

# Normalizasyon Yöntemlerinin Çok Ölçütlü Karar Verme Sürecine Etkisi–Moora Yöntemi İncelemesi

*The Effects of The Normalization Methods to Multi Criteria Decision Making Process–Moora Method Review*

Aşkın ÖZDAĞOĞLU<sup>1</sup>

## ÖZET

İşletmeler çok sayıda değerlendirme ölçütünü bir arada gözönüne alarak alternatifler arasında seçim yapmak durumundadırlar. Bu değerlendirme ölçütlerinin ölçüm birimlerinin aynı olması ise gerçek hayatta hemen hemen imkansızdır. Ölçüm birimleri farklı olan ölçütleri birarada incelemek için kullanılan yöntemler çok ölçütlü karar verme yöntemleri adıyla anılmaktadır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde ölçüm birimleri farklı olan ölçütleri incelemek için kullanılan çeşitli normalizasyon yöntemleri mevcuttur. Farklı çok ölçütlü karar verme yöntemleri farklı normalizasyon yöntemleri kullanmakta hatta aynı yöntem için literatürde farklı normalizasyon yöntemlerinin kullanıldığı bile görülmektedir. Bu çalışmanın amacı farklı normalizasyon yöntemlerinin alınan kararda bir değişiklik yaratıp yaratmadığını incelemektir. Bu amaçla veri setleri türetilerek Moora çok ölçütlü karar verme yöntemi için farklı normalizasyon yöntemleri uygulanmış ve tercih sırasının değişip değişmediği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Üretim yönetimi, çok ölçütlü karar verme, normalizasyon, moora

## ABSTRACT

Companies have to make a choice among alternatives by taking into consideration many different evaluation criteria together. In real world, same measurement units of the evaluation criteria are impossible. The methods used for analysing the evaluation criteria which have got different measurement units are called multi criteria decision making methods. There have been different normalization methods used for analysing the evaluation criteria which have got different measurement units in the multi criteria decision making methods. The different multi criteria decision making methods have used different normalization methods. Moreover, the different normalization methods can be used in the same multi criteria decision making method. The purpose of this study is to analyse the effects of the different normalization methods in the decision. For this purpose, the data sets have been derived. Then, the preference rankings have been analysed for Moora multi criteria decision making method by applying different normalization methods for the data sets.

**Keywords:** Production management, multi criteria decision making, normalization, moora

## 1. GİRİŞ

İşletmeler faaliyetlerini sürdürürken çok sayıda alternatif arasında bir seçim yapma problemiyle sıklıkla karşı karşıya kalmaktadırlar. Üstelik bu alternatifler arasında seçim yapılması sürecinde bir çok farklı faktörü bir arada düşünmek zorundadırlar. Bu faktörlerin ise aynı ölçüm birimine sahip olması gerçek hayatta hemen hemen hiç gerçekleşmemektedir. Hatta servis kalitesi, tedarikçinin güvenilir olması gibi bazı faktörlerde bir ölçüm cihazı ile ölçüm yapmak bile mümkün olmamaktadır. Ancak sağlıklı bir karar verme sürecinin gerçekleşebilmesi için nitel faktörlerin ölçülebilmesi nedeniyle değerlendirme sürecinden çıkarılması gibi bir durum da sözkonusu olamayacaktır. Herhangi bir ölçüm cihazı vasıtasıyla ölçüm yapılsa bile bunların birimleri aynı olmayacağından bu veriler de doğrudan kullanılamayacaktır. Çok ölçütlü karar verme yön-

temleri bu tür sorunların üstesinden gelebilmek için normalizasyon yöntemlerinden yararlanmaktadır. Bu normalizasyon yöntemleri mevcut bulunan değerleri birimi olmayan değerlere dönüştürerek birlikte incelenmelerine olanak sağlamaktadır. Bu noktada farklı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin değerlendirme sürecinde yararlandıkları belirgin bir normalizasyon yöntemi mevcuttur. Örnek vermek gerekirse Topsis yöntemi çoğunlukla vektörel normalizasyondan yararlanmakta ve ideal çözüme uzaklığı bulmaktadır. Doğrusal normalizasyon yönteminin tercih edildiği çok ölçütlü karar verme yöntemleri de bulunmaktadır. Fakat doğrusal normalizasyon için de dört farklı yöntem mevcuttur. Ayrıca literatür incelendiğinde aynı çok ölçütlü karar verme yönteminin uygulandığı farklı makalelerde farklı normalizasyon yöntemleri seçilmekte ve bir standarta sahip olmamaktadır. Örnek vermek gerekirse Moora yöntemi için doğrusal

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, askin.ozdagoglu@deu.edu.tr

normalizasyon ve vektörel normalizasyon yöntemi kullanılan çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu noktada bir soru ortaya çıkmaktadır. Acaba normalizasyon yöntemi verilen kararı etkiler mi? Bu çalışmada farklı normalizasyon yöntemleri seçilmiş olan bir çok ölçütlü karar verme yöntemi için farklı veri setlerine uygulanacak ve alternatiflerin tercih sırasında belirgin değişiklikler olup olmadığı korelasyon analizi ile incelenecektir. Verilerin gerçek işletme durumlarını daha iyi yansıtabilmesini de sağlamak amacıyla bu değerlendirme ölçütlerinden sonuncusu için zaman ve maliyet gibi değerlerin en küçük olmasının en iyi durumu gösterdiği düşünülerek işlemler gerçekleştirilecektir.

## 2. NORMALİZASYON YÖNTEMLERİ

Normalizasyon yöntemleri üç ana başlıkta toplanabilmektedir.

- Vektör Normalizasyonu
- Doğrusal Normalizasyon
- Monoton Olmayan Normalizasyon

Bu normalizasyon yöntemlerinden doğrusal normalizasyon da farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Yöntemlerin uygulanışına ilişkin formüller sunulmadan önce değişkenlerin tanıtılması yerinde olacaktır. Bir çok ölçütlü karar verme probleminde normalizasyon işlemine tabi olacak değişkenler aşağıdaki gibi gösterilsin (Shih vd., 2007: 805).

$A_i$ : i. alternatif  $i=1,2,\dots,m$

$C_j$ : j. değerlendirme ölçütü  $j=1,2,\dots,n$

$x_{ij}$ : j. değerlendirme ölçütü açısından i. alternatifin değeri

Bu değişkenlere göre oluşan karar matrisi Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \cdot \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdot & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdot & x_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdot & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Eşitlik 1.}$$

Normalizasyon yöntemlerinin bu değişkenler doğrultusunda uygulanması Eşitlik 2-10 aralığında sunulmuştur.

Vektör normalizasyonu

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n. \quad \text{Eşitlik 2.}$$

Doğrusal normalizasyon (1)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij})$$

(ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise). Eşitlik 3.

$$r_{ij} = \frac{x_j^-}{x_{ij}} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^- = \min_i(x_{ij})$$

(ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise). Eşitlik 4.

Doğrusal normalizasyon (2)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij})$$

(ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise). Eşitlik 5.

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij})$$

(ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise). Eşitlik 6.

Doğrusal normalizasyon (3)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^* - x_j^-} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}),$$

$$x_j^- = \min_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad \text{Eşitlik 7.}$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}),$$

$$x_j^- = \min_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad \text{Eşitlik 8.}$$

Doğrusal normalizasyon (4)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n. \quad \text{Eşitlik 9.}$$

Monoton olmayan normalizasyon

$x_j^0$ : j ölçütüne ilişkin en uygun değer

$\acute{o}_j$ : j ölçütüne ilişkin değerlerin standart sapması

$$e^{(-z^2/2)}, \quad z = \frac{x_{ij} - x_j^0}{\acute{o}_j} \quad \text{Eşitlik 10.}$$

## 3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Literatür incelendiğinde çok ölçütlü karar verme yöntemi kullanılarak alternatifler arasında seçim yapılan bir çok çalışma ile karşılaşılmaktadır. Çalışmada kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemi ile normalizasyon yöntemlerine ilişkin kısa bir liste Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Çalışmada Kullanılan Çok Ölçütlü Karar Verme ve Normalizasyon Yöntemleri

Kullanılan Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi	Kullanılan Normalizasyon Yöntemi	Çalışma
Topsis	Vektör Normalizasyonu	Peng vd., 2011; Huang ve Huang, 2012; Sun vd., 2011; Sadeghzadeh ve Salehi, 2011; Aalami vd., 2010; Ayala, 2012; Kiran vd., 2011; Lozano-Minguez vd., 2011
-	Doğrusal Normalizasyon (1)	-
Topsis	Doğrusal Normalizasyon (2)	Ouattara vd., 2012
Exprom2	Doğrusal Normalizasyon (3)	Chatterjee ve Chakraborty, 2012
Copras	Doğrusal Normalizasyon (4)	Das vd., 2012; Chatterjee vd., 2011; Kaklauskas vd., 2010; Kaklauskas vd., 2007
-	Monoton Olmayan Normalizasyon	-
Topsis	Doğrusal Normalizasyon (3)	Mela vd., 2012; Dai ve Wang, 2011
Moora	Doğrusal Normalizasyon (4)	Karande ve Chakraborty, 2012
Multimoora	Vektör Normalizasyonu	Balezentis vd., 2012; Streimikiene vd., 2012
Moora	Vektör Normalizasyonu	Chakraborty, 2011

Electre ve Promethee gibi bazı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde ikili karşılaştırmalar yapıldığından ayrıca normalizasyon yöntemi uygulanmasına gerek kalmadığından listede bu çok ölçütlü karar verme yöntemlerine ilişkin örnekler mevcut değildir. Wsm ve Wpm yöntemleri de her bir değerlendirme ölçütünün aynı ölçüğe sahip olduğu durumlarda kullanılabilirdiğinden bu listede bir örneği bulunmamaktadır. Tablo 1'deki örnek çalışmalardan da görüleceği üzere, farklı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde farklı normalizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Üstelik Topsis ve Moora gibi çok ölçütlü karar verme yöntemleri için standart bir normalizasyon yönteminin de olmadığı görülmektedir. Copras yöntemi için Doğrusal normalizasyon (4) şeklinde standart bir tercih yapıldığı görülürken, Topsis ve Moora yöntemlerinde hem doğrusal normalizasyon hem de vektör normalizasyonu uygulanabilmektedir. İzleyen kısımda farklı normalizasyon yöntemleri kullanılmasının seçim kararını nasıl etkileyeceğini görmek üzere literatür incelemesinde de belirtildiği gibi üzerinde mutabakat sağlanmayan çok ölçütlü karar verme yöntemle-

rinden Moora yöntemi ile denemeler yapılacağından dolayı Moora yönteminin işleyişi gösterilecektir.

#### 4. MOORA YÖNTEMİ

MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) yöntemi (çok ölçütlü ya da çok nitelikli olarak ta ifade edilebilmektedir.) iki veya daha fazla çakışan niteliği veya amacı belirli kısıtlar altında eş zamanlı olarak optimize etme sürecidir. MOORA yöntemi çeşitli nitelikler ya da amaçlara ilişkin farklı alternatiflerin performansını gösteren Eşitlik 11'deki karar matrisi ile başlar (Brauers ve Zavadskas, 2009; Chakraborty, 2011: 1156-1157).

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Eşitlik 11.}$$

Bu karar matrisinde,

i= alternatif

j= nitelik yada ölçüt

m = toplam alternatif sayısı

n = toplam nitelik yada ölçüt sayısı

$x_{ij}=i$ . Alternatifin j. ölçüt açısından performans ölçüm değeri olarak ifade edilmektedir. Daha sonra, normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Normalizasyon için kullanılan yöntemler Eşitlik 2'de gösterilen vektör normalizasyonu ve Eşitlik 9'da sunulan doğrusal normalizasyon (4)'tür. Bu işlem  $x_{ij}$  ile gösterilen i. Alternatifin j. ölçüt açısından performans ölçüm değerini verir. Buradaki  $x_{ij}$  değeri j Ölçüt yada nitelik açısından i. Alternatifin normalize edilmiş performansını temsil eden [0,1] aralığında yer alan birimi bulunmayan bir sayıdır. Çok amaçlı optimizasyon için, bu normalize edilmiş performans değerleri (faydalı nitelikler için) maksimizasyon durumunda eklenip, (faydasız nitelikler için) minimizasyon durumunda çıkarılarak her bir alternatif için tek bir değer bulunur. Bu durumda optimizasyon problemi 12 numaralı denklemdeki gibi oluşur.

$$Y_i = \sum_{j=1}^g X_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n X_{ij}^* \quad \text{Eşitlik 12.}$$

Bu eşitlikte,

n= enbüyüklenecek nitelik ya da ölçüt sayısı

n-g = enküçüklenecek nitelik ya da ölçüt sayısı

$y_i$ = tüm nitelik ya da ölçütler açısından i. Alternatifine ilişkin normalize edilmiş değer.

Çoğu durumda, belirli nitelik ya da ölçütlerin diğerlerine göre daha önemli olduğu görülmektedir. Bir nitelik ya da ölçüte daha fazla önem vermek için ilgili oran o nitelik ya da ölçüte ait ağırlık değeri (önem katsayısı) ile çarpılabilir. Niteliklerin ağırlıkları göz önüne alındığında 12 numaralı denklem, 13 numaralı denklem şekline dönüşmektedir.

$$y_i = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Eşitlik 13.

$w_j = j$ . Nitelik ya da ölçütün ağırlık (önem) katsayısı

$y_i$  değeri karar matrisindeki enbüyüklerin (faydalı nitelik ya da ölçütler) ve enküçüklerin (faydasız nitelik ya da ölçütler) toplamına bağlı olarak pozitif veya negatif değer alabilir.  $y_i$  değerlerinin sıralaması nihai öncelikleri gösterir. En iyi alternatif en yüksek  $y_i$  değerine sahip olan iken, en kötü alternatif en düşük  $y_i$  değerine sahip olan alternatiftir.

## 5. UYGULAMA

Bu çalışmada uygulama kapsamında on alternatif ve beş farklı değerlendirme ölçütüne göre on farklı veri seti oluşturulmuş ve Moora yöntemi için tüm normalizasyon yöntemleri denenerek sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Örnek veri seti içinde değerlendirme ölçütü 5 için mümkün olan en küçük değer en iyi durumu temsil ettiği düşünülerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Veri setlerinin oluşturulmasında MS Excel programından yararlanılmıştır. Her bir değerlendirme ölçütü açısından farklı değer aralıkları ile incelemeler gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme ölçütlerine göre on farklı alternatif ve on farklı veri seti yaratılmasında kullanılan fonksiyonlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Değer Oluşturmada Kullanılan Fonksiyonlar

Değerlendirme Ölçütü	Excel fonksiyonu
Değerlendirme Ölçütü 1	=RANDBETWEEN(500;1000)
Değerlendirme Ölçütü 2	=RANDBETWEEN(0;100)
Değerlendirme Ölçütü 3	=RANDBETWEEN(50;200)
Değerlendirme Ölçütü 4	=RANDBETWEEN(100;170)
Değerlendirme Ölçütü 5	=RANDBETWEEN(540;850)

Bu fonksiyonların kullanımı neticesinde elde edilen veri setleri Tablo 3'te verilmiştir. Verilerin gerçek işletme durumlarını daha iyi yansıtabilmesini sağlamak amacıyla bu değerlendirme ölçütlerinden sonucusu için zaman ve maliyet gibi değer en küçük olmasının en iyi durumu gösterdiği düşünülerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple Tablo 3 içerisinde ölçüt numaralarının belirtildiği hücrelerin

altında "maksimum ifadesi yazılı iken son ölçüt için "minimum" ifadesi yazılıdır.

**Tablo 3:** Veri Setleri

		Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5
		maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	mini- mum
Veri Seti 1	Alternatif 1	733	46	188	125	640
	Alternatif 2	995	50	130	123	588
	Alternatif 3	673	31	100	118	776
	Alternatif 4	532	81	197	135	564
	Alternatif 5	869	89	167	116	833
	Alternatif 6	946	16	154	163	661
	Alternatif 7	781	24	136	146	828
	Alternatif 8	825	89	148	118	808
	Alternatif 9	878	27	77	106	603
	Alternatif 10	594	87	140	164	561
Veri Seti 2	Alternatif 1	872	97	65	142	848
	Alternatif 2	685	5	109	161	778
	Alternatif 3	679	74	50	147	590
	Alternatif 4	551	33	108	130	847
	Alternatif 5	901	55	109	106	765
	Alternatif 6	744	54	169	161	594
	Alternatif 7	653	68	171	151	655
	Alternatif 8	747	85	143	149	606
	Alternatif 9	540	57	123	103	651
	Alternatif 10	577	31	189	118	626
Veri Seti 3	Alternatif 1	616	12	123	143	580
	Alternatif 2	652	83	156	140	830
	Alternatif 3	672	36	97	163	653
	Alternatif 4	709	74	93	107	845
	Alternatif 5	504	38	90	169	546
	Alternatif 6	702	7	123	135	674
	Alternatif 7	586	97	157	107	587
	Alternatif 8	970	82	174	155	715
	Alternatif 9	879	36	114	106	552
	Alternatif 10	736	38	167	123	736
Veri Seti 4	Alternatif 1	843	60	52	137	637
	Alternatif 2	646	42	172	148	630
	Alternatif 3	926	87	177	121	762
	Alternatif 4	646	97	84	104	778
	Alternatif 5	519	47	105	115	848
	Alternatif 6	928	10	97	161	752
	Alternatif 7	577	84	139	132	706
	Alternatif 8	722	20	63	141	669
	Alternatif 9	773	42	157	105	713
	Alternatif 10	944	45	198	119	784

		Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5
		maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	mini- mum
Veri Seti 5	Alternatif 1	721	25	55	114	779
	Alternatif 2	911	59	137	122	574
	Alternatif 3	793	52	199	166	834
	Alternatif 4	600	35	167	152	580
	Alternatif 5	786	58	56	165	567
	Alternatif 6	937	72	103	125	727
	Alternatif 7	639	53	78	138	597
	Alternatif 8	968	91	108	119	746
	Alternatif 9	936	41	167	100	597
	Alternatif 10	984	95	73	101	832
Veri Seti 6	Alternatif 1	854	84	87	134	601
	Alternatif 2	615	100	142	164	544
	Alternatif 3	562	72	193	170	762
	Alternatif 4	984	17	193	121	744
	Alternatif 5	889	88	107	164	788
	Alternatif 6	566	76	150	108	764
	Alternatif 7	945	43	149	121	740
	Alternatif 8	857	1	162	135	810
	Alternatif 9	762	49	174	107	797
	Alternatif 10	622	26	57	167	790
Veri Seti 7	Alternatif 1	650	46	159	115	560
	Alternatif 2	900	38	145	140	705
	Alternatif 3	870	34	153	164	742
	Alternatif 4	685	47	91	167	693
	Alternatif 5	520	87	58	160	771
	Alternatif 6	909	97	168	134	569
	Alternatif 7	546	77	71	120	597
	Alternatif 8	535	89	100	134	691
	Alternatif 9	770	47	194	105	548
	Alternatif 10	899	58	73	139	817
Veri Seti 8	Alternatif 1	502	60	153	159	785
	Alternatif 2	913	65	105	136	658
	Alternatif 3	703	58	139	159	547
	Alternatif 4	518	81	170	146	641
	Alternatif 5	941	78	155	150	616
	Alternatif 6	631	27	198	149	824
	Alternatif 7	519	71	175	158	712
	Alternatif 8	563	83	166	127	793
	Alternatif 9	957	18	127	167	659
	Alternatif 10	753	86	81	144	696

		Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5
		maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	maksi- mum	mini- mum
Veri Seti 9	Alternatif 1	649	54	128	137	733
	Alternatif 2	743	5	113	105	835
	Alternatif 3	887	74	84	138	551
	Alternatif 4	853	2	54	140	727
	Alternatif 5	760	50	126	142	573
	Alternatif 6	698	86	146	162	687
	Alternatif 7	989	22	200	121	664
	Alternatif 8	665	69	117	120	666
	Alternatif 9	666	57	137	149	769
	Alternatif 10	730	100	177	142	725
Veri Seti 10	Alternatif 1	762	89	171	128	807
	Alternatif 2	553	2	192	101	595
	Alternatif 3	758	43	138	145	731
	Alternatif 4	970	48	174	138	784
	Alternatif 5	625	71	171	147	602
	Alternatif 6	561	28	175	139	659
	Alternatif 7	567	78	81	103	746
	Alternatif 8	858	35	86	165	705
	Alternatif 9	656	76	62	102	639
	Alternatif 10	932	55	71	118	609

Bu veri setlerine tüm normalizasyon yöntemleri denenerek Moora yöntemi ile  $y_i$  değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen  $y_i$  değerleri Tablo 4'te sunulmuştur. Tablo 4'ün ilk satırında yer alan  $y_i$  değerlerinin Tablo 3'teki veriler kullanılarak hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

Vektör normalizasyonuna göre ilk olarak 2 numaralı denklem kullanılmıştır.

$$\sqrt{\frac{733}{733^2 + 995^2 + 673^2 + \dots + 594^2}} = 0,291395$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır. Bu denklemde tüm ölçütlerin eşit öneme sahip olduğu düşünülerek 0,2 değeri kullanılmıştır.

$$(0,2) * (0,291395) + (0,2) * (0,238788) + (0,2) * (0,402111) + (0,2) * (0,297703) - (0,2) * (0,291415) = 0,187716$$

Son ölçüt için değer en küçük olması en iyi durumu gösterdiğinden dolayı ilk dört değer toplanmış iken sonuncusu çıkarılmıştır.

Doğrusal normalizasyon (1) yöntemine göre ilk dört ölçüt için 3 numaralı denklem, son ölçüt için ise 4 numaralı denklemden yararlanılır.

$$\frac{733}{\max\{733; 995; 673; \dots; 594\}} = 0,736683$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır.

$$(0,2)*(0,736683)+(0,2)*(0,516854)+(0,2)*(0,954315)+(0,2)*(0,762195)+(0,2)*(0,876563)=0,769322$$

Doğrusal normalizasyon (1) yöntemi ölçüt için en iyi durumun maksimizasyon veya minimizasyon olmasına göre farklı denklemlerden yararlandığından dolayı son ölçüt için çıkarma işlemine gerek kalmamaktadır. Ölçüt 5 için yapılan normalizasyon işlemindeki farklılık aşağıda gösterilmiştir.

$$\frac{\min\{640; 588; 776; \dots; 561\}}{640} = 0,876563$$

Doğrusal normalizasyon (2) yöntemine göre ilk dört ölçüt için 5 numaralı denklem, son ölçüt için ise 6 numaralı denklemden yararlanılır.

$$\frac{733}{\max\{733; 995; 673; \dots; 594\}} = 0,736683$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır.

$$(0,2)*(0,736683)+(0,2)*(0,516854)+(0,2)*(0,954315)+(0,2)*(0,762195)+(0,2)*(0,231693)=0,640348$$

Doğrusal normalizasyon (2) yöntemi ölçüt için en iyi durumun maksimizasyon veya minimizasyon olmasına göre farklı denklemlerden yararlandığından dolayı son ölçüt için çıkarma işlemine gerek kalmamaktadır. Ölçüt 5 için yapılan normalizasyon işlemindeki farklılık aşağıda gösterilmiştir.

$$1 - \frac{640}{\max\{640; 588; 776; \dots; 561\}} = 0,231693$$

Doğrusal normalizasyon (3) yöntemine göre ilk dört ölçüt için 7 numaralı denklem, son ölçüt için ise 8 numaralı denklemden yararlanılır.

$$\frac{733 - \min\{733; 995; 673; \dots; 594\}}{\max\{733; 995; 673; \dots; 594\} - \min\{733; 995; 673; \dots; 594\}} = 0,434125$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır.

$$(0,2)*(0,434125)+(0,2)*(0,410959)+(0,2)*(0,925000)+(0,2)*(0,327586)+(0,2)*(0,709559)=0,561446$$

Doğrusal normalizasyon (3) yöntemi ölçüt için en iyi durumun maksimizasyon veya minimizasyon olmasına göre farklı denklemlerden yararlandığından dolayı son ölçüt için çıkarma işlemine gerek kalmamaktadır.

maktadır. Ölçüt 5 için yapılan normalizasyon işlemindeki farklılık aşağıda gösterilmiştir.

$$\frac{\max\{640; 588; 776; \dots; 561\} - 640}{\max\{640; 588; 776; \dots; 561\} - \min\{640; 588; 776; \dots; 561\}} = 0,709559$$

Doğrusal normalizasyon (4) yöntemine göre tüm ölçütler için tek bir denklem mevcuttur. Hesaplamalar için 9 numaralı denklemden yararlanılır.

$$\frac{733}{733+995+673+\dots+594} = 0,093662$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır.

$$(0,2) * (0,093662) + (0,2) * (0,085185) + (0,2) * (0,130828) + (0,2) * (0,095129) - (0,2) * (0,093267) = 0,062308$$

Ölçüt için en iyi durumun maksimizasyon veya minimizasyon olmasına farketmeksizin tek bir denklemden yararlanıldığından dolayı son ölçüt için çıkarma işlemi yapılmaması gerekmektedir.

Monoton olmayan normalizasyon yöntemine göre 10 numaralı denklemden yararlanılır.

$$e^{-\left(\frac{\left(\frac{733 - \max\{733; 995; 673; \dots; 594\}}{\text{standartsapma}\{733; 995; 673; \dots; 594\}}\right)^2}{2}\right)} = 0,218385$$

Ardından 13 numaralı denklemden yararlanılır.

$$(0,2) * (0,218385) + (0,2) * (0,351128) + (0,2) * (0,970301) + (0,2) * (0,152567) + (0,2) * (0,782485) = 0,494973$$

10 numaralı denklemden yer alan değeri ölçüt için en iyi durumun maksimizasyon veya minimizasyon olmasına göre farklılaştığından dolayı son ölçüt için çıkarma işlemine gerek kalmamaktadır. Ölçüt 5 için yapılan normalizasyon işlemindeki farklılık aşağıda gösterilmiştir.

$$e^{-\left(\frac{\left(\frac{640 - \min\{640; 588; 776; \dots; 561\}}{\text{standartsapma}\{640; 588; 776; \dots; 561\}}\right)^2}{2}\right)} = 0,782485$$

Açıklanan işlemlerin tüm veri setleri ve alternatiflere uygulanması sonucu elde edilen değerleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Alternatiflerin Değerleri

		Vektör Normalizasyonu	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
Veri Seti 1	Alternatif 1	0,187716	0,769322	0,640348	0,561446	0,062308	0,494973
	Alternatif 2	0,191672	0,785156	0,653163	0,620252	0,063623	0,541560
	Alternatif 3	0,114009	0,594952	0,464050	0,223627	0,037942	0,103041
	Alternatif 4	0,223607	0,852527	0,718177	0,675876	0,075124	0,665262
	Alternatif 5	0,212326	0,820374	0,685680	0,530055	0,071791	0,506253
	Alternatif 6	0,175149	0,750974	0,622528	0,630189	0,057080	0,634682
	Alternatif 7	0,139330	0,662545	0,528238	0,369418	0,045866	0,286977
	Alternatif 8	0,203929	0,798847	0,665988	0,504661	0,069055	0,420038
	Alternatif 9	0,126355	0,630667	0,499820	0,348715	0,041714	0,361032
	Alternatif 10	0,224469	0,857035	0,722341	0,726302	0,075498	0,664893
Veri Seti 2	Alternatif 1	0,197803	0,777894	0,638743	0,539999	0,066712	0,543275
	Alternatif 2	0,122886	0,629377	0,494216	0,419488	0,040323	0,325274
	Alternatif 3	0,175142	0,738817	0,599667	0,578732	0,058646	0,544909
	Alternatif 4	0,118722	0,605441	0,466362	0,244296	0,039808	0,136788
	Alternatif 5	0,169585	0,714671	0,579998	0,468274	0,056762	0,358709
	Alternatif 6	0,224008	0,853979	0,715232	0,787663	0,074549	0,729997
	Alternatif 7	0,221112	0,833839	0,699205	0,688791	0,074047	0,669970
	Alternatif 8	0,236950	0,872209	0,734565	0,768625	0,079420	0,762979
	Alternatif 9	0,154899	0,676761	0,541964	0,370793	0,052190	0,314184
	Alternatif 10	0,172549	0,727080	0,590940	0,500838	0,057543	0,432791
Veri Seti 3	Alternatif 1	0,138284	0,650639	0,525085	0,432469	0,045267	0,366593
	Alternatif 2	0,209346	0,782124	0,654108	0,507521	0,071735	0,465126
	Alternatif 3	0,159298	0,684405	0,562621	0,462595	0,053179	0,376754
	Alternatif 4	0,157997	0,661517	0,532287	0,247189	0,054699	0,203855
	Alternatif 5	0,155991	0,685716	0,556486	0,468889	0,052186	0,440943
	Alternatif 6	0,128038	0,622336	0,500791	0,369995	0,041741	0,258747
	Alternatif 7	0,226461	0,813942	0,688977	0,570467	0,077915	0,569829
	Alternatif 8	0,262625	0,905231	0,783273	0,809179	0,088820	0,806255
	Alternatif 9	0,168728	0,709768	0,581291	0,478518	0,056249	0,429541
	Alternatif 10	0,174208	0,715989	0,593418	0,478671	0,058210	0,348985
Veri Seti 4	Alternatif 1	0,169298	0,722827	0,574789	0,576781	0,057094	0,538759
	Alternatif 2	0,196866	0,781051	0,632466	0,652097	0,066316	0,595743
	Alternatif 3	0,245233	0,870021	0,724949	0,678322	0,083581	0,624527
	Alternatif 4	0,178947	0,712859	0,567415	0,367821	0,061842	0,270877
	Alternatif 5	0,124950	0,604367	0,455783	0,196257	0,042907	0,097620
	Alternatif 6	0,146615	0,682762	0,537850	0,542188	0,048443	0,472670
	Alternatif 7	0,205487	0,778291	0,633311	0,545108	0,070324	0,465941
	Alternatif 8	0,121485	0,621336	0,475212	0,427631	0,040409	0,367017
	Alternatif 9	0,172060	0,716108	0,571229	0,464290	0,058296	0,385969
	Alternatif 10	0,209450	0,801324	0,655704	0,591807	0,070789	0,472190

Veri Seti 5	Alternatif 1	0,091234	0,537373	0,404992	0,146644	0,030366	0,091852
	Alternatif 2	0,204655	0,791610	0,656400	0,634434	0,068240	0,564542
	Alternatif 3	0,217466	0,806624	0,670653	0,577664	0,072975	0,523045
	Alternatif 4	0,185776	0,742124	0,607518	0,531965	0,062143	0,542697
	Alternatif 5	0,174129	0,736938	0,600967	0,589519	0,057511	0,530088
	Alternatif 6	0,189999	0,752130	0,621806	0,532381	0,063376	0,460844
	Alternatif 7	0,153484	0,676064	0,542949	0,424937	0,051061	0,352736
	Alternatif 8	0,209676	0,792254	0,661346	0,577343	0,070063	0,521016
	Alternatif 9	0,190827	0,754831	0,621715	0,553798	0,063844	0,562169
	Alternatif 10	0,180651	0,731352	0,595533	0,429528	0,060420	0,426387
Veri Seti 6	Alternatif 1	0,198025	0,770411	0,640985	0,593040	0,067721	0,570156
	Alternatif 2	0,236351	0,865091	0,730770	0,731071	0,080879	0,714427
	Alternatif 3	0,210260	0,801010	0,670079	0,579525	0,071559	0,557552
	Alternatif 4	0,169680	0,722590	0,592649	0,526392	0,056244	0,455000
	Alternatif 5	0,210814	0,798584	0,665945	0,601757	0,072121	0,587112
	Alternatif 6	0,168166	0,691948	0,560898	0,327937	0,058051	0,307294
	Alternatif 7	0,173711	0,721857	0,592114	0,498735	0,058463	0,412512
	Alternatif 8	0,130936	0,637207	0,502886	0,383111	0,043001	0,385198
	Alternatif 9	0,164369	0,695583	0,562281	0,373590	0,055811	0,335646
	Alternatif 10	0,107694	0,571682	0,438899	0,284455	0,036149	0,238756
Veri Seti 7	Alternatif 1	0,176901	0,735216	0,602415	0,476799	0,058881	0,434659
	Alternatif 2	0,181394	0,748981	0,620937	0,532187	0,060150	0,465609
	Alternatif 3	0,186346	0,763370	0,634021	0,565739	0,061733	0,561335
	Alternatif 4	0,158780	0,699590	0,571792	0,466825	0,052516	0,379278
	Alternatif 5	0,156589	0,687357	0,556464	0,379874	0,052096	0,399175
	Alternatif 6	0,260095	0,926294	0,794385	0,839700	0,086418	0,826238
	Alternatif 7	0,153665	0,679388	0,549659	0,380949	0,051124	0,353553
	Alternatif 8	0,175985	0,723399	0,595633	0,431309	0,058701	0,354802
	Alternatif 9	0,201739	0,792073	0,657923	0,569805	0,067181	0,560760
	Alternatif 10	0,154408	0,693262	0,559112	0,402785	0,051201	0,343317
Veri Seti 8	Alternatif 1	0,161298	0,728774	0,598877	0,434765	0,052931	0,368420
	Alternatif 2	0,183743	0,777164	0,651194	0,524776	0,060322	0,429275
	Alternatif 3	0,192708	0,812624	0,679857	0,665144	0,062998	0,581456
	Alternatif 4	0,197380	0,813865	0,687612	0,571594	0,064817	0,506350
	Alternatif 5	0,229275	0,891855	0,764743	0,761114	0,075161	0,700599
	Alternatif 6	0,152371	0,705871	0,573104	0,393174	0,049754	0,314895
	Alternatif 7	0,188684	0,793221	0,666754	0,559905	0,061894	0,519045
	Alternatif 8	0,179761	0,768412	0,637979	0,385671	0,059269	0,353800
	Alternatif 9	0,165123	0,736152	0,610192	0,597766	0,053700	0,515646
	Alternatif 10	0,179537	0,768824	0,642708	0,487748	0,059155	0,386028



Veri Seti 9	Alternatif 1	0,166876	0,686721	0,560811	0,391604	0,056820	0,205805
	Alternatif 2	0,092362	0,534858	0,402882	0,142238	0,030394	0,045208
	Alternatif 3	0,203465	0,781743	0,649767	0,643824	0,069293	0,550317
	Alternatif 4	0,096459	0,554919	0,429205	0,318863	0,031193	0,202421
	Alternatif 5	0,187686	0,747320	0,617754	0,576215	0,063227	0,417629
	Alternatif 6	0,228490	0,819560	0,694602	0,630505	0,078257	0,533119
	Alternatif 7	0,194169	0,759347	0,634341	0,617379	0,064253	0,504432
	Alternatif 8	0,176836	0,703093	0,578106	0,404093	0,060729	0,248154
	Alternatif 9	0,177937	0,712935	0,585440	0,436808	0,060556	0,306584
	Alternatif 10	0,247604	0,851933	0,726280	0,623430	0,085279	0,504669
Veri Seti 10	Alternatif 1	0,226888	0,837850	0,690390	0,552307	0,077275	0,519821
	Alternatif 2	0,130374	0,640939	0,493480	0,400000	0,043506	0,409588
	Alternatif 3	0,177036	0,735216	0,591261	0,518695	0,059499	0,415724
	Alternatif 4	0,208528	0,808174	0,662088	0,615378	0,070079	0,554709
	Alternatif 5	0,223615	0,842398	0,695529	0,697992	0,075551	0,703217
	Alternatif 6	0,164210	0,709945	0,566047	0,495826	0,055107	0,452833
	Alternatif 7	0,151279	0,660929	0,516529	0,274455	0,051960	0,244228
	Alternatif 8	0,165638	0,713937	0,570421	0,555295	0,055207	0,477804
	Alternatif 9	0,157487	0,680492	0,535900	0,381131	0,053735	0,385941
	Alternatif 10	0,172882	0,728151	0,581820	0,557377	0,058081	0,513063

MOORA yöntemi için tüm normalizasyon yöntemleri kullanılarak elde edilen değerlerinin arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla ikili olarak korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizi gerçekleştirilmeden önce sonuçların parametrik testlere uy-

gunluğunu test etmek amacıyla, veri setinin normal dağılıma uygunluğu varsayımı incelenmiştir (Newbold vd., 2003, 551). Bu inceleme için değerler SPSS 18 programına girilmiş ve Tablo 5'teki sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 5:** Normal Dağılıma Uygunluk Testi

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri
Vektör Normalizasyonu	,062	100	,200*	,989	100	,571
Doğrusal Normalizasyon (1)	,051	100	,200*	,992	100	,809
Doğrusal Normalizasyon (2)	,057	100	,200*	,991	100	,773
Doğrusal Normalizasyon (3)	,063	100	,200*	,989	100	,550
Doğrusal Normalizasyon (4)	,067	100	,200*	,988	100	,488
Monoton Olmayan Normalizasyon	,065	100	,200*	,989	100	,553

(Not: \*Normal dağılıma uygunluk hipotezinin reddedilmediği durumlar)

Hem Kolmogorov-Smirnov testine göre hem de Shapiro-Wilk testine göre değerleri normal dağılıma uygunluk testini geçtiğinden, parametrik korelasyon analizi (Pearson), korelasyon hesaplamaları için uygundur. Korelasyon değerlerinin hesaplanması için

SPSS 18 programında Pearson Korelasyon işlemi seçilerek Tablo 6'daki sonuçlara ulaşılmıştır

Tablo 6'da satır ile sütunun kesişiminde yer alan değer ilgili hücrenin bulunduğu satır ve sütundaki normalizasyon yöntemlerinin değişkenleri temsil etti-

ği korelasyon işleminin sonucunu vermektedir. Örnek vermek gerekirse, vektörel normalizasyon satırı ile doğrusal normalizasyon (3) sütunu kesişimindeki %86,4 değeri vektörel normalizasyon değişkeni ile doğrusal normalizasyon (3) değişkenlerini içeren korelasyon analizinin sonucudur.

**Tablo 6:** Normalizasyon Yöntemlerine göre Sonuçlar Arasındaki Korelasyon Değerleri

	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
Vektörel Normalizasyon	0,980	0,976	0,864	0,998	0,841
Doğrusal Normalizasyon (1)		0,996	0,905	0,966	0,884
Doğrusal Normalizasyon (2)			0,900	0,961	0,874
Doğrusal Normalizasyon (3)				0,841	0,964
Doğrusal Normalizasyon (4)					0,818

Korelasyon katsayısı sonuçlar arasındaki ilişkinin gücünü göstermektedir. %0-%25 arası korelasyon değeri ilişkinin çok zayıf olduğunu, %26-%49 arası korelasyon değeri ilişkinin zayıf olduğunu, %50-%69 arası korelasyon değeri ilişkinin orta seviyede olduğunu, %70-%89 arası korelasyon değeri ilişkinin yüksek olduğunu, %90-%100 arası korelasyon değeri ise ilişkinin çok yüksek olduğunu ifade etmektedir (Kalaycı, 2010; 116). Vektörel normalizasyon sonuçları incelendiğinde doğrusal normalizasyon (4) olarak adlandırılan yöntem ile elde edilen sonuçlar arası ilişki %99,8 olarak görülmektedir. Bu değer, iki yöntemden elde edilen sonuçların neredeyse aynı olduğunu ifade etmektedir. Yine doğrusal normalizasyon (1) sonuçları ve doğrusal normalizasyon (2) olarak adlandırılan yöntem ile elde edilen sonuçlar arası ilişki de %99,6 bulunmuştur ki bu da sonuçların hemen hemen aynı olduğunu göstermektedir. Bu da sonuçların neredeyse birbirine eşit olduğunu göstermektedir. Tablo 6'daki değerler incelendiğinde, monoton olmayan normalizasyon ve doğrusal normalizasyon (3) olarak adlandırılan yöntemlerin diğer normalizasyon yöntemleri ile ilişkisi orta düzeyde kalmakta ve farklı alternatiflerin tercih edilmesi sonucunu doğurabilmektedir. Bu iki yöntemin kendi aralarındaki ilişki düzeyi ise %96,4 ile oldukça yüksektir. Bu ilişki katsayılarına göre normalizasyon yöntemlerini iki ana

kategoride toplamak mümkün görünmektedir. Çok sayıda değerlendirme ölçütünü birarada inceleyip alternatifler arasında doğru seçim yapabilmek amacıyla normalizasyon yöntemlerinden elde edilen değerler arasındaki korelasyon değerlerinin mümkün olduğunca %100 değerine yaklaşması gerektiğinden %95 korelasyon değeri bir sınır olarak düşünülmüş ve iki farklı kategori oluşturulmuştur. Buna göre ilk kategoride yer alan normalizasyon yöntemlerinden herhangi birinin Moora hesaplamalarında kullanımında sakınca yokken, ikinci kategoride yer alan normalizasyon yöntemlerinin kullanımı önerilmemektedir.

Normalizasyon Yöntemleri 1. Kategori (Korelasyon değerleri %95 ve üstü)

- Vektörel Normalizasyon
- Doğrusal Normalizasyon (1)
- Doğrusal Normalizasyon (2)
- Doğrusal Normalizasyon (4)

Normalizasyon Yöntemleri 2. Kategori (Korelasyon değerleri %95'in altında)

- Doğrusal Normalizasyon (3)
- Monoton Olmayan Normalizasyon

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında ilk olarak normalizasyon yöntemlerine değinilmiş ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde hangi normalizasyon yöntemlerinin tercih edildiğine dair bir inceleme yapılmıştır. Ardından üzerinde uygulanan normalizasyon yöntemi açısından fikir birliği bulunmayan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Moora yönteminin işleyişi açıklanmış ve MS Excel programındaki fonksiyonlardan yararlanarak oluşturulan on alternatif ve beş değerlendirme ölçütüne göre on farklı veri seti için tüm normalizasyon yöntemlerinin kullanımı ile Moora sonuçları belirlenmiştir. Tablo 4'te yer alan tercih sıraları incelendiğinde özellikle vektör normalizasyonu, doğrusal normalizasyon (1), doğrusal normalizasyon (2) ve doğrusal normalizasyon (4) ile elde edilen sonuçların hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Özellikle monoton olmayan normalizasyonda elde edilen sonuçlardaki farklılıklar daha belirgindir. Tablo 1'de sunulan literatür bilgisi de hatırlanacak olursa monoton olmayan normalizasyon yöntemi kullanılmış bir çok ölçütlü karar verme yöntemi çalışması da bulunamamıştır. Normalizasyon yöntemlerinin açıklandığı bazı çalışmalarda da bu konuya vurgu yapılmakta ve literatürde monoton olmayan normalizasyon yönteminin nadiren kullanıldığı ifade edilmektedir (Shih vd., 2007: 805). Bu noktada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta doğrusal normalizasyon (1),

doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) ve monoton olmayan normalizasyon yöntemlerinin işleyişinde değer münkün olduğunca küçük olmasının istendiği değerlendirme ölçütleri için yapılan normalizasyon işlemi en iyi sonuca yakınlığı gösteren performans değerlerini verdiği için Moora yönteminin işleyişinde gösterilen Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 işlemlerindeki faydasız ölçütler için yapılan çıkarma işlemine gerek kalmamaktadır. Vektör normalizasyonu ve doğrusal normalizasyon (4) yöntemlerinde ise orjinal işleyişe uyulması gerekmektedir. Buna göre Moora yönteminin adımları aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

Durum 1: Vektör Normalizasyonu veya Doğrusal Normalizasyon (4) kullanılıyor ise;

Adım 1: Eşitlik 11’de gösterilen karar matrisinin oluşturulması

Adım 2: Vektör normalizasyonu yapılacaksa Eşitlik 2, Doğrusal Normalizasyon 4 yapılacaksa Eşitlik 9 kullanılarak Normalizasyon işlemlerinin yapılması

Adım 3: Ölçüt ağırlıkları birbirine eşit ise Eşitlik 12, ölçüt ağırlıkları birbirinden farklı ise Eşitlik 13 kullanılarak her bir alternatif için tek bir değer bulunması

Durum 2: Doğrusal normalizasyon (1), doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) veya monoton olmayan normalizasyon yöntemlerinden biri kullanılıyor ise;

Adım 1: Eşitlik 11’de gösterilen karar matrisinin oluşturulması

Adım 2: Doğrusal Normalizasyon (1) yapılacaksa Eşitlik 3 ve Eşitlik 4, Doğrusal Normalizasyon (2) yapılacaksa Eşitlik 5 ve Eşitlik 6, Doğrusal Normalizasyon (3) yapılacaksa Eşitlik 7 ve Eşitlik 8, monoton olmayan normalizasyon yapılacaksa Eşitlik 10 kullanılarak Normalizasyon işlemlerinin yapılması

Adım 3: Ölçüt ağırlıkları birbirine eşit ise aşağıda belirtilen Eşitlik 14, ölçüt ağırlıkları birbirinden farklı ise aşağıda sunulan Eşitlik 15 kullanılarak her bir alternatif için tek bir değer bulunması

$$y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \quad \text{Eşitlik 14.}$$

$j$ . = enbüyüklenmesi veya en küçüklenmesi farketmeksizin nitelik ya da ölçüt

$$y_i = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Eşitlik 15.}$$

$W_j = j$ . Nitelik ya da ölçütün ağırlık (önem) katsayısı

Durum 2’ de sunulan adımlar tamamlandığında elde edilen  $y_i$  değeri karar matrisindeki enbüyüklerin (faydalı nitelik ya da ölçütler) ve enküçüklerin (faydasız nitelik ya da ölçütler) toplamlarına bağlı olarak sadece pozitif değer alacak negatif olmayacaktır.  $y_i$  değerlerinin sıralaması nihai öncelikleri gösterir. En iyi alternatif en yüksek  $y_i$  değerine sahip olan iken, en kötü alternatif en düşük  $y_i$  değerine sahip olan alternatiftir.

Bu çalışma kapsamında normalizasyon yöntemlerinin çok ölçütlü karar verme yönteminden elde edilen sonuçlara nasıl bir etkide bulunduğunu görmek amacıyla 10 alternatif ve 5 değerlendirme ölçütü içeren 10 farklı veri seti oluşturulmuş ve bu veri setlerine tüm normalizasyon yöntemleri birer birer denenerek sonuçlar korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Veri setlerinin gerçek işletme problemlerini daha iyi yansıtabilmesini sağlamak amacıyla veri seti türetilirken farklı sayı aralıklarında ölçekler oluşturulmuş ve olası değişik senaryoları inceleyebilmek için de değerlendirme ölçütlerinden biri açısından en küçük değer en iyi durumu gösterdiği göz önüne alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar korelasyon analizine tabi tutulduğunda yöntemlerin iki ana kategoride toplandığı görülmektedir. Birinci kategori olarak ifade edilebilecek olan Vektörel Normalizasyon, Doğrusal Normalizasyon (1), Doğrusal Normalizasyon (2) ve Doğrusal Normalizasyon (4) yöntemlerinin ikili korelasyon değerlerinin hepsi %95 değerinin üzerindedir. İkinci kategoride kalan Doğrusal Normalizasyon (3) ve Monoton Olmayan Normalizasyon yöntemleri ise Moora yönteminin orijinal yapısında uygulandığı literatür araştırması sonucunda ortaya çıkan vektörel normalizasyon ve doğrusal normalizasyon (4) yöntemleri ile karşılaştırıldığında korelasyon değeri düşük kalmaktadır. Bu nedenle ikinci kategori olarak ifade edilen Doğrusal Normalizasyon (3) ve Monoton Olmayan Normalizasyon yöntemlerinin Moora yöntemi için kullanımı önerilmemektedir. İlk kategoride yer alan, Vektörel Normalizasyon, Doğrusal Normalizasyon (1), Doğrusal Normalizasyon (2) ve Doğrusal Normalizasyon (4) yöntemlerinin herhangi biri Moora yöntemi ile karar verme sürecinde rahatlıkla kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Aalami, H.A., Moghaddam, M.P. ve Yousefi, G.R. (2010) "Modeling and Prioritizing Demand Response Programs in Power Markets" *Electric Power Systems Research*, 80: 426–435.
- Ayala, J.G. (2012) "Selecting Irrigation Water Pricing Alternatives Using A Multi-Methodological Approach" *Mathematical and Computer Modelling*, 55: 861–883.
- Balezentis, A. Balezentis, T. ve Brauers, W.K.M. (2012) "Personnel Selection Based on Computing with Words and Fuzzy MULTIMOORA" *Expert Systems with Applications*, 39: 7961–7967.
- Brauers, W.K.M. ve Zavadskas, E.K. (2009) "Robustness of The Multi-Objective MOORA Method with A Test for The Facilities Sector" *Technological and Economic Development of Economy: Baltic J on Sustainability*, 15: 352-375.
- Chakraborty, S. (2011) "Applications of The MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment" *Int J Adv Manuf Technol*, 54: 1155–1166.
- Chatterjee, P., Athawale, V.M. ve Chakraborty, S. (2011) "Materials Selection Using Complex Proportional Assessment and Evaluation of Mixed Data Methods" *Materials and Design*, 32: 851–860.
- Chatterjee, P. ve Chakraborty, S. (2012) "Material Selection Using Preferential Ranking Methods" *Materials and Design*, 35: 384–393.
- Dai, L. ve Wang, J. (2011) "Evaluation of The Profitability of Power Listed Companies Based on Entropy Improved TOPSIS Method" *Procedia Engineering*, 15: 4728 – 4732.
- Das, M.C., Sarkar, B. ve Ray, S. (2012) "A Framework To Measure Relative Performance of Indian Technical Institutions Using Integrated Fuzzy AHP and COPRAS Methodology" *Socio-Economic Planning Sciences*, 1-12. (Baskıda makale).
- Huang, W. ve Huang, Y.Y. (2012) "Research on The Performance Evaluation of Chongqing Electric Power Supply Bureaus Based on TOPSIS" *Energy Procedia*, 14: 899 – 905.
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E.K., Naimaviciene, J., Krutinis, M., Plakys, V. ve Venskus, D. (2010) "Model for A Complex Analysis of Intelligent Built Environment" *Automation in Construction*, 19: 326–340.
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E.K. ve Trinkunas, V. (2007) "A Multiple Criteria Decision Support On-Line System for Construction" *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 20:163–175.
- Kalaycı, Ş. (2010) *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Ankara, Asil Yayın Dağıtım.
- Karande, P. ve Chakraborty, S. (2012) "Application of Multi-Objective Optimization on The Basis of Ratio Analysis (MOORA) Method for Materials Selection" *Materials and Design*, 37: 317–324
- Kiran, C.P., Clement, S. ve Agrawal, V.P. (2011) "Coding, Evaluation and Optimal Selection of A Mechatronic System" *Expert Systems with Applications*, 38: 9704–9712.
- Lozano-Minguez, E., Kolios, A.J. ve Brennan, F.P. (2011) "Multi-Criteria Assessment of Offshore Wind Turbine Support Structures" *Renewable Energy*, 36: 2831-2837.
- Mela, K., Tiainen, T. ve Heinisuo, M. (2012) "Comparative Study of Multiple Criteria Decision Making Methods for Building Design" *Advanced Engineering Informatics*, (baskıda makale)
- Newbold, P., Carlson, W.L. ve Thorne, B. (2003) *Statistics For Business And Economics*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Ouattara, A., Pibouleau, L., Azzaro-Pantel, C., Domenech, S., Baudet, P. ve Yao, B. (2012) "Economic and Environmental Strategies for Process Design" *Computers and Chemical Engineering*, 36: 174– 188.
- Peng, Y., Zhang, Y., Tang, Y. ve Li, S. (2011) "An Incident Information Management Framework Based on Data Integration, Data Mining, and Multi-Criteria Decision Making" *Decision Support Systems*, 51: 316–327.
- Sadeghzadeh, K. ve Salehi, M.B. (2011) "Mathematical Analysis of Fuel Cell Strategic Technologies Development Solutions in The Automotive Industry by The TOPSIS Multi-Criteria Decision Making Method" *International Journal of Hydrogen Energy*, 36: 13272-13280.
- Shih, H-S., Shyur, H-J. ve Lee, E.S. (2007) "An Extension of TOPSIS for Group Decision Making" *Mathematical and Computer Modelling*, 45: 801–813.
- Streimikiene, D., Balezentis, T., Krisciukaitien, I. ve Balezentis, A. (2012) "Prioritizing Sustainable Electricity Production Technologies: MCDM Approach" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 3302– 3311.
- Sun, Y.F., Liang, Z-S., Shan, C.J., Viernstein, H. ve Unger, F. (2011) "Comprehensive Evaluation of Natural Antioxidants and Antioxidant Potentials in Ziziphus Jujuba Mill. Var. Spinosa (Bunge) Hu Ex H. F. Chou Fruits Based on Geographical Origin by TOPSIS Method" *Food Chemistry*, 124: 1612–1619.