**BIST SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ENDEKSİNDE YER ALAN FİRMALARIN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ: BÜTÜNLEŞİK BİR ÇKKV YAKLAŞIMI**

***ÖZET***

*Çevresel sürdürülebilirlik yaşam destek sistemlerinin sağlanması amacıyla doğal kaynakların ve çevrenin korunmasıyla ilgili bir kavramdır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında ise ülkelerin yanı sıra firmaların da desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda çevresel açıdan sürdürülebilir firmalar faaliyetlerini gerçekleştirirken çevreye zarar vermemekte, tükenebilir fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynakları tercih etmekte ve fosil enerji kaynaklarını yeşil teknolojilerle değerlendirmektedirler. Bu kapsamda bu çalışmada, BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer alan firmaların çevresel sürdürülebilirlik performansının çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 17 alternatif ve 8 kriterin kullanıldığı çalışmada kriterlerin ağırlıkları objektif bir yöntem olan CRITIC yöntemi ile belirlenmiş, alternatifler ise MARCOS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, önerilen modelin çevresel sürdürülebilirlik performans ölçümü için uygun olduğu tespit edilmiştir ve MARCOS yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre çevresel sürdürülebilirlik performansı en yüksek olan firma F11 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, önerilen model kullanılarak BIST sürdürülebilirlik endeksinde çevresel sürdürülebilirlik performansının değerlendirildiği ilk çalışma olması bakımından önemlidir ve bu açıdan çalışmanın literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Firma Performansı, Çevresel Sürdürülebilirlik, BIST Sürdürülebilirlik Endeksi, ÇKKV*

**ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF FIRMS IN THE BIST SUSTAINABILITY INDEX: AN INTEGRATED MCDM APPROACH**

***ABSTRACT***

*Environmental sustainability is a concept related to the protection of natural resources and the environment in order to provide life support systems.* *In the process of ensuring environmental sustainability, the support of companies as well as countries is needed. In this direction, environmentally sustainable companies do not harm the environment while carrying out their activities, they prefer renewable energy sources instead of exhaustible fossil sources, and they evaluate fossil energy sources with green technologies. This study aimed to evaluate the environmental sustainability performance of companies included in the Borsa İstanbul (BIST) sustainability index by using multiple criteria decision making (MCDM) methods. In the study, which included 17 alternatives and 8 criteria, the weights of the criteria were determined by the CRITIC which is an objective method, and the alternatives were evaluated using the MARCOS method. At the end of the study, it has been determined that the proposed model is suitable for environmental sustainability performance measurement.* *According to the results obtained by the MARCOS method, the company with the highest environmental sustainability performance was determined as F11.* *This study is important in that it is the first study to evaluate environmental sustainability performance in the BIST sustainability index using the proposed model, and it is thought that the study will contribute to the literature in this respect.*

***Keywords:*** *Firm Performance, Environmental Sustainability, BIST Sustainability Index, MCDM.*

**1. Giriş**

Sürdürülebilirlik esas olarak insanların doğal kaynakları koruyarak hayatlarını idame etmeleriyle ilgili bir kavramdır. Doğal kaynakları korumak konusundaki kaygılar ise yüzyıllar öncesine uzanmaktadır. Öyle ki ilk çiftçiler toprağın verimliliği konusunda endişeliyken, Paleolitik atalarımız ise avlarının neslinin devamlılığı konusunda endişeliydiler (Kuhlman ve Farrington, 2010: 3437). Ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç boyutu bulunan sürdürülebilirlik kavramı, kalkınma adı altında yapılan faaliyetlerin çevreye verdiği büyük zararlar sonunda önem kazanmış ve sürdürülebilirlik ile sorunların çözümü amaçlanmıştır (Şen vd., 2018: 18-19).

Nüfus artışı, aşırı tüketim, çevre kirliliği ve doğal kaynakların tükenme sınırına gelmesi gibi sorunlar dünyanın taşıma kapasitesinin sınırlarını zorlamıştır. Kaynakların tükenmesi ise yaşam kalitesinin tehlikeye girdiğini göstermektedir. Bu kapsamda çevresel sürdürülebilirlik temelde, toplumun çevresel kaynaklarını koruması ile ilgili bir kavramdır (Bansal, 2002: 123).

Bu çalışmada, BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer alan firmaların çevresel sürdürülebilirlik performansının ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 17 alternatif ve 8 kriterin kullanıldığı çalışmada kriterlerin ağırlıkları CRITIC yöntemi ile belirlenmiş, alternatifler ise MARCOS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: 1. Bölümde literatürde konuyla ilgili yer alan örnek çalışmalar yer verilmiştir. İkinci bölümde, çalışmada kullanılan yöntemlerin açıklamalarına ve matematiksel notasyonlarına yer verilmiştir. Üçüncü bölüm, uygulama ve elde edilen bulgulara ayrılırken, son bölümde çalışmada elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

**2. Literatür Taraması**

Sürdürülebilirlik ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyuttan oluşan bir kavramdır. Her biri kendi içinde önemli olan bu boyutlardan çevresel boyut, çevresel bozulmalarla birlikte gündeme gelmiş bir kavramdır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda ülkeler ve firmalar düzeyinde büyük çabalar sarf edilmiş ve pek çok çalışma ortaya konulmuştur. Tsai vd. (2013) yeşil bina projelerinin çevresel sürdürülebilirliğini geliştirmek için ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. DEMATEL, ANP ve ZOGP yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada sonunda önerilen modelin çevresel sürdürülebilirlik performans ölçümü için uygun olduğu tespit edilmiştir. Chithambaranathan vd. (2015) hizmet tedarik zincirlerinin çevresel performansını değerlendirmek için gri tabanlı bir hibrit çerçeve önermişlerdir. Gri tabanlı ELECTRE ve VIKOR yönteminin kullanıldığı çalışmada, iki farklı vaka çalışması ele alınmıştır. Sağlık ve catering sektöründe iki farklı uygulama yapılmış ve önerilen model test edilmiştir. Liu (2007) 146 ülkenin çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek amacıyla bulanık ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. Çevresel sürdürülebilirlik performansını hava kalitesi-su kalitesi-su miktarı-toprak ve doğal kaynak kullanımı-biyolojik çeşitlilik sürdürülebilirliği olmak üzere 5 farklı kategoride değerlendirmişlerdir. Zolfani vd. (2018) otellerin inşaat projelerinin çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. İran Tahran’da beş yıldızlı bir otelin kurulmasına yönelik bir projeyi temel alan çalışmada bütünleşik SWARA ve COPRAS modeli tercih edilmiştir. Wang Chen vd. (2016) yeşil tedarikçilerin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek amacıyla bulanık ÇKKV yaklaşımını önermişlerdir. Bu doğrultuda, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla AHP yöntemini kullanmışlar, alternatifleri sıralamak amacıyla ise TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Erol ve Özmen (2008) parekende sektöründe çevresel sürdürülebilirlik performansını ölçmek amacıyla AHP ve TOPSIS yöntemlerini önermişlerdir. AHP yöntemi kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla kullanılırken, TOPSIS yöntemi alternatifleri değerlendirmek için kullanılmıştır.

**3. Metodoloji**

Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerin açıklamalarına ve matematiksel notasyonlarına yer verilecektir. Yukarıda da bahsedildiği gibi CRITIC yöntemi kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için kullanılmış, MARCOS yöntemi ise alternatifleri sıralamak amacıyla kullanılmıştır.

**3.1. CRITIC Yöntemi**

CRITIC metodu, Diakoulaki’nin önerdiği standart sapmaya dayanmaktadır (Diakoulaki vd., 1995). Bu yöntemde kriter ağırlıkları belirlenirken kriterlerin standart sapmasının yanı sıra kriterler arasındaki korelasyon da dikkate alınmaktadır(Wang ve Luo, 2010: 8). CRITIC metodu, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini elimine etmesi bakımından analiz sürecinde tarafsızlığı artıran bir tekniktir. Yöntemin algoritması aşağıda verilmiştir (Diakoulaki vd. 1995: 764-765; Jahan vd., 2012: 413):

**Adım 1:** Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Karar matrisi elemanları eşitlik (1) ve(2) kullanılarak normalize edilir.

 fayda yönlü kriter **(1)**

 maliyet yönlü kriter **(2)**



: j. kriterin en iyi performansını,

: j. kriterin en kötü performansını göstermektedir.

**Adım 2:** Korelâsyon Katsayılarının Hesaplanması

Değerlendirme kriterleri arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek amacıyla doğrusal korelâsyon katsayıları () eşitlik (3) yardımıyla hesaplanır.

 **(3)**

**Adım 3:** Toplam Bilgi **()** ve Standart Sapma **()** Değerlerinin Hesaplanması

Kriterde bulunan toplam bilgi (****) eşitlik (4) yardımıyla, standart sapma (****) ise eşitlik (5) yardımıyla hesaplanmaktadır.

** (4)**

 **(5)**

**Adım 4:** KriterAğırlıklarının **()** Hesaplanması

Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları eşitlik (6) yardımıyla hesaplanır.

** (6)**

**3.2. MARCOS Yöntemi**

MARCOS yöntemi temel olarak alternatifler ve referans değerleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaya dayanır. Tanımlanan ilişkiler temelinde, alternatiflere ait fayda fonksiyonları belirlenir ve ideal ve ideal olmayan çözümlere göre uzlaşma sıralaması gerçekleştirilir. Karar tercihleri, fayda fonksiyonları temelinde tanımlanır. Fayda fonksiyonları, ideal ve ideal olmayan bir çözüm açısından alternatifin konumunu temsil eder. Buna göre en iyi alternatif ideale en yakın, aynı zamanda ideal olmayan referans noktasından en uzak olanıdır (Stević ve Brković, 2020: 3). MARCOS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Stević vd., 2020: 4-5):

**Adım 1**: İlk adım olarak, m sayıda alternatif ve n sayıda kriterden oluşan karar verme matrisi oluşturulur.

**Adım 2**: İdeal (AI) ve ideal olmayan (AAI) çözümler tanımlanarak genişletilmiş başlangıç matris oluşturulur.

 **(7)**

İdeal olmayan (AAI) çözüm en kötü alternatif iken, ideal (AI) çözüm en iyi özelliklere sahip olan alternatiftir. Kriterlerin niteliğine bağlı olarak (AAI) ve (AI) sırasıyla eşitlik (8) ve (9) yardımıyla tanımlanır.

**(8)**

**(9)**

B fayda yönlü kriter grubunu, C ise maliyet yönlü kriter grubunu temsil etmektedir.

**Adım 3**: Genişletilmiş başlangıç matrisi normalize edilir.

 maliyet yönlü kriterler **(10)**

 fayda yönlü kriterler **(11)**

xij ve xai elemanları X başlangıç matrisinin elemanlarını temsil etmektedir.

## Adım 4: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi V= [vij]mxn oluşturulur.

## Normalize edilmiş matris N’in Entropy yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılmasıyla V ağırlıklı matrisielde edilir.

##  (12)

## Adım 5: Alternatiflerin fayda derecesi (Ki) hesaplanır.

## Her bir alternatifin ideal ve ideal olmayan çözümlere ilişkin fayda dereceleri eşitlik (13) ve (14) kullanılarak hesaplanır.

##  (13)

##  (14)

## Si (i = 1,2,..,m) ağırlıklı matriste (V) yer alan elemanların toplamından oluşur ve eşitlik (15)’da gösterildiği şekilde ifade edilir.

##  (15)

**Adım 6**: Alternatiflerin fayda fonksiyonları f(Ki) belirlenir.

Fayda fonksiyonu, ideal ve ideal olmayan çözümle ilgili olarak gözlenen alternatifin uzlaşısıdır. Alternatiflerin fayda fonksiyonu eşitlik (16**)** kullanılarak tanımlanır.

 **(16)**

f(Ki-) ideal olmayan çözüm ile ilgili fayda fonksiyonunu, f(Ki+) ideal çözümle ilgili fayda fonksiyonunu ifade eder. İdeal ve ideal olmayan fayda fonksiyonları ile ilgili çözümler eşitlik (17**)** ve (18**)** ile ifade edilir.

 **(17)**

 **(18)**

**Adım 7**: Alternatifler sıralanır.

Son adımda ise alternatifler fayda fonksiyonlarının nihai değerlerine dayanılarak sıralanır. Bir alternatifin en yüksek fayda fonksiyonu değerine sahip olması arzu edilir.

**4. Uygulama**

Bu çalışmada, BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer alan firmaların 2019 yılı çevresel sürdürülebilirlik performansının ÇKKV yöntemleriyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. BIST sürdürülebilirlik endeksinde 58 firma yer almaktadır. Ancak bahsi geçen firmaların bir kısmının belirlenen dönemde (2019 yılı) sürdürülebilirlik raporu bulunmamaktadır. Ortak bir gösterge havuzunun oluşturulduğu bu çalışmada, bir kısım firmaların ise verilerinin eksik olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, verilerine ulaşılan ve belirlenen dönemde sürdürülebilirlik raporu bulunan 17 firma analiz kapsamına dâhil edilmiştir. Kriterlerin belirlenme aşamasında ise GRI içerik endeksi dikkate alınmış ve sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu yansıtan 8 kriter belirlenmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen alternatif ve kriterler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 1. Alternatifler

|  |  |
| --- | --- |
| Firma kodu | Firma adı |
| F1 | AG ANADOLU GRUBU HOLDİNG A.Ş. |
| F2 | AKSA AKRİLİK KİMYA SANAYİİ A.Ş. |
| F3 | AKSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş. |
| F4 | ANADOLU EFES BİRACILIK VE MALT SANAYİİ A.Ş. |
| F5 | ARÇELİK A.Ş. |
| F6 | AYGAZ A.Ş. |
| F7 | ENKA İNŞAAT VE SANAYİ A.Ş. |
| F8 | FORD OTOMOTİV SANAYİ A.Ş. |
| F9 | KARDEMİR KARABÜK DEMİR ÇELİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| F10 | KORDSA TEKNİK TEKSTİL A.Ş. |
| F11 | LOGO YAZILIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| F12 | OTOKAR OTOMOTİV VE SAVUNMA SANAYİ A.Ş. |
| F13 | TEKFEN HOLDİNG A.Ş. |
| F14 | TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI A.Ş. |
| F15 | TÜRKİYE ŞİŞE VE CAM FABRİKALARI A.Ş. |
| F16 | ÜLKER BİSKÜVİ SANAYİ A.Ş. |
| F17 | VESTEL BEYAZ EŞYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |

Tablo 2. Kriterler

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kriter | Birim | Optimizasyon |
| Toplam enerji tüketimi (K1) | GJ | min |
| Toplam sera gazı emisyonu (K2) | ton CO2e | min |
| Kapsam 1 emisyonu (K3) | % | min |
| Toplam su tüketimi (K4) | m3 | min |
| Atık su (K5) | m3 | min |
| toplam atık miktarı (K6) | ton | min |
| Tehlikeli atık miktarı (K7) | % | min |
| Geri dönüştürülen atık miktarı (K8) | % | max |

**4.1. CRITIC Yöntemi Uygulaması**

Analizin ilk aşamasında, Tablo 1’de yer alan kriterler ve Tablo 2’de yer alan alternatifler kullanılarak karar matrisi oluşturulmuştur. Satırlarda alternatiflerin, sütunlarda ise kriterlerin yer aldığı karar matrisi Tablo 3’te sunulmuştur. İkinci adımda, Tablo 3’te yer alan karar matrisi elemanları kullanılarak fayda yönlü kriterler (K8) eşitlik 1, maliyet yönlü kriterler ise (K1-K7) eşitlik 2 kullanılarak normalize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4’te sunulmuştur. Üçüncü adımda, doğrusal korelasyon katsayıları eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur. Kriterde bulunan toplam bilgi eşitlik 4; standart sapma ise eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 6’da sunulmuştur. Son aşamada ise, eşitlik 6 yardımıyla her bir kriterin ağırlığı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 3. Karar matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| F1 | 10.342.465 | 1.869.754 | 33,43 | 41.459.442 | 13.684.643 | 630.139 | 16 | 88 |
| F2 | 11.329.582 | 1.119.028 | 99,97 | 4.661.371 | 2.576.911 | 16.477 | 11,80 | 42,19 |
| F3 | 44.109.775 | 3.882.434 | 100 | 7.350.970 | 1.894.771 | 89.054 | 41,16 | 100 |
| F4 | 4.845.946 | 356.107 | 60,10 | 12.981.130 | 6.353.833 | 226.372 | 0,47 | 68,29 |
| F5 | 1.306.876 | 134.500 | 60,63 | 142.538 | 790.076 | 103.263 | 2,34 | 96,45 |
| F6 | 152.859 | 12.327 | 32,97 | 91.231 | 37.494 | 7.763 | 7,70 | 99,87 |
| F7 | 28.670.000 | 1.137.030 | 4,71 | 1.366.135 | 1.214.158 | 10.145 | 1,55 | 93,78 |
| F8 | 38.934 | 201.719 | 38,85 | 1.109.034 | 374.989 | 97.547 | 10,38 | 99,29 |
| F9 | 61.603 | 5.727.306 | 95,36 | 21.985.288 | 13.400.000 | 634.398 | 22,20 | 99,9 |
| F10 | 2.298.101 | 423.685 | 30,42 | 1.431.896 | 2.653.826 | 6.254 | 26,83 | 98,40 |
| F11 | 24.379 | 2.087 | 68,38 | 11.459 | 5.027 | 10.7 | 6 | 13,55 |
| F12 | 158.992 | 12.790 | 40,32 | 152.058 | 119.000 | 2.785 | 13,90 | 98,46 |
| F13 | 3.547.354 | 1.056.262 | 96,11 | 116.692.000 | 96.566.000 | 102.926 | 1,49 | 17,29 |
| F14 | 1.042.245 | 104.275 | 44,37 | 929.882 | 630.014 | 57.002 | 2,62 |  96 |
| F15 | 76.063.540 | 6.108.495 | 86,67 | 37.789.441 | 18.039.932 | 2.089.973 | 3,53 | 8,51 |
| F16 | 1.609.924 | 143.235 | 47,87 | 739.533 | 518.000 | 14.693 | 1,9 | 91 |
| F17 | 609.441 | 78.034 | 19,14 | 967.780 | 871.002 | 39.385 | 3,66 |  97 |

Tablo 4. Normalize edilmiş karar matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| F1 | 0,8643 | 0,6941 | 0,6986 | 0,6448 | 0,8583 | 0,699 | 0,6183 | 0,869 |
| F2 | 0,8513 | 0,8171 | 0,00031 | 0,9601 | 0,9734 | 0,992 | 0,7216 | 0,368 |
| F3 | 0,4202 | 0,3645 | 0 | 0,9371 | 0,9804 | 0,957 | 0 | 1 |
| F4 | 0,9366 | 0,942 | 0,41872 | 0,8888 | 0,9343 | 0,892 | 1 | 0,653 |
| F5 | 0,9831 | 0,9783 | 0,41316 | 0,9989 | 0,9919 | 0,951 | 0,954 | 0,961 |
| F6 | 0,9983 | 0,9983 | 0,70343 | 0,9993 | 0,9997 | 0,996 | 0,8223 | 0,999 |
| F7 | 0,6233 | 0,8141 | 1 | 0,9884 | 0,9875 | 0,995 | 0,9735 | 0,932 |
| F8 | 0,9998 | 0,9673 | 0,64173 | 0,9906 | 0,9962 | 0,953 | 0,7565 | 0,992 |
| F9 | 0,9995 | 0,0624 | 0,04869 | 0,8117 | 0,8613 | 0,696 | 0,466 | 0,999 |
| F10 | 0,9701 | 0,931 | 0,73019 | 0,9878 | 0,9726 | 0,997 | 0,3522 | 0,983 |
| F11 | 1 | 1 | 0,33183 | 1 | 1 | 1 | 0,8641 | 0,055 |
| F12 | 0,9982 | 0,9982 | 0,6263 | 0,9988 | 0,9988 | 0,999 | 0,6699 | 0,983 |
| F13 | 0,9537 | 0,8274 | 0,04082 | 0 | 0 | 0,951 | 0,9749 | 0,096 |
| F14 | 0,9866 | 0,9833 | 0,5838 | 0,9921 | 0,9935 | 0,973 | 0,9472 | 0,956 |
| F15 | 0 | 0 | 0,13989 | 0,6762 | 0,8132 | 0 | 0,9248 | 0 |
| F16 | 0,9791 | 0,9769 | 0,54707 | 0,9938 | 0,9947 | 0,993 | 0,9649 | 0,902 |
| F17 | 0,9923 | 0,9876 | 0,84857 | 0,9918 | 0,991 | 0,981 | 0,9216 | 0,967 |

Tablo 5. Doğrusal korelasyon katsayıları

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| K1 | 1 | 0.706 | 0.306 | 0.151 | 0.039 | 0.743 | 0.167 | 0.368 |
| K2 | 0.706 | 1 | 0.569 | 0.288 | 0.162 | 0.777 | 0.401 | 0.223 |
| K3 | 0.306 | 0.569 | 1 | 0.427 | 0.413 | 0.315 | 0.280 | 0.540 |
| K4 | 0.151 | 0.288 | 0.427 | 1 | 0.972 | 0.306 | -0.127 | 0.538 |
| K5 | 0.039 | 0.162 | 0.413 | 0.972 | 1 | 0.145 | -0.172 | 0.518 |
| K6 | 0.743 | 0.777 | 0.315 | 0.306 | 0.145 | 1 | -0.050 | 0.434 |
| K7 | 0.167 | 0.401 | 0.280 | -0.127 | -0.172 | -0.050 | 1 | -0.336 |
| K8 | 0.368 | 0.223 | 0.540 | 0.538 | 0.518 | 0.434 | -0.336 | 1 |

Tablo 6. Toplam Bilgi ve Standart Sapma Tablosu

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| Cj | 1,22492 | 1,262924 | 1,31472 | 1,1196955 | 1,18152 | 1,06951 | 1,866501 | 1,74455 |
| σj | 0,271 | 0,326 | 0,3168 | 0,2519 | 0,240 | 0,247 | 0,273 | 0,370 |

Tablo 7. Kriter ağırlıkları

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| wj | 0,1136 | 0,117 | 0,1219 | 0,104 | 0,1096 | 0,09917 | 0,173 | 0,1618 |

**4.2. MARCOS Yöntemi Uygulaması**

MARCOS yöntemiyle firmaların çevresel sürdürülebilirlik performansını ölçmek amacıyla öncelikle İdeal (AI) ve ideal olmayan (AAI) çözümler kriterlerin niteliğine bağlı olarak eşitlik (9) ve (8) yardımıyla tanımlanmış ve elde edilen genişletilmiş başlangıç matrisi Tablo 8’de sunulmuştur. İkinci adımda, Tablo 8’de yer alan genişletilmiş başlangıç matrisi maliyet yönlü kriterler (K1- K7) için eşitlik (10), fayda yönlü kriterler (E2-E7) için ise eşitlik (11) kullanılarak normalize edilmiştir. Sonuçlar Tablo 9’da sunulmuştur. Üçüncü adımda, CRITIC yöntemiyle elde edilen ağırlıklar kullanılarak ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilmiş ve Tablo 10’da sunulmuştur. Dördüncü adımda, ideal (K+) ve ideal olmayan çözüme (K-) ilişkin fayda dereceleri sırasıyla eşitlik (13) ve eşitlik (14) kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 11’de sunulmuştur. Ardından alternatiflerin fayda fonksiyonu (f(Ki)) eşitlik (17) ve (18) kullanılarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 12’de sunulmuştur. Son adımda ise alternatifler, eşitlik (16) kullanılarak sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 13’te sunulmuştur.

Tablo 8. Genişletilmiş Başlangıç Matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| AAI | 76.063.540 | 6.108.495 | 100 | 116.692.000 | 96.566.000 | 2.089.973 | 41,16 | 8,51 |
| F1 | 10.342.465 | 1.869.754 | 33,43 | 41.459.442 | 13.684.643 | 630.139 | 16 | 88 |
| F2 | 11.329.582 | 1.119.028 | 99,97 | 4.661.371 | 2.576.911 | 16.477 | 11,8 | 42,19 |
| F3 | 44.109.775 | 3.882.434 | 100 | 7.350.970 | 1.894.771 | 89.054 | 41,16 | 100 |
| F4 | 4.845.946 | 356.107 | 60,1 | 12.981.130 | 6.353.833 | 226.372 | 0,47 | 68,29 |
| F5 | 1.306.876 | 134.500 | 60,63 | 142.538 | 790.076 | 103.263 | 2,34 | 96,45 |
| F6 | 152.859 | 12.327 | 32,97 | 91.231 | 37.494 | 7.763 | 7,7 | 99,87 |
| F7 | 28.670.000 | 1.137.030 | 4,71 | 1.366.135 | 1.214.158 | 10.145 | 1,55 | 93,78 |
| F8 | 38.934 | 201.719 | 38,85 | 1.109.034 | 374.989 | 97.547 | 10,38 | 99,29 |
| F9 | 61.603 | 5.727.306 | 95,36 | 21.985.288 | 13.400.000 | 634.398 | 22,2 | 99,9 |
| F10 | 2.298.101 | 423.685 | 30,42 | 1.431.896 | 2.653.826 | 6.254 | 26,83 | 98,4 |
| F11 | 24.379 | 2.087 | 68,38 | 11.459 | 5.027 | 11.00 | 6 | 13,55 |
| F12 | 158.992 | 12.790 | 40,32 | 152.058 | 119.000 | 2.785 | 13,9 | 98,46 |
| F13 | 3.547.354 | 1.056.262 | 96,11 | 116.692.000 | 96.566.000 | 102.926 | 1,49 | 17,29 |
| F14 | 1.042.245 | 104.275 | 44,37 | 929.882 | 630.014 | 57.002 | 2,62 | 96 |
| F15 | 76.063.540 | 6.108.495 | 86,67 | 37.789.441 | 18.039.932 | 2.089.973 | 3,53 | 8,51 |
| F16 | 1.609.924 | 143.235 | 47,87 | 739.533 | 518.000 | 14.693 | 1,9 | 91 |
| F17 | 609.441 | 78.034 | 19,14 | 967.780 | 871.002 | 39.385 | 3,66 | 97 |
| AI | 24.379 | 2.087 | 4,71 | 11.459 | 5.027 | 11.00 | 0,47 | 99,9 |

Tablo 9. Normalize Edilmiş Genişletilmiş Matris

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| AAI | 0,00032 | 0,00034 | 0,0471 | 9,82E-05 | 5,2E-05 | 5,3E-06 | 0,01142 | 0,08519 |
| F1 | 0,00236 | 0,00112 | 0,1409 | 0,000276 | 0,00037 | 1,7E-05 | 0,02938 | 0,88088 |
| F2 | 0,00215 | 0,00187 | 0,0471 | 0,002458 | 0,00195 | 0,00067 | 0,03983 | 0,42232 |
| F3 | 0,00055 | 0,00054 | 0,0471 | 0,001559 | 0,00265 | 0,00012 | 0,01142 | 1,001 |
| F4 | 0,00503 | 0,00586 | 0,0784 | 0,000883 | 0,00079 | 4,9E-05 | 1 | 0,68358 |
| F5 | 0,01865 | 0,01552 | 0,0777 | 0,080393 | 0,00636 | 0,00011 | 0,20085 | 0,96547 |
| F6 | 0,15949 | 0,1693 | 0,1429 | 0,125604 | 0,13407 | 0,00142 | 0,06104 | 0,9997 |
| F7 | 0,00085 | 0,00184 | 1 | 0,008388 | 0,00414 | 0,00108 | 0,30323 | 0,93874 |
| F8 | 0,62616 | 0,01035 | 0,1212 | 0,010332 | 0,01341 | 0,00011 | 0,04528 | 0,99389 |
| F9 | 0,39574 | 0,00036 | 0,0494 | 0,000521 | 0,00038 | 1,7E-05 | 0,02117 | 1 |
| F10 | 0,01061 | 0,00493 | 0,1548 | 0,008003 | 0,00189 | 0,00176 | 0,01752 | 0,98498 |
| F11 | 1 | 1 | 0,0689 | 1 | 1 | 1 | 0,07833 | 0,13564 |
| F12 | 0,15333 | 0,16317 | 0,1168 | 0,075359 | 0,04224 | 0,00395 | 0,03381 | 0,98559 |
| F13 | 0,00687 | 0,00198 | 0,049 | 9,82E-05 | 5,2E-05 | 0,00011 | 0,31544 | 0,17307 |
| F14 | 0,02339 | 0,02001 | 0,1062 | 0,012323 | 0,00798 | 0,00019 | 0,17939 | 0,96096 |
| F15 | 0,00032 | 0,00034 | 0,0543 | 0,000303 | 0,00028 | 5,3E-06 | 0,13314 | 0,08519 |
| F16 | 0,01514 | 0,01457 | 0,0984 | 0,015495 | 0,0097 | 0,00075 | 0,24737 | 0,91091 |
| F17 | 0,04 | 0,02674 | 0,2461 | 0,011841 | 0,00577 | 0,00028 | 0,12842 | 0,97097 |
| AI | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tablo 10. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | S |
| AAI | 4E-05 | 4E-05 | 0,00574 | 1E-05 | 6E-06 | 5,22E-07 | 0,00198 | 0,01378 | 0,02159 |
| F1 | 0,0003 | 0,00013 | 0,01717 | 3E-05 | 4E-05 | 1,73E-06 | 0,00508 | 0,14253 | 0,16525 |
| F2 | 0,0002 | 0,00022 | 0,00574 | 0,0003 | 0,0002 | 6,62E-05 | 0,00689 | 0,06833 | 0,08196 |
| F3 | 6E-05 | 6,3E-05 | 0,00574 | 0,0002 | 0,0003 | 1,22E-05 | 0,00198 | 0,16196 | 0,17027 |
| F4 | 0,0006 | 0,00069 | 0,00955 | 9E-05 | 9E-05 | 4,82E-06 | 0,173 | 0,1106 | 0,2946 |
| F5 | 0,0021 | 0,00182 | 0,00947 | 0,0084 | 0,0007 | 1,06E-05 | 0,03475 | 0,15621 | 0,21343 |
| F6 | 0,0181 | 0,01981 | 0,01741 | 0,0131 | 0,0147 | 0,000141 | 0,01056 | 0,16175 | 0,25555 |
| F7 | 1E-04 | 0,00021 | 0,1219 | 0,0009 | 0,0005 | 0,000108 | 0,05246 | 0,15189 | 0,32799 |
| F8 | 0,0711 | 0,00121 | 0,01478 | 0,0011 | 0,0015 | 1,12E-05 | 0,00783 | 0,16081 | 0,25832 |
| F9 | 0,045 | 4,3E-05 | 0,00602 | 5E-05 | 4E-05 | 1,72E-06 | 0,00366 | 0,1618 | 0,21658 |
| F10 | 0,0012 | 0,00058 | 0,01887 | 0,0008 | 0,0002 | 0,000174 | 0,00303 | 0,15937 | 0,18427 |
| F11 | 0,1136 | 0,117 | 0,0084 | 0,104 | 0,1096 | 0,09917 | 0,01355 | 0,02195 | 0,58726 |
| F12 | 0,0174 | 0,01909 | 0,01424 | 0,0078 | 0,0046 | 0,000392 | 0,00585 | 0,15947 | 0,22893 |
| F13 | 0,0008 | 0,00023 | 0,00597 | 1E-05 | 6E-06 | 1,06E-05 | 0,05457 | 0,028 | 0,08959 |
| F14 | 0,0027 | 0,00234 | 0,01294 | 0,0013 | 0,0009 | 1,91E-05 | 0,03103 | 0,15548 | 0,20663 |
| F15 | 4E-05 | 4E-05 | 0,00662 | 3E-05 | 3E-05 | 5,22E-07 | 0,02303 | 0,01378 | 0,04358 |
| F16 | 0,0017 | 0,0017 | 0,01199 | 0,0016 | 0,0011 | 7,42E-05 | 0,04279 | 0,14739 | 0,20835 |
| F17 | 0,0045 | 0,00313 | 0,03 | 0,0012 | 0,0006 | 2,77E-05 | 0,02222 | 0,1571 | 0,21888 |
| AI | 0,1136 | 0,117 | 0,1219 | 0,104 | 0,1096 | 0,09917 | 0,173 | 0,1618 | 1,00007 |

Tablo 11. Fayda Dereceleri

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Ki- | Ki+ | (Ki+)+(Ki-) |
| F1 | 7,653136445 | 0,165240604 | 7,818377049 |
| F2 | 3,795904291 | 0,08195823 | 3,877862522 |
| F3 | 7,885509431 | 0,170257822 | 8,055767253 |
| F4 | 13,64336362 | 0,294576958 | 13,93794058 |
| F5 | 9,884491445 | 0,213418296 | 10,09790974 |
| F6 | 11,83497755 | 0,255531684 | 12,09050923 |
| F7 | 15,18987484 | 0,327968032 | 15,51784287 |
| F8 | 11,96335152 | 0,258303435 | 12,22165496 |
| F9 | 10,03020696 | 0,216564473 | 10,24677144 |
| F10 | 8,533931095 | 0,184258041 | 8,718189136 |
| F11 | 27,1972899 | 0,587222853 | 27,78451275 |
| F12 | 10,60200903 | 0,228910381 | 10,83091941 |
| F13 | 4,148893279 | 0,089579696 | 4,238472975 |
| F14 | 9,569513598 | 0,206617538 | 9,776131136 |
| F15 | 2,018293422 | 0,043577431 | 2,061870853 |
| F16 | 9,649001814 | 0,208333786 | 9,8573356 |
| F17 | 10,13680346 | 0,218866022 | 10,35566948 |

Tablo 12. Fayda Fonksiyonları

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Firma | f(Ki-) | f(Ki+) |
| F1 | 46,3151 | 0,0216 |
| F2 | 46,3151 | 0,0216 |
| F3 | 46,3151 | 0,0216 |
| F4 | 46,3151 | 0,0216 |
| F5 | 46,3151 | 0,0216 |
| F6 | 46,3151 | 0,0216 |
| F7 | 46,3151 | 0,0216 |
| F8 | 46,3151 | 0,0216 |
| F9 | 46,3151 | 0,0216 |
| F10 | 46,3151 | 0,0216 |
| F11 | 46,3151 | 0,0216 |
| F12 | 46,3151 | 0,0216 |
| F13 | 46,3151 | 0,0216 |
| F14 | 46,3151 | 0,0216 |
| F15 | 46,3151 | 0,0216 |
| F16 | 46,3151 | 0,0216 |
| F17 | 46,3151 | 0,0216 |

Tablo 13. MARCOS Yöntemi Sıralama Sonuçları

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Firma | f(Ki) | Sıralama |
| F1 | 0,1652 | 14 |
| F2 | 0,0819 | 16 |
| F3 | 0,1702 | 13 |
| F4 | 0,2944 | 3 |
| F5 | 0,2133 | 9 |
| F6 | 0,2554 | 5 |
| F7 | 0,3278 | 2 |
| F8 | 0,2582 | 4 |
| F9 | 0,2165 | 8 |
| F10 | 0,1842 | 12 |
| F11 | 0,587 | 1 |
| F12 | 0,2288 | 6 |
| F13 | 0,0895 | 15 |
| F14 | 0,2065 | 11 |
| F15 | 0,0436 | 17 |
| F16 | 0,2082 | 10 |
| F17 | 0,2188 | 7 |

**Grafik 1.** MARCOS yöntemi sıralama sonuçları

**5. Sonuç**

Nüfus artışı, aşırı tüketim ve çevre kirliliği ile birlikte doğal kaynaklar tükenme sınırına gelmiştir. Bu koşullar altında çevresel sürdürülebilirlik temelde çevresel kaynakların korunmasıyla ilgilidir (Bansal, 2002: 123). Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında ise ülkelerin yanı sıra firmalara da görevler düşmektedir. Çevresel açıdan sürdürülebilir firmalar kaynak israfını önler, kaynakların geri dönüşümüne önem verir ve kendisini ekolojik sistemin bir parçası olarak görür (Nemli, 2004: 82).

Bu çalışmada, BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer alan firmaların 2019 yılı çevresel sürdürülebilirlik performansının ÇKKV yöntemleriyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda verilerine ulaşılan 17 firma analize dâhil edilmiş ve çalışmanın alternatiflerini oluşturmuştur. Çalışmanın kriterlerini ise firmaların sürdürülebilirlik ve entegre raporlarından elde edilen 8 gösterge oluşturmuştur. CRITIC yöntemi kriterlerin ağırlıklandırılması için kullanılırken, MARCOS yöntemi alternatifleri değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

CRITIC yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre önem derecesi en yüksek kriter K7 olurken, en düşük önem derecesine sahip kriter K6 olarak belirlenmiştir. MARCOS yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre ise çevresel açıdan en sürdürülebilir firma F11 olarak tespit edilmiştir. F15 firması ise en son sırada yer almıştır.

Firmaların karar matrisleri incelendiğinde F11 firmasının maliyet yönlü bütün kriterlerinin diğer firmalara kıyasla oldukça düşük bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. F11 firmasının tek dezavantajı geri dönüştürülen atık miktarının düşük bir seviyede kalmasıdır. Bunun tersi bir şekilde F15 firmasının maliyet yönlü olması gereken bütün kriterleri oldukça yüksek bir seviyede seyretmiştir. Geri dönüştürülen atık miktarı da oldukça düşük bir seviyededir.

**Kaynakça**

Bansal, P. (2002). The Corporate Challenges of Sustainable Development. Academy of Management Perspectives, 16(2), 122-131.

Chithambaranathan, P., Subramanian, N., Gunasekaran, A., & Palaniappan, P. K. (2015). Service supply chain environmental performance evaluation using grey based hybrid MCDM approach. International Journal of Production Economics, 166, 163-176.

Diakoulaki D.,Mavrotas G. ve Papayannakis L. (1995). DeterminingobjectiveWeights in MultipleCriteriaProblems: TheCriticMethod. Computers& Operations Research, 22,763–770.

Erol, İ., & Özmen, A. (2008). Çevresel düzeyde sürdürülebilirlik performansının ölçülmesi: Parekende sektöründe bir uygulama. Iktisat Isletme ve Finans, 23(266), 70-94.

Jahan, A.,Mustapha, F., Sapuan, S.M., Ismail, Y. &Bahraminasab, M. (2012). A FrameworkForweighting Of Criteria İn RankingStage of MaterialSelectionProcess. International Journal Of Advanced ManufacturingTechnology, 58, 411-420.

Kuhlman, T. ve Farrington, J. (2010). What is Sustainability?. Sustainability, 2(11), 3436–3448.

Liu, K. F. (2007). Evaluating environmental sustainability: an integration of multiple-criteria decision-making and fuzzy logic. Environmental Management, 39(5), 721-736.

Nemli, E. (2004). Sürdürülebilir Kalkınma: Şirketlerin Çevresel ve Sosyal Yaklaşımları. İstanbul: Filiz Kitabevi.

Stević, Ž. ve Brković, N. (2020). A Novel Integrated FUCOM-MARCOS Model for Evaluation of Human Resources in a Transport Company. *Logistics*, *4(1),* 1-14.

Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. ve Chatterjee, P. (2020). Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries Using A New MCDM method: Measurement of Alternatives And Ranking According to COmpromise Solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, *140 (106231),* 1-15.

Şen, H., Kaya, A. ve Alpaslan, B. (2018). Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif. Ekonomik Yaklaşım, 29(107), 1-47.

Tsai, W.-H., Lin, S.-J., Lee, Y.-F., Chang, Y.-C., & Hsu, J.-L. (2013). Construction method selection for green building projects to improve environmental sustainability by using an MCDM approach. Journal of Environmental Planning and Management, 56(10), 1487–1510.

Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., & Yu, T. H. K. (2016). A fuzzy MCDM approach for green supplier selection from the economic and environmental aspects. Mathematical Problems in Engineering, 2016.

Wang, Y. M. ve Luo, Y. (2010). Integration of correlationswithstandarddeviationsfordeterminingattributeweights in multipleattributedecisionmaking. Mathematical andComputer ModellingVolume,51(1–2), 1–12.

Zolfani, S. H., Pourhossein, M., Yazdani, M., & Zavadskas, E. K. (2018). Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM framework. Alexandria engineering journal, 57(1), 357-365.