

Gri İlişkisel Analiz ve VIKOR Yöntemlerinin Karşılaştırılması: İmalat Sektörü Üzerine Örnek Bir Uygulama¹

Comparisons of Grey Relational Analysis And VIKOR Method: A Sample Application on Manufactory Sector

Ömer Faruk Rençber, Gaziantep Üniversitesi, Türkiye, ofrençber@gantep.edu.tr

Öz: Çok kriterli karar verme problemlerinde farklı metodolojilere dayanan birçok teknik bulunmaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci, Gri İlişkisel Analiz, ELECTRE, MOORA, PROMETHEE, TOPSIS, BWM ve VIKOR bu yöntemlerden bazılarıdır. Bu çalışmada, GIA ve VIKOR yöntemlerinin metodoloji, uygulama ve sıralamada gösterdikleri başarıları açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle imalat sektöründe faaliyet gösteren ve BIST endeksine kayıtlı bazı işletmeler GIA ve VIKOR yöntemleri ile devir hızlarına göre sıralanmıştır. Daha sonra işletmeler sıralamalarına göre beş sınıfa ayrılmış ve bunlardan birinci, üçüncü ve beşinci grupta yer alanlar diskriminant analizi ile yeniden sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak, GIA yönteminin sıralama açısından VIKOR'den daha başarılı olduğu, aradaki başarı farkının ise VIKOR yönteminde subjektif olarak belirlenen v parametresinden kaynaklandığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR Yöntemi, Diskriminant Analizi

Abstract: There are many techniques based on different methodologies in multi-criteria decision making problems. Analytical Hierarchy Process, Gray Relational Analysis, ELECTRE, MOORA, PROMETHEE, TOPSIS and VIKOR are some of these methods. In this study, it was aimed to compare the GIA and VIKOR methods in terms of their methodology, application and successes of ranking. Then the companies were divided into five classes according to their rankings. So, the first, third and fifth groups were reclassified by discriminant analysis. As a result, it was found that the GIA method was more successful than the VIKOR in terms of ranking, and the difference in this success was due to the subjectively determined v parameter in the VIKOR method

Keywords: Quantitative Decision Making, Grey Relational Analysis, VIKOR Method, Discriminant Analysis

1. Giriş

İnsanoğlu, hayatının her alanında önemli yada önemsiz birçok karar verme problemi ile karşılaşabilmektedir. Örneğin, satın alma gibi tercihe dayalı durumlarda birden çok kriter ile alternatifleri değerlendirmek ve bir karar vermek zorunda kalınabilir. İşletmelerde bu tür durumlarda alternatifleri kriterlere göre karşılaştırmaya yarayan çok kriterli karar verme teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler yaklaşık olarak 30 yıldır literatürde aktif olarak kullanılmaktadır.

Literatürde ÇKKV yöntemleri (Multi Criteria Decision Making) iki grupta incelenmektedir. Bunlar; Çok Özellikli Karar Verme (Multi Attribute Decisions Making-MADM) ve Çok Amaçlı Karar Verme (Multi Objectives Decisions Making-MODM)'dir(Rezeai,2015). Çok Özellikli Karar Verme yöntemlerinde alternatiflerin önceliklerine göre sıralaması yapılmaktadır. Çok Amaçlı Karar Verme (MODM) yöntemlerinde ise birden fazla amaç fonksiyonuna göre problemlerin en uygun çözümü incelenmektedir(Dashti,2010:611) (Akyüz, Bozdoğan ve Hantekin,2011:75).

Wang'a göre Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (MCDM) üç gruba ayrılmaktadır (Wang,2009;2273). Bunlar; temel yöntemler (Ağırlıklandırılmış toplama ve çarpım yöntemleri), bir değerle birleştirilmiş yöntemler (AHP, TOPSIS, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR ve bulanık mantıkla birleşik ÇKKV yöntemleri), üstünlüğe göre sıralama yöntemleridir (ELECTRE, PROMETHEE). Bu yöntemler amaçları yönüyle birbirlerine benzeseler de metodolojileri açısından farklılık göstermektedirler. Buna göre bazı ÇKKV yöntemlerinin güçlü, zayıf yönleri ve uygulama alanları tablo 1'deki gibidir.

¹ Bu çalışma Ömer Faruk Rençber özet bildirisi olarak, "ICoAEF'18, IV. International Conference on Applied Economics and Finance & EXTENDED WITH SOCIAL SCIENCES, November 28 – 29 – 30, 2018 / Kuşadası – Turkey" Kongresinde sanal oturumda sunulmuştur ve kongre procedia özet kitapçığında basılmıştır.

Tablo 1. Bazı ÇKKV Yöntemlerinin Güçlü, Zayıf Yönleri ve Uygulama Alanları

Yöntem	Güçlü Yanı	Zayıf Yanı	Uygulama Alanı
Basit Ağırlıklı Toplam (SAW)	Basit Hesaplama Uyarlanabilir tek boyutlu problem çözümü	Sadece bir eğilime göre basit tahmin yapması Çoklu tercihlerin entegrasyonunda başarısız olması	Proje seçimi (Misara ve Ray, 2012) Optimizasyon çözümü (Kim ve De, 2006)
Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)	Uyarlanabilir Kompleks matematik yapısı yok Hiyerarşik yapı oluşturulması ve alternatifleri görsel değerlendirebilmesi	Hedefler ve alternatifler arasındaki bağımlılık sonuçta problem oluşturabilmekte Çok sayıda karar vericinin dâhil olması işlemi zorlaştırmakta Deneyime dayalı çok sayıda veri setine dayanmaktadır	Tedarik Zinciri Yönetimi (Gaudenzi ve Borghesi, 2006) Performans Ölçümü (Hartati vd, 2018)
ELECTRE	Kriterleri nitel ve nicel özellikleri ile incelemektedir Nihai sonuçlar sebeplerle açıklanabilir Karmaşık ölçekler ile uğraşılabilir.	Çok yönlü değildir Özellikle nicel özellikleri ele alırken alternatifin iyi anlaşılmasını ister	Mobil Telefon Sağlayıcı Seçimi (Mishra vd., 2018) Tedarikçi Seçimi (Kumar vd, 2018)
TOPSİS	Sıralama mantığı ile çalışır Ayrık bilgilerin kullanımını sağlar Verilerin bağımsız olmasına gerek duyulmaz	Temel olarak Öklid uzaklığına göre çalışır, bu nedenle pozitif ve negatif değerler arasındaki farkı dikkate almaz Özellik değerleri monoton olarak artmalı veya azalmalıdır	Tersine lojistik alanında karar verme (Singh vd, 2019) Blockchain değerlendirme (Tang vd, 2019)
VIKOR	TOPSİS yönteminin genişletilmiş halidir Etkiden ayrık olarak pozitif ve negatif ideal çözümleri üretir	Çelişen durumların çözümü zordur Gerçek zamanlı verilerle çalışıldığı bazı durumlarda gözden geçirilmesi gereklidir	Yeşil Tedarikçi Seçimi (Wang vd. 2019)
Gri İlişkisel Analiz (GIA)	Veri setindeki muğlaklık ve zayıf bilgiye göre analiz yapma becerisine sahiptir.	Öznel sonuçlar verebilmektedir. Diğer yöntemlerden farklı bir teoriye sahiptir.	Finansal Performans incelemesi (Kung vd., 2007)
PROMETHEE	Grup seviye kararını kapsar Nicel ve nitel araştırmalarda kullanılır Belirgin olmayan ve bulanık bilgileri birleştirir	Hedef nesnel olarak yapılandırılmaz Karar verici tarafından kriterlere ağırlık verilebilir	En iyi ERP seçimi (Kılıç vd. 2015)

Karmaşıktır ve uzmanlar tarafından kullanılabilir.

Kaynak: Kumar vd. (2017: 599)

Tablo 1’de görüldüğü üzere her bir yöntemin güçlü veya zayıf yönleri bulunmaktadır. Bununla birlikte literatürde yöntemlerin eksik kalan yönlerini tamamlamak amacıyla günümüzde, bu yöntemlerin bulanık mantık destekli farklı çeşitleri de uygulanmaktadır. Dolayısıyla ÇKKV teknikleri her geçen gün değişmekte ve gelişmektedir. Tablo 2’de yöntemlerin karşılaştırıldığı bazı çalışmaların özetlerine ve GIA ile VIKOR yöntemleri için örnek çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 2. ÇKKV Yöntemlerinin Karşılaştırıldığı Bazı Çalışmalar ve Bulguları

Yazar (Yıl)	Karşılaştırılan Yöntemler	Sonuç
Ceballos, Lamata & Pelta (2016)	TOPSİS, VIKOR, MOORA	VIKOR yönteminde v parametresine göre sonuçlar değişebilmektedir. $V=0,5$ olduğu durumda sıralama diğer yöntemlere göre başarısızdır.
Özkan, Çelebi ve Esnaf (2011)	AHP, TOPSİS, ELECTRE, GIA	TOPSİS ve ELECTRE yöntemleri farklı matematiksel algoritmalara rağmen benzer sonuçlar vermektedir. GIA yöntemine göre sıralama diğer yöntemlerden çok farklı olabilmektedir.
Caterino vd. (2009)	VIKOR, ELECTRE, TOPSİS, PROMETHEE	TOPSİS ve VIKOR yöntemlerinin genel olarak benzerdir. PROMETHEE yöntemi tercih fonksiyonunun belirlenmesi nedeniyle farklılaşmaktadır.
Polatidis vd. (2015)	ELECTRE, PROMETHEE	Yöntemlerin bulguları birbiri ile çok benzerdir.

Tablo 2’de görüldüğü üzere her bir ÇKKV yönteminin diğerine göre üstünlük veya zayıflığı bulunmaktadır. Bu çalışmada ise literatürde sıklıkla kullanılan Gri İlişkisel Analiz ve VIKOR yöntemlerinin metodolojik, uygulama ve nihai bulgu olarak sıralamada gösterdikleri başarıların karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Bu nedenle imalat sektöründe faaliyet gösteren ve aktif kârlılık oranı en yüksek 30, en düşük 30 işletme, devir hızlarına göre her iki yöntem ile analiz edilmiş ve elde edilen sıralama sonuçları diskriminant analizi ile karşılaştırılmıştır.

2. Kullanılan Yöntemler

2.1. Gri İlişkisel Analiz

Gri İlişkisel Analiz (GIA), gri sistem teorisinin bir parçası olup, birçok alternatif veya değişken arasındaki karmaşık ilişkilerin çözümü için geliştirilmiştir. GIA yönteminin kullanım alanları oldukça geniştir. Örneğin; tedarikçi seçiminde (Yang ve Chen,2006), performans ölçümünde (Tayyar vd. 2014), finansal başarısızlık tespitinde (Baş ve Çakmak, 2012) GIA yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin temel amacı; alternatiflerin birbirleri ile kıyaslanabileceği bir dizin oluşturmaktır. Bundaki temel düşünce ise her bir kriter ile referans seri arasındaki ilişki derecesinin belirlenmesidir(Üstünişik,2007). GIA’nın uygulama basamakları şekil 1’deki gibidir.



Şekil 1. Gri İlişkisel Analizin Uygulama Basamakları

Şekil 1’de görüldüğü üzere öncelikle alternatifler ve kriterlerin yer aldığı karar matrisi oluşturulur. Bu aşamada aynı zamanda ulaşılması istenilen hedefler de belirlenir. Yöntemin tutarlı sonuçlar üretebilmesi için bu aşamanın doğru kurgulanması gerekmektedir. Çünkü aynı hedefe sahip olmayan alternatiflerin veya amaç ile ilgisi olmayan kriterlerin varlığı analizin yanlış sonuçlar vermesine neden olacaktır (Huang ve Liao, 2003). Örnek olarak, n alternatif ve m kriterden oluşan karar matrisi şu şekildedir;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Daha sonra her bir kriter ile karşılaştırmak üzere kriterlerin en iyi durumlarını ifade eden referans seri oluşturulur. Çalışmada kullanılan devir hızı oranlarının maksimum olması arzu edilen durum olması nedeniyle referans değerleri için maksimum olan seri oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra (2) numaralı denklem kullanılarak veriler normalize edilir.

$$x_i(k) = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (2)$$

Bunun ardından her alternatif için gri ilişki katsayısı hesaplanır. Bu aşamada şu denklemler kullanılır;

$$K(j) = (\Delta_{enk} + \delta \Delta_{enb}) / (\Delta_i(j) + \delta \Delta_{enb}) \quad (3)$$

$$\Delta_i = |x_{0j} - x_{ij}|$$

$$\Delta_{enb} = \max\{\Delta_i, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$$

$$\Delta_{enk} = \min\{\Delta_i, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$$

$$\delta \in (0, 1)$$

Buradaki δ değeri gri ilişki katsayısının aralığını genişletme veya daraltmak için kullanılmaktadır. Örneğin, a, b ve c alternatiflerinin düşünüldüğü bir durumda alternatifler ile referans arasındaki fark $\Delta_{aj} = 0,1$, $\Delta_{bj} = 0,4$ ve $\Delta_{cj} = 0,9$ iken a alternatifi optimal seçim olarak görülmektedir. Bununla birlikte en iyi değer $\Delta_{max} = 1$ ve $\Delta_{min} = 0$ iken belirlenen δ değeri sıralamayı değiştirmeyip sadece aralığı genişletmektedir. Bu değer için literatürde genellikle 0, 0.25, 0.5, 0.75 veya 1 değerlerinin kullanıldığı görülmektedir. Ancak, büyük bir çoğunlukla çalışmalarda 0.5 kullanıldığı da dikkat çekmektedir (Tayyar vd. 2014). Dolayısıyla bu çalışmada da δ değeri 0.5 olarak alınmıştır. Bu aşamadan sonra denklem 4 ile gri ilişki derecesi hesaplanmaktadır.

$$\Gamma_i(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n K(m)w(n) \quad (4)$$

Denklem 4’de hesaplanan $\Gamma_i(x_0, x_i)$ değeri x_0 ile x_i arasındaki gri ilişki derecesini göstermektedir. Bu değer aynı zamanda referans seri ile karşılaştırma serisi arasındaki korelasyonel ilişkiyi de ifade etmektedir. Sonuç olarak, elde edilen gri ilişki derecesinin büyüklüğüne göre alternatifler arasında sıralama yapılır (Kuo vd. 2008).

2.2. VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem, ideal çözüme en yakın noktanın farklı açılarla değerlendirilmesi mantığına dayanmaktadır (Opricovic, 1998). VIKOR yönteminin uygulaması; dört adımda gerçekleşmektedir. VIKOR yönteminin uygulama aşamaları şu şekildedir;

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması ve en iyi/ en kötü değerlerin belirlenmesi;

Bu aşamada her bir kriter için en iyi (f^+) ve en kötü (f^-) değerleri belirlenir. Burada hangi kriterin en iyi veya en kötü olduğu kriterin özelliğine göre değişmektedir. Bu durum GIA yöntemindeki referans değer oluşturma aşaması ile aynıdır.

Adım 2: Her bir alternatif için S ve R sıralamalarının elde edilmesi;

Bu adımda her alternatif için S ve R değerleri hesaplanır ve bir sıralama elde edilir. S değeri, bir alternatife ait kriterlerin en iyi durum arasındaki uzaklıkların toplamını ifade etmektedir. R ise bu değerlerden maksimum olanıdır. Buna göre S ve R değerleri aşağıdaki denklemlerdeki gibi hesaplanmaktadır;

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot (f_i^+ - f_{ij}) / (f_i^+ - f_i^-) \quad (5)$$

$$R_j = \max[(w_i \cdot (f_i^+ - f_{ij}) / (f_i^+ - f_i^-))] \quad (6)$$

Adım 3: Her bir alternatif için Q değerinin hesaplanması ve sıralamanın oluşturulması;

Bir önceki adımda hesaplanan S ve R değerlerine benzer olarak, her bir alternatif için Q değeri hesaplanır. Bu aşamada (7) numaralı denklem kullanılmaktadır.

$$Q_j = v \frac{(s_j - s^+)}{(s^- - s^+)} + (1 - v) \frac{(r_j - r^+)}{(r^- - r^+)} \quad (7)$$

(7) no'lu denklemde yer alan s ve r parametreleri önceki adımda hesaplanan S ve R değerleridir. Buradaki v değeri ise maksimum grup faydasının ağırlığını ifade etmektedir. Bu değer 0 ile 1 arasında olup genellikle 0.5 olarak kabul edilmektedir. Burada $v=0.5$ alınması durumunda çözümler arasında uzlaşmaya dayalı sonuç elde edildiği kabul edilmektedir. Q değerinin hesaplanmasının ardından alternatifler S , R ve Q değerlerine göre sıralanır. Burada bütün alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanır.

Adım 4: Sonuçların İncelenmesi

VIKOR yönteminde, diğer ÇKKV tekniklerinden farklı olarak, elde edilen sıralamanın kabul edilebilir olup olmadığı iki koşul ile incelenebilmektedir.

Koşul 1-Kabul Edilebilir Avantaj: Bu koşul en iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasındaki Q değerlerinin farkına dayanmaktadır. Buna göre aşağıdaki denkleme göre P_1 en iyi seçenek, P_2 ikinci derecedeki en iyi seçenek olmak üzere, aşağıdaki koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (8)$$

Denklemde yer alan $D(Q)$ ise aşağıdaki denklem ile bulunmaktadır, denklemdeki j parametresi ise seçenek sayısını ifade etmektedir.

$$D(Q) = \frac{1}{j-1} \quad (9)$$

Koşul 2-Kabul Edilebilir İstikrar: Elde edilen kabul edilebilir uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanabilmesi için test edilen bir koşuldur. Buna göre, en iyi Q değerine sahip alternatifin aynı zamanda S veya R değerlerine göre sıralamanın en az birinde de en iyi olması gerekmektedir. Bu koşulların her ikisinin sağlanması durumunda kabul edilebilir istikrarlı uzlaşık çözümün elde edildiği ifade edilebilir. Ancak, bir tanesinin sağlanmaması durumunda yorum aşağıdaki gibi yapılır;

Eğer koşul 2 sağlanmıyorsa bu durumda uzlaşık çözüm kümesi P_1 ve P_2 olarak,

Eğer koşul 1 sağlanmıyorsa alternatiflerin her biri P_1 ile karşılaştırılır ve uzlaşık çözüm kümesi belirlenir. Bu durumda karşılaştırma aşağıdaki denkleme göre yapılmaktadır;

$$(PM) - (P1) < D(Q) \quad (10)$$

Burada uzlaşık çözüm kümesi kapsamında küçükten büyüğe göre sıralama yapılır.

2.3. Diskriminant Analizi

Diskriminant analizi, kategorik bağımlı değişken ile metrik bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek ve karar birimlerini sınıflandırmak amacıyla kullanılan çok değişkenli bir istatistik tekniğidir. Yöntem, fonksiyonlar üreterek veri setindeki karar birimlerini sınıflandırma mantığı ile çalışmaktadır. Bu uygulamanın yapılabilmesi için veri setinin normal dağılması, çoklu bağlantı probleminin olmaması ve kovaryans matrisinin eşit olması gerekmektedir. Bu varsayımları sağladığı takdirde diskriminant analizi istatistiksel anlamda güçlü sonuçlar verebilmektedir.

Yöntem temelinde, karar birimlerini (alternatifleri) ayırt edecek diskriminant fonksiyonları geliştirme mantığına dayanmaktadır. Buna göre aşağıda belirtilen şekilde n tane değişken için kaç sınıf varsa onun bir eksiği kadar fonksiyon oluşturulur ve sınıflandırma yapılır.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (11)$$

Denklemde yer alan y kategorik bağımlı değişkeni, diğer bir ifadeyle karar biriminin ait olduğu sınıfı; a_0 , sabit değeri; a_1, a_2, \dots, a_n ise doğrusal bileşenleri göstermektedir. Buradaki değerler, aynı zamanda klasik regresyon analizindeki beta ile aynı anlama gelmektedir. Dolayısıyla, bu değerler bağımsız değişkenin karar birimlerini sınıflandırmada sahip oldukları etki düzeyini de belirtmektedir. Matematiksel olarak diskriminant analizinde a katsayılarının satır vektörünün maksimize edilmesi beklenir.

$$\frac{a'Ba}{a'Wa} \quad (12)$$

Şöyle ki; 12 numaralı eşitlikte B gruplar arası varyans matrisini, W ise grup içi varyans matrisini göstermekte iken eşitlikteki değer maksimum olması beklenmektedir. Buna göre grup içi korelasyon değeri maksimum, gruplar arası ise minimum olduğu bir yapı oluşturulması amaçlanır. Her bir ayırma fonksiyonu öncekilerden farklı ve ayırmanın maksimum olabileceği şekilde üretilir.

Yöntemde hesaplanan a değerlerinin ve ayırma fonksiyonlarının anlamlılığı Wilk's Lambda testi ile ölçülmektedir. Wilk's Lambda $BW^{-1}(\lambda)$ matrisinin özdeğerlerinin bir fonksiyonu olarak şu şekilde ifade edilir;

$$\Lambda = \frac{1}{1+\lambda_1} \frac{1}{1+\lambda_2} \dots \frac{1}{1+\lambda_n} \quad (13)$$

Bu eşitliğin anlamlılığının değerlendirilmesinde ise Bartlett'in V istatistiğinden yararlanılmaktadır.

$$V = [N - 1 - (p + k)/2] \sum_{i=1}^n \ln(1 + \lambda_i) \quad (14)$$

Burada test edilen sıfır hipotezinin ret edilmesi halinde diskriminant fonksiyonunun en az birinin anlamlı olduğu sonucunu göstermektedir(Oğuzlar, 2006:77).

3. Uygulama

3.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, ÇKKV tekniklerinden Gri İlişkisel Analiz (GIA) ile VIKOR yöntemlerinin sıralama performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Borsa İstanbul'da işlem gören ve imalat sektöründe faaliyet gösteren tüm

şirketler içerisinde aktif kârlılık oranı en yüksek 30 ve en düşük 30 şirket çalışmanın örneklemini; 2017 yılı ise çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

Çalışmada, öncelikle işletmeler GIA ve VIKOR yöntemleri ile devir hızları oranlarına göre sıralanmıştır. Daha sonra şirketler sıralamalarına göre beş sınıfa ayrılmış ve bunlardan birinci, üçüncü ve beşinci gruplar dikkate alınarak diskriminant analizine göre işletmeler yeniden sınıflandırılmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında elde edilen bulgular yöntemlerin sıralama çıktıları karşılaştırılmıştır.

3.2. Kullanılan Değişkenler

Çalışmada dört adet devir hızı oranı kullanılmış olup, bunlar; alacak devir hızı, stok devir hızı, duran varlık devir hızı ve aktif devir hızıdır. Bu oranlara ilişkin hesaplama şekli ve tanımları aşağıda yer alan tablo 3'deki gibidir.

Tablo 3. Çalışmada Kullanılan Oranlar, Tanımları ve Hesaplama Şekilleri

Oran adı	Tanımı	Hesaplama Şekli
Alacak Devir Hızı (ADH)	İşletmelerin ticari alacaklarını tahsil etme gücünü ve alacaklarının devir süresini ölçmektedir.	$\frac{\text{Satışlar}}{\text{Alacaklar Hesabı}}$
Stok Devir Hızı (SDH)	İşletmelerin stoklarının hangi düzeyde satıldığını ve stoklarının devir süresini ölçmektedir.	$\frac{\text{Satılan Malın Maliyeti}}{\frac{\text{Başlangıç Stok Miktarı} + \text{Dönem Sonu Stok Miktarı}}{2}}$
Duran Varlık Devir Hızı (DVDH)	Bir birimlik duran varlık yatırımının oluşturduğu satış hacmini hesaplamaktadır.	$\frac{\text{Net Satışlar}}{\text{Duran Varlık Toplamı}}$
Aktif Devir Hızı (AKDH)	Bir liralık aktif ile hangi tutarda satış gerçekleştiğini göstermektedir.	$\frac{\text{Net Satışlar}}{\text{Aktif Toplamı}}$

Kaynak: Şamiloğlu ve Akgün (2015:431-436)

3.3. Değişkenlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi ve Tanımlayıcı İstatistikler

Çok kriterli karar verme tekniklerinin uygulama aşamasında değişkenlere (devir hızı oranlarının) önem düzeyine göre ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu konuda net bir yöntem olmamakla birlikte genellikle TOPSİS, AHP veya BWM gibi yöntemler kullanılabilir. Literatürde yer alan finans konulu benzer çalışmalarda, oranların ağırlıklarının belirlenebilmesi için; TOPSİS (Yurdakul ve İç, 2003:14) (Akyüz, Bozdoğan ve Hantekin,2011:78), Analitik Hiyerarşi Prosesi (Tayyar vd., 2014) (Yalçın vd. 2012) yöntemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada ise değişkenlerin ağırlıkları Rençber tarafından 2018 yılında yapılan çalışmadaki ağırlıklar esas alınmıştır. İlgili çalışmada, finans alanında akademik anlamda uzman olan 7 kişiye yöneltilen anketler AHP yöntemi ile değerlendirilmiş ve oranların önem düzeyleri belirlenmiştir. Buna göre, bu çalışmada kullanılan oranların ağırlıkları ve bazı tanımlayıcı istatistik değerleri tablo 4'deki gibidir.

Tablo 4. Çalışmada Kullanılan Oranların Ağırlıkları ve Tanımlayıcı İstatistikler Değerleri

Değişken	Ağırlık (%)	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart Sapma
Alacak Devir Hızı (ADH)	12	10,93	0,87	4,40	2,02
Stok Devir Hızı (SDH)	27	95,76	1,00	6,78	12,11
Duran Varlık Devir Hızı (DVDH)	19	20,87	0,12	2,74	2,99
Aktif Devir Hızı (AKDH)	42	2,02	0,10	0,89	0,39

3.4. Gri İlişkisel Analiz Uygulaması ve Sonuçları

Gri İlişkisel Analiz, 60 adet imalat işletmesinin devir hızlarına göre sıralanması amacıyla uygulanmıştır. Bu kapsamda öncelikle referans değerler oluşturulmuştur. Bu konuda uzman görüşleri doğrultusunda çalışmada kullanılan değişkenlerin hepsinin maksimum olması, şirketler için genel anlamda iyi bir durum olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle yöntem uygulamasında gerekli olacak referans seri her kriterin maksimum değeri olarak belirlenmiştir. Daha sonra yapılan uygulama neticesinde elde edilen sıralamaya göre şirketler beş sınıfa ayrılmış olup, sonuçlar aşağıda yer alan tablodaki gibidir.

Tablo 5. Gri İlişkisel Analizi ile İşletmelerin Devir Hızlarına Göre Sıralanması

Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf
CMBTN	0,818	1	1	JANTS	0,408	25	3	MRDIN	0,372	49	5
FROTO	0,619	2	1	DYOBY	0,408	26	3	RTALB	0,372	50	5
PRKAB	0,600	3	1	COMDO	0,408	27	3	KARSN	0,371	51	5
FMIZP	0,529	4	1	DENCM	0,407	28	3	ASLAN	0,370	52	5
POLTK	0,510	5	1	EMNIS	0,402	29	3	ADANA	0,365	53	5
MRSHL	0,502	6	1	SEKUR	0,401	30	3	EMKEL	0,365	54	5
TTRAK	0,496	7	1	HEKTS	0,399	31	3	USAK	0,364	55	5
VESBE	0,480	8	1	EGSER	0,399	32	3	CEMAS	0,363	56	5
IZOCM	0,478	9	1	AKCNS	0,397	33	3	PARSN	0,363	57	5
BFREN	0,462	10	1	BRSAN	0,397	34	3	BALAT	0,361	58	5
CELHA	0,461	11	1	KONYA	0,393	35	3	IHEVA	0,354	59	5
TMSN	0,459	12	1	SODA	0,392	36	3	DOGUB	0,338	60	5
Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf				
OZBAL	0,459	13	2	TMPOL	0,391	37	4				
ULUSE	0,450	14	2	KRDMA	0,390	38	4				
IZMDC	0,442	15	2	BURCE	0,389	39	4				
YBTAS	0,440	16	2	BURVA	0,386	40	4				
ERBOS	0,434	17	2	SANFM	0,385	41	4				
EGEEN	0,433	18	2	BASCM	0,385	42	4				
BUCIM	0,419	19	2	NUHCM	0,384	43	4				
DMSAS	0,417	20	2	UNYEC	0,384	44	4				
VESTL	0,417	21	2	BOLUC	0,382	45	4				
BRKSN	0,412	22	2	ATPET	0,382	46	4				
KUTPO	0,411	23	2	NIBAS	0,377	47	4				
ALKIM	0,409	24	2	CIMSA	0,377	48	4				

Tablo 5'e göre bütün işletmeler devir hızları oranlarına göre GIA yönteminin uygulanması neticesinde sıralanmıştır. Daha sonra her grupta eşit sayıda olacak şekilde şirketler beş sınıfa ayrılmıştır. Uygulama sonucunda; devir hızlarına göre CMBTN, FROTO, PRKAB, FMIZP, POLTK işlem kodlu işletmeler en yüksek; CEMAS, PARSN, BALAT, IHEVA, DOGUB işlem kodlu işletmeler ise en düşük performansa sahip oldukları bulgusuna ulaşılmıştır.

3.5. VIKOR Uygulaması ve Sonuçları

Çalışmaya konu olan 60 imalat işletmesinin devir hızlarına göre sıralanması GIA yöntemine benzer olarak VIKOR yöntemi ile de yapılmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında v parametresi için farklı alternatifler denenmiş ve nihai sıralama $v=0,5$ 'e göre yapılmıştır. Q sayısına göre elde edilen sıralama aşağıda yer alan tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6. VIKOR Yöntemi ile İşletmelerin Devir Hızlarına Göre Sıralanması

Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf
CMBTN	-1,000	1	1	CIMSA	-0,020	25	3	MRDIN	0,014	49	5
FROTO	-0,171	2	1	TMSN	-0,018	26	3	BURCE	0,017	50	5
FMIZP	-0,153	3	1	EGEEN	-0,018	27	3	PARSN	0,018	51	5
POLTK	-0,115	4	1	DMSAS	-0,017	28	3	HEKTS	0,020	52	5
BFREN	-0,099	5	1	KONYA	-0,017	29	3	USAK	0,022	53	5
PRKAB	-0,087	6	1	BRKSN	-0,014	30	3	KARNS	0,024	54	5
IZOCH	-0,081	7	1	NIBAS	-0,014	31	3	RTALB	0,027	55	5
MRSHL	-0,074	8	1	ALKIM	-0,009	32	3	EMKEL	0,028	56	5
VESBE	-0,068	9	1	ERBOS	-0,009	33	3	BURVA	0,031	57	5
ULUSE	-0,055	10	1	VESTL	-0,008	34	3	IHEVA	0,034	58	5
YBTAS	-0,055	11	1	TMPOL	-0,007	35	3	BALAT	0,037	59	5
EMNIS	-0,051	12	1	ASLAN	-0,007	36	3	DOGUB	0,051	60	5
Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf	Şirket Adı	Skor	Sıra	Sınıf				
OZBAL	-0,044	13	2	ATPET	-0,007	37	4				
AKCNS	-0,039	14	2	CEMAS	-0,006	38	4				
CELHA	-0,039	15	2	UNYEC	-0,005	39	4				
IZMDC	-0,037	16	2	JANTS	-0,004	40	4				
TTRAK	-0,036	17	2	EGSER	0,000	41	4				
SODA	-0,035	18	2	ADANA	0,002	42	4				
NUHCM	-0,027	19	2	SEKUR	0,003	43	4				
DYOBV	-0,027	20	2	DENCM	0,006	44	4				
COMDO	-0,023	21	2	SANFM	0,009	45	4				
BASCM	-0,023	22	2	KUTPO	0,010	46	4				
BOLUC	-0,023	23	2	BRSAN	0,011	47	4				
BUCIM	-0,021	24	2	KRDMA	0,013	48	4				

Gri ilişkisel analiz yönteminin uygulama aşamasındaki gibi VIKOR yöntemi için de elde edilen sıralama tablo 6'daki gibidir. Yöntemin uygulanabilmesi için hesaplanan S , R ve Q değerlerine istinaden yapılan sıralamalar neticesinde şirketlerin çoğunun uzlaşık veya istikrarlı kabul edilebilir çözüm kümesinde olduğu görülmüştür. Buradaki temel amaç VIKOR yönteminin sıralama başarısının incelenmesi olması nedeniyle bu detay bilgiye çalışmada yer verilmemiştir. VIKOR yöntemine göre şirketler diğer yöntemlerden farklı olarak nihai skora göre küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Buna göre devir hızlarına göre CMBTN, FROTO, FMIZP, POLTK, BFREN işlem kodlu işletmeler en yüksek; EMKEL, BURVA, IHEVA, BALAT, DOGUB işlem kodlu işletmeler en düşük performansla sahip oldukları bulgusuna ulaşılmıştır. Genel olarak her iki yöntem için elde edilen sıralamaya dikkat edildiği takdirde, birebir aynı olmamakla birlikte benzerlik gösterdiği söylenebilir.

3.6. Diskriminant Analizi Uygulaması ve Sonuçları

GIA ve VIKOR yöntemine göre devir hızlarına göre sıralanan işletmeler aynı zamanda beş sınıfa ayrılmıştır. Bu aşamadan sonra işletmelerden birinci, üçüncü ve beşinci sınıftaki işletmeler diskriminant analizi ile ayrıca sınıflandırılmıştır. Bunun nedeni; yöntemlerin işletmeleri sıralamaya göre ne kadar başarılı sınıflandırabildiğinin tespit edilmesidir. Diskriminant analizinin uygulanabilmesi için öncelikle varsayımlarının incelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bu aşamada öncelikle varsayımlar incelenmiş, ardından işletmeler üç sınıfa ayrılmış ve GIA-VIKOR yöntemlerinin çıktıları ile karşılaştırılmıştır.

3.6.1. Varsayımların İncelenmesi

Diskriminant analizinin uygulanabilmesi ve sonuçların kabul edilebilir olması için veri setinin bazı varsayımları sağlaması gerekmektedir. Bu açıdan veri seti normallik, çoklu bağlantı problemi ve eşit kovaryans varsayımlarına göre incelenmiştir. Normallik şartının sağlanabilmesi için GIA ve VIKOR yöntemlerine göre normalleştirilen veri seti kullanılmıştır. Çoklu bağlantı sorunu ise korelasyon analizi ile incelenmektedir. Buna göre ilişki katsayısı 0.70'in üzerinde olması durumunda değişkenler arası çoklu bağlantı problemi olduğu düşünülmektedir. Değişkenlerin ham verileri kullanılarak hesaplanan korelasyon analizi sonuçları tablo 7'deki gibidir.

Tablo 7. Değişkenlere İlişkin Korelasyon Analizi Sonuçları

	ADH	SDH	DVDH	AKDH
ADH	1			
SDH	,109	1		
DVDH	,002	,226	1	
AKDH	,288	,568	,602	1

Tablo 7’de görüldüğü üzere değişkenler arasındaki korelasyon değeri en fazla 0.6 civarındadır. Bu değer 0,8’den yüksek olması halinde çoklu bağlantı probleminden söz edilebilir. Dolayısıyla, korelasyon analizi sonucuna göre değişkenler arasında çok bağlantı probleminin olmadığı ifade edilebilir. Eşit kovaryans varsayımını test edebilmek için Box’s M hipotez testi kullanılır. Burada test edilen hipotezler şu şekilde olmaktadır;

H₀: Grupların kovaryans matrisleri arasında fark yoktur.

H₁: Grupların kovaryans matrisleri arasında fark vardır.

Box M testi sonucu da aşağıda yer alan tablo 8’deki gibidir.

Tablo 8. Box M Testi Sonuç Tablosu

GRI İLİŞKİSEL ANALİZ			VIKOR		
Box's M		178,997	Box's M		206,166
F	Approx.	7,349	F	Approx.	8,465
	SD 1	20		SD 1	2
	SD 2	3909,028		SD 2	3909,28
	Anlamlılık	,000		Anlamlılık	,000

Tablo 8’de görüldüğü üzere testin anlamlılık düzeyi 0.05’in altındadır. Buna göre her iki diskriminant analizi için de H₁ reddedilmiş dolayısıyla H₀ kabul edilmiş ve kovaryans eşitliği varsayımı sağlanmıştır.

3.6.2. Analiz Sonuçları

Çalışmada GIA ve VIKOR yöntemlerinin sıralama performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle önceki bölümlerde iki yöntemin de uygulanması neticesinde elde edilen sıralamalara dayanarak oluşturulan sınıflar diskriminant analizi ile incelenmiştir. Buna göre GIA ve VIKOR yöntemleri için ayrı ayrı analiz edilmiş ve iki farklı ayırma fonksiyonu üretilmiştir.

Diskriminant analizi uygulamasında bağımlı değişken işletmelerin sınıfları, bağımsız değişken ise normalize edilmiş veri setinden oluşmaktadır. Buna göre elde edilen öz değerlere ait sonuçlar aşağıda yer alan tablo 9’daki gibidir.

Tablo 9. Modele Ait Öz Değer Sonuçları

GRI İLİŞKİSEL ANALİZ			VIKOR		
Fonksiyon	Öz Değer	Kanonik Korelasyon Katsayısı	Fonksiyon	Öz Değer	Kanonik Korelasyon Katsayısı
1	10,893	,957	1	6,289	,997
2	,078	,268	2	0,034	,182

Analizde bağımlı değişken üç sınıftan oluşması nedeniyle iki tane diskriminant fonksiyonu oluşturulmuştur. Buna göre GIA için; birinci model bağımlı değişkeni (0.957^2) %92 civarında, ikinci model ise (0.268^2) %7 oranında, VIKOR yöntemi için; birinci ayırma fonksiyonu (0.997^2) %99.5, ikinci ayırma fonksiyonu ise %0.5 düzeyinde açıklamaktadır. Aynı zamanda analiz sonucunda elde edilen kanonik ayırma fonksiyon katsayıları tablo 10’daki gibidir.

Tablo 10. Kanonik Diskriminant Fonksiyon Katsayıları

GRI İLİŞKİSEL ANALİZ			VIKOR		
	Fonksiyon			Fonksiyon	
	1	2		1	2
ADH	2,670	-2,917	ADH	1,897	15,718
SDH	-3,239	3,622	SDH	-,425	,893
DVDH	2,587	4,579	DVDH	6,630	27,741
AKDH	12,682	-2,324	AKDH	9,859	-4,66
(Sabit)	-8,267	-4,002	(Sabit)	-5,491	-8,347

Tabloda görüldüğü üzere her iki yöntem için de iki ayırma fonksiyonu elde edilmiş olup GIA için oluşturulan denklemler şu şekildedir;

$$Z_1: -8,267+2,67*(ADH)-0,3239*(SDH)+2,587*(DVDH)+12,682*(AKDH)$$

$$Z_2: -4,002-2,917*(ADH)+3,622*(SDH)+4,579*(DVDH)-2,324*(AKDH)$$

VIKOR yöntemine göre oluşturulan denklem ise şu şekildedir;

$$Z_1: -5,491+1,897*(ADH)-0,425*(SDH)+6,63*(DVDH)+9,859*(AKDH)$$

$$Z_2: -8,347+15,718*(ADH)+0,893*(SDH)+27,741*(DVDH)-4,66*(AKDH)$$

Denklemlerde belirtilen katsayılar aslında çoklu regresyon analizindeki beta değerleri ile aynı anlama gelmektedir. Buna göre, her iki ÇKKV tekniklerinin çıktılarına göre; birinci ayırma fonksiyonuna göre aktif devir hızı oranı, işletmelerin devir hızlarına göre sıralanmasında pozitif yönlü en yüksek ayırt edici özelliğe sahiptir. Aynı zamanda, stok devir hızı negatif yönlü, alacak devir hızı ve duran varlık devir hızı oranları ise pozitif yönlü etkiye sahiptir. Bu durumun ÇKKV tekniklerinin uygulanması aşamasında kullanılan farklı ağırlık düzeylerinden kaynaklandığı söylenebilir. Dolayısıyla kriterler ile ilgili bu çıktının çok önemli olarak dikkate alınmasının yanıltıcı olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, çalışmanın esas amacının yöntemlerin karşılaştırılması olması nedeniyle, işletmelerin finansal durumlarının sadece devir hızları oranları ile değerlendirilmesinin de doğru olmayacağı düşünülmektedir.

Diskriminant analizi, ayırma fonksiyonunu üretmekle birlikte her bir karar birimini (işletmeyi) hangi sınıfa girebileceği konusunda da tahminde bulunmaktadır. Buna göre her iki yöntem için elde edilen sınıflandırma tablosu aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Tablo 11. Doğru Sınıflandırma Tablosu

GRI İLİŞKİSEL ANALİZ				VIKOR			
GIA_SINIF	Tahmin Edilen Sınıf			VIKOR_SINIF	Tahmin Edilen Sınıf		
	1	3	5		1	3	5
1	12	0	0	1	12	0	0
3	0	12	0	3	0	11	1
5	0	0	12	5	0	1	11
Doğru Sınıflandırma Oranı (%)	100	100	100	Doğru Sınıflandırma Oranı (%)	100	91,7	91,7
Genel Başarı	%100			Genel Başarı	%94,47		

Tablo 11’de görüldüğü üzere GIA yöntemine göre sıralanarak sınıflandırılan işletmelerin tamamı, VIKOR yönteminin çıktıklarına göre ise %94,47’si doğru sınıflandırılmıştır. VIKOR yöntemine göre yanlış sınıflandırılan Erciyes Boru A.Ş. devir hızına göre orta düzey sınıfta iken zayıf; Karsan Otomotiv A.Ş. ise zayıf devir hızına sahip iken orta düzey olarak tahmin edilmiştir.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan GIA ve VIKOR yöntemlerinin karar birimlerini sıralamadaki başarılarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle örnek uygulama olarak, aktif kârlılık oranı en yüksek 30 ve en düşük 30 işletme devir hızlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2017 yılı verileri kullanılmış olup alacak devir hızı, stok devir hızı, duran varlık devir hızı ve aktif devir hızı oranları dikkate alınmıştır. Burada farklı değişkenler de hesaba katılabileceği gibi, asıl amacın yöntemlerin karşılaştırılması olması nedeniyle sadece devir hızı oranlarına dikkat edilmiştir. Buna göre, öncelikle işletmeler gri ilişkisel analiz ve VIKOR yöntemlerine göre analiz edilmiştir. Buradan elde edilen sıralamaya göre işletmeler beş sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra beş sınıftan *yüksek (1)*, *orta (3)* ve *düşük (5)* sınıfta olanlar (3 grup) bağımlı değişken, devir hızı oranları ise bağımsız değişken olarak alınarak diskriminant analizi uygulaması yapılmıştır.

Çalışmanın sonucunda; GIA ve VIKOR yöntemlerine göre işletmelerin genellikle benzer sıralamada yer aldığı görülmüş olup yöntemlerin çıktısı olan skorlara ilişkin Spearman korelasyon katsayısı -0,967 olarak bulunmuştur. Katsayının negatif olması, GIA yöntemine göre sıralamanın skorun yüksekliğe göre, VIKOR yönteminde ise düşük olmasına göre yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Diskriminant analizi sonucunda ise GIA yöntemine göre işletmelerin tamamının sıralamaya dayalı sınıflarının doğru olduğu, VIKOR yöntemine göre ise 2 işletmenin yanlış sınıflandırıldığı ve doğru sınıflandırma başarı düzeyinin %94.47 olduğu tespit edilmiştir.

Genel olarak, yöntemler karşılaştırıldığı durumda; GIA yöntemi şartların net olmadığı bir durumda oldukça iyi sıralama yapmaktadır. VIKOR ise sıralamadan daha çok karar verme durumuna odaklanmaktadır. Yani, VIKOR yöntemi ile uzlaşık veya istikrarlı çözümün hangi karar birimi olduğu konusunda bilgi sahibi olunabilir. Bununla birlikte VIKOR yönteminde kullanılan v parametresinin kişiye göre subjektif belirlenmesi de sıralamada önemli değişikliklere sebep olabilmektedir. Bu durum literatürde yer alan benzer çalışmalar ile de desteklenmektedir (Ceballos vd. 2016),(Özkan vd. 2011), (Caterino vd. 2009). Dolayısıyla sonuç olarak; sıralama açısından GIA yönteminin VIKOR yönteminden daha başarılı olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. İleriki zamanlarda yapılacak çalışmalarda farklı yöntemler farklı veri seti ile incelenmesinin literatüre katkı açısından dikkate alınması gerektiği önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Baş, Metin ve Çakmak, Zeki, (2012). Gri ilişkisel analiz ve lojistik regresyon analizi ile işletmelerde finansal başarısızlığın belirlenmesi ve bir uygulama, *Anadolu Üniversitesi Journal of Social Sciences*, 12(3) ss:63-82.
- Caterino, N., Iervolino, I., Manfredi, G. and Cosenza, E. (2009). Comparative analysis of multi- criteria decision-making methods for seismic structural retrofitting. *Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 24(6), 432-445.
- Ceballos, Blanca, Lamata, Maria Teresa and Pelta, David A. (2016). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods. *Progress in Artificial Intelligence*, 5(4), 315-322.
- Dashti, Zeinab, Pedram, M.Mohsen and Shanbehzadeh, Jamshid, (2010), “A Multi-Criteria Decision Making Based Method For Ranking Sequential Patterns”, *International MultiConference Of Engineers And Computers Scientists March 17-19, Vol I., 2010, s.611-614*
- Gaudenzi, Barbara and Borghesi, Antonio (2006). Managing risks in the supply chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, 17(1), 114-136.
- Hartati, Sri, Sari, Kenny. P. and Abadi, Satria (2018). Model Design of Performance Improvement Strategy of Private Higher Education Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Method and Mutivariate Data Analysis (MDA). *bit-Tech*, 1(2), 48-64.
- Huang, J. T. and Liao, Y. S. (2003). Optimization of machining parameters of Wire-EDM bases on grey relation and statistical analysis. *International Journal of Production Research*, 41, 1707–1720.
- Kilic, Hüseyin S., Zaim, Selim and Delen, Dursun (2015). Selecting “The Best” ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *Expert Systems with Applications*, 42(5), 2343-2352.
- Kumar Abhishek, Sah Bikash, Singh Arvind, Deng Yan, He Xiangning, Kumar Praveen and Bansal R. (2017) “A Review of Multi Criteria Decision Making (MCDM) Towards Sustainable Renewable Energy Development” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c.69, ss:596-609
- Kumar, Nitesh, Soota, Tarun, Gupta, Neetesh and Rajput, Sunil K. (2018). Multi attribute outranking approach for supplier selection. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 404, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- Kung, Chang-Yung. and Wen, Kun-Li (2007). Applying grey relational analysis and grey decision-making to evaluate the relationship between company attributes and its financial performance—a case study of venture capital enterprises in Taiwan. *Decision Support Systems*, 43(3), 842-852.
- Kuo Yiyo, Yang Taho and Huang Guan (2008) “The Use of Grey Relational Analysis in Solving Multiple Attribute Decision Making Problems” *Computer & Industrial Engineering* 55 pp:80-93
- Mishra, Arunodaya Raj, Singh, Rahul Kumar and Motwani, Deepak (2018). Intuitionistic fuzzy divergence measure-based ELECTRE method for performance of cellular mobile telephone service providers. *Neural Computing and Applications*, 1-21.
- Oğuz, Ayşe (2006) “Hanehalkı Tipi ve Kır Kent Ayırımının Diskriminant Analizi ile İncelenmesi” *Akdeniz İİBF Dergisi*, s. 11 ss:70-84
- Özcan, Tuncay, Çelebi, Numan and Esnaf, Şakir (2011). Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9773-9779.
- Polatidis, Heracles, Kyriaki Haralambidou and Dias Haralambopoulos (2014) “Multi-criteria Decision Analysis for Geothermal Energy: A Comparison Between the ELECTRE III and the PROMETHEE II Methods” *Energy Sources*
- Rençber, Ömer Faruk (2018) “Finansal Oranların Önem Düzeylerinin Hesaplanmasında AHP ve BWM Yöntemlerinin Karşılaştırılması” *ICOAEF*, ss:715-731
- Rezaei, Jafar (2015). Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method, *Omega*, 53, pp. 49-57.
- Şamiloğlu, Famil ve Akgün, Ali İhsan (2015) “Finansal Tablolar Analizi” *Ekin Yayınevi*
- Tang, Huimin, Yong Shi and Peiwu Dong (2019). Public blockchain evaluation using entropy and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 117, 204-210.
- Tayyar, Nezih, Akcanli, Fatma, Genç, Erhan and Erem, Isil (2014) “BİST’te Kayıtlı Bilişim ve Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Analitik Hiyerarşi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GIA) Yöntemleriyle Değerlendirilmesi” *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, Ocak, ss:19-40
- Bo Wang, Junnian Songa, Jingzheng Ren, Kexin Li, Haiyan Duana and Xian’enWang (2019). Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, 78-87.
- Jiang-Jiang, WangYou-Yin, Jing Chun-Fa, Zhang Jun and Hong Zhao, (2009), “Review On Multi-Criteria Decision Analysis Aid In Sustainable Energy Decision-Making, *Renewable And Sustainable Energy Reviews*” (13), pp:2263-2278.
- Zhiguo Wang, Hao Hao, Feng Gao, Qian Zhang, Ji Zhang and Yanjun Zhou. (2019). Multi-Attribute Decision Making on Reverse Logistics Based on DEA-TOPSIS: A Study of the Shanghai End-of-Life Vehicles Industry. *Journal of Cleaner Production*.

- Yalcin, Nese, Bayrakdaroglu Ali and Kahraman Cengiz (2012). Application of fuzzy multi-criteria decision making methods for financial performance evaluation of Turkish manufacturing industries. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 350-364.
- Yang, Ching-Chow and Bai-Sheng Chen (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 926-941.
- Yurdakul, Mustafa ve İç, Yusuf Tansel (2003) "Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSİS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma" *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 18(1) ss:1-18