

Araştırma Makalesi / Research Article

ENTROPİ TEMELLİ TOPSIS, ARAS VE MOOSRA YÖNTEMLERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURULUŞ YERİ SEÇİMİ: KOP BÖLGESİ ÖRNEĞİ*

Sümeyye ATEŞ 

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, SBE, Niğde, (sumeyyeates51@gmail.com)

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOPAL 

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İİBF, Niğde, (ayse.topal@ohu.edu.tr)

ÖZET

Enerji insanoğlunun geleceği için önemli bir kaynaktır. Kalkınmanın ve gelişmişliğin bir göstergesi durumundadır. Enerji kaynaklarına olan ihtiyaç nüfusun artması, teknolojinin gelişmesi, sanayileşme gibi sebeplerle günden güne daha da artmaktadır. Enerji üretiminde fosil kaynakların kısıtlı olması ve çevre kirliliğinin en az seviyede tutulması için yenilenebilir ve çevreye uyumlu kaynakların tercih edilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yüksek potansiyele sahip enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerji santrallerinin doğru yere kurulumu enerji verimi açısından oldukça önemlidir. Yatırımı yüksek maliyet gerektirdiğinden ve tarım arazilerini işgal edebileceğinden yanlış bir kurulum yeri seçiminin olumsuz etkisi yüksek olacaktır. Bu çalışmanın amacı KOP Bölgesi içerisindeki Karaman Başyayla, Konya Taşkent ve Niğde Bor konumlarında güneş enerjisi santrali için en uygun kuruluş yerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, yer seçimini etkileyen 8 kriter belirlenmiştir ve kriter ağırlıkları Entropi ile bulunmuştur. Sonrasında, TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yöntemleri kullanılarak güneş enerji santrali için en uygun kuruluş yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Konya Taşkent alternatifi tüm yöntemlerde birinci sırada yer alırken, Karaman Başyayla alternatifi ikinci sırada, Niğde Bor alternatifi ise üçüncü sırada yer almıştır.

Anahtar Kelimeler: ARAS, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Güneş Enerji Santrali, TOPSIS, Yer Seçimi.

SOLAR POWER PLANT LOCATION SELECTION WITH THE ENTROPY BASED TOPSIS, ARAS AND MOOSRA METHODS: THE CASE OF KOP REGION

ABSTRACT

Energy is an important resource for the future of human beings. It is an indicator of development and sophistication. With the increase in the population and the development of technology, the need for energy has also increased. Because of limited fossil resources in energy production and in order to keep environmental pollution at minimum, renewable and environmentally compatible resources should be preferred and developed. Solar energy is one of the energy sources with high potential among renewable energy sources. Location selection is very important issue for solar energy as negative effect of a wrong

* Bu çalışma, "Entropi Temelli TOPSIS, ARAS ve MOOSRA Yöntemleri ile Güneş Enerji Santrali Kuruluş Yeri Seçimi: KOP Bölgesi Örneği" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

location selection will be high because of high investment costs and agricultural land invasion. The aim of this study is to determine the most suitable location for the solar power plant within the boundaries of Karaman Başyayla, Konya Taşkent ve Niğde Bor. 8 criteria that affect the right location selection have been determined and criterion weights were found with Entropy. By using TOPSIS, MOOSRA and ARAS methods, it has been tried to determine the most suitable location for the solar power plant planned to be built in the regions above. Konya Taşkent alternative ranked first in all methods, while Karaman Başyayla alternative ranked second and Niğde Bor alternative ranked third.

Keywords: ARAS, Multi Criteria Decision Making (MCDM), Solar Power Plant, TOPSIS, Location Selection.

1. Giriş

Enerji, insanoğlu için geçmişten günümüze önemli kaynaklardan biri olagelmıştır. Enerji kaynaklarına olan ihtiyaç nüfusun artması, teknolojinin gelişmesi, sanayileşme gibi sebeplerle günden güne daha da artmaktadır. 20. yüzyılda ekonomikliği sebebiyle fosil kaynaklara olan yönelim, günümüzde yerini fosil yakıtların tükenecek olması, çevreye ve insana olumsuz etkileri sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmıştır. Bu sebeple son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya yönelik politikalar üretilmeye başlanmıştır.

Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmekte olan ülkelerde yüksek maliyet sebebiyle kullanımı düşük olsa da, kendini yenileyebilir özellikte olmaları, çevreye çok daha az zarar vermeleri gibi sebeplerle gelişmiş ülkelerde kullanımı yaygındır. Çevre ve sağlık konusunda daha temiz kaynaklar olduğu için gelecekte çok daha yaygın bir biçimde kullanılmaları beklenmektedir. Günümüzde, hidroelektrik, güneş ve rüzgâr ülkeler tarafından çokça kullanılan yenilenebilir kaynaklardır.

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yüksek potansiyele sahip enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerjisi, su ısıtmada kullanıldığı gibi elektrik elde etmekte de kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma fikri ilk olarak 1600'lü dönemlerde ortaya çıkmaya başlamıştır. 1950 yılından sonra da elektrik enerjisi elde etmek için güneş enerji santrali (GES) kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerji santrallerinin doğru yere kurulumu enerji verimi açısından oldukça önemlidir. Yatırımı yüksek maliyet gerektirdiğinden ve tarım arazilerini işgal edebileceğinden yanlış bir kurulum yeri seçiminin olumsuz etkisi yüksek olacaktır.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli coğrafi konumu bakımından oldukça yüksektir. Ülke içerisinde güneş enerjisi açısından en yüksek potansiyele sahip iller Konya Ovası Projesi (KOP) kalkınma bölgesinde yer almaktadır. Bu sebeple, bu çalışmada KOP Bölgesi sınırları içerisinde güneş enerjisi santrali için en uygun kuruluş yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bir güneş enerji santrali için kuruluş yeri seçimi çok çeşitli kriterler içerdiğinden, temelde bir çok kriterli karar verme problemidir. Çok kriterli karar verme, farklı alternatifler içinden en iyisini seçmek için birbiriyle çelişen birden fazla kriteri kullanarak değerlendirme yapan bir yaklaşımdır. Literatürde, bir güneş enerji santralinin kuruluş yeri seçimi için çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Demirel (2017), yaptığı çalışmada çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği ile güneş enerjisi

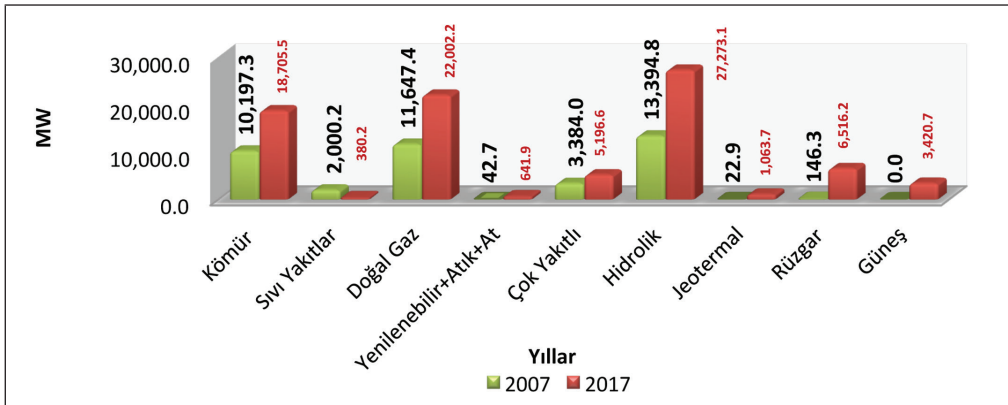
santrali için yeri seçimi yapmıştır . Duman (2018), çok kriterli karar verme yöntemlerinden BWM, TOPSIS ve MOORA yöntemlerini kullanarak Batı Akdeniz Bölgesinde güneş enerjisi santrali için en uygun yeri belirlemiştir. En uygun alanları belirlerken sıcaklık, yıllık güneş ışınım miktarı, arazi fiyatları, arazi deprem riski, enerji nakil hattı uzunluğu ve tüketim merkezlerine katkısı kriterlerini kullanmıştır. Akçay (2019), AHP-TOPSIS hibrit yöntemi ile Türkiye’de güneş enerjisi santrali için en uygun yeri belirlemiştir. Kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile bulunmuş, alternatifler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Aslan (2019), çalışmasında Coğrafi bilgi sistemini (CBS) ile Kayseri ilinde güneş enerji santrallerinin kurulabilmesi için en uygun yeri değerlendirmiştir. Koca (2019), CBS ve BAHF yöntemlerinin kullanarak İzmir Menemen bölgesi için en uygun güneş enerjisi santrali kuruluş yeri belirlemeye çalışmıştır.

Bu çalışmada, KOP Bölgesinde yer alan Karaman Başyayla, Konya Taşkent ve Niğde Bor konumlarında kurulacak bir güneş enerji santrali yer seçimi için Entropi, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), MOOSRA (Multi-Objective Optimization on the Basis of Simple Ratio Analysis) ve ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemleri kullanarak bir karar verme analizi yapılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde Türkiye’nin mevcut enerji durumu incelenmiştir. İkinci bölümünde çalışmanın yöntemi açıklanmıştır. Üçüncü bölümünde bulgulara yer verilmiştir. Sonuç kısmında da bulgular değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

2. Türkiye’de Mevcut Enerji Durumu

Türkiye yenilenebilir enerji sektöründe kaynak zenginliğine sahip bir ülkedir. Elektrik üretimi doğalgaz, taş kömürü, linyit, hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal, biyogaz ve güneş enerjisi ile karşılanmaktadır (Bilirgen, 2018). Ülkemizde yenilenebilir enerji arzı, yoğun olarak hidroelektrik, rüzgâr ve güneşten oluşmaktadır. Birincil enerji arzı birincil enerji kaynaklarından enerji üretimidir ve güneş enerjisi 1986 yılından itibaren Türkiye’nin birincil enerji arzında yer almıştır. Rüzgâr enerjisi ise Türkiye’nin genel enerji dengesinde 1998 yılından itibaren görülmeye başlamıştır. Güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarının birincil enerji arzına katkısı zamanla artmıştır (Cebeci, 2017).

Şekil 1: 2007 ve 2017 Yıllarında Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü

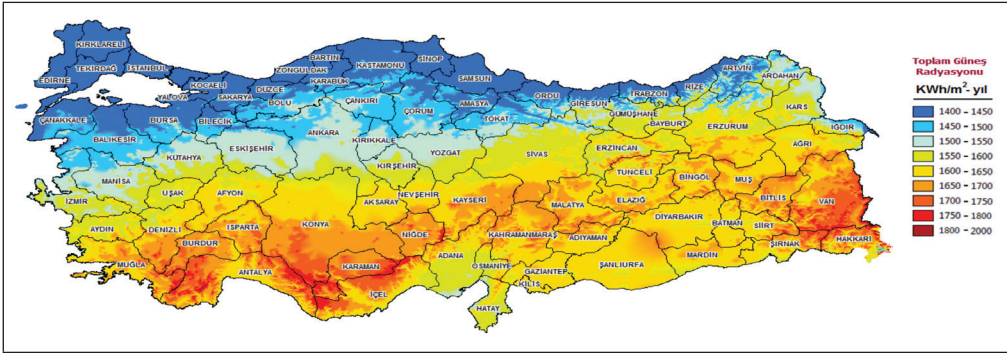


Kaynak: TEİAŞ (2020). Türkiye elektrik istatistikleri. Erişim Tarihi: 13.04.2019, <https://www.teias.gov.tr/tr/TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>

Şekil 1'e göre, 2017 yılında Türkiye birincil enerji kaynaklarının kurulu gücü içerisinde en yüksek pay hidroelektrike aittir. Sonrasında, doğalgaz ve kömür gelmektedir. 2020 yılı Haziran sonu itibariyle Türkiye kurulu gücü 92.097 MW'a ulaşmıştır.

Türkiye, güneş enerjisi açısından uygun bir coğrafi konuma sahiptir. Güneş enerjisi yoğunluğu günlük metrekaare başına ortalama 3,6 kWh'dir (Atılğan, 2000). Kuzey kutbunda yer aldığından, güneş enerjisi en fazla Haziran ayında üretilirken, en az Aralık ayında üretilmektedir. Ülke içerisinde Akdeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesinin güney kısımları en fazla güneş gören bölgelerdir (Şekil 2). Marmara bölgesi daha az güneş görmektedir. Karadeniz bölgesi ise, güneş enerji potansiyeli en az bölgedir.

Şekil 2: İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası



Kaynak: YEGM (2020). Güneş enerjisi potansiyeli atlası. Erişim Tarihi: 25.06.2019, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

Türkiye'nin enerji planlaması konusunda ulusal ve uluslararası birçok çalışma yapılmıştır. Kaya & Kahraman (2011), bulanık TOPSIS yöntemi ile Türkiye'de hangi enerji kaynaklarına daha fazla ağırlık verilmesi gerektiğini incelemiştir ve rüzgâr enerjisinin Türkiye enerji planlamasında önemli bir yeri olduğunu belirtmiştir. Aktaş vd. (2017), Türkiye'de İç Anadolu bölgesinde bulunan beş şehir içerisinde güneş enerji santrali açısından en optimal yerin belirlemeye çalışmıştır. AHP, ELECTRE, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak analiz yapılan bu çalışmada Karaman en uygun yer olarak belirlenmiştir. Ervural vd. (2018), ANP ve TOPSIS tabanlı bulanık SWOT yöntemini kullanarak Türkiye'nin enerji planlamasında en önemli hedefin enerji ithalatçısı Avrupa ve enerji ihracatçısı Asya arasındaki köprü konumunu kullanarak jeostratejik enerji transit merkezine dönüştürmek olduğunu ortaya koymuştur. Karakaş & Yıldırım (2019), bulanık AHP yöntemi ile Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmiştir ve bu değerlendirme sonucunda Türkiye için en uygun enerji kaynağının güneş, sonrasında da rüzgâr olduğunu ifade etmiştir. Deveci vd. (2020), aralık değerli sezgisel bulanık CODAS yöntemi ile Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmiştir. Bu çalışmanın sonucunda kara tipi rüzgâr enerjisi ile güneş enerjisi - PV diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha tercih edilir bulunmuştur. Yılan vd. (2020), AHP ile Türkiye'deki enerji kaynaklarını sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirerek, en önemli enerji kaynağının hidroelektrik olduğunu belirlemiştir. Ezbakhe & Pérez-Foguet (2021), modifiye ELECTRE III yöntemini kullanarak Türkiye'nin enerji planlamasında 2023 enerji vizyonuna en uygun enerji kaynağını rüzgâr enerjisi olarak bulmuştur.

3. Yöntem

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi, TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yöntemlerini kullanarak KOP bölgesinde bir güneş enerjisi santrali için belirlenen üç alternatif lokasyon içerisinde en uygun olanının seçimi amaçlanmıştır. Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Alternatiflerin sıralaması için ise TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın verileri 2020 yılı öncesine aittir.

3.1. Entropi

Entropi, Shannon tarafından 1948 yılında geliştirilmiş bir yöntemdir. Entropi yöntemi elde edilen veri tarafından ortaya konan bilginin faydasını ölçerek kriter ağırlıklarını hesaplar (Wu vd., 2011). Bulunan ağırlık değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır. Entropi yöntemi ile yapılan ağırlıklandırma işleminin sonuçlarıyla da güvenilir bir sıralama yapılmaktadır (Yıldırım & Altan, 2019).

Entropi yönteminin adımları aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Wang & Lee, 2009):

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması (Eşitlik 1)

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n \quad (1)$$

Burada, X_{ij} i. alternatifin j. kritere göre performans değeridir.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması (Eşitlik 2)

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

Bu formül ile normalize karar matrisi elde edilmektedir. Bu sayede standartlaştırma işlemi yapılır.

Adım 3: Entropi Değerinin Hesaplanması (Eşitlik 3)

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}, i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n \quad (3)$$

Bu formül ile her bir kriterin entropi değeri hesaplanır.

Adım 4: Ağırlıkların Hesaplanması (Eşitlik 4)

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j}, i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n \quad (4)$$

Burada W_j değeri j. kriterin ağırlığıdır. Ayrıca $\sum_{j=1}^n W_j = 1$ 'dir.

Kriter ağırlıklarının bulunabilmesi için Entropi yöntemi literatürde sıklıkla kullanılmıştır. Alp vd. (2015), kurumsal sürdürülebilirlik performans değerlendirme probleminde kriterlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma yapmıştır. Karaatlı (2016), Türkiye'nin 2003-2014 yılları arasındaki performans değerlendirmesinde performansı etkileyen kriterleri belirleyerek, bu kriterlerin ağırlıklarını Entropi ile bulmuştur. Ömürbek & Akçakaya (2018), Forbes 2000 listesinde bulunan ve havacılık sektöründe faaliyet gösteren 21 havayolu şirketinin değerlendirme probleminde kriter ağırlıklarını Entropi yöntemi ile hesaplamıştır. Karaca & Ulutaş (2018), Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi probleminde Entropi yöntemini kullanarak kriter ağırlıklarını bulmuştur. Ural vd. (2018), üç kamu bankasının performanslarını değerlendirmek için kullandıkları kriterlerin ağırlıklarını Entropi yöntemi ile hesaplamıştır. Topak & Çanakçıoğlu (2019), Türkiye'de faaliyet gösteren mevduat bankalarının finansal performanslarının değerlendirmesinde kullandıkları kriterlerin ağırlıklarını Entropi yöntemi ile bulmuştur. Ulutaş (2019), personel seçimi probleminde Entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarını hesaplamıştır. Organ & Kaçaroğlu (2020), Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin değerlendirmesini Entropi temelli TOPSIS yöntemi kullanarak yapmıştır.

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, 1980 yılında Hwang & Yoon tarafından geliştirilen bir yöntem olarak bilinmektedir. En optimal seçeneğin pozitif ideal çözüme en az uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklıkta olan seçenek olduğunu ifade eder. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşur (Hwang & Yoon, 1981):

Adım 1: İlk adım karar matrisinin oluşturulması adıdır. Eşitlik 5 ile oluşturulan karar matrisinde, satırlarda alternatifler bulunurken, sütunlarda ise kriterler yer almaktadır. A_{ij} matrisinde; m , karar noktası sayısını gösterirken, n ise değerlendirme faktörü sayısını göstermektedir (Ertuğrul & Özçil, 2014).

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

m : alternatif sayısı

n : alternatiflere ait kriter sayısı

Adım 2: Karar matrisi oluşturulduktan sonra eşitlik (6) ile normalize karar matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n \quad (6)$$

Adım 3: Değerlendirme kriterlerinin sahip oldukları ağırlıklarla matrisinin çarpılması ile de ağırlıklandırılmış standart karar matrisi elde edilir (Eşitlik 7).

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, V_{ij} = \begin{matrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{matrix} \quad (7)$$

Adım 4: Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi bulunduğundan sonra ise ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümleri hesaplanır (Eşitlik 8).

$$A^* = \{ (\max_i V_{ij} / j \in J), (\min_i V_{ij} / j \in J) \}, A^* = \{ v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^* \} \quad (8)$$

$$A^- = \{ (\min_i V_{ij} / j \in J), (\max_i V_{ij} / j \in J) \}, A^- = \{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \}$$

Adım 5: İdeal ve negatif ideal çözümleri hesaplandıktan sonra öklid uzaklıkları kullanılarak ayırım ölçüleri hesaplanır ve alternatiflerin ideal çözüme uzaklıkları (Eşitlik 9) ve negatif ideal çözüme uzaklıkları (Eşitlik 10) bulunur.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (10)$$

Adım 6: Bütün hesaplamalar yapıldıktan sonra sıralama puanları elde edilir ve böylelikle alternatif sıralaması oluşturulur (Eşitlik 11). İdeal çözüme göreceli yakınlık değerlerini gösteren sıralama puanlarından en büyük değere sahip alternatifin iyi performans gösteren alternatiftir.

$$C_j^* = \frac{S_j^-}{S_j^- + S_j^+}, j = 1, 2, 3 \dots k, 0 \leq C_j^* \leq 1 \quad (11)$$

TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılmış çalışmalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir. Demireli & Tükenmez (2012), Ege Gübre Sanayi A.Ş.'nin yıllar itibariyle performans belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada, işletme performansının belirlenmesinde TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Önder & Doğan (2014), personel seçimi probleminde TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Ömürbek vd. (2014), AHP tabanlı TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak ADIM protokolünde yer alan üniversitelerin performanslarını değerlendirmiştir. Adnan Menderes Üniversitesi, Muğla Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi rektörleri toplanarak ADIM adı altında ortaklık protokolü imzalamıştır. Önel (2014), çalışmasında mermer fabrikası için en uygun kuruluş yeri seçmeye çalışmıştır. Bu çalışmada AHP, VIKOR ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Şahin (2014), örnek bir dağıtım şebekesi için geleceğe ait tahmini yük artışı belirlemiştir. Hem mevcut hem de gelecek dönem yük talebi göz önünde bulundurularak zayıf nokta analizleri yapılmış ve problem çıkarıcı kısımlar tespit edilmiştir. Üç alternatif çözüm sunulmuş, TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Budak vd. (2015), SAW, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri kullanarak Türkiye'de yaşanabilir il sıralaması yapmıştır. Makas vd. (2015), üniversitelerin Bilgi İşlem Daire başkanlığınca, Kurumsal Proje Yönetimi yazılım geliştirmede

kullanılabilecek programın seçimi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanılmıştır. AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenerek TOPSIS yöntemi ile de firmalar değerlendirilme yapılmıştır. Hamurcu & Eren (2016), AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak monoray teknoloji seçimi yapmıştır. Kızıltaş vd. (2017), televizyon haber bültenlerinde mevcut olan sorunları araştırmıştır. Bir (2018), çalışmasında Doğu Karadeniz Projesi kapsamında yer alan 9 ilin sürdürülebilirlik performansını araştırmıştır. TOPSIS yöntemi ile illerin performans sıralaması yapılarak en iyi il belirlenmiştir. Dikici (2018), mevduat ve katılım bankalarının performanslarının karşılaştırılması için TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Dikme (2018), sigorta şirketlerinin performanslarını TOPSIS yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Yıldız & Demir (2019), bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak Türkiye’de yerli otomobil üretimi için en uygun yeri belirlemiştir.

3.3. ARAS Yöntemi

ARAS yöntemi 2010 yılında Zavadskas & Turskis tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir (Zavadskas & Turskis, 2010). Diğer yöntemlerden farklı olarak alternatiflerin belirlenen ideal alternatifle kıyaslanarak ideal alternatife oransal benzerliğini bulmaktadır (Ömürbek vd., 2017a).

ARAS yöntemi dört adımdan oluşmaktadır (Zavadskas & Turskis, 2010):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması aşamasıdır (Eşitlik 12).

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ X_{31} & X_{32} & \cdots & X_{3n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2 \dots m. \quad j = 1, 2 \dots n \quad (12)$$

Adım 2: Normalize edilmiş karar matrisi oluşturma aşamasıdır. Eşitlik 13 ile fayda kriterleri, eşitlik 14 ile maliyet kriterleri normalize edilir.

$$\bar{X}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m X_{ij}} \quad (13)$$

$$\bar{X}_{ij} = \frac{1/x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m X_{ij}} \quad (14)$$

Adım 3: Ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturma aşamasıdır. İkinci adımda oluşturulan normalize karar matrisindeki değerlerin, belirlenen ağırlık dereceleriyle çarpımı ile elde edilir (Eşitlik 15).

$$X_{j=1}^n w_j = 1, \hat{X}_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 \bar{X}_{11} & w_2 \bar{X}_{12} & \cdots & w_n \bar{X}_{1n} \\ w_1 \bar{X}_{21} & w_2 \bar{X}_{22} & \cdots & w_n \bar{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 \bar{X}_{m1} & w_2 \bar{X}_{m2} & \cdots & w_n \bar{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 4: Alternatiflere ait optimal değer oluşturma aşamasıdır. Eşitlik (16) ile üçüncü adımdaki değerler toplanarak alternatifin optimal değeri (S_i) hesaplanır. Eşitlik (17) ile her alternatifin optimal değeri optimal karar matrisi satırındaki değere bölünerek alternatifin fayda değeri bulunur. Bulunan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralanan alternatifler arasında en büyük değere sahip alternatif en uygun alternatif olarak seçilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij} \quad (16)$$

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (17)$$

Literatürde ARAS yöntemi kullanılarak yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Aytekin & Erol (2018), finansal performansın sürdürülebilirlik endeksinde bulunabilmesi için yeterli olup olmadığını ARAS yöntemi ile analiz etmiştir. Bakır & Atalık (2018), 11 tane havayolu işletmesinin hizmet kalitesini değerlendirmek için ARAS yöntemini kullanmıştır. Korucuk (2018), Ordu'da bulunan imalat işletmelerinde tedarik zinciri yönetimi performans etkenlerinin önem sıralaması için ARAS ve COPRAS yöntemlerini kullanmıştır. Akgül (2019), bankaların 2010 ve 2018 yılları arasındaki finansal performanslarını SAW, MAUT ve ARAS yöntemlerini kullanarak sıralamıştır. Çakır & Can (2019), Alanya ilçesinde bir konaklama işletmesi için ARAS yöntemi ile en uygun dış kaynak seçimi yapmıştır. Ecer (2019), Türkiye'de bulunan özel sermayeli bankaların performanslarını Entropi ve ARAS yöntemlerini kullanarak analiz etmiştir. Işık (2019), Türk mevduat bankalarının 2008 ve 2017 yılları arasındaki finansal performanslarını ARAS yöntemi ile değerlendirmiştir. Deniz (2020), Türkiye'de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın sahip olduğu 10 patenti MOORA ve ARAS ile sıralamıştır.

3.4. MOOSRA Yöntemi

MOOSRA yöntemi fayda sağlayan ve fayda sağlamayan kriterlere dayalı basit oran hesaplaması yapmaktadır. Bu yöntem işlem kolaylığı ve kolay uygulanabilirliği gibi avantajlara sahiptir (Adalı & Işık, 2017).

MOOSRA yöntemi dört adımdan oluşmaktadır (Yarlıkaş, 2018):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması aşamasıdır (Eşitlik 18).

$$D = X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & \cdots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, m. \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Adım 2: Karar matrisinin normalize edilmesi aşamasıdır. Normalize edilmiş karar matris değerleri Eşitlik 19 ile hesaplanır.

$$X_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X^2_{ij}}} \quad (19)$$

Adım 3: Alternatiflerin fayda-maliyet oranlarının hesaplanması aşamasıdır. kriter ağırlık değerleridir. ile normalize edilmiş değeri çarpılarak ağırlıklandırılmış fayda ve maliyet değerleri bulunur (Eşitlik 20).

$$Y_i = \sum_{j=1}^g \frac{\sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^*}{\sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^*} \quad (20)$$

Adım 4: Alternatiflerin sıralaması aşamasıdır. Üçüncü adımda hesaplanan değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Böylelikle alternatifler arasından en iyi olanı belirlenir.

Ömürbek vd. (2017b), bankaların performans değerlendirmesi için ARAS, MOOSRA ve COPRAS yöntemlerini kullanmıştır. Ulutaş vd. (2018), lojistik merkezi yer seçimi için MOOSRA yöntemi ile alternatifleri sıralamıştır. Demircioğlu & Coşkun (2018), UPS seçimi için MOOSRA kullanmıştır. Ömürbek vd. (2017c), Avrupa Birliği ülkelerinin yaşam kalitelerini ARAS ve MOOSRA yöntemleri ile değerlendirmiştir. Altın (2020), Amerika kıtasında yer alan 31 ülkenin 2020 yılı makroekonomik verilerini kullanarak ARAS ve MOOSRA ile bu ülkelerin finansal performans sonuçlarını karşılaştırmıştır.

4. Uygulama

Çalışmada kriterleri belirlemek için öncelikli olarak literatür taraması yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Literatürde Kullanılan Kriterler

Çalışmalar	Yöntem	Kriterler
Güçlüer (2010)	CBS	Güneş enerjisi potansiyeli, eğim, arazi kullanımı ve arazi örtüsü, hidrografik özellikler, yerleşim, endüstri ve ulaşım ağı, elektrik hattına ve trafo merkezlerine yakınlık
Demirer (2017)	AHP	Çevresel kriterler: coğrafi konum ve iklim yapısı Ekonomik kriterler: sabit maliyet ve değişken maliyet
Duman (2018)	BWM, TOPSIS ve MOORA	Sıcaklık, yıllık güneş ışınım miktarı, arazi fiyatları, arazi deprem riski, enerji nakil hattı uzunluğu ve tüketim merkezlerine katkısı
Akçay (2019)	AHP-TOPSIS	Ekonomik kriterler; Trafo tarife bölgeleri, bölgesel teşvik uygulamaları, arazi maliyetler. Teknik kriterler; güneşlenme süresi, güneş radyasyonu, üretilebilecek enerji miktarı. Coğrafi kriterler; ortalama yağış miktarı, karlı gün sayısı, deprem riski, erozyon riski. Sosyal kriterler; işsizlik ve iş gücü
Aslan (2019)	CBS	Güneş enerjisi potansiyeli, eğim, bakı, trafo merkezlerine uzaklık, enerji nakil hatlarına uzaklık, akarsulara uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık
Koca (2019)	AHP	Eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yollara uzaklık, enerji hatlarına uzaklık

Literatürdeki kriterler uzman görüşleri ile değerlendirildikten sonra arazinin fiziki yapısı, atmosferik yoğunluk, arazinin marjinal yapısı kriterleri de eklenerek bu çalışma için toplamda 8 tane kriter belirlenmiştir:

- **Yıllık Güneş Işınım Miktarı (K1):** Yıllık güneş ışınım miktarı, güneş enerji santrali kurulacak yerde dikkate alınması gereken önemli kriterlerden biridir. Yıllık güneş ışınım miktarı elektrik üretimini belirlemektedir. Güneşten gelen radyasyon miktarına eş olarak değişiklik gösteren parametre durumundadır.
- **Arazinin Fiziki Yapısı (K2):** Güneş enerji santrali kurulacak yer için önemli bir etkidir. Santralin yapım ve işletme aşaması ile yakından ilişkilidir. Arazinin kayalık olup olmaması, topraklı olması, eğimli olması, yüzeyin düz olup olmaması gibi yapıları incelemek, santralin doğru yerde kurulabilmesi kararında önemli etkiye sahiptir.
- **Araziye Ulaşılabilirlik (K3):** Araziye ulaşılabilirlik, güneş enerji santralinin yapım aşamasında ve sonrasında etkili olmaktadır. Aksi bir durumda müdahale edebilmek için araziye ulaşabilme imkanı olumlu etki sağlar. Bu sebeple kurulacak güneş enerji santrali alanının şehir/ilçe merkezine yakın olması avantajlıdır.
- **Enerji Nakil Hattına Uzaklığı (K4):** Kurulması planlanan güneş enerji santrali enerji nakil hattına ne kadar yakın olursa maliyet o kadar az olur. Yakınlık, enerji nakil hattının kısa olmasını sağlar. Enerji nakil hattının uzak olması, üretilen elektriğin trafo merkezine ulaştırılması için ayrı bir maliyete neden olur. Bu sebeple, kurulacak yerin enerji nakil hattına mesafesi dikkate alınmalıdır.
- **Güneş Enerjisi Gelişim Potansiyeli (K5):** Güneş enerji santrali kurmak için belirlenen bölgenin enerji potansiyeli açısından verimli olmasının yanında bölge içerisinde gelişim potansiyeli de dikkate alınması gereken faktörlerden biridir. Bulunulan bölgeyi kalkındırmaya etkisinin yanında, bulunduğu bölgede nasıl bir gelişme göstereceği de önemlidir. Bölgede etkin olmayacak ya da gelişim gösteremeyecek bir güneş enerji santralini kurmak doğru bir karar olmayacaktır.
- **Atmosferik Yoğunluk (K6):** Dikkat edilmesi gereken bir diğer kriter ise atmosferik yoğunluktur. Atmosferik yoğunluğu az olan yeri seçmek güneş ışınımından yararlanmak açısından önemlidir. Alternatif bölgelerin atmosferik yoğunlukları 15° C hava sıcaklığında rakıma göre hesaplanmıştır.
- **Coğrafi Özellik (K7):** Türkiye, coğrafi özelliği bakımından farklı özellikleri barındırmaktadır. Coğrafi özellikler, bölgelere ve illere göre değişiklik göstermektedir. Santralin kurulacağı bölgenin rüzgâr durumu, bulutlu gün sayısı, karlı gün sayısı gibi etkenlerinin değerlendirmede dikkate alınması güneş ışınımından azami fayda sağlamak açısından önemlidir.
- **Arazinin Marjinal Yapısı (K8):** Güneş enerji santralinin kurulacağı alanın iyi bir tarım arazisi olmaması gerekir. Ot verimi düşük yerlerin seçilmesi önemlidir.

Bu kriterlerin karar matrisi oluşturulurken yıllık güneş ışınım miktarı dışındaki tüm kriterler karmaşık hesaplamalar içermesi veya nitel verilere sahip olması gibi sebeplerle doğrudan hesaplamalar yapılamadığından, karar matrisini oluştururken ordinal (sıralama) ölçüğü kullanılmıştır.

Alternatifler için ise Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nde (YEGM) bulunan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) incelendiğinde KOP bölgesinde Niğde, Konya ve Karaman illerinde toplam güneş radyasyonunun fazla olduğu görülmüştür. İllerin güneş enerji potansiyel atlası incelenerek güneş radyasyonu fazla olan Karaman Başyayla (A₁), Konya Taşkent (A₂) ve Niğde Bor (A₃) ilçeleri alternatif olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, alternatiflerin her birinin kriter açısından performansları literatür taraması ve uzman görüşleri sonucu elde edilen veriler ışığında değerlendirilmiş ve Tablo 2 oluşturulmuştur.

Tablo 2: Karar Matrisi (Alternatiflerin Kriter Değerleri)

	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet	Fayda	Maliyet	Maliyet	Maliyet
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
A ₁	1,68348	6	5	7	1	3	4	2
A ₂	1,71273	2	4	5	7	6	3	1
A ₃	1,61634	1	2	6	3	7	5	4

5. Bulgular

İlk olarak Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuş, sonrasında ise TOPSIS, ARAS ve MOOSRA yöntemleri ile alternatifler sıralanmıştır.

5.1. Entropi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Entropi yönteminin ilk adımı karar matrisi oluşturmaktır (Tablo 2). İkinci adımında ise normalize edilmiş karar matrisi bulunmaktadır. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Entropi Yöntemi Normalize Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
A ₁	0,33585	0,66667	0,45455	0,38889	0,09091	0,1875	0,33333	0,28571
A ₂	0,34169	0,22222	0,36364	0,27778	0,63636	0,375	0,25	0,14286
A ₃	0,32246	0,11111	0,18182	0,33333	0,27273	0,4375	0,41667	0,57143

Üçüncü adımda, normalize karar matrisindeki her kriterin alternatife ait değeri kendisiyle çarpılır ve tüm çarpım sonuçları toplanır. Hesaplanan k sabiti ile bu toplam değeri çarpılarak entropi değeri bulunur (Tablo 4).

Tablo 4: Entropi Değerinin Hesaplanması

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
	0,99973	0,77251	0,943189	0,99153	0,78278	0,94970	0,98083	0,86991

Dördüncü adımda, her entropi değeri 1 sayısından çıkartılır. Çıkan sonuçlar toplanır. Birinci kriterin entropi değeri bulunan toplam değere bölünür. Daha sonra ikinci kriter toplam

sonuca bölünür. Bu işlem bütün kriterlere uygulanır. Elde edilen değer o kritere ait ağırlık değeridir (Tablo 5).

Tablo 5: Kriter Ağırlık Değerleri

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
0,00038	0,32049	0,080037	0,011929	0,30603	0,07086	0,027001	0,183266

5.2. TOPSIS ile Alternatiflerin Sıralaması

Karar matrisi (Tablo 2) oluşturduktan sonra TOPSIS'in ikinci adımında normalizasyon yapılır (Tablo 6). Karar matrisinde bulunan her alternatifin, kriter değerlerinin kuvveti alınır. Sonrasında, o satırdaki alternatife ait kuvvet değerleri toplanarak karekökü alınır. Her kriterin o alternatife ait değeri bulunan karekök değerine bölünerek normalize karar matrisi oluşturulur.

Tablo 6: TOPSIS Yöntemi Normalize Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,58154	0,93704	0,74535	0,66742	0,13018	0,30942	0,56568	0,43643
A_2	0,59164	0,31234	0,59628	0,47673	0,91132	0,61885	0,42426	0,21821
A_3	0,55835	0,15617	0,29814	0,57207	0,39056	0,72199	0,70710	0,87287

Üçüncü adımda ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması için Entropi yöntemi ile hesaplanmış kriter ağırlık değerleri kullanılır. Her bir kriterin ağırlık değeri normalize karar matrisinde bulunan o kriter değeriyle çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur (Tablo 7). Ayrıca, ideal ve negatif ideal çözümün bulunabilmesi için ağırlıklı normalize matriste yer alan kriterlerin sütunda bulunan en büyük (max) ve en küçük (min) değerleri belirlenir.

Tablo 7: TOPSIS Yöntemi Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,00022	0,30032	0,05966	0,00796	0,03984	0,02193	0,01527	0,07998
A_2	0,00022	0,10011	0,04772	0,00569	0,27889	0,04385	0,01146	0,03999
A_3	0,00021	0,05005	0,02386	0,00682	0,11952	0,05116	0,01909	0,15997
Min	0,00021	0,05005	0,02386	0,00569	0,03984	0,02193	0,01146	0,03999
Max	0,00022	0,30032	0,05966	0,00796	0,27889	0,05116	0,01909	0,15997

Dördüncü adımda ideal çözümde sütunda yer alan değerler sırasıyla en büyük değerden çıkarılarak karesi alınır. Sonrasında, alternatife ait tüm kriter değerleri toplanarak karekökü alınır. Böylece ideal çözüm bulunmuş olur (Tablo 8). Negatif ideal çözümde ise sütunda yer alan değerler sırasıyla en küçük değerden çıkarılarak karesi alınır. Alternatife ait değerler toplanıp karesi alınarak negatif ideal çözüm bulunur (Tablo 8).

Beşinci adımda ideal çözüm ve negatif ideal çözümdeki her alternatifin karekök değerleri birbiriyle toplanır. Negatif ideal çözümdeki karekök değeri toplanan değere bölünerek üç alternatifin de ideal çözüme göreli yakınlığı hesaplanır (Tablo 8).

Tablo 8: TOPSIS Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralaması

	Si-	Si+	Ci*	Sıralama
A ₁	0,26679	0,24241	0,52394	2
A ₂	0,27337	0,20176	0,57535	1
A ₃	0,07969	0,32345	0,19767	3

TOPSIS yöntemi ile yapılan çözüm sonucunda belirlenen alternatiflerin sıralaması Tablo 8'de gösterilmiştir. Bu çözüme göre güneş enerji santrali için en uygun yer Konya Taşkent'tir (A₂). Sonrasında, Karaman Başyayla (A₁) ve Niğde Bor (A₃) gelmektedir.

5.3. ARAS ile Alternatiflerin Sıralaması

ARAS yönteminin karar matrisi Tablo 9'da gösterilmiştir. Bu yöntemde diğerlerinden farklı olarak optimal değer hesaplanmaktadır. Bu adımda optimal değer, fayda kriterleri için sütundaki maksimum değer, maliyet kriterleri için minimum değer olarak alınmıştır.

Tablo 9: ARAS Yöntemi Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₆	K ₅	K ₆	K ₇	K ₆
Optimal değer	1.71273	6	5	5	7	3	3	1
A ₁	1,68348	6	5	7	1	3	4	2
A ₂	1,71273	2	4	5	7	6	3	1
A ₃	1,61634	1	2	6	3	7	5	4
Σ	6.72528	15	16	23	18	19	15	8

İkinci adımda, birinci adımdaki kritere ait değerlerin sütun toplamına bölünmesiyle normalize karar matrisi değerleri bulunur (Tablo 10). Ayrıca optimal değer, birinci adımda hesaplanan optimal değerlerin sütun toplamına bölünmesiyle bulunur.

Tablo 10: ARAS Yöntemi Normalize Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Optimal değer	0.25467	0.4	0.3125	0.28187	0.38888	0.34146	0.29850	0.36363
A ₁	0.25032	0.4	0.3125	0.20134	0.05555	0.34146	0.22388	0.18181
A ₂	0.25467	0.13333	0.25	0.28187	0.38888	0.17073	0.29850	0.36363
A ₃	0.24033	0.06667	0.125	0.23489	0.16666	0.14634	0.17910	0.09090

Üçüncü adımda, Entropi yöntemi ile bulunan kriter ağırlık değerleri ile normalize karar matrisindeki alternatiflerin kritere ait değerleri çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur (Tablo 11).

Tablo 11: ARAS Yöntemi Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
Optimal değer	9.55886E-05	0.12819	0.02501	0.00336	0.11901	0.02419	0.00806	0.06664
A_1	9.39561E-05	0.12819	0.02501	0.00240	0.01700	0.02419	0.00604	0.03332
A_2	9.55886E-05	0.04273	0.02000	0.00336	0.11901	0.01209	0.00806	0.06664
A_3	9.0209E-05	0.02136	0.01000	0.00280	0.05100	0.01037	0.00483	0.01666

Dördüncü adımda, alternatif ve optimal satırların tüm değerleri toplanarak S_i değerleri bulunur. Alternatiflerin toplam değerleri optimal toplam değerine bölünerek K_i değerleri hesaplanır. Burada bulunan sonuçlar büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama bize güneş enerji santrali için alternatiflerin sıralamasını göstermektedir (Tablo 12). Yöntem sonucuna göre Konya Taşkent (A_2) 1. sırada, Karaman Başyayla (A_1) 2. sırada, Niğde Bor (A_3) 3. sırada yer almaktadır.

Tablo 12: ARAS Yöntemi Alternatiflerin Sıralaması

	S_i	K_i	Sıralama
Optimal değer	0.37458		
A_1	0.236271	0.630763	2
A_2	0.272013	0.726182	1
A_3	0.117135	0.312711	3

5.4. MOOSRA ile Alternatiflerin Sıralaması

MOOSRA yönteminin birinci adımında karar matrisi oluşturulmaktadır (Tablo 2). İkinci adımında ise karar matrisinde bulunan kriterlerin alternatiflere ait değerlerinin kuvveti alınır. Kritere ait sütundaki değerlerin toplama (Σ) işlemi yapılır ve toplam değerlerinin karekökü alınır. Son olarak karar matrisinde bulunan alternatifin kriter değeri bulunan karekök değerine bölünür. Böylece normalize karar matrisi oluşturulur (Tablo 13).

Tablo 13: MOOSRA Yöntemi Normalize Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,58154	0,93704	0,74536	0,66742	0,13019	0,30943	0,56569	0,43644
A_2	0,59165	0,31235	0,59628	0,47673	0,91132	0,66189	0,42426	0,21822
A_3	0,55835	0,15617	0,29814	0,57208	0,39057	0,72199	0,70711	0,87287

MOOSRA yönteminin üçüncü adımında, Entropi yöntemi ile hesaplanmış ağırlık değerleri kullanılmaktadır. Normalize edilmiş karar matrisinde bulunan değerler sırasıyla kriter ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur (Tablo 14).

Tablo 14: MOOSRA Yöntemi Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
A_1	0,00022	0,30032	0,05966	0,00796	0,03984	0,02193	0,01527	0,07998
A_2	0,00022	0,10011	0,04772	0,00569	0,27889	0,04385	0,01146	0,03999
A_3	0,00021	0,05005	0,02386	0,00682	0,11953	0,05116	0,01909	0,15997

Dördüncü adımda, maksimum fayda sağlayan kriter toplamları, minimum fayda sağlayan kriter toplamlarına bölünerek y_i değerleri hesaplanır ve bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır (Tablo 15). Bu yöntemin sonucuna göre en uygun alternatif Konya Taşkent (A_2) olmaktadır. İkinci sırada Karaman Başyayla (A_1) yer alırken, üçüncü sırada Niğde Bor (A_3) gelmektedir.

Tablo 15: MOOSRA Yöntemi Sonucuna Göre Alternatiflerin Sıralaması

	$\sum_{j=1}^g X_{ij}^*$	$\sum_{j=g+1}^g X_{ij}^*$	y_i	Sıralama
A_1	0,4000363	0,12514683	3,196536	2
A_2	0,4269462	0,10098806	4,227689	1
A_3	0,1936507	0,23704741	0,816928	3

Güneş enerjisi santrali kuruluş yerinin seçimi için TOPSIS, MOOSRA, ARAS yöntemleri ile yapılan çözüm sonuçları yukarıda gösterilmektedir. Çözüm sonuçları incelendiğinde tüm analizlerde Konya Taşkent alternatifi birinci sırada iken, Karaman Başyayla ikinci sırada, Niğde Bor alternatifi ise üçüncü sırada yer almaktadır. Üç yöntemde de Konya Taşkent alternatifi değeri en büyük çıkarken, Niğde Bor alternatifin değeri en küçük çıkmıştır.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Enerji kaynakları incelendiğinde, yenilenemeyen fosil kaynaklar insanoğlunun ilk kullandığı kaynaklardandır. Ancak fosil yakıtların çevre ve insan sağlığına zararı oldukça fazladır. Fosil yakıtların gelecekte tükenme ihtimali düşünüldüğünden yeni kaynaklar aranmaya başlanmıştır ve böylelikle yenilenebilir enerji kaynakları kullanıma girmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok kullanılanları güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji ve biokütle enerjisi olarak gruplandırılmaktadır. Bu kaynaklardan Türkiye’de gelişim ve kullanım potansiyeli en yüksek kaynaklardan biri güneş enerjisidir. Türkiye, güneş enerji kaynağı bakımından yüksek potansiyele sahip ülkelerden biridir ve son yıllarda izlenen politikalarla enerji karması içerisinde güneş enerjisine önemli bir yer verilmektedir. Güneş enerji santrallerinin doğru yere kurulumu enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Yatırımı yüksek maliyet gerektirdiğinden ve tarım arazilerini işgal edebileceğinden yanlış bir kurulum yeri seçiminin olumsuz etkisi yüksek olacaktır.

Bu araştırmada Türkiye’de güneş enerjisi santrali kurulum yeri için en uygun kararı vermeye yönelik bir inceleme yapılmıştır. KOP bölgesinde en doğru yere santral kurmak amacıyla 3 alternatif belirlenmiştir. Güneş enerji potansiyel haritasına göre KOP bölgesinde potansiyeli yüksek olan Niğde, Konya, Karaman illeri seçilmiştir. İllerin güneş enerji potansiyel haritalarına göre potansiyeli yüksek olan Karaman Başyayla, Konya Taşkent ve Niğde Bor ilçeleri alternatif olarak belirlenmiştir. Belirlenen 3 alternatif içinden seçim yapabilmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden Entropi, TOPSIS, MOOSRA ve ARAS kullanılmıştır.

Güneş enerji santrali yer seçiminde etkili olan kriterler için literatür araştırması yapılmış, çalışmalar incelenmiş ve yararlanılacak kriterler uzman kişilerle görüşülerek belirlenmiştir. Uzman kişilerle belirlenen 8 tane kriterin ağırlık değerleri Entropi yöntemi ile bulunmuştur. Kriter ağırlık değerleri TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yöntemlerinde uygulanarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

Sıralama büyük değere sahip alternatiften başlanarak küçük değere sahip olana doğru yapılmıştır. Konya Taşkent alternatifi tüm yöntemlerde birinci sırada yer alırken, Karaman Başyayla alternatifi ikinci sırada, Niğde Bor alternatifi ise üçüncü sırada yer almıştır. Tüm yöntemlerde sıralamanın aynı çıkmasının sebebi, alternatiflerin güneş radyasyon değerlerindeki sıralamanın etkisinin olduğu düşünülebilir. Radyasyon değeri en yüksek alternatif Konya Taşkent alternatifi olurken, ikinci büyük radyasyon değerine sahip alternatif Karaman Başyayla ve en düşük radyasyon değerine sahip alternatif ise Niğde Bor alternatifi olmuştur.

Bu araştırmada zaman kısıtı ve veri ulaşımı konusunda karşılaşılan problemler sebebiyle 8 kriter üzerinden analiz yapılmıştır. Ancak, Tablo 1’den de görüleceği üzere güneş enerjisi yer seçimi ile ilgili literatürde çok çeşitli kriterler kullanılmıştır. Bu sebeple, gelecek çalışmalarda bu çalışmadaki kriterlere ek ya da farklı kriterler kullanılarak daha kapsamlı bir analiz yapılabilir. Ayrıca, gelecek çalışmalarda bu çalışmada incelenen alternatifler dışında diğer bölgelerden de alternatifler belirlenerek analiz yapılabilir. Ayrıca çalışmada kullanılan Entropi, TOPSIS, MOOSRA ve ARAS yönteminden farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak da çalışmalar geliştirilebilir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar olarak makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduğumuzu beyan ederiz.

Çıkar çatışması beyanı

Çalışmanın yazar/tüm yazarları bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Kaynakça

- Akçay, M. (2019). AHP-TOPSIS hibrit yöntemi ile Türkiye’de güneş enerjisi santrali için yer seçimi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akgül, Y. (2019). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle Türk bankacılık sisteminin 2010-2018 yılları arasındaki performansının analizi. Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4(4), 567-582.

- Akkas, O. P., Erten, M. Y., Cam, E. & Inanc, N. (2017). Optimal site selection for a solar power plant in the Central Anatolian Region of Turkey. *International Journal of Photoenergy*.
- Alp, İ., Öztel, A. & Köse, M. S. (2015). Entropi tabanlı MAUT yöntemi ile kurumsal sürdürülebilirlik performansı ölçümü: Bir vaka çalışması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 65-81.
- Altın, H. (2020). A comparison of performance results of ARAS and MOOSRA methods: American continent countries. *Finance and Accounting*, 7(2), 173-186.
- Aslan, Ş. (2019). Güneş enerji santrali yer seçiminde CBS kullanımı: Kayseri ili örneği (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Atılğan, İ. (2000). Türkiye'nin enerji potansiyeline bakış. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(1), 31-47.
- Aytekin, S. & Erol, A. F. (2018). Finansal performans kurumsal sürdürülebilirlik performansının temel belirleyicisi midir? BIST sürdürülebilirlik endeksinde ARAS yöntemi ile bir uygulama. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, ÜİK Özel Sayısı, 869-886.
- Bakır, M. & Atalık, Ö. (2018). Entropi ve Aras yöntemleriyle havayolu işletmelerinde hizmet kalitesinin değerlendirilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 617-638.
- Bilirgen, U. (2018). Sektörel bakış: Enerji. Erişim Tarihi: 20.05.2019, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/Sektorel-bakis-2018-enerji.pdf>.
- Budak, İ., Dağ, O., Ömürbek, N. & Karaatlı, M. (2015). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yaşanabilir illerin sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 33, 215-228.
- Cebeci, S. (2017). Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi. (Uzmanlık Tezi), İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 05.08.2019, <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Seda-cebeci.pdf>.
- Çakır, E. & Can, M. (2019). Best-Worst yöntemine dayalı ARAS yöntemi ile dış kaynak kullanım tercihinin belirlenmesi: Turizm sektöründe bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1273-1300.
- Demireli, E. & Tükenmez, N. M. (2012). İşletme performansının ölçümü: TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi üzerine bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 2012(1), 25-43.
- Demirer, A. (2017). Güneş enerjisi santrali yer seçimi probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi yardımı ile değerlendirilmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Deniz, N. (2020). Teknoloji yönetiminde MOORA ve ARAS çok ölçütlü karar verme teknikleri ile patent değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 64, 191-207.
- Deveci, K., Cin, R. & Kağızman, A. (2020). A modified interval valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to multi-criteria selection among renewable energy alternatives in Turkey. *Applied Soft Computing*, 96, 106660.
- Dikici, Y. (2018). Katılım bankaları ile mevduat bankalarının çok kriterli karar verme yöntemiyle karşılaştırılması (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Finans Enstitüsü.
- Duman, M. H. (2018). Batı Akdeniz bölgesinde güneş enerjisi santrali için kuruluş yeri seçimi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ecer, F. (2019). Özel sermayeli bankaların kurumsal sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesine yönelik çok kriterli bir yaklaşım: ENTROPİ-ARAS bütünleşik modeli. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(2), 365-390.
- Ertuğrul, İ. & Özçil, A. (2014). Çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle klima seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(1), 267-282.

- Ervural, B. C., Zaim, S., Demirel, O. F., Aydın, Z. & Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1538-1550.
- Ezbakhe, F. & Pérez-Foguet, A. (2021). Decision analysis for sustainable development: The case of renewable energy planning under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 291(2), 601-613.
- Hamurcu, M. & Eren, T. (2016). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak monarayı teknoloji seçimi. *Transist 9. Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, 1-3 Aralık, İstanbul, Türkiye, Bildiriler Kitabı*, 287-296.
- Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications a state-of-the-art survey*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Işık, Ö. (2019). Türk mevduat bankacılığı sektörünün finansal performanslarının Entropi tabanlı Aras yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 90-99.
- Karaca, C. & Ulutaş, A. (2018). Entropi ve Waspa yöntemleri kullanılarak Türkiye için uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi. *Ege Akademik Bakış*, 18(3), 483-494.
- Karakaş, E. & Yildiran, O. V. (2019). Evaluation of renewable energy alternatives for Turkey via modified fuzzy AHP. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 31-39.
- Kaya, T. & Kahraman, C. (2011). Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6577-6585.
- Kızıltaş, Ş., Mermi, Ö. S., Alağaç, H. M., Bedir, N. & Eren, T. (2017). Ana haber bültenlerinin çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Global Media Journal: Turkish Edition*, 8(15), 346-363.
- Koca, H. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemi ve BAHF ile güneş enerjisi santralleri için yer seçimi ve değerlendirme: Menemen örneği (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Korucuk, S. (2018). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile imalat işletmelerinde TZY performans faktörlerinin önem derecelerinin belirlenmesi ve en ideal rekabet stratejisi seçimi: Ordu ili örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 33(2), 569-593.
- Makas, Y., Ömürbek, V. & Ömürbek, N. (2015). AHP ve TOPSIS yöntemleri ile kurumsal proje yönetim yazılımı seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 59-83.
- Organ, A. & Kaçaroğlu, M. O. (2020). Entropi ağırlıklı TOPSIS yöntemi ile Türkiye'deki vakıf üniversiteleri'nin değerlendirilmesi. *İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi*, 7(1), 28-45.
- Ömürbek, N., Karaatlı M. & Yetim, T. (2014). Analitik hiyerarşi sürecine dayalı TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile ADİM üniversitelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı*, 189-207.
- Ömürbek, V., Aksoy, E. & Akçakanat, Ö. (2017a). Bankaların sürdürülebilirlik performanslarının ARAS, MOOSRA ve COPRAS yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(19), 14-32.
- Ömürbek, N., Delibaş, D. & Altın, F. G. (2017b). Entropi temelli Maut yöntemine göre devlet üniversiteleri kütüphanelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 13, 72-89.
- Ömürbek, N., Eren, H. & Dağ, O. (2017c). Entropi-Aras ve Entropi-Moosra yöntemi ile yaşam kalitesi açısından AB ülkelerinin değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10(2), 29-48.

- Ömürbek, N. & Akçakaya, E. D. U. (2018). FORBES 2000 listesinde yer alan havacılık sektöründeki şirketlerin Entropi, MAUT, COPRAS ve SAW yöntemleri ile analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23(1), 257-278.
- Önder, E. & Doğan, A. (2014). İnsan kaynakları temin ve seçiminde çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanılması ve bir uygulama. Journal of Yasar University, 9(34), 5796-5819.
- Önel, F. (2014). Kuruluş yeri seçiminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle uygulanması (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şahin, İ. (2014). Dağıtım şebeke yatırım planlamasında çok kriterli karar verme yönteminin kullanımı (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TEİAŞ. (2020). Türkiye elektrik istatistikleri. Erişim Tarihi: 13.04.2019, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- Topak, M. S. & Çanakçıoğlu, M. (2019). Banka performansının Entropi ve Copras yöntemi ile değerlendirilmesi: Türk bankacılık sektörü üzerine bir araştırma. Mali Çözüm Dergisi, 29, 107-132.
- Ulutaş, A., Karaköy, Ç., Arıç, K. H. & Cengiz, E. (2018). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile lojistik merkezi yeri seçimi. İktisadi Yenilik Dergisi, 5(2), 45-53.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi ve MABAC yöntemleri ile personel seçimi. OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 13(19), 1552-1573.
- Ural, M., Demireli, E. & Özçalık, S. G. (2018). Kamu bankalarında performans analizi: Entropi ve Waspa yöntemleri ile bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 31, 129-141.
- Wang, T. C. & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. Expert Systems with Applications, 36(5), 8980-8985.
- Wu, J., Sun, J., Liang, L. & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon ENTROPY. Expert Systems with Applications, 38(5), 5162-5165.
- Yarlıkaş, S. (2018). Basketbol takımlarının teknik performanslarının CRITIC-MOOSRA yöntemi ile değerlendirilmesi. Journal of Social and Humanities Sciences Research, 5(29), 3848-3859.
- YEGM. (2020). Güneş enerjisi potansiyeli atlası. Erişim Tarihi: 25.06.2019, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- Yıldırım, M. & Altan, İ. M. (2019). Sigorta sektörünün finansal performansının Entropi ağırlıklı TOPSIS yöntemiyle analizi ve değerlendirilmesi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 8(1), 345-358.
- Yıldız, A. & Demir, Y. (2019). Bulanık TOPSIS yöntemiyle Türkiye'nin yerli otomobili için en uygun fabrika yerinin seçimi. Business & Management Studies: An International Journal, 7(4), 1427-1445.
- Yılan, G., Kadirgan, M. N. & Çiftçi, G. A. (2020). Analysis of electricity generation options for sustainable energy decision making: The case of Turkey. Renewable Energy, 146, 519-529.
- Zavadskas, E. K. & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multi criteria decision-making. Technological and Economic Development of Economy, 16(2), 159-172.

EXTENDED SUMMARY

Research Questions & Purpose

Due to the scarcity of fossil fuels in energy production and the need to reduce pollution, renewable and environmentally friendly resources should be prioritized and developed. Solar energy is one of the renewable energy sources with the greatest potential in Turkey. However, location selection is very important issue for solar energy as negative effect of a wrong location selection will be high because of high investment costs and agricultural land invasion. In this study, an assessment has been made to make the most appropriate decision for the solar power plant location in KOP region of Turkey.

Literature Review

The site selection for a solar power plant is basically a multi-criteria decision-making problem, as it includes a wide variety of criteria. Multi-criteria decision making is an approach that evaluates by using multiple conflicting criteria to choose the best one from among different alternatives. In the literature, various multi-criteria decision making methods have been used for the location of a solar power plant. Demirer (2017), in his study, selected the location for the solar power plant with the Analytical Hierarchy Process (AHP) technique, which is one of the multi-criteria decision-making techniques. Duman (2018) determined the most suitable location for a solar power plant in the Western Mediterranean Region by using the multi-criteria decision-making methods BWM, TOPSIS and MOORA. While determining the most suitable areas, he used the criteria of temperature, annual solar radiation amount, land prices, land earthquake risk, energy transmission line length and contribution to consumption centers. Akçay (2019) determined the most suitable location for a solar power plant in Turkey with the AHP-TOPSIS hybrid method. The criterion weights were found by the AHP method, and the alternatives were ranked by the TOPSIS method. Aslan (2019) evaluated the most suitable place for the establishment of solar power plants in the province of Kayseri with the Geographical information system (GIS) in his study. Koca (2019) tried to determine the most suitable solar power plant location for İzmir Menemen region by using GIS and BAHF methods.

Methodology

In this study, a decision making analysis was conducted using Entropy, TOPSIS, MOOSRA and ARAS methods for the location selection of a solar power plant to be established in Karaman Başyayla, Konya Taşkent and Niğde Bor locations in the KOP Region. A literature search and interview with experts were conducted for determining the criteria that are effective in the selection of solar power plant location. The weight values of the criteria were found by the Entropy method. The criteria weight values were applied in TOPSIS, MOOSRA and ARAS methods and the alternatives were ranked.

Results and Conclusions

Konya Taşkent alternative ranked first in all methods, Karaman Başyayla alternative ranked second, and Niğde Bor alternative ranked third. The reason why the ranking is the same in all methods can be considered as the effect of the ranking on the solar radiation values of the alternatives. While the alternative with the highest radiation value was the Konya Taşkent alternative, the alternative with the second largest radiation value was Karaman Başyayla and the alternative with the lowest radiation value was the Niğde Bor alternative.