

Gönderilme Tarihi: 23 Haziran 2021; Revize Edilmiş Hali: 14 Temmuz 2021; Kabul Tarihi: 19 Temmuz 2021

FARKLI NORMALİZASYON TEKNİKLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNE ETKİSİ: WASPAS ÖRNEĞİ

Sibel SATICI¹

ÖZ

Belirlenen kriterler doğrultusunda amaca en uygun alternatiflerin seçilmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır. Kriterlerin farklı ölçü birimlerine sahip olması nedeniyle kriterlerin ölçü birimlerini boyutsuz hale getirebilmek için normalizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat hangi ÇKKV yönteminde hangi normalizasyon tekniğinin kullanılması gerektiği konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, 7 farklı normalizasyon tekniğinin ÇKKV yöntemlerinden biri olan WASPAS yönteminin sonuçlarına nasıl etki ettiğini araştırmaktır. Uygulamada küçük ev aletlerinden olan farklı firmalara ait ve ismi gizli tutulan 7 elektrikli süpürge için 6 kriter altındaki performansı değerlendirilmiştir. WASPAS sonuçlarının normal dağılıma uygunluğunu analiz etmek için Shapiro Wilk testi kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren sonuçlara Pearson korelasyon testi uygulanarak normalizasyon teknikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde WASPAS yönteminin orijinalinde kullanılan normalizasyon tekniğine alternatif olarak Doğrusal Normalizasyon (Toplam) ve Vektör Normalizasyon tekniğinin kullanılabileceği görülmüştür. Doğrusal Normalizasyon (Maks-Min) tekniğinin ise diğer normalizasyon teknikleri ile karşılaştırıldığında en kötü sonuçları verdiği ve WASPAS yöntemi için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Normalizasyon Teknikleri, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), WASPAS

JEL Kodları: C02, C44.

THE EFFECTS OF DIFFERENT NORMALIZATION TECHNIQUES ON MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS: THE CASE OF WASPAS

ABSTRACT

Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are used to select the most suitable alternatives in line with the determined criteria. Since the criteria have different measurement units, normalization methods are used to make the measurement units of the criteria dimensionless. However, there is no consensus on which normalization technique should be used in which MCDM method. The aim of this study is to investigate how 7 different normalization techniques affect the results of the WASPAS method, which is one of the MCDM methods. In practice, the performance of 7 vacuum cleaners belonging to different companies, which are small household appliances and whose names are kept confidential, was evaluated under 6 criteria. Shapiro Wilk test was used to analyze the conformity of WASPAS results to normal distribution. Pearson correlation test was applied to normally distributed results and the relationship between normalization techniques was examined. When the results obtained were examined, it was seen that Linear Normalization (Sum) and Vector Normalization techniques could be used as an alternative to the normalization technique used in the original for the WASPAS method. It was concluded that Linear Normalization (Max-Min) technique gave the worst results compared to other normalization techniques and was not suitable for the WASPAS method.

Keywords: Normalization Techniques, Multi-Criteria Decision Making, WASPAS

JEL Codes: C02, C44.

¹Araştırma Görevlisi, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
sibel.ozkardes@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2010-833X

GİRİŞ

Herhangi bir amaç doğrultusunda, belirlenen kriterler göz önünde bulundurularak alternatifler arasından seçim yapmak, alternatifleri sıralamak ya da sınıflandırmak için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) kullanılmaktadır. Çok sayıda alternatif arasından en iyi olanını seçebilmek için çok sayıda değerlendirme kriteri bulunmaktadır. Fakat bu kriterler farklı ölçü birimlerine sahip olabilmektedir. Birbirinden farklı ölçü birimleri değerlendirme yapmak için uygun olmadığından alternatiflerin kriterler altındaki performans değerleri normalize edilerek boyutsuz hale getirilmesi gerekmektedir. Doğrusal Normalizasyon (Maks), Doğrusal Normalizasyon (Maks-Min), Doğrusal Normalizasyon (Toplam), Vektör Normalizasyon ve Logaritmik Normalizasyon gibi pek çok farklı normalizasyon türü mevcuttur. Literatürde yer alan ÇKKV yöntemlerini uygulayan çalışmalarda farklı normalizasyon tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. SAW yöntemi için *maks* doğrusal normalizasyon tekniği kullanılırken, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri için genellikle vektör normalizasyon kullanılmaktadır (Chakraborty ve Yeh, 2007). Ayrıca literatürde yer alan çalışmalarda aynı ÇKKV yöntemi için farklı normalizasyon tekniklerinin de kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, TOPSIS yöntemi için Ouattara vd. (2012) ile Dai ve Wang (2011) tarafından yapılan çalışmalarda farklı doğrusal normalizasyon teknikleri kullanılmıştır. Bu nedenle literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde hangi normalizasyon tekniğinin kullanılması gerektiği konusunda bir fikir birliğinin bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, bu konunun araştırılmaya açık olduğunu göstermektedir.

ÇKKV yöntemlerinde elde edilen sonuçlar optimum çözümü garanti etmediğinden kullanılan normalizasyon yöntemleri sonuca etki edebilmekte, normalizasyon tekniği karar problemi veya seçilen ÇKKV yöntemi için uygun değilse, en iyi karar çözümü gözden kaçabilmektedir (Chatterjee ve Chakraborty, 2014). Bu durum, farklı normalizasyon tekniklerinin ÇKKV yöntemlerinin sonucuna nasıl etki edeceği sorusunu karşımıza çıkarmaktadır.

Bu çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan 7 farklı normalizasyon tekniğinin ÇKKV yöntemlerinden WASPAS yönteminin sonuçlarına nasıl etki ettiği araştırılmaktadır. WASPAS yöntemi, TOPSIS, AHP gibi bilinen ve yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerine göre nispeten yeni olan bir yöntem olması ve bu konuda literatürde az sayıda çalışma bulunması nedeniyle seçilmiştir. Uygulamada küçük ev aletlerinden olan farklı firmalara ait olan ve ismi gizli tutulan 7 elektrikli süpürge Motor Gücü, Ses Seviyesi, Toz Kapasitesi, Kablo Boyu, Ağırlık ve Fiyat olmak üzere toplam 6 kriter altındaki performanslarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları Entropi yöntemi ile elde edilmiştir. Farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen WASPAS sonuçları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ikili korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi yapılmadan önce elde edilen sonuçların normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile analiz edilmiştir. Sonuçların normal dağılıma uygun olduğu sonucuna varıldığından parametrik testlerden biri olan Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde literatürde yer alan farklı normalizasyon tekniklerinin ÇKKV yöntemlerine etkisini inceleyen çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde ise çalışmada karşılaştırılmak üzere kullanılan normalizasyon teknikleri ile WASPAS yöntemlerinin

aşamaları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde uygulamadan elde edilen bulgulara yer verilirken son bölümde ise bulgulardan elde edilen sonuçlar yorumlanarak gelecekte bu konu ile ilgili yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde farklı ÇKKV yöntemlerinin farklı normalizasyon yöntemlerinden nasıl etkilendiği üzerinde yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır.

Chakraborty ve Yeh (2007) tarafından yapılan çalışmada doğrusal maks, doğrusal maks-min, doğrusal toplam ve vektör olmak üzere 4 farklı normalizasyon tekniğinin ÇKKV yöntemlerinden biri olan SAW yönteminin sonuçlarına nasıl etki ettiği araştırılmıştır. Çalışmada her bir normalizasyon tekniği için Sıralama Tutarlılık İndeksi (RCI) ve ortalama sapma değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak vektör normalizasyon tekniğinin SAW yöntemi için en uygun normalizasyon tekniği olduğu ortaya çıkmıştır.

Chakraborty ve Yeh (2009) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise doğrusal maks, doğrusal maks-min, doğrusal toplam ve vektör olmak üzere 4 farklı normalizasyon tekniğinin TOPSIS yönteminin sonuçlarına nasıl etki ettiği analiz edilmiştir. Her bir normalizasyon tekniği için Sıralama Tutarlılık İndeksi (RCI) ve duyarlılık değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada, TOPSIS yönteminin orijinalinde kullanılan vektör normalizasyon tekniğinin bu yöntem için en iyi normalleştirme tekniği olduğu sonucuna varılmıştır.

Özdağoğlu (2013) tarafından yapılan çalışmada TOPSIS yönteminin farklı normalizasyon teknikleri ile nasıl sonuçlar verdiğini araştırılmıştır. 10 alternatif ve 5 değerlendirme ölçütü içeren 10 veri seti türetilerek farklı normalizasyon teknikleriyle TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

TOPSIS yöntemi ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada yaygın olarak kullanılan 6 farklı normalizasyon tekniği uygulanmıştır. Kullanılan tekniklerin tutarlılığını ölçmek için Sıralama Tutarlılık İndeksi (RCI), ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değer gibi tanımlayıcı istatistikler ile Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Ayrıca hem alternatiflerin sıralanması hem de yakınlığının incelenmesi için Pearson ve Spearman korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre vektör normalizasyonun TOPSIS yöntemi için en uygun normalizasyon tekniği olduğu ortaya çıkarken, logaritmik normalizasyonun TOPSIS yöntemi için uygun olmadığı görülmüştür (Vafaei vd., 2018).

Özdağoğlu (2013) tarafından yapılan çalışmada farklı normalizasyon tekniklerinin COPRAS yöntemi üzerindeki etkisi incelenmiştir. 10 alternatif ve 5 kriterden oluşan 10 veri seti türetilerek farklı normalizasyon yöntemleri için sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlarda COPRAS yönteminde genel olarak kullanılan doğrusal normalizasyon yönteminin yerine vektör normalizasyon yönteminin de kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır.

Chatterjee ve Chakraborty (2014) tarafından yapılan çalışmada esnek üretim sistemi seçimi problemi için farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak ÇKKV yöntemlerinden PROMETHEE, Gri İlişkisel Analiz ve TOPSIS uygulanmıştır.

Moora yönteminin de farklı normalizasyon yöntemleri kullanıldığında nasıl sonuçlar verdiği incelenmiştir. 10 alternatif ve 5 değerlendirme kriterini içeren 10 veri seti üzerinden yapılan uygulamada, monoton olmayan normalizasyon haricindeki diğer doğrusal ve vektör normalizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar benzer çıkmıştır (Özdağoğlu, 2014).

Vafaei vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi için 5 farklı normalizasyon tekniğinin hangisinin daha uygun olduğu analiz edilmiştir. Normalizasyon tekniklerinin uygunluğunu test etmek için Pearson ve Spearman korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Logaritmik normalizasyon tekniğinin normleştirilmiş değerlerde sıfır veya sonsuz değerler yaratabileceğinden AHP yöntemi için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. AHP yönteminde ağırlıklandırılmış süpermatrisin sütunlarının toplamının 1'e eşit olması gerektiğinden, doğrusal maks, doğrusal maks-min ve vektör normalleştirme teknikleri karşılaştırılmadan önce doğrusal toplam normalizasyon tekniği ile yeniden normleştirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, doğrusal maks ve doğrusal toplam tekniklerinin birlikte kullanımı AHP yöntemi için en uygun normalleştirme tekniği olmuştur.

Mathew vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, endüstriyel robot seçimi problemi için farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak WASPAS yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre doğrusal normalizasyonun (maks-min) WASPAS yöntemi için en iyi teknik olduğu ortaya çıkmıştır. Logaritmik normalizasyon tekniği kullanıldığında ise en kötü sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Çelen (2014) tarafından yapılan çalışmada, TOPSIS yönteminde vektör normalizasyon ile maks-min, maks ve toplam olmak üzere 3 farklı doğrusal normalizasyon tekniğinin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada 13 Türk mevduat bankasının finansal performanslarını değerlendirmek için 4 farklı normalizasyon tekniği ile TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar TOPSIS yönteminde çoğunlukla kullanılan vektör normalizasyonun en tutarlı teknik olduğunu göstermiştir. Doğrusal normalizasyon yöntemleri arasında yer alan maks-min ve maks yöntemleri ise vektör normalizasyon yöntemine alternatif olarak görülmüştür.

2. METODOLOJİ

Bu çalışmada farklı normalizasyon tekniklerinin WASPAS yönteminin sonuçlarına etkisi araştırılmaktadır. Yöntemi uygulamak için kullanılan veriler küçük ev aletlerinden biri olan elektrikli süpürge özelliklerinden oluşmaktadır. Uygulama verisinde yer alan elektrikli süpürgeler farklı firmalara ait olup markaları gizli tutulmuştur. Veriler firmalara ait internet sitesinden elde edilmiştir. Bu bölümde uygulamada kullanılan normalizasyon teknikleri ve WASPAS yönteminin adımları açıklanmıştır.

2.1 Normalizasyon Teknikleri

Bu çalışmada literatürdeki çalışmalarda da sıklıkla karşımıza çıkan 7 farklı normalizasyon tekniği kullanılmıştır. Bu teknikler, *Maks*, *Maks-Min*, *Toplam* (Çelen, 2014) ve WASPAS yönteminde kullanılan teknik (Zavadskas vd., 2012) olmak üzere 4 Doğrusal Normalizasyon, Vektör Normalizasyon, Logaritmik Normalizasyon ve Doğruluğu Geliştirilmiş Normalizasyon (Jahan ve Edwards, 2015) olarak ifade edilmektedir.

m tane alternatif n tane kriterin olduğu bir durumda alternatiflerin kriterler altındaki performansını gösteren karar matrisi $X = [x_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde ifade edilmektedir. Tablo 1’de gösterilen x_{ij} , i . alternatifin j . kriter altındaki performans değerini ifade ederken, \bar{x}_{ij} ise bu değerlerin normalize edilmiş halini ifade etmektedir. Yine Tablo 1’de gösterilen x_j^{maks} , j . kriter altında bulunan en büyük değeri ifade ederken, x_j^{min} ise j . kriter altında bulunan en küçük değeri ifade etmektedir.

2.2 WASPAS Yöntemi

WASPAS (Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım) yöntemi, Ağırlıklandırılmış Toplam Modeli (AT) ve Ağırlıklandırılmış Çarpım Modeli (AÇ) yöntemlerinin λ ile gösterilen bir katsayıyla birleşiminden oluşmaktadır. WASPAS yöntemi ile karar vericiler, alternatifleri belirlenen kriterleri göz önünde bulundurarak sıralayabilmektedir (Lashgari vd., 2014). Bu yöntem Zavadskas vd. (2012) tarafından geliştirilmiştir ve aşamaları şu şekildedir:

Adım 1:

İlk adımda alternatiflerin belirlenen kriterler altındaki performanslarını gösteren karar matrisi Eşitlik (1)’de gösterildiği şekilde oluşturulmaktadır.

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2:

Bu adımda karar matrisi değerlerine Tablo 1’de gösterilen normalizasyon teknikleri uygulanmaktadır.

Tablo 1: Normalizasyon Teknikleri

Sembol	Normalizasyon Tekniği	Kriter Türü	Formül
N1	Doğrusal Normalizasyon (Maks) (Çelen, 2014)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{maks}}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^{maks}}$
N2	Doğrusal Normalizasyon (Maks- Min) (Çelen, 2014)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{maks} - x_j^{min}}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_j^{maks} - x_{ij}}{x_j^{maks} - x_j^{min}}$
N3	Doğrusal Normalizasyon (Toplam) (Çelen, 2014)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1/x_{ij})}$
N4	Doğrusal Normalizasyon (WASPAS) (Zavadskas vd., 2012)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{maks_i x_{ij}}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{min_i x_{ij}}{x_{ij}}$
N5	Vektör Normalizasyon (Jahan ve Edwards, 2015)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$
N6	Logaritmik Normalizasyon (Jahan ve Edwards, 2015)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{\ln x_{ij}}{\ln(\prod_{i=1}^m x_{ij})}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = \frac{1 - \frac{\ln x_{ij}}{\ln(\prod_{i=1}^m x_{ij})}}{m - 1}$
N7	Doğruluğu Geliştirilmiş Normalizasyon (Jahan ve Edwards, 2015)	Maksimizasyon	$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_j^{maks} - x_{ij}}{\sum_{i=1}^m (x_j^{maks} - x_{ij})}$
		Minimizasyon	$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - x_j^{min})}$

Adım 3:

AT ve AÇ modellerine göre i . alternatifin toplam görelî önemi hesaplanmaktadır. AT, kriter değerlerinin ağırlıklar ile çarpılarak toplanmasıyla hesaplanmaktadır. AÇ ise bir alternatifin kriter bazındaki performans değerinin kriter ağırlığı kadar üssü alınıp bu değerlerin çarpılmasıyla hesaplanır. AT'ye göre i . alternatifin toplam görelî önemi $Q_i^{(1)}$, AÇ'ye göre i . alternatifin toplam görelî önemi $Q_i^{(2)}$ sırasıyla Eşitlik (2)'de ve Eşitlik (3)'te gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j \quad (2)$$

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (3)$$

Eşitlik (2)'de ve Eşitlik (3)'te yer alan w_j , j . kriterin ağırlığını ifade etmektedir.

Adım 4:

Adım 3'te AT ve AÇ modellerine göre hesaplanan değerlerin ağırlıklı olarak genelleştirilmiş şekli Eşitlik (4)'te gösterilmektedir (Zavadskas vd., 2013).

$$Q_i = 0,5Q_i^{(1)} + 0,5Q_i^{(2)} = 0,5 \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j + 0,5 \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (4)$$

WASPAS yönteminde sonuç olarak en yüksek Q_i değerine sahip olan alternatif seçilmektedir.

3. UYGULAMA

Uygulamada kullanılan, alternatiflerin belirlenen kriterler altındaki performanslarını gösteren karar matrisi Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: Karar Matrisi

	Motor Gücü (W)	Ses Seviyesi (dBA)	Toz Kapasitesi (L)	Kablo Boyu (m)	Ağırlık (kg)	Fiyat (TL)
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	800	74	2,5	7	7,05	1450
A2	800	70	3,5	6	5,13	1900
A3	800	77	2,2	8	6,2	3300
A4	750	69	3	9	9,5	2500
A5	450	63	3	9	10,1	3000
A6	800	77	2,2	8	6,2	4000
A7	800	76	5,5	6	5,9	1450
<i>Kriter türü</i>	<i>Maks</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>	<i>Maks</i>	<i>Min</i>	<i>Min</i>

Karar verme probleminde amaç, belirlenen kriterler doğrultusunda alternatifler arasından en iyi özelliklere sahip elektrikli süpürge seçilmesidir. Tablo 2'de görüldüğü gibi problemde A1, A2, ..., A7 olmak üzere 7 alternatif bulunmaktadır. Problemdeki kriterler ise Motor Gücü (K1), Ses Seviyesi (K2), Toz Kapasitesi (K3), Kablo Boyu (K4), Ağırlık (K5) ve Fiyat (K6) şeklinde belirlenmiştir.

Sonraki aşamada Tablo 1'de gösterilen farklı normalizasyon teknikleri ile karar matrisi normalize edilmiştir. Örnek teşkil etmesi amacıyla A4 alternatifi için N1, N2, N3, N4, N5, N6 ve N7

normalizasyon teknikleri ile yapılan hesaplamalar sırasıyla Eşitlik (5), Eşitlik (6), Eşitlik (7), Eşitlik (8), Eşitlik (9), Eşitlik (10) ve Eşitlik (11) ile gösterilmiştir.

$$\bar{x}_{N1,41} = \frac{750}{800} = 0,9375 \quad (5)$$

$$\bar{x}_{N2,41} = \frac{750 - 450}{800 - 450} = 0,8571 \quad (6)$$

$$\bar{x}_{N3,41} = \frac{750}{800 + 800 + 800 + 750 + 450 + 800 + 800} = 0,1442 \quad (7)$$

$$\bar{x}_{N4,41} = \frac{750}{800} = 0,9375 \quad (8)$$

$$\bar{x}_{N5,41} = \frac{750}{\sqrt{800^2 + 800^2 + 800^2 + \dots + 800^2}} = 0,3767 \quad (9)$$

$$\bar{x}_{N6,41} = \frac{\ln(750)}{\ln(800 * 800 * 800 * \dots * 800)} = 0,1434 \quad (10)$$

$$\bar{x}_{N7,41} = 1 - \frac{800 - 750}{(800 - 800) + (800 - 800) + \dots + (800 - 800)} = 0,875 \quad (11)$$

Uygulamada kriterlere ait ağırlıklar Entropi yöntemi ile belirlenmiştir. Tablo 3'te Entropi yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları gösterilmektedir.

Tablo 3: Kriter Ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Entropi Ağırlıkları	0,086	0,013	0,295	0,070	0,166	0,370

Tablo 3'te gösterilen kriter ağırlıklarına bakıldığında *Fiyat* 0,37 ağırlık değeri (w) ile en önemli kriter olarak görülmektedir. Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) yardımıyla her bir alternatifin AT ve AÇ modellerine göre toplam göreceli önemleri hesaplanmıştır. Daha sonra Eşitlik (4)'te belirtildiği gibi her bir alternatifin toplam göreceli önemi elde edilmiştir. Alternatiflere ait elde edilen değerler Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: Alternatiflerin Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Toplam Görelî Önemi

	Q_i^{N1}	Q_i^{N2}	Q_i^{N3}	Q_i^{N4}	Q_i^{N5}	Q_i^{N6}	Q_i^{N7}
A1	0,402	0,294	0,107	0,534	0,342	0,098	0,676
A2	0,457	0,130	0,117	0,574	0,380	0,111	0,690
A3	0,135	0,073	0,085	0,419	0,296	0,093	0,631
A4	0,333	0,300	0,098	0,478	0,337	0,106	0,640
A5	0,141	0,077	0,088	0,425	0,307	0,105	0,529
A6	0,133	0,066	0,081	0,399	0,278	0,093	0,608
A7	0,558	0,217	0,149	0,720	0,460	0,127	0,731

Tablo 4'te de gösterilen alternatiflerin Q_i değerlerine göre sıralama yapılmıştır. En yüksek Q_i değerine sahip alternatif en iyi seçim olarak değerlendirilmiştir. Buna göre elde edilen sıralamalar Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5: WASPAS Sonuçları

	Q_i^{N1}	Q_i^{N2}	Q_i^{N3}	Q_i^{N4}	Q_i^{N5}	Q_i^{N6}	Q_i^{N7}
A1	3	2	3	3	3	5	3
A2	2	4	2	2	2	2	2
A3	6	6	6	6	6	6	5
A4	4	1	4	4	4	3	4
A5	5	5	5	5	5	4	7
A6	7	7	7	7	7	7	6
A7	1	3	1	1	1	1	1

Farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen WASPAS sonuçları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ikili korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi yapılmadan önce elde edilen sonuçların normal dağılıma uygunluğunu analiz edilmiştir. Normal dağılıma uygunluk analizi için Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testleri yapılmaktadır. Örneklem büyüklüğünün 50'den küçük olduğu ($n < 50$) durumlarda Shapiro Wilk testi Kolmogorov-Smirnov testinden daha güçlü sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Mayers A., 2013). Bu çalışmada da örneklem büyüklüğü 50'den küçük olduğu için normallik analizi için Shapiro Wilk testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6'da gösterilen Shapiro Wilk testi sonuçlarında tüm P-değerleri 0,05'ten büyük olduğundan tüm normalizasyon türleri için elde edilen WASPAS performans değerleri normal dağılıma uygun olduğundan korelasyon analizi için parametrik test olan Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Korelasyon katsayısı 0 ile 0,25 arasında bir değer aldığı anda ilişkinin çok zayıf olduğunu, 0,26 ile 0,49 arasında bir değer aldığı anda ilişkinin zayıf olduğunu, 0,50 ile 0,69 arasında bir değer aldığı anda ilişkinin orta düzeyde olduğunu, 0,70 ile 0,89 arasında bir değer aldığı anda ilişkinin yüksek düzeyde olduğunu, 0,90 ile 1 arasında bir değer aldığı anda ilişkinin çok yüksek düzeyde olduğunu söylemek mümkündür (Kalaycı, 2010). Tablo 7'de Pearson korelasyon testinin sonuçları görülmektedir.

Tablo 6: Normal Dağılıma Uygunluk Testi Sonuçları

	Shapiro-Wilk		
	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri
Doğrusal Normalizasyon (Maks) (N1)	0,873	7	0,196
Doğrusal Normalizasyon (Maks-Min) (N2)	0,834	7	0,088
Doğrusal Normalizasyon (Toplam) (N3)	0,886	7	0,254
Doğrusal Normalizasyon (WASPAS) (N4)	0,888	7	0,262
Vektör Normalizasyon (N5)	0,906	7	0,368
Logaritmik Normalizasyon (N6)	0,899	7	0,327
Doğruluğu Geliştirilmiş Normalizasyon (N7)	0,971	7	0,904

Tablo 7: Pearson Korelasyon Testi Sonuçları

	Korelasyon Değerleri						
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
N1	1	0,655	0,938**	0,948**	0,930**	0,794*	0,870*
N2		1	0,466	0,484	0,462	0,330	0,527
N3			1	0,999**	0,995**	0,907**	0,814*
N4				1	0,990**	0,886**	0,835*
N5					1	0,936**	0,787*
N6						1	0,546
N7							1

** . Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır. (Çift yönlü)

* . Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. (Çift yönlü)

Tablo 7 incelendiğinde en yüksek ilişkinin 0,999 korelasyon katsayı ile N3 ile N4 normalizasyon teknikleri arasında olduğu görülmektedir. En yüksek ikinci ve üçüncü korelasyon katsayıları ise N3 ile N5, N4 ile N5 teknikleri arasında olup sırasıyla 0,995, 0,990 değerlerine sahiptir.

SONUÇ

Hayatımızın her anında karşımıza çıkan karar verme sürecinde kriterlerin farkı ölçüm birimlerine sahip olması değerlendirme süreci için uygun olmadığından normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Böylece farklı ölçüm birimlerine sahip kriterler boyutsuz hale getirilmektedir. Literatürdeki çalışmalarda da yer alan aynı ÇKKV yöntemi için uygulanan farklı normalizasyon tekniklerinin olması bu konuda bir fikir birliğinin bulunmadığını göstermektedir. Bu nedenle farklı normalizasyon tekniklerinin ÇKKV yöntemlerinin sonuçlarını nasıl etkilediği araştırılma konusu olmuştur. Bu çalışma kapsamında 7 farklı normalizasyon tekniğinin ÇKKV yöntemlerinden biri olan WASPAS yönteminin sonuçlarına etkisi değerlendirilmiştir. Uygulamada küçük ev aletlerinden olan farklı firmalara ait olan ve ismi gizli tutulan 7 elektrikli süpürge Motor Gücü, Ses Seviyesi, Toz Kapasitesi, Kablo Boyu, Ağırlık ve Fiyat olmak üzere toplam 6 kriter altındaki performanslarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Alternatiflerin kriterler altında 7 farklı normalizasyon tekniği ile elde edilen

WASPAS performans değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı Shapiro Wilk testi ile analiz edilmiştir. Normal dağılıma uygun olan sonuçlara Pearson korelasyon testi uygulanmıştır.

Tablo 5'te gösterilen WASPAS sonuçlarına bakıldığında N1, N3, N4 ve N5 normalizasyon teknikleri ile aynı sonuçlar elde edilmiştir. N2 tekniği hariç diğer normalizasyon teknikleriyle elde edilen sonuçların hepsinde A1 alternatifinin birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Tablo 7'de gösterilen sonuçlar arasındaki korelasyon değerleri incelendiğinde N4 olarak ifade edilen WASPAS yönteminin orijinalinde kullanılan tekniğin, N3 olarak ifade edilen Doğrusal Normalizasyon (Toplam) tekniği ile 0,999 korelasyon katsayısıyla çok yüksek düzeyde ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca WASPAS yönteminin orijinalinde kullanılan normalizasyon tekniğinin N5 olarak ifade edilen Vektör Normalizasyon tekniği ile 0,990 korelasyon katsayısı ile çok yüksek düzeyde ilişkisi bulunmaktadır. Bu durum N3 ile N4, N3 ile N5 normalizasyon tekniklerinin birbirinin yerine kullanılabileceği ve bu teknikler kullanıldığında benzer sonuçlar elde edilebileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak bakıldığında ise N2 normalizasyon tekniğinin diğer tekniklerle ilişkisinin zayıf olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde WASPAS yöntemi için orijinalinde kullanılan normalizasyon tekniğine alternatif olarak Doğrusal Normalizasyon (Toplam) ve Vektör Normalizasyon tekniğinin kullanılabileceği görülmektedir. Doğrusal Normalizasyon (Maks-Min) tekniğinin ise diğer normalizasyon teknikleri ile karşılaştırıldığında en kötü sonuçları verdiği görülmektedir. Bu nedenle Doğrusal Normalizasyon (Maks-Min) tekniğinin WASPAS yöntemi için uygun olmadığını söylemek mümkündür.

Gelecekteki çalışmalarda diğer ÇKKV yöntemlerinin farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak nasıl sonuçlar verdiği araştırılabilir. Çalışmada kullanılan tekniklerin dışında farklı normalizasyon teknikleri de eklenerek elde edilen sonuçlar ile karşılaştırma yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Chakraborty, S., & Yeh, C. -H. (2009). A simulation comparison of normalization procedures for TOPSIS. *Computers Industrial Engineering*, 1815-1820.
- Chakraborty, S., & Yeh, C.-H. (2007). A Simulation Based Comparative Study of Normalization Procedures in Multiattribute Decision Making. *Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases.*, Corfu Island, Greece.
- Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2014). Investigating the effect of normalization norms in flexible manufacturing system selection using multi-criteria decision making methods. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 7(3), 141-150.
- Çelen, A. (2014). Comparative Analysis of Normalization Procedures in TOPSIS Method: With an Application to Turkish Deposit Banking Market. *Informatica*, 25(2), 185-208.
- Dai, L., & Wang, J. (2011). Evaluation of The Profitability of Power Listed Companies Based on Entropy Improved TOPSIS Method. *Procedia Engineering*, 15, 4728-4732.
- Jahan, A., & Edwards, K. L. (2015). A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process in engineering design. *Materials and Design*, 65, 335-342.

- Lashgari, S., & Antucheviciene, J. (2014). Using QSPM and WASPAS methods for determining outsourcing strategies. *Journal of Business Economics and Management*, 15(4), 1-15.
- Mathew, M., Sahu, S., & Upadhyay, A. K. (2017). Effect Of Normalization Techniques In Robot Selection Using Weighted Aggregated Sum Product Assessment. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 4(2).
- Mayers, A. (2013). *Introduction to Statistics and SPSS in Psychology*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Özdağoğlu, A. (2013). Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(2), 229-252.
- Özdağoğlu, A. (2013). Farklı Normalizasyon Yöntemlerinin TOPSIS'te Karar Verme Sürecine Etkisi. *Ege Akademik Bakış*, 13(2), 245-257.
- Özdağoğlu, A. (2014). Normalizasyon Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Sürecine Etkisi–Mooraa Yöntemi İncelemesi. *Ege Akademik Bakış*, 14(2), 283-294.
- Quatara, A., Pibouleau, L., Azzaro-Pantel, C., Domenech, S., Baudet, P., & Yao, B. (2012). Economic and Environmental Strategies For Process Design. *Computers and Chemical Engineering*, 174-188.
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A., & Camarinha-Matos, L. M. (2016). Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study. *DoCEIS 2016: Technological Innovation for Cyber-Physical Systems* (s. 261-269). Springer.
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A., & Camarinha-Matos, L. M. (2018). Data normalisation techniques in decision making: case study with TOPSIS method. *Int. J. Information and Decision Sciences*, 10(1), 19-38.
- Zavadskas, E. K., Turkis, Z., & Antucheviciene, J. (2012). Optimization of Weigted Aggregated Sum Product Assesment. *Electronics and Electrical Engineering*, 122(6).
- Zavadskas, E., Antucheviciene, J., Saparuskas, J., & Turksis, Z. (2013). MCDM methods WASPAS and MULTIMOORA: Verification of robustness of methods when assessing alternative solutions. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 47(2).