Information Science and Engineering*, 30, 519-534.
- Kaya, İ., Kılınç, M. S., & Çevikcan, E. (2007). Makine - teçizat seçim probleminde bulanık karar verme süreci. *Mühendis ve Makine*, 49(576), 8 -14.
- Kumaraswamy, M., & Ramaswamy, R. (2016). Performance evaluation of software projects using criteria importance through inter – criteria correlation technique. *International Journal of Soft Computing and Software Engineering*, 6(3), 28 -36.
- Lee, M. C., Chang, J. F., & Chen, J. F. (2011). An entropy decision model for selection of enterprise resource planning system. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 1-9.
- Lotfi, F. H., & Fallahnejad, R. (2010). Imprecise Shannon's entropy and multi attribute decision making. *Entropy*, 12, 53-62.
- Madic, M., & Radovanovic, M. (2015). Ranking of some most commonly used non -traditional machining processes using ROV and CRITIC methods. *UPB Scientific Bulletin Series D: Mechanical Engineering*, 77(2), 193 -204.
- Madic, M., Radovanovic, M., Coteata, M., Jankovic, P., & Petkovic, D. (2015). Multi - objective optimization of laser cutting using ROV-based Taguchi methodology. *Applied Mechanics and Materials*, 809-810, 405 -410.

- Madic, M., Radovanovic, M., & Manic, M. (2016). Application of the ROV method for the selection of cutting fluids. *Decision Science Letters*, 5, 245 -254.
- Monks, J. G. (1996). *İşlemler yönetimi teori ve problemler* (S. Üreten, Çev.). Nobel Yayın Dağıtım.
- Organ, A. (2013). Bulanık DEMATEL yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157 -172.
- Özdağoğlu, A., Yakut, E., & Bahar, S. (2017). Machine selection in a dairy product company with entropy and SAW methods integration. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 341 -359.
- Özgen, A., Tuzkaya, G., Tukaya, U. R., & Özgen, D. (2011). A multi-criteria decision making approach for machine tool selection problem in a fuzzy environment. *International Journal of Computational Systems*, 4(4), 431 -445.
- Pamucar, D. S., Bozanic, D., & Randeloviz, A. (2017). Multi-criteria decision making: An example of sensitivity analysis. *Serbian Journal of Management*, 12(1), 1- 27.
- Safari, H., Fagheyi, M. A., Ahangari, S. S., & Fathi, M. R. (2012). Applying PROMETHEE method based on entropy weight for supplier selection. *Macrothink Institute Business Management and Strategy*, 3(1), 97-106.
- Ulutaş, A. (2017). EDAS yöntemi kullanılarak bir tekstil atölyesi için dikiş makinesi seçimi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 169 -183.
- Ulutaş, A. (2018). Entropi temelli ROV yöntemi ile esnek üretim sistemi seçimi. *Business and Economics Research Journal*, 9(1), 187-194.
- Ulutaş, A., & Cengiz, E. (2018). CRITIC ve EVAMIX yöntemleri ile bir işletme için dizüstü bilgisayar seçimi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(55), 881 -887.
- Vajapeyam, S. (2014). Understanding Shannon's entropy metric for information. *Research Gate*, 1-7.
- Vardin, H., & Yılmaz, F. M. (2012). Gıda endüstrisinde gıda işleme makineleri ve ekipmanlarının seçimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 16(3), 33-37.
- Vujicic, M. D., Papic, M. Z., & 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.
- Wang, T. Y., Shaw, C. F., & Chen, Y. L. (2000). Machine selection in flexible manufacturing cell: A fuzzy multiple attribute decision-making approach. *International Journal of Production Research*, 38(9), 2079 -2097.
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Application*, 36, 8980-8985.
- Wang, Y. M., & Luo, Y. (2010). Integration of correlations with standart deviations for determining attribute weights in multiple attribute decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 51(1-2), 1-12.
- Yakowitz, D. S., Lane, L. J., & Szidarovszky, F. (1993). Multi-attribute decision making: Dominance with respect to an importance order of the attributes. *Applied Mathematics and Computation*, 54(2-3), 167-181.

- Yılmaz, K., Öztürk, Y., & Burdurlu, E. (2017). Mobilya endüstrisi üretim süreçlerinde teknoloji seçimi: Panel ebatlama makinesi seçimi örnekleme. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 774-785.
- Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Yusop, Z. B. (2015). *Weighting method and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management*. Springer.
- Zhang, H., Gu, C., Gu, L., & Zhang, Y. (2011). The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy – a case in the Yangtze River Delta of China. *Tourism Management*, 32, 443-451.