

Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği

Aşkın Özdağoğlu

Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi
İşletme Fakültesi İşletme Bölümü
askin.ozdagoglu@deu.edu.tr.

Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği

Özet

İşletme faaliyetlerinin planlanma süreçlerinde, alternatifler içinden bir seçim yapılması ve çok sayıda değerlendirme ölçütünün bir arada göz önüne alınması kaçınılmaz bir durumdur. Bu durum, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin geliştirilmesi sonucunu doğurmuştur. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bazıları farklı ölçüm birimlerine sahip değerlendirme ölçütlerini bir araya getirebilmek için ikili karşılaştırmalar gerçekleştirirken, bazıları normalizasyon tekniklerinden yararlanmaktadır. Normalizasyon tekniklerinden yararlanan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde standart bir normalizasyon tekniği mevcut değildir. Bu çalışmanın amacı, farklı normalizasyon tekniklerinin kullanıldığı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan COPRAS (COmplex PROportional ASsessment – Karmaşık Nisbi Değerlendirme) üzerindeki etkilerini incelemektir.

Anahtar Kelimeler: Normalizasyon teknikleri, Çok ölçütlü karar verme, COPRAS yöntemi.

The Effect of Normalization Techniques to Results in Multi Criteria Decision Making Models: COPRAS Example

Abstract

Comparison of the alternatives by taking into consideration of many evaluation criteria together in the business activities is an inevitable condition. This results in the development of multi criteria decision making methods. Some of these multi criteria decision making methods use pairwise comparisons and some of these methods use normalization techniques. A standard normalization technique does not exist in multi criteria decision making methods that utilizes normalization techniques. The purpose of this study is to review the effects of different normalization techniques over COPRAS (COmplex PROportional ASsessment) method which is one of the multi criteria decision making method.

Keywords: Normalization techniques, Multi criteria decision making, COPRAS method.

1. Giriş

İşletme faaliyetlerinin çoğunda yöneticiler dinamik piyasa yapısı içerisinde hızlı bir şekilde karar vermek zorunda kalmaktadırlar. Karar verme süreci içerisinde, yöneticilerin birçok alternatifi incelemesi ve üstelik bu alternatifleri birçok değerlendirme ölçütünü birlikte düşünerek karşılaştırması gerekmektedir. Bu karmaşık yapı çeşitli çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır.

Değerlendirme ölçütlerinin aynı ölçüm birimine sahip olması durumu pratikte çok nadir karşılaşılabilecek bir durumdur. Farklı ölçüm birimlerine sahip olan değerlendirme ölçütlerinin bir arada incelenebilmesine olanak sağlayan çok ölçütlü karar verme yöntemleri, bu sorunun üstesinden gelebilmek için temel olarak iki yola başvurmaktadır. Bu temel yollar, tüm alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar gerçekleştirmek veya normalizasyon tekniklerinden yararlanmaktır. Literatürde en yaygın olanlarından, Analitik Hiyerarşi Süreci, Analitik Ağ Süreci, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Bulanık Analitik Ağ Süreci, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri ikili karşılaştırmalardan yararlanan yöntemlerdir; MOORA, TOPSIS ve COPRAS yöntemleri ise farklı ölçüm birimlerinin bulunması sorununun üstesinden gelmek için normalizasyon tekniklerini kullanmaktadır. WSM, WPM yöntemleri de ortak bir ölçüğe göre değerlendirme yapmaya çalışmakta ancak bu da subjektif yargıların değerlendirme sürecine katılması riskini içermektedir (Wang vd., 2009: 2273-2274). Normalizasyon tekniklerinden yararlanan çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde ise farklı normalizasyon tekniklerinin tercih edildiği görülmektedir. Karande ve Chakraborty, 2012; Kaklauskas vd., 2010; Kaklauskas vd., 2007; Das vd., 2012; Chatterjee vd., 2011; Banaitiene vd., 2008; Mulliner vd., 2013; Kanapeckiene vd., 2010 ve Kanapeckiene vd., 2011 doğrusal normalizasyon (4) yöntemini kullanmışlardır. Peng vd., 2011; Huang ve Huang, 2012; Sun vd., 2011; Sadeghzadeh ve Salehi, 2011; Aalami vd., 2010; Ayala, 2012; Kiran vd., 2011; Balezentis vd., 2012; Streimikiene vd., 2012; Chakraborty, 2011 ile Lozano-Minguez vd., 2011 ise vektör normalizasyonundan yararlanmışlardır. Ouattara vd., 2012 yılında yaptıkları çalışmada doğrusal normalizasyon (2) olarak açıklanan yöntemi kullanırken; Mela vd., 2012; Dai ve Wang, 2011 ile Chatterjee ve Chakraborty, 2012 doğrusal normalizasyon (3) olarak açıklanan yöntemi tercih etmişlerdir. Bahsi geçen normalizasyon teknikleri Bölüm 2’de açıklanmıştır.

Normalizasyon tekniği açısından bir birliğin bulunmaması bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu çıkış noktasından hareketle bu çalışmada, “Normalizasyon yönteminin değiştirilmesi COPRAS yönteminden elde edilen sonuçları etkilemekte midir? Etkilemekte ise ne ölçüde etkilemektedir?” sorularının yanıtları aranmaktadır. Başka bir deyişle, farklı normalizasyon tekniği kullanımının alınan kararda bir değişiklik yaratıp yaratmayacağını incelemek amacıyla tüm normalizasyon

yon teknikleri COPRAS yöntemi üzerinde denenerek elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki düzeyi saptanmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla, 10 alternatif ve 5 değerlendirme ölçütü içeren 10 farklı veri seti MS Excel programı ile türetilmiştir. Bu veri setleri için her bir normalizasyon yöntemi tek tek denenerek sonuçlar elde edilmiştir. Probleme cevap bulmak amacıyla elde edilen sonuçlar korelasyon analizine tabi tutulmuştur.

Verilerin gerçek işletme durumlarını daha iyi yansıtabilmesini de sağlamak amacıyla bu değerlendirme ölçütlerinden ikisi için zaman ve maliyet gibi değerlerin en küçük olmasının en iyi durumu gösterdiği düşünülerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, öncelikle normalizasyon teknikleri açıklanmış, daha sonra literatürde hangi çok ölçütlü karar verme yönteminde hangi normalizasyon teknik veya tekniklerinin tercih edildiği konusunda bilgi verilmiş ve ardından bu çalışmada seçilen çok ölçütlü karar vermede kullanılan COPRAS yönteminin işleyişi açıklanmıştır. Uygulama kısmında türetilen veri setleri sunulup elde edilen sonuçlar gösterilmiş ve aralarındaki ilişki düzeyleri saptanarak yorumlanmıştır.

2. Çok Ölçütlü Modellerde Normalizasyon Teknikleri

Normalizasyon teknikleri üç ana başlıkta toplanabilmektedir.

- Vektör normalizasyonu
- Doğrusal Normalizasyon
- Monoton olmayan normalizasyon

Bu normalizasyon tekniklerinden olan doğrusal normalizasyon dört farklı şekilde uygulanabilmektedir. Tekniklerin uygulanışına ilişkin formüller sunulmadan önce normalizasyon işlemlerinde kullanılacak değişkenler tanımlanacaktır. Bir çok ölçütlü karar verme probleminde normalizasyon işlemine tabi olacak değişkenler aşağıdaki gibi tanımlansın (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 (1) numaralı denklemde gösterilmiştir.

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

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

Vektör normalizasyonu

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

Doğrusal normalizasyon (1)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (3)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^-}{x_{ij}} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^- = \min_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (4)$$

Doğrusal normalizasyon (2)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (5)$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (6)$$

Doğrusal normalizasyon (3)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^* - x_j^-} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}), \quad x_j^- = \min_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \quad i=1, 2, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n; \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}), \quad x_j^- = \min_i(x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (8)$$

Doğrusal normalizasyon (4)

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

Monoton olmayan normalizasyon

$$e^{-\frac{z^2}{2}}, z = \frac{x_{ij}-x_j^0}{\sigma_j} \quad (10)$$

x_j^0 : j ölçütüne ilişkin en uygun değer

σ_j : j ölçütüne ilişkin değerlerin standart sapması

3. Yazın Taraması

Alternatifler arasında seçim yapabilmek için ölçüm birimleri birbirinden farklı çok sayıda değerlendirme ölçütününün bir arada değerlendirilmesi gerektiğinden literatürde çok ölçütlü karar verme yöntemi kullanılarak karar verilen çeşitli çalışmalar ile karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada örnek veri setleri üzerinde hesaplamalar yapılarak karşılaştırılacak olan COPRAS için doğrusal normalizasyon (4) olarak açıklanan tekniğin (Kaklauskas vd., 2010; Kaklauskas vd., 2007; Das vd., 2012; Chatterjee vd., 2011; Banaitiene vd., 2008; Mulliner vd., 2013; Kanapeckiene vd., 2010; Kanapeckiene vd., 2011) genel kabul gördüğü anlaşılmaktadır. Doğrusal normalizasyon (4) olarak açıklanan tekniğin COPRAS yöntemi içerisinde neden genel kabul gördüğü ve yerine başka bir normalizasyon tekniğinin de aynı sonuçları verip veremeyeceği bu çalışmada cevaplanmaya çalışılacaktır.

Diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde ise bu şekilde genel kabul görmüş bir normalizasyon tekniği mevcut değildir. TOPSIS yönteminin kullanıldığı çalışmalara bakıldığında çoğunlukla vektör normalizasyonunun tercih edildiği görülmektedir (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). Ancak aynı çok ölçütlü karar verme yöntemi içinde "Doğrusal normalizasyon (2)" yöntemi (Ouattara vd., 2012) ile "Doğrusal normalizasyon (3)" yönteminin de (Mela vd., 2012; Dai ve Wang, 2011) tercih edildiği görülmektedir. Bu konuda diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerini de inceleyerek yöntem birliğinin bulunmadığını göstermek mümkündür. Örnek vermek gerekirse, EXPROM 2 için "doğrusal normalizasyon (3)" yöntemi (Chatterjee ve Chakraborty, 2012); MULTIMOORA için vektör normalizasyonu (Balezentis vd., 2012; Streimikiene vd., 2012) kullanılan çalışmalara rastlanmıştır. MOORA yöntemi için bazı çalışmalarda doğrusal "normalizasyon (4)" yöntemi (Karande ve Chakraborty, 2012); bazılarında ise vektör nor-

malizasyonu (Chakraborty, 2011) kullanıldığı tespit edilmiştir. “Doğrusal normalizasyon (1)” yöntemi ile monoton olmayan normalizasyonun kullanıldığı bir çok ölçütlü karar verme yöntemi çalışmasına rastlanamamıştır. Zaten literatürde de monoton olmayan normalizasyon yönteminin diğer normalizasyon yöntemlerine göre çok nadir kullanıldığı ifade edilmektedir (Shih vd., 2007).

COPRAS yöntemini içeren çalışmalarda yapılan uygulamalar ise kısaca şu şekilde açıklanabilir. Hindistan’daki yedi teknoloji enstitüsünün performanslarını tespit etmek amacıyla Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve COPRAS yöntemleri birlikte kullanılmıştır (Das vd., 2012). Yedi farklı alternatif hammadde COPRAS, EVAMIX, AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile incelenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır (Chatterjee vd., 2011). Dokuz farklı hammadde alternatifi EXPROM2, COPRAS-G, ORESTE, OCRA, VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri ile incelenip sonuçlar için Spearman korelasyon katsayısı değerleri bulunmuştur (Chatterjee ve Chakraborty, 2012). Kesme aparatı seçimi için 10 farklı değerlendirme ölçütü açısından 19 farklı aparat alternatifi COPRAS-G ile incelenmiştir (Maity vd., 2012). Motor volanı seçimi için 10 farklı alternatif 4 değerlendirme ölçütüne göre incelenerek sonuçları MOORA ve MULTIMOORA ile karşılaştırılmıştır (Karande ve Chakraborty, 2012). Bina yaşam eğrisini değerlendirmek için SAW, TOPSIS ve COPRAS ile hesaplamalar yapılmıştır (Banaitiene vd., 2008). Konut alanı seçimi için COPRAS yönteminden yararlanılmıştır (Mulliner vd., 2013). Litvanya’da kamu binalarında enerji tasarrufu sağlamak amacıyla pencere seçiminde COPRAS yöntemi kullanılmıştır (Kaklauskas vd., 2006). Aynı ülkede Vilnius şehrinde binalarda enerji tasarrufuna yönelik seçim sürecinde COPRAS yöntemi kullanılmıştır (Zavadskas vd., 2008). Litvanya’da Vilnius şehrinde rutin işleri akıllı cihaz ve robotların gerçekleştirdiği akıllı binalar için akıllı cihaz ve robotların seçiminde COPRAS yönteminden yararlanılmıştır (Kaklauskas vd., 2010). Tedarikçilerin çevrim içi sisteminden elde edilen verilerden yararlanarak bina pencereleri COPRAS yöntemi ile karşılaştırılmıştır (Kaklauskas vd., 2007). Yapı projelerinin yönetimi için bilgi tabanlı karar destek sistemi kullanan projenin gerçekleştirileceği alan COPRAS yöntemi ile seçilmiştir (Kanapeckiene vd., 2010). Bina güçlendirme çalışmalarında alternatif projeleri karşılaştırmak için COPRAS kullanılmıştır (Kanapeckiene vd., 2011). Bu kısımda bazı çok ölçütlü karar verme yöntemlerine değinilmemiştir. Çünkü giriş kısmında yapılan açıklamalardan da hatırlanacağı üzere, Analitik Hiyerarşi Süreci, Analitik Ağ Süreci, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Bulanık Analitik Ağ Süreci, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri farklı ölçüm birimlerine sahip olan değerlendirme ölçütlerini birarada inceleyebilmek için normalizasyon teknikleri yerine ikili karşılaştırmalardan yararlanmaktadırlar. Ayrıca WSM ve WPM olarak adlandırılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin gerçekleştirilebilmesi için de karar verme sürecini etkileyen değerlendirme ölçütlerinin aynı ölçüm birimine sahip olmaları ya da 0-100 ölçeği gibi ortak bir performans değerine göre verilerin sunulması gibi uygulamada çok nadiren karşılaşılabilecek varsayım-

lar altında çalışma gerekliliklerinden ötürü uygulamada pek kullanılamamaktadırlar. Üstelik ortak bir performans değerine göre düzenleme yapılsa bile bu durum subjektif yargıları içerecektir (Wang vd., 2009: 2273-2274).

Yukarıda verilen örneklerde görüldüğü gibi farklı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde kullanılan normalizasyon tekniği üzerinde bir fikir birliğinin bulunmaması, COPRAS için genel kabul gören tekniğin yerine başka bir tekniğin kullanılıp kullanılmayacağı bu çalışmanın hareket noktasını oluşturmuştur. Ayrıca literatürde yapılan incelemede, bir çok ölçütlü karar verme yöntemi için birden fazla normalizasyon yöntemi ile hesaplama yapılarak sonuçların karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamıştır.

Normalizasyon tekniğinin karar üzerindeki etkisini görmek üzere 10 alternatif ve 5 değerlendirme ölçütü içeren 10 adet veri seti türetilmiş ve her bir veri seti için COPRAS yönteminde tüm olası normalizasyon teknikleri denenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna ilave olarak karar verme sürecinde karşılaşılabilecek tüm olası durumları ihtiva etmesi amacıyla 4 ve 5 numaralı değerlendirme ölçütleri için en iyi durumun en düşük değer olması şeklinde düzenleme yapılmıştır. İzleyen bölümde üzerinde deneme yapılacak olan COPRAS yöntemi tanıtılmıştır.

4. COPRAS Yöntemi

COPRAS (COmplex PROportional ASsesment – Karmaşık Nisbi Değerlendirme) yöntemi önem ve fayda dereceleri açısından alternatifleri adım adım sıralama ve değerlendirme süreci ile işlemektedir. Yöntem basit olması sebebiyle literatür kısmındaki açıklamalardan da hatırlanacağı gibi yapı faaliyetleri (Kaklauskas vd., 2010; Kaklauskas vd., 2007), malzeme seçimi (Chatterjee vd., 2011; Chatterjee ve Chakraborty, 2012; Maity vd., 2012) ve müteahhit seçimi (Kaklauskas vd., 2006) gibi pek çok alanda başarı ile uygulanmıştır. Yöntemin işleyişi aşağıda açıklanmıştır (Das vd., 2012: 7-8; Chatterjee vd., 2011: 852-853; Kaklauskas vd., 2007: 168-169).

Modelin başlangıcındaki değişkenler aşağıdaki gibi gösterilsin.

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

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

w_j : j . değerlendirme ölçütünün önem düzeyi $j = 1, 2, \dots, n$

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

Adım 1. x_{ij} değerleri D ile simgelenen karar matrisini oluşturmuştur. Karar matrisi (11) numaralı denklemde gösterilmiştir.

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

Adım 2. (12) numaralı denklem yardımıyla karar matrisi normalize edilmiş karar matrisine dönüştürülür.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Adım 3. Her bir değerlendirme ölçütünün ağırlık değeri (w_j) ile normalize edilmiş karar matrisi kullanılarak D' olarak simgelenen ve d_{ij} elemanlarını içeren ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturma işlemi (13) numaralı denklem ile yapılabilir. Çalışma normalizasyon tekniklerinin karşılaştırmasına odaklandığından her bir değerlendirme ölçütünün ağırlığı birbirine eşit (0,20) olarak kabul edilerek işlemler gerçekleştirilmiştir.

$$D' = d_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (13)$$

Adım 4. Faydalı ölçütler, amaca ulaşmada daha yüksek değerlerin daha iyi durumu gösterdiği ölçütleri ifade etmekte iken, faydasız ölçütler amaca ulaşmada daha düşük değerlerin daha iyi durumu gösterdiği ölçütleri ifade etmektedir. Faydalı ölçütler literatür incelemesi kısmındaki uygulama örneklerinde değerler mümkün olduğunca yüksek olmasının tercih edildiği ölçütler, faydasız ölçütler ise değerler mümkün olduğunca küçük olmasının tercih edildiği ölçütler şeklinde gösterilmiştir. Faydalı ölçütler ve faydasız ölçütler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı hesaplanır. Faydalı ölçütler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı S_{i+} , faydasız ölçütler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı S_{i-} olarak simgelenir. S_{i+} değerinin hesaplanması (14) numaralı denklemde, S_{i-} değerinin hesaplanması ise (15) numaralı denklemde gösterilmiştir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, k \text{ faydalı ölçütler} \quad (14)$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j = k + 1, k + 2, \dots, n \text{ faydasız ölçütler} \quad (15)$$

Adım 5. Her alternatif için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değeri (16) numaralı denklem kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad (16)$$

En yüksek göreceli önem değeri en iyi alternatifi gösterecektir.

Adım 6. En yüksek göreceli öncelik değeri (17) numaralı denklem ile bulunur.

$$Q_{max} = \text{enbüyük}\{Q_i\} \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Adım 7. Her bir alternatif için P_i olarak simgelenen performans indeksi (18) numaralı denklem kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (18)$$

P_i olarak simgelenen performans indeksi 100 olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatiflerin tercih sıralaması performans indeks değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmış halidir.

5.Uygulama

Çalışma kapsamında ilk aşamada 10 alternatif ve 5 değerlendirme ölçütüne göre 10 adet veri seti türetilmiştir. Veri türetme amacıyla MS Excel 2010 üzerinde "RASTGELEARADA" formülünden yararlanılmıştır. Modelin tüm olası durumları içermesi amacıyla her bir değerlendirme ölçütü için farklı sayı aralıklarında sayı türetilmiştir. Bu amaçla girişi yapılan formüller Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Veri Türetmede Kullanılan Farklı Formüller

Değerlendirme Ölçütü Numarası	Yazılan Formül
Değerlendirme Ölçütü 1	=RASTGELEARADA(3200;4900)
Değerlendirme Ölçütü 2	=RASTGELEARADA(315;475)
Değerlendirme Ölçütü 3	=RASTGELEARADA(10;45)
Değerlendirme Ölçütü 4	=RASTGELEARADA(700;1000)
Değerlendirme Ölçütü 5	=RASTGELEARADA(15000;30000)

Normalizasyon yöntemleri başlıklı bölümde de açıklandığı üzere modelin olası tüm durumları yansıtabilmesi için (4) ve (5) numaralı değerlendirme ölçütlerinin birim üretim zamanı veya maliyet gibi düşük olmasının en iyi durumu gösterdiği düşünülerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Zaten COPRAS yöntemi içerisinde düşük olmanın en iyi durumu gösterdiği değerlendirme ölçütleri bulunmaması durumunda yöntemin işleyiş süreci MOORA yöntemi ile aynı olmaktadır. Tablo 1'de belirtilen formüller yazılarak elde edilen veri setleri Tablo 2'den incelenebilir.

Tablo 2. Veri Setleri

Değerlendirme Ölçütü 1	Değerlendirme Ölçütü 2	Değerlendirme Ölçütü 3	Değerlendirme Ölçütü 4	Değerlendirme Ölçütü 5

		En büyük	En büyük	En büyük	En küçük	En küçük
Veri Seti 1	Alternatif 1	4725	463	24	875	17735
	Alternatif 2	4258	334	28	878	29340
	Alternatif 3	3568	460	38	990	15665
	Alternatif 4	4128	322	42	977	20867
	Alternatif 5	4824	324	20	894	17038
	Alternatif 6	3744	429	39	942	16169
	Alternatif 7	4111	387	16	832	25755
	Alternatif 8	3904	350	43	731	22605
	Alternatif 9	3211	379	40	701	24637
	Alternatif 10	4191	442	14	908	17044
Veri Seti 2	Alternatif 1	4490	347	29	991	25238
	Alternatif 2	3914	375	26	968	16745
	Alternatif 3	4889	379	35	948	24554
	Alternatif 4	3634	432	28	761	25902
	Alternatif 5	4485	327	15	900	20178
	Alternatif 6	4575	431	13	840	27149
	Alternatif 7	4554	454	23	895	15430
	Alternatif 8	3328	456	40	726	20275
	Alternatif 9	3614	465	18	889	20576
	Alternatif 10	4455	440	28	878	19892
Veri Seti 3	Alternatif 1	4900	324	27	927	22499
	Alternatif 2	4213	382	15	893	29716
	Alternatif 3	3728	474	17	904	24103
	Alternatif 4	3730	371	22	841	16610
	Alternatif 5	3889	458	27	796	15202
	Alternatif 6	3674	406	44	931	21919
	Alternatif 7	3976	368	15	985	15354
	Alternatif 8	4251	457	39	978	16944
	Alternatif 9	4065	345	11	719	24974
	Alternatif 10	4766	446	44	811	17864
Veri Seti 4	Alternatif 1	3205	365	12	846	26921
	Alternatif 2	3269	372	36	872	23860
	Alternatif 3	4483	386	36	932	27539
	Alternatif 4	4402	450	22	840	18959
	Alternatif 5	4533	339	15	998	24438

Tablo 2. Veri Setleri

		Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-
		çütü 1	çütü 2	çütü 3	çütü 4	çütü 5
		En büyük	En büyük	En büyük	En küçük	En küçük
Veri Seti 5	Alternatif 6	4548	449	34	950	20178
	Alternatif 7	3958	331	19	937	22842
	Alternatif 8	3879	450	16	752	15987
	Alternatif 9	4471	413	34	704	24841
	Alternatif 10	3407	466	23	913	23087
	Alternatif 1	4789	366	41	998	16472
	Alternatif 2	4594	428	39	931	29958
	Alternatif 3	4266	389	39	701	29323
	Alternatif 4	3372	371	34	766	20015
	Alternatif 5	4399	455	30	702	20203
Veri Seti 6	Alternatif 6	3467	417	26	857	26380
	Alternatif 7	4726	451	40	948	22576
	Alternatif 8	4763	451	26	956	26150
	Alternatif 9	3684	318	37	753	22980
	Alternatif 10	3664	436	37	752	21220
	Alternatif 1	4431	397	15	791	29467
	Alternatif 2	3593	361	15	957	26435
	Alternatif 3	3385	355	26	972	20186
	Alternatif 4	4769	418	32	853	15202
	Alternatif 5	3238	340	14	909	16009
Veri Seti 7	Alternatif 6	4699	330	37	727	25849
	Alternatif 7	3330	400	34	822	25980
	Alternatif 8	4343	454	42	966	22300
	Alternatif 9	3304	420	11	953	19273
	Alternatif 10	4472	421	21	894	25620
	Alternatif 1	4369	447	39	701	27315
	Alternatif 2	3577	361	22	793	29915
	Alternatif 3	3536	471	31	973	15922

Tablo 2. Veri Setleri

		Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	Değerlendirme Öl-	
		çütü 1	çütü 2	çütü 3	çütü 4	çütü 5	
		En büyük	En büyük	En büyük	En küçük	En küçük	
Veri Seti 8	Alternatif 4	4491	382	27	979	28945	
	Alternatif 5	4715	327	25	812	23655	
	Alternatif 6	4745	448	31	721	25354	
	Alternatif 7	4139	374	42	742	20957	
	Alternatif 8	4696	459	20	738	26750	
	Alternatif 9	3209	472	20	970	23310	
	Alternatif 10	3483	369	38	725	23568	
	Alternatif 1	4611	331	15	947	17089	
	Alternatif 2	4511	332	37	821	23124	
	Alternatif 3	4341	408	44	799	29438	
Veri Seti 9	Alternatif 4	4665	431	13	748	26224	
	Alternatif 5	4191	437	28	706	20073	
	Alternatif 6	3452	400	25	903	22267	
	Alternatif 7	3290	389	41	739	23265	
	Alternatif 8	3397	343	10	989	22601	
	Alternatif 9	4447	436	11	907	21981	
	Alternatif 10	4262	395	35	750	15114	
	Alternatif 1	4365	387	33	985	21432	
	Alternatif 2	3748	327	18	934	18944	
	Alternatif 3	3433	325	43	961	18235	
Veri Seti 10	Alternatif 4	3276	471	18	704	19732	
	Alternatif 5	3224	399	36	710	17265	
	Alternatif 6	3654	315	15	835	18175	
	Alternatif 7	4751	460	14	775	25612	
	Alternatif 8	3579	340	11	978	28684	
	Alternatif 9	4225	351	31	792	18996	
	Alternatif 10	3673	384	16	833	19080	
	Veri Seti 11	Alternatif 1	3644	322	30	737	18338

Tablo 2. Veri Setleri

	Değerlendirme Ölçütü 1	Değerlendirme Ölçütü 2	Değerlendirme Ölçütü 3	Değerlendirme Ölçütü 4	Değerlendirme Ölçütü 5
	En büyük	En büyük	En büyük	En küçük	En küçük
Alternatif 2	4222	318	10	929	29119
Alternatif 3	3741	418	20	751	20527
Alternatif 4	4649	377	38	818	24563
Alternatif 5	3371	442	24	966	23750
Alternatif 6	3376	355	17	715	28692
Alternatif 7	3501	327	16	926	18754
Alternatif 8	4261	458	31	931	22813
Alternatif 9	4843	459	21	846	23307
Alternatif 10	3264	457	34	996	20217

Normalizasyon tekniği değişikliğinin sonuçlar üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla veri setleri üzerinde COPRAS yönteminin işleyişindeki (12) numaralı denklemin yerine 3-10 aralığındaki denklemler tek tek denenerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin tamamlanması ile elde edilen performans değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Alternatiflerin Performans Değerleri

		Vektörel Normalizasyon	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
		Veri Seti 1	Alternatif 1	97,4356	94,9940	80,8083	83,6544
	Alternatif 2	82,3025	97,7680	100,0000	100,0000	82,0687	100,0000
	Alternatif 3	99,4397	96,3591	83,8489	81,6874	99,4296	63,0283
	Alternatif 4	93,4624	100,0000	85,9178	81,0596	93,5694	61,2626

Tablo 3. Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Alternatiflerin Performans Değerleri

	Vektörel Normalizasyon	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
Alternatif 5	89,1442	85,8622	70,0099	54,5895	88,7063	42,7280
Alternatif 6	100,0000	96,0896	83,1053	76,6372	100,0000	60,6043
Alternatif 7	80,2805	89,5289	73,3903	61,8415	79,7471	49,8599
Alternatif 8	97,9628	96,3395	81,9272	63,4616	97,9992	43,9281
Alternatif 9	93,2155	93,1633	78,2823	55,0456	93,2119	44,9342
Alternatif 10	88,0362	85,7477	69,7720	62,0074	87,4468	49,0082
Alternatif 1	83,6905	94,7159	100,0000	100,0000	83,5699	100,0000
Alternatif 2	87,2508	83,7096	72,1103	37,0444	87,0588	17,7617
Alternatif 3	91,8574	100,0000	94,6367	75,6573	91,8065	83,2173
Alternatif 4	86,5117	88,8909	77,8549	43,5809	86,3108	30,9432
Alternatif 5	78,7362	79,9244	65,1710	29,2206	78,3133	23,3961
Alternatif 6	78,1835	87,6374	78,4122	52,5739	77,6684	44,9720
Alternatif 7	94,4533	86,2509	77,6637	52,2799	94,1033	45,5243
Alternatif 8	100,0000	91,1332	83,0297	48,1207	100,0000	46,2132
Alternatif 9	82,9028	84,3887	70,9870	40,8688	82,5072	30,4193
Alternatif 10	92,8479	91,8855	81,3716	55,1952	92,6155	48,1724
Alternatif 1	79,4856	92,4997	80,4789	78,0475	79,0641	69,5338
Alternatif 2	68,2419	89,9454	100,0000	100,0000	67,4272	100,0000
Alternatif 3	74,3634	89,7787	77,4700	71,7783	73,5545	71,5865
Alternatif 4	80,3275	79,5068	66,8700	37,4080	79,7249	19,2277
Alternatif 5	90,1840	84,7481	75,7244	59,6110	89,6206	45,7027
Alternatif 6	88,2069	99,1691	89,0001	78,6535	88,4558	66,8331
Alternatif 7	75,0241	77,8287	64,8577	44,4880	74,2181	19,5588
Alternatif 8	92,6633	97,6832	89,0172	91,5009	92,6151	72,4437
Alternatif 9	69,3724	77,3922	62,2573	32,1982	68,3489	16,4222
Alternatif 10	100,0000	100,0000	92,6993	95,2791	100,0000	85,9422
Alternatif 1	72,1170	75,7651	58,4000	24,0715	71,6258	12,8643

Tablo 3. Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Alternatiflerin Performans Değerleri

	Vektörel Normalizasyon	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon	
Veri Seti 5	Alternatif 2	90,9527	89,8191	74,3935	44,5617	91,1312	37,6951
	Alternatif 3	93,4918	100,0000	100,0000	100,0000	93,6365	100,0000
	Alternatif 4	94,7327	86,2432	72,4680	57,6451	94,3454	55,0116
	Alternatif 5	77,9731	84,5348	71,9967	65,5653	77,5366	61,5731
	Alternatif 6	100,0000	97,1542	83,9629	76,1359	100,0000	72,9883
	Alternatif 7	79,9692	81,4548	64,0136	36,3305	79,6573	30,4026
	Alternatif 8	94,1262	76,0630	63,8384	40,7198	93,5247	37,2592
	Alternatif 9	99,5504	92,8556	80,4336	64,2179	99,5299	61,8112
	Alternatif 10	86,5853	87,3075	71,2018	51,8851	86,3304	46,3832
	Alternatif 1	99,0204	89,6769	71,1677	53,6180	99,0735	44,7909
Veri Seti 6	Alternatif 2	91,9273	100,0000	100,0000	100,0000	91,9109	100,0000
	Alternatif 3	93,1559	90,1483	70,6300	47,2119	93,1414	41,3784
	Alternatif 4	91,9873	79,4262	59,4113	24,3538	92,0177	16,8676
	Alternatif 5	100,0000	84,5503	66,1798	42,0830	100,0000	38,3985
	Alternatif 6	82,8932	83,9709	62,1718	30,7944	82,8810	29,7637
	Alternatif 7	98,4197	97,6639	77,2153	67,5085	98,4244	67,7963
	Alternatif 8	88,6000	93,3537	74,8761	63,7874	88,5765	79,5372
	Alternatif 9	90,1088	81,5227	60,6240	26,0230	90,1350	22,4924
	Alternatif 10	97,0883	85,7960	66,1495	39,9621	97,1007	37,2673
	Alternatif 1	76,4431	83,4368	80,4190	58,3215	75,8944	46,3840
Alternatif 2	70,5207	80,4971	80,5264	70,3424	70,1023	90,1708	
Alternatif 3	80,2282	80,7613	73,2090	43,4395	80,2195	26,1990	
Alternatif 4	100,0000	86,8933	86,8759	72,9876	100,0000	72,0366	
Alternatif 5	76,2228	68,1949	59,1937	17,0463	75,7494	9,9778	
Alternatif 6	92,3045	89,5288	86,7539	59,1585	92,5686	60,8485	
Alternatif 7	85,7186	87,6281	83,0453	53,3908	85,9348	47,8370	
Alternatif 8	97,4720	100,0000	100,0000	100,0000	97,9147	100,0000	

Tablo 3. Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Alternatiflerin Performans Değerleri

	Vektörel Normalizasyon	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon	
Veri Seti 7	Alternatif 9	74,2278	74,5511	64,9621	39,0305	73,5964	32,6403
	Alternatif 10	82,2270	88,6674	85,0930	74,3939	81,8974	81,5835
	Alternatif 1	98,1562	100,0000	69,3725	37,6244	98,1039	46,1908
	Alternatif 2	77,1773	86,5022	55,3461	15,8382	77,0198	11,1640
	Alternatif 3	93,3145	89,8676	61,1529	28,3864	93,2110	28,2655
	Alternatif 4	82,4981	99,4178	100,0000	100,0000	82,3799	100,0000
	Alternatif 5	86,3084	89,0450	57,2191	21,5321	86,1520	23,6592
	Alternatif 6	96,1274	97,0775	66,3998	35,8628	95,9803	40,5762
	Alternatif 7	100,0000	94,4478	65,0793	29,7023	100,0000	31,2767
	Alternatif 8	88,3963	92,4975	61,1858	30,3594	88,1395	36,0731
Veri Seti 8	Alternatif 9	80,0096	89,3585	56,6250	24,3875	79,8130	34,3588
	Alternatif 10	92,6560	89,9720	59,7468	21,3653	92,6381	22,0109
	Alternatif 1	79,0697	77,7144	66,3587	52,6192	78,3292	48,5109
	Alternatif 2	89,9945	90,6496	81,4032	66,7965	90,2795	77,3582
	Alternatif 3	93,1447	100,0000	100,0000	100,0000	93,7393	100,0000
	Alternatif 4	79,6100	84,2871	74,4230	74,4585	78,6693	76,2109
	Alternatif 5	93,1368	85,1717	76,7138	70,2410	92,8225	73,3206
	Alternatif 6	80,2800	84,4392	73,5759	61,5080	80,0656	72,9115
	Alternatif 7	91,4343	87,7847	78,5314	55,7952	91,9160	58,4817
	Alternatif 8	66,6145	75,9851	65,3255	56,9809	65,8150	75,1157
Veri Seti 9	Alternatif 9	77,6766	83,8175	72,7495	77,7429	76,6854	96,8702
	Alternatif 10	100,0000	83,9478	77,7519	65,1806	100,0000	71,0125
	Alternatif 1	92,7425	100,0000	48,6875	22,1103	92,7071	28,2558
	Alternatif 2	79,5477	82,4455	36,7071	8,4942	78,9313	7,5009
	Alternatif 3	95,2678	93,7761	46,2455	14,0088	95,7800	16,8194
	Alternatif 4	88,5922	82,7885	40,1331	13,4580	87,7737	15,2318
	Alternatif 5	100,0000	86,5762	44,7913	13,9728	100,0000	16,8691

Tablo 3. Farklı Normalizasyon Tekniklerine Göre Alternatiflerin Performans Değerleri

	Vektörel Normalizasyon	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
Alternatif 6	79,3230	77,0348	34,2593	5,5799	78,5370	4,9600
Alternatif 7	85,5246	93,6258	44,4506	21,9227	84,5114	28,5771
Alternatif 8	67,4645	88,6872	100,0000	100,0000	66,6706	100,0000
Alternatif 9	94,9161	89,9226	44,8426	16,1753	94,7208	17,0806
Alternatif 10	82,5218	81,8926	37,5567	10,3655	81,7222	8,4692
Alternatif 1	94,9985	81,2632	77,4357	35,3291	94,7918	23,5501
Alternatif 2	70,8197	84,5722	100,0000	100,0000	70,2328	100,0000
Alternatif 3	90,0592	82,5942	77,0398	46,6433	89,5713	28,8955
Alternatif 4	100,0000	100,0000	98,7656	77,0678	100,0000	62,3655
Alternatif 5	85,0214	91,6956	87,3368	69,9195	84,7465	54,7374
Alternatif 6	77,4224	80,2175	71,6732	34,1479	76,9787	17,6002
Alternatif 7	79,3540	76,4815	66,8858	27,4895	78,8806	14,1220
Alternatif 8	96,0235	99,1994	97,4382	84,6731	95,8470	67,6743
Alternatif 9	93,0242	94,6126	90,9647	79,2231	92,5356	58,6598
Alternatif 10	94,1419	95,0368	92,4764	70,9759	94,1022	52,9182

Veri Seti 10

Tablo 4. Normal Dağılıma Uygunluk Testi

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri
Vektör Normalizasyonu	0,118	100	0,002	0,944	100	0,000
Doğrusal Normalizasyon (1)	0,060	100	0,200*	0,970	100	0,021
Doğrusal Normalizasyon (2)	0,051	100	0,200*	0,968	100	0,016
Doğrusal Normalizasyon (3)	0,060	100	0,200*	0,967	100	0,012
Doğrusal Normalizasyon (4)	0,131	100	0,000	0,943	100	0,000
Monoton Olmayan Normalizasyon	0,079	100	0,125	0,950	100	0,001

Tablo 4. Normal Dağılıma Uygunluk Testi

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri	Değer	Serbestlik derecesi	P-değeri
Vektör Normalizasyonu	0,118	100	0,002	0,944	100	0,000
Doğrusal Normalizasyon (1)	0,060	100	0,200*	0,970	100	0,021
Doğrusal Normalizasyon (2)	0,051	100	0,200*	0,968	100	0,016
Doğrusal Normalizasyon (3)	0,060	100	0,200*	0,967	100	0,012
Doğrusal Normalizasyon (4)	0,131	100	0,000	0,943	100	0,000
Monoton Olmayan Normalizasyon	0,079	100	0,125	0,950	100	0,001

*Normal dağılıma uygunluk hipotezinin reddedilmediği durumlar

COPRAS yöntemi için tüm normalizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen performans değerlerinin arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla ikili olarak korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon analizi gerçekleştirilmeden önce sonuçların parametrik testlere uygunluğunu test etmek amacıyla, veri setinin normal dağılıma uygunluğu varsayımı incelenmiştir (Newbold vd., 2003, 551). Bu inceleme için değerler SPSS 18 programına girilmiş ve Tablo 4'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5. Normalizasyon Tekniklerine göre Performans Değerleri Arasındaki Korelasyon

	Doğrusal Normalizasyon (1)	Doğrusal Normalizasyon (2)	Doğrusal Normalizasyon (3)	Doğrusal Normalizasyon (4)	Monoton Olmayan Normalizasyon
Vektörel Normalizasyon	0,557*	0,190	0,119	0,999*	0,105
Doğrusal Normalizasyon (1)		0,560*	0,527*	0,565*	0,520*
Doğrusal Normalizasyon (2)			0,918*	0,195	0,832*
Doğrusal Normalizasyon (3)				0,120	0,938*
Doğrusal Normalizasyon (4)					0,109

*Korelasyon analizi sonucunda p-değeri 0,05'in altındadır. İlgili iki değişken arasındaki ilişki bu düzeyde anlamlıdır.

Kolmogorov-Smirnov testine göre doğrusal normalizasyon (1), doğrusal normalizasyon (2) ve doğrusal normalizasyon (3) normal dağılıma uygunluk testini geçtiği halde diğer değerler testi geçememiştir. Ayrıca Shapiro-Wilk testine göre de tüm

değerler %5 seviyesinin altında kaldığından, parametrik korelasyon analizinin (Pearson) uygun olmayacağı düşünülmüş ve değerlere parametrik olmayan hesaplamalara dayanan Spearman formülasyonu uygulanarak korelasyon değerleri bulunmuştur. Normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar arasındaki korelasyon değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5'te görülen korelasyon değerleri normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin gücünü göstermektedir. 0-0,25 arası korelasyon değeri ilişkinin çok zayıf olduğunu, 0,26-0,49 arası korelasyon değeri ilişkinin zayıf olduğunu, 0,50-0,69 arası korelasyon değeri ilişkinin orta seviyede olduğunu, 0,70-0,89 arası korelasyon değeri ilişkinin yüksek olduğunu, 0,90-1 arası korelasyon değeri ise ilişkinin çok yüksek olduğunu ifade etmektedir (Kalaycı, 2010; 116). COPRAS yönteminin işleyişinde genel kabul gören doğrusal normalizasyon (4) olarak adlandırılan tekniğin diğer normalizasyon teknikleri ile karşılaştırmalarını gösteren korelasyon değerleri incelendiğinde en yüksek ilişki, vektör normalizasyonu ile çıkmıştır. Elde edilen sonuç olan 0,999 neredeyse 1'e eşittir. Bu iki teknik kullanıldığında çıkan sonuçların neredeyse birebir aynı olduğunu ifade etmektedir. Buna göre, COPRAS yönteminin işleyişinde literatürde genel kabul gören doğrusal normalizasyon (4) olarak adlandırılan tekniğin yerine vektör normalizasyonu tekniğinin kullanılması da mümkündür. Diğer teknikler için sonuçlara bakılacak olursa aynı değerlendirmeyi yapmak mümkün olmamaktadır. Özellikle doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) ve monoton olmayan normalizasyon tekniklerine göre sonuçlar birbiriyle uyuşmamaktadır. Doğrusal normalizasyon (4) ile doğrusal normalizasyon (3) arası korelasyon değeri 0,120; doğrusal normalizasyon (4) ile monoton olmayan normalizasyon arasındaki ilişki değeri 0,109'tür. Bu değer neredeyse 0 değerine yakındır. Bu durumda COPRAS yönteminin orijinal işleyişinde yaygın olarak kabul gören doğrusal normalizasyon (4) yerine doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) ve monoton olmayan normalizasyon yöntemleri kullanılmamalıdır. Bu normalizasyon tekniklerinin COPRAS yöntemi için uygun olmamalarının temel nedeni; doğrusal normalizasyon (1), doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) ve monoton olmayan normalizasyon tekniklerinde zaman ve maliyet gibi en küçük değer en iyi durumu gösterdiği değerlendirme ölçütleri için farklı bir işlem uygulanmasıdır. COPRAS yöntemi zaten bu tür değerlendirme ölçütlerini de göz önüne alarak işlemlerini gerçekleştirdiği için aynı işlemin bir de normalizasyon tekniğinde uygulanması yapıyı bozmaktadır. COPRAS yönteminin orijinalinde yer alan doğrusal normalizasyon (4) ile burada incelemeye tabi tutulan vektör normalizasyonu tekniklerinde ise değerlendirme ölçütünün en büyük ya da en küçük olması göz önüne alınmadan normalleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Biraz önce de ifade edildiği üzere COPRAS yönteminin işleyişi faydasız ölçütler adıyla bir ayırım yaparak bu değerlendirme ölçütlerini zaten incelemektedir.

6.Sonuç ve Öneriler

İşletmeler faaliyetlerini sürdürürken pek çok alternatifi karşılaştırmak zorunda kalmaktadırlar. Üstelik bu karşılaştırmaların yapılması sırasında bir çok değerlendirme ölçütü de aynı anda incelenmek durumundadır. Bu değerlendirme ölçütlerinin aynı ölçüm birimlerine sahip olabilmesi de pratik hayatta çok zayıf bir olasılıktır. Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden bazıları farklı ölçüm birimlerine sahip olan değerlendirme ölçütlerini bir potada eritebilmek için ikili karşılaştırmalardan yararlanırken, bazıları normalizasyon tekniklerine başvurmaktadır. İkili karşılaştırmalar gerçekleştiren yöntemler alternatif sayısı sınırlı ise oldukça iyi sonuçlar üretirken, alternatiflerin artması durumunda yapılması gereken ikili karşılaştırmaların sayısı katlanarak arttığından sürecin uzamasına neden olmakta ve karar verme problemi içerisine yeni bir alternatifin eklenmesi durumuna daha zor uyum sağlamaktadır. İşletme faaliyetlerinin dinamik olması ve çok sayıda alternatifin incelenmesi gerekliliğinden dolayı MOORA, TOPSIS ve COPRAS gibi ikili karşılaştırmalar yerine normalizasyon tekniklerinden yararlanan çok ölçütlü karar verme yöntemleri tercih edilebilmektedir. Normalizasyon teknikleri ile ilgili temel sıkıntı da farklı yöntemler için standart bir normalizasyon tekniğinin mevcut olmaması ve literatürde aynı çok ölçütlü karar verme yöntemi için farklı normalizasyon tekniklerinin kullanılmasıdır. TOPSIS yönteminin kullanıldığı çalışmalara bakıldığında hem vektör normalizasyonu hem Doğrusal normalizasyon (2) hem de Doğrusal normalizasyon (3) yönteminin kullanıldığı görülmüştür.

Bazı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde uygulanacak normalizasyon tekniği ile ilgili uzlaşının olmaması ve COPRAS yöntemi içinde uzlaşılan teknik yerine başka tekniklerin kullanılıp kullanılamayacağı sorusuna cevap aramak amacıyla, COPRAS yöntemi için tüm normalizasyon teknikleri denenerek sonuçlar üzerindeki etkisi karşılaştırılmıştır. "Normalizasyon yönteminin değiştirilmesi COPRAS yönteminden elde edilen sonuçları etkilemekte midir? Etkilemekte ise ne ölçüde etkilemektedir?" problemi için anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Sağlıklı karşılaştırmaların yapılabilmesini sağlamak için 10 alternatif ve 5 değerlendirme içeren 10 farklı veri seti rasgele olarak türetilmiştir. Ayrıca veri setlerinin gerçek problemleri daha iyi yansıtabilmesini sağlamak amacıyla ölçüt 4 ve 5 için zaman ve maliyet gibi en küçük değerin en iyi durumu simgelediği düşünülerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar korelasyon analizine tabi tutulduğunda, COPRAS yöntemi için literatürde kabul gören doğrusal normalizasyon (4) olarak adlandırılan tekniğin yerine vektör normalizasyonunun da kullanılabileceği tespit edilmiştir. Diğer tekniklerin ise COPRAS yönteminde kullanımının uygun olmadığı görülmüştür. Bu normalizasyon tekniklerinin COPRAS yöntemi için uygun olmamalarının temel nedeni; doğrusal normalizasyon (1), doğrusal normalizasyon (2), doğrusal normalizasyon (3) ve monoton olmayan normalizasyon tek-

niklerinde zaman ve maliyet gibi en küçük değerin en iyi durumu gösterdiği değerlendirme ölçütleri için farklı bir işlem uygulanmasıdır. COPRAS yöntemi zaten bu tür değerlendirme ölçütlerini de göz önüne alarak işlemlerini gerçekleştirdiği için aynı işlemin bir de normalizasyon tekniğinde uygulanması, yöntemin yapısını bozmuştur.

Sonuç olarak, COPRAS yönteminin orjinalinde yer alan doğrusal normalizasyon (4) ile bu çalışmada denemesi yapılan vektör normalizasyonu tekniklerinde ise değerlendirme ölçütünün en büyük ya da en küçük olması göz önüne alınmadan normalleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu normalleştirilmiş değerlere COPRAS yönteminin diğer aşamaları uygulandığında aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu nedenle bu iki yöntemden herhangi birinin kullanımında sakınca yoktur. Doğrusal normalizasyon (4) yöntemi yerine Doğrusal normalizasyon (2), Doğrusal normalizasyon (3) veya monoton olmayan normalizasyon kullanımı sonuçları büyük ölçüde etkilemiştir. Bu nedenle kullanılmaları tavsiye edilmemektedir.

Problemin sadece COPRAS yöntemi açısından ele alınması, TOPSIS, MOORA gibi diğer çok ölçütlü karar verme yöntemleri için uygulanmamış olması ise çalışmanın sınırını oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda gerçek bir işletme problemi için veriler toplanarak TOPSIS, MOORA gibi çok ölçütlü karar verme yöntemleri için de çözüm araştırılabilir.

Kaynaklar

Aalami, H.A. Moghaddam, M.P. 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

Banaitiene, N. Banaitis, A. Kaklauskas, A. Zavadskas, E. K. (2008), "Evaluating the life cycle of a building:A multivariant and multiple criteria approach", *Omega*, 36, 429-441

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. Chakraborty, S. (2011), "Materials selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods", *Materials and Design*, 32, 851-860

Chatterjee, P. Chakraborty, S. (2012), "Material Selection Using Preferential Ranking Methods", *Materials And Design*, 35, 384-393.

Dai, L 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. Ray, S. (2012), "A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using integrated fuzzy AHP and COPRAS methodology", *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 230-241

Huang, W. 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. Raslanas, S. Ginevicius, R. Komka, A. Malinauskas, P. (2006), "Selection of low-e windows in retrofit of public buildings by applying

multiple criteria method COPRAS: A Lithuanian case”, *Energy and Buildings*, 38, 454-462.

Kaklauskas, A. Zavadskas, E.K. Naimaviciene, J. Krutinis, M. Plakys, V. Venskus, D. (2010), “Model For A Complex Analysis Of Intelligent Built Environment”, *Automation in Construction*, 19, 326-340.

Kaklauskas, A. Zavadskas, E.K. 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.

Kanapeckiene, L. Kaklauskas, A. Zavadskas, E. K. Raslanas, S. (2011), “Method and system for Multi-Attribute Market Value Assessment in analysis of construction and retrofit projects”, *Expert Systems with Applications*, 38, 14196–14207.

Kanapeckiene, L. Kaklauskas, A. Zavadskas, E. K. Seniut, M. (2010), “Integrated knowledge management model and system for construction projects”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 23, 1200–1215.

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. 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. Brennan, F.P. (2011), “Multi-Criteria Assessment Of Offshore Wind Turbine Support Structures”, *Renewable Energy*, 36, 2831-2837.

Maity, S. R. Chatterjee, P. Chakraborty, S. (2012), “Cutting tool material selection using grey complex proportional assessment method”, *Materials and Design*, 36, 372-378.

Mela, K. Tiainen, T. Heinisuo, M. (2012), “Comparative Study Of Multiple Criteria Decision Making Methods For Building Design”, *Advanced Engineering Informatics*, (Baskıda Makale).

Mulliner, E. Smallbone, K. Maliene, V. (2013), "An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method", *Omega*, 41, 270-279.

Newbold, P. Carlson, W.L. Thorne, B. (2003), *Statistics For Business And Economics*, New Jersey: Prentice Hall Inc.

Ouattara, A. Pibouleau, L. Azzaro-Pantel, C. Domenech, S. Baudet, P. Yao, B. (2012), "Economic And Environmental Strategies For Process Design", *Computers And Chemical Engineering*, 36, 174-188.

Peng, Y. Zhang, Y. Tang, Y. 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. 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. Shyr, H-J. 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. 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. 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.

Wang, J-J. Jing, Y-Y. Zhang, C-F. Zhao, J-H. (2009), "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2263-2278.

Zavadskas, E. K. Raslanas, S. Kaklauskas, A. (2008), "The selection of effective retrofit scenarios for panel houses in urban neighborhoods based on expected energy savings and increase in market value: The Vilnius case", *Energy and Buildings*, 40, 573-587.

ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ DERGİSİ
YAYIN ve YAZIM KURALLARI

1. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, İktisadi ve İdari Bilimler alanında özgün makaleleri yayınlamayı amaçlayan hakemli bir dergidir. Yılda iki kez yayınlanan dergi, alanında kuramsal ve uygulamalı çalışmalara yer verir.
2. Dergiye gönderilecek makaleler Türkçe veya İngilizce olabilir.
3. Yayına gönderilecek makalelerin aynı anda başka bir derginin değerlendirme sürecinde bulunmaması, hiçbir yerde yayına kabul edilmemiş ve yayınlanmamış olması gerekmektedir.
4. Yayınlanmak üzere dergiye gönderilen makaleler ile birlikte yazar/ların adı-soyadı, ünvanı, kurum, ve elektronik posta adresleri ile açık iletişim adreslerini içeren bilgiler ayrı bir sayfada gönderilmelidir.
5. Yazım kurallarına uygun olarak gönderilen makaleler dergi editörü tarafından incelenir. Hakeme gönderilmesi uygun görülmeyen makaleler yazar(lar)ına bildirilir.
6. Hakeme gönderilmesi uygun görülen makaleler, konusunda uzman iki hakeme gönderilir. Hakem raporları doğrultusunda editör gerekli gördüğü durumda üçüncü bir hakem belirleyebilir.
7. Makale metninde makalenin Türkçe ve İngilizce başlıkları, 120 kelimeyi aşmayacak şekilde Türkçe ve İngilizce özetler ile en fazla beşer adet Türkçe ve İngilizce anahtar kelimeler yer almalıdır. Makale metninde yazar/ların kimlik bilgileri yer almamalıdır.
8. Dergiye gönderilecek yazılar A4 ebadında kağıda, Times New Roman, 12 punto, 1,5 aralıkla, metin, tablo ve şekiller, kaynakça ve ekler dahil 25 sayfayı aşmayacak şekilde yazılmış olmalıdır. Sayfalar numaralandırılmalıdır.
9. Tüm metin iki yana yaslı, paragraflar arasında 12nk boşluk verilmiş, başlıklar ve metin dahil olmak üzere soldan girinti yapılmamış olmalıdır. Gönderilecek çalışmaların sayfa kenar boşlukları her taraftan 2,5 cm olacak şekilde ayarlanmalıdır.
10. Tüm başlıklar kalın (bold), sola yaslı (girintisiz) ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Alt başlıklar 1., 1.1, 1.1.1. şeklinde numaralandırılmalıdır.
11. Metin içi atıflarda Harvard metodu olarak adlandırılan ve yazar soyadı, tarih ve

sayfa numaralarının verildiği sistem tercih edilmelidir (Örn: Clegg, 1997: 53). İki- den fazla yazarı olan kaynaklara atıflarda ilk yazarın soyadı ve "vd." ibaresi kullanılmalıdır (Örn: Morgan vd., 1994). Aynı parantez içerisinde birden fazla kaynak noktalı virgül (;) işareti ile ayrılmalıdır (Örn: Hassard ve Parker, 1994; Boje, 1996).

12. Metin içinde yer alacak tablo, şekil, grafik, harita vb.'lerinin de bu ölçüleri aşmayacak şekilde metin içine ortalanarak yerleştirilmiş olması ya da gerekiyorsa ekler bölümünde -metin sonunda- kaynakçadan hemen önce yer almış olması gereklidir.

13. Metin içindeki tüm şekiller ve grafikler sıra numarası ile (Şekil 1) kendi içinde ve şekil ya da grafiğin altında; tablolar ise yine kendi içinde numaralanmak üzere (Tablo 1) tablonun üzerinde numaralandırılmış ve isimlendirilmiş olmalıdır. Tablo, grafik ve şekil başlıkları sayfaya ortalanmış, kalın (bold) ve yalnızca kelimelerin baş harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

14. Tablo, şekil ve grafiklerin varsa kaynakları; tablo, şekil ve grafiklerin hemen altında metin içi atıf kurallarına uygun olarak verilmelidir. Matematiksel ve istatistiksel simgeler Microsoft Office denklem düzenleyicisi ile hazırlanmalıdır.

15. Makalenin sonunda yazar soyadlarına göre alfabetik olarak düzenlenecek kaynakça kısmı bulunmalıdır. Kaynakçada sadece makalede kullanılan eserler yer almalıdır ve kaynakça aşağıda belirtilen örneklere uygun olarak hazırlanmalıdır.

KİTAPLAR

Kazgan, G. (1989), İktisadi Düşünce veya Politik İktisadın Evrimi, İstanbul: Remzi Kitabevi.

Wood, R. ve T. Payne (1998), Competency Based Recruitment and Selection, London: Wiley.

Mondy, R. W., R. M. Noe, ve S. R. Premeaux (2002), Human Resource Management, NJ: Prentice Hall.

DERLEME KİTAPTAN BÖLÜM

Toynbee, A. (2000), "Osmanlı İmparatorluğu'nun Dünya Tarihindeki Yeri", Ed. Kemal Karpat, Osmanlı ve Dünya, İstanbul: Ufuk Kitapları, 49-67.

MAKALELER

Paskaleva, V. (1967), "Osmanlı Balkan Eyaletlerinin Avrupalı Devletlerle Ticaretleri Tarihine Katkı 1700-1850", İÜ. İktisat Fakültesi Dergisi, 27(1-2), 48-59.

Li, T. ve R. J. Calantone (1998), "The Impact of Market Knowledge Competence on New Product Advantage: Conceptualization and Empirical Examination", Journal of Marketing, 61(2), 13-29.

İNTERNET KAYNAKLARI

Yazarı Belli Olan İnternet Kaynakları:

Salmon, P. (2003), "Decentralization and Supranationalty: The Case of the European Union", <http://www.imf.org/external/pubs/fiscal/salmon.pdf>, (Erişim: 02.10.2003).

Yazarı Belli Olmayan İnternet Kaynakları:

"Special Topic: Corporate Income Taxation and FDI in the EU-8", <http://siteresources.worldbank.org/INTLATVIA/Resources/QER3spec.doc>, (Erişim: 28.10.2004).

<http://www.tcmb.gov.tr>, (Erişim: 28.10.2004).

Belirtilen formatta hazırlanan çalışmalar elektronik posta aracılığıyla iibfdergi@ogu.edu.tr adresine ekli Microsoft Word belgesi olarak gönderilmelidir. Yazarlara, yazının ulaştığına dair bilgi ve değerlendirme sürecini dergi internet sitesinden izlemede kullanabilecekleri makale takip numarası yollanacaktır. Yazarlar gerekirse editöre, derginin diğer iletişim kanalları yanında aşağıdaki adresten doğrudan posta yoluyla da ulaşabilirler:

Prof. Dr. Sami Taban
ESOGÜ İİBF Dergi Editörü
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Meşelik Kampusu 26480
ESKİŞEHİR