

YENİLENEBİLİR ENERJİ ALTERNATİFLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE UYGUN TESİS YERİ SEÇİMİ: TÜRKİYE’DE BİR UYGULAMA*

EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY ALTERNATIVES AND SELECTION OF SUITABLE FACILITY LOCATION: A STUDY IN TURKEY

Hatice DOĞAN**

Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, GİRESUN
(hatice.dogan@giresun.edu.tr)

Ahmet Serhat ULUDAĞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, SAMSUN
(serhat.uludag@omu.edu.tr)

ÖZ

Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye gibi ülkeler, sahip oldukları enerji kaynaklarını etkin ve verimli kullanmak zorundadırlar. Fosil enerji kaynakları rezervlerinin en zengin olduğu bölgeler arasında yer almasına rağmen Türkiye, kendi ihtiyacını karşılayabilecek rezervlere sahip değildir. Bununla birlikte, coğrafi konumu ve iklimsel özellikleri Türkiye’ye yenilenebilir enerji kaynakları açısından değerlendirilebilecek büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, bu potansiyeli bulanık gri ilişkisel analiz yöntemini kullanarak değerlendirmek, Türkiye açısından en uygun bulunan yenilenebilir enerji türü bakımından hangi ilin en elverişli olduğunu gri ilişkisel analiz ve analitik hiyerarşi süreci yöntemlerini kullanarak tespit etmektir. Elde edilen bulgular, Türkiye açısından en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş enerjisi; güneş enerjisi için en elverişli ilin ise Mardin olduğunu göstermiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi aşamasında en önemli kriterlerin ÇED raporlarına uygunluk; zararlı madde ve gaz emisyonu, atık imha ihtiyacı; en elverişli ilin belirlenmesi aşamasında en önemli ana kriterin iklimsel özellikler, en önemli alt kriterin ise günlük güneşlenme süresi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tesis Yeri Seçimi, Yenilenebilir Enerji, Analitik Hiyerarşi Süreci, Gri İlişkisel Analiz, Bulanık Gri İlişkisel Analiz

* Bu çalışma, 27-28 Haziran 2018 tarihlerinde Bandırma’da düzenlenen Uluslararası Uygulamalı Ekonomi ve Sosyal Bilimler Kongresi ICEESS 2018’de “Uygun Yenilenebilir Enerji Kaynağı ve Yatırım Bölgesi Seçimi: Türkiye Özelinde Bir Uygulama” başlığı ile sanal olarak sunulmuş ve söz konusu başlık altında hazırlanan özet, özet bildiriler kitabında basılmıştır.

** Sorumlu yazar

ABSTRACT

Foreign-dependent countries in energy, such as Turkey, need to use their energy resources efficiently and productively. Turkey does not own the reserves to meet its own energy needs, although it is one of the richest regions in terms of fossil energy reserves. On the other hand, its geographical position and climate offer a great potential to Turkey in terms of renewable energy resources. The main purpose of this study is to evaluate this potential by using fuzzy grey relational analysis method, and to find out the most suitable city for the most suitable renewable energy type for Turkey by using grey relational analysis and analytical hierarchy process methods. The data obtained show that the most suitable renewable energy resource in Turkey is the solar energy, and the most suitable city for generating solar energy is Mardin. In addition, compliance with EIA (Environmental Impact Assessment) reports, harmful substances and gas emissions, waste disposal needy are found to be the most important criteria in evaluation of renewable energy resources; climatic characteristics are found to be the most important criterion in determining the most suitable city, and daily hours of sunshine is found to be the most important sub-criterion.

Keywords: Facility Location Selection Renewable Energy, Analytic Hierarchy Process, Grey Relational Analysis, Fuzzy Grey Relational Analysis

1. Giriş

Enerji temini ve enerji temini için gerekli kaynaklara sahip olma arzusu, geçmişten günümüze tarihsel akışı değiştiren pek çok önemli olayın altında yatan başlıca nedenler olmuştur. Bugün dahi dünya üzerinde vuku bulan; bölge halklarının özgülleştirilmesi, bölgeye demokrasi getirilmesi gibi benzeri söylemlerle gerekçelendirilen pek çok çatışma, savaş ve işgalin altında yatan temel neden enerji havzalarını kontrol altına alarak enerji temininde sürekliliği sağlama düşüncesidir. Enerji kaynaklarının dünya üzerinde farklı coğrafyalarda yer alması ve söz konusu kaynakların bu coğrafyalar arasında eşit dağılmaması enerji savaşlarının başlıca saikidir. Bu nedenle son yıllarda enerji konusu ülkeler açısından stratejik öneme sahip başlıca konulardan biri haline gelmiştir.

Günümüzde enerji kaynakları; yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yenilenemeyen enerji, insan etkileşimiyle serbest bırakılmadığı sürece yeraltında kalan, statik enerji depolarından elde edilen enerjidir. Yenilenebilir enerji ise, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından; “sürekli yenilenen doğal süreçlerden elde edilen enerji” olarak tanımlanmaktadır (IEA, 2007: 19). Yenilenemeyen enerji kaynaklarının giderek azalması ve sürdürülebilir enerji politikalarının uygulamaya konması, ülkelerin giderek artan bir şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelerine neden olmuştur. Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik ve biyokütle adı geçen yenilenebilir enerji kaynaklarından başlıcalarıdır.

Güneş enerjisi, güneş tarafından yayılan elektromanyetik enerjiden (Ayan ve Pabuççu, 2013: 91); rüzgâr enerjisi ise, havanın sahip olduğu kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesinden elde edilmektedir (www.yegm.gov.tr, 28.07.2018 tarihi itibarıyla). Yeraltındaki kayalarda birikmiş olan ısının akışkanlar aracılığıyla taşınarak rezervuarlarda birikmesiyle oluşan sıcak su, buhar, kuru buhar ve kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisi, bir diğer yenilenebilir enerji türü olup; jeotermal enerji olarak adlandırılırken (www.enerji.gov.tr, 26.07.2018 tarihi itibarıyla); sudaki potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle hidrolik enerji elde edilmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 267). Hidrolik enerjisi gibi doğa dostu olan bir diğer enerji türü de biyokütle enerjisidir. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan

organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütlev olarak da tanımlanmaktadır. Biyokütlev enerjisi ise, bu toplam kütlelenin yakılması sonucu elde edilmektedir (www.yegm.gov.tr, 28.07.2018 tarihi itibarıyla).

Enerji kaynakları dünyada farklı bölgelerde ve farklı miktarlarda bulunmaktadır. Bazı ülkeler enerji kaynakları bakımından zengin rezervlere sahipken, bazı ülkeler ise bu açıdan oldukça şansız durumdadır. Enerji kaynakları bakımından zengin olmayan ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltabilmek için mevcut kaynaklarını etkin ve verimli kullanmaları gerekmektedir. Türkiye, bu durum için iyi bir emsal teşkil etmektedir. Dünyanın en zengin fosil yakıt rezervlerinin bulunduğu bölgeler arasında bulunmasına rağmen Türkiye, kendi ihtiyacını karşılayabilecek fosil yakıt rezervlerine sahip değildir. Bununla birlikte, Türkiye sahip olduğu coğrafya ve bulunduğu konum itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyeli de sahiptir.

Bu çalışma, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından sahip olduğu bu büyük potansiyele atfedilen öneme binaen ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarından hangisinin Türkiye açısından daha uygun olduğunu belirlemek ve ardından bu enerji türü bakımından en elverişli ili tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi için Bulanık Gri İlişkisel Analiz (FGIA); en elverişli ilin tespit edilmesi için ise Gri İlişkisel Analiz (GIA) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmayla Türkiye'nin sahip olduğu kaynakları daha verimli ve etkin kullanmasını sağlayarak, ülke ekonomisinin daha müreffeh seviyelere çıkarılmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. Literatür Araştırması

Literatürde, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve içlerinden en uygunun seçimine yönelik farklı yöntemlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu bağlamda Heo vd. (2010), çalışmalarında bulanık AHP'yi kullanarak yenilenebilir enerji teknolojisine ilişkin Ar-Ge'nin ve etkin bir dağıtım programının oluşturulmasını amaçlamışlardır. Bulanık AHP ile birlikte VIKOR yöntemini kullanan Kaya ve Kahraman (2010), çalışmalarında ilk olarak İstanbul için yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişler, en iyi olan alternatifi belirlemişler ve ardından bu enerji kaynağı için en uygun ilçenin seçimine odaklanmışlardır. Cristobal (2011) ise, AHP ve VIKOR yöntemlerini bir arada kullanarak çalışmasında İspanya için çeşitli yenilenebilir enerji yatırım projelerini değerlendirmiş ve en iyi olanı seçmiştir. Sadeghi vd. (2012), Cristobal (2011)'den farklı olarak AHP ve TOPSIS yöntemlerini bir arada kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarını belirlemiş olduğu kriterlere göre sıralamıştır. Ayan ve Pabuçcu (2013), enerji kaynağı yatırımlarının değerlendirilmesi ve sıralanması için sadece AHP yönteminin kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Chamzini vd. (2013), COPRAS, AHP; TOPSIS, VIKOR, SAW, MOORA ve ARAS gibi pek çok farklı çok kriterli karar verme yöntemini bir arada kullandıkları çalışmalarıyla yenilenebilir enerji projelerini değerlendirmeyi ve içlerinden en iyisini seçmeyi amaçlamışlardır. Ertay vd. (2013), sürdürülebilir kalkınma için en iyi yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi maksadıyla MACBETH ve Bulanık AHP yöntemlerini bir arada kullanmışlardır. Tasri ve Susilawati (2014), belirsizlik koşulları altında AHP'yi kullanarak Endonezya'da elektrik üretimi için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını belirlemeye çalışmışlardır.

Şengül vd. (2015) ise çalışmalarında, TOPSIS ve Shannon Entropi yöntemleri bir arada kullanarak Türkiye'deki yenilenebilir enerji tedarik sistemlerini değerlendirmişler ve söz konusu tedarik sistemlerini kendi aralarında sıralamışlardır. Monte Carlo Simülasyonu ve GIA yöntemlerini bir arada kullandığı çalışmada Tüysüz (2017), yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmiştir. Karaca vd. (2017) ise çalışmalarında, COPRAS+İstihdam ve Ekonomik Kalkınma Modeli'ni bir arada kullanarak farklı alternatifler arasından optimal yenilenebilir enerji yatırım büyüklüğünü belirlemeye çalışmışlardır. Özcan vd. (2017) ise, yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerini değerlendirdikleri çalışmalarında ANP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağını belirlenmek isteyen Damgacı vd. (2017) ise, çalışmalarında sezgisel bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Bir başka çalışmada ise Boran vd. (2018), Bulanık VIKOR yöntemi yardımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmişlerdir.

Konuya ilişkin bu genel literatür araştırmasının ardından, çalışmanın takip eden kısmında, ilk olarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini ortaya koymaya yardımcı olacak genel bazı verilere, ardından incelenen ve çözümü aranan probleme, söz konusu problemin ele alınış tarzına, verilerin toplanma şekline, kullanılan yöntemlere, analize ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Türkiye, zengin fosil enerji kaynaklarına sahip olmamasına rağmen; yenilenebilir enerji üretimine kaynak sağlayacak coğrafi ve iklimsel özelliklere sahiptir. Zira, Türkiye'nin güneşlenme süresi birçok ülkeye göre oldukça yüksektir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'nda, Türkiye'nin yenilenebilir enerji noktasında sahip olduğu büyük potansiyeli yansıtacak veriler yer almaktadır (www.enerji.gov.tr, 27.07.2018 tarihi itibarıyla). Buna göre, Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat); yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m² (günlük ortalama 4,18 kWh/m²)'dür.

Benzer durum rüzgâr enerjisi için de geçerlidir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiş olup; bu Türkiye yüzölçümünün % 1,30'una denk gelmektedir. Türkiye'de 2017 yılında rüzgâr enerjisinden 17.909 GWh elektrik üretilmiş olup; bu toplam elektrik üretiminin % 6,06'sına karşılık gelmektedir.

Pek çok farklı bölgesinde sıcak su kaynakları bulunan Türkiye, jeotermal enerji açısından da büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MWT'dir. 2017 yılında jeotermal enerjiden 5.970 GWh elektrik üretilmiş olup; toplam elektrik üretiminin % 2,02'si jeotermal enerjiden karşılanmıştır.

Çok sayıda nehir ve akarsuya sahip olan Türkiye hidrolik enerji alanında pek çok yatırım yapmaktadır. Türkiye'nin hidroelektrik üretimi, 2017 yılında 58,5 milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup; toplam elektrik üretiminin % 19,8'i hidrolikten elde edilmiştir.

Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında da henüz Türkiye açısından yeni bir enerji türü olsa da biyokütle enerjisi, potansiyeli göz ardı edilmemesi gereken bir enerji çeşididir. 2017 yılı verilerine göre, biyokütleden 2.796,6 GWh elektrik üretilmiş olup; bu toplam elektrik üretiminin % 0,95'ini tekabül etmektedir.

4. Uygulama

Uygulamanın ilk aşamasında, değerlendirilecek yenilenebilir enerji alternatifleri belirlenmiştir. Ardından literatür araştırması yoluyla, bu alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak karar kriterleri araştırılmış ve seçilmiştir. Akabinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri araştırılmış ve belirlenen kriterlere uygun yöntemler seçilmiştir. Seçilen Bulanık Gri İlişkisel Analiz (FGIA) gereği uzman kişilerden oluşan bir karar verici grup oluşturulmuş ve bu grubun görüşleri doğrultusunda adı geçen yöntemle Türkiye açısından elverişli yenilenebilir enerji türü belirlenmiştir. Buna mukabil, FGIA ile belirlenen yenilenebilir enerji türü için hangi ilin daha elverişli olduğunu tespit etmeye yönelik çalışmalara başlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak, illeri değerlendirirken kullanılacak kriterlere yönelik literatür araştırması yapılmış ve kriterler belirlenmiştir. İl sayısını maksimize eden, aynı zamanda sağlıklı olarak veri temin edilebilen dönem belirlendikten sonra, bu verilere uygun yöntemi belirlemek için yine bir literatür araştırması yapılmış ve Gri İlişkisel Analizi (GIA) yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Gri İlişkisel Analizi (GIA) yönteminde karar kriterlerinin eşit olarak dağıtılmasını önlemek maksadıyla, AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Son olarak AHP ve GIA yöntemleri bir arada kullanılarak hangi ilin belirlenen yenilenebilir enerji türü açısından uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.1. Verilerin toplanması

Bulanık GIA aşamasında yenilenebilir enerji alanında çalışmaları bulunan iki akademisyen ve büyük ölçekli bir enerji firmasında çalışan st düzey bir yöneticiden oluşan bir karar verici grubu tesis edilmiştir. Uzman kişilerin değerlendirme ve yargılarını belirleyebilmek için hazırlanan formlar e-posta yoluyla kendilerine ulaştırılmış olup; geri dönüşler yine aynı yolla sağlanmıştır. Takip eden süreçte GIA yöntemi kullanılarak illere yönelik bir değerlendirme yapılmıştır. Belirlenen kriterler için ihtiyaç duyulan verilerin bir kısmı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden yazılı talep ile temin edilmiştir. Bir kısmı ise, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun resmi istatistik portallarından temin edilmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminin kullanıldığı aşamada ise, ihtiyaç duyulan verilerin temini için; amaç, ana ve alt kriter silsilesine uygun olarak hazırlanan formlar alanında uzman 12 akademisyene e-posta yoluyla gönderilmiş ve geri dönüşler yine aynı yolla sağlanmıştır.

4.2. Uygulamada kullanılan yöntemler

Bu kısım, uygulamada kullanılan AHP, GIA, Bulanık Mantık, Bulanık Küme Teorisi ve FGIA yöntemlerine ilişkin açıklamalar için tahsis edilmiştir.

4.2.1. Analitik hiyerarşi süreci (AHP)

İlk olarak 1968'de Myers ve Alpert tarafından ortaya atılan Analitik Hiyerarşi Süreci (Yaralıoğlu, 2010: 42), 1971-1975 yılları arasında Wharton School'dayken T.L.Saaty tarafından geliştirilmiş genel bir ölçüm teorisidir. Analitik hiyerarşi süreci, hem aralıklı hem de devamlı ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen oran lklerini kullanmaktadır. Bu karşılaştırmalar, kesin ölçümlerden veya tercihlerin ve hislerin görece önemini yansıtan temel bir lkten elde edilmektedir (Saaty, 1987: 161). Yöntem, yöneylem ve matematik alanlarında önemli çalışmaları olan Saaty'nin giderek daha komplike bir hal alan modelleme yaklaşımları yerine karar problemlerinde gerek matematiksel gerekse anlaşılabilirlik noktasında kolaylıklar sağlayacak bir teknik geliştirme

çabalarının bir sonucudur (Aktaş vd., 2015: 201). Analitik hiyerarşi süreci, karar vericilerin çok amaçlı, çok kriterli ve çok faktörlü veya herhangi bir sayıdaki alternatif hakkında kesinliğin olmadığı sezgisel, rasyonel ve irrasyonel kararlarla baş etmeleri gerektiğinde kullanılabilen kapsamlı bir yöntemdir. Yöntem, karar vericilere karmaşık bir problemin nicel ve nitel tüm yönlerini birleştirmede yardımcı olmaktadır. Bunu da, söz konusu problemi hiyerarşik bir düzende parçalarına ayırarak ve ikili karşılaştırma matrislerini oluşturarak sağlamaktadır (Gerdsri ve Kocaoğlu, 2007: 1073). Yöntemin, hiyerarşinin oluşturulması, önceliklerin belirlenmesi ve mantıksal tutarlık olmak üzere üç temel ilkesi bulunmaktadır (Neves ve Camanho, 2015: 1098). Hiyerarşik bir kriter yapısına izin vermesi, ağırlıklar tahsis edildiğinde kullanıcıların belli bir ana ve alt kritere odaklanmasına imkan vermektedir. Bu adım yani kriterler arasındaki ilişkiyi yansıtan hiyerarşik yapının kurulması, farklı hiyerarşik yapılardan dolayı farklı sıralamaların elde edilmesine neden olacağından önemlidir. Bu nedenle, çok sayıda bileşen içeren AHP hiyerarşilerinde sonuçların radikal şekilde değişmemesi için karar verici, hiyerarşik yapıyı oluşturan bileşenleri kümeler şeklinde bir araya getirmeye çalışmalıdır (Franek ve Kresta, 2014: 165). Tutarlılığa özel bir ilgi gösterilen AHP, çok kriterli karar verme, planlama, kaynak tahsisi ve çatışma çözümü gibi çok geniş bir alanda uygulanmaktadır (Saaty, 1987: 161). Aynı zamanda, sunduğu kolaylıklardan ötürü literatüre girdiği tarihten günümüze ÇKKV yöntemleri arasında en sık kullanılanlardan biri haline gelmiştir (Kalaycı ve Özer, 2016: 51). Saaty, AHP'yi öncelikleri tanımlamada ve karmaşık karar vermeyi desteklemede kullanılabilen sistematik bir uygulama olarak geliştirmiş olup; yöntemin metodolojisinin hiyerarşik yapısı, karmaşık bir karar verme sürecinin çok çeşitli faktörlerini bir bütün içinde basit bir şekilde birleştirebilme, sentezleyebilme ve ölçümleyebilmeye imkan vermektedir (Russo, 2015: 1123). Bu yolla AHP, karar vericilere en iyi kararı vermede ve öncelikleri oluşturmada yardımcı olmaktadır. Yöntem, kararın hem öznel hem de nesnel taraflarını betimlemeye yardımcı olmaktadır (Erdil ve Erbiyık, 2015: 2622). Şunu da unutmamak gerekir ki; AHP, doğru cevaba ulaşmayı sağlayan bir modelden ziyade karar vericilerin en iyi cevaba ulaşmalarını sağlayan bir modeldir. Bu yöntemin önemi, akademik çalışmalar ve organizasyonlar için kanıtlanmış olup; kuruluşların kendilerinin ve rakiplerinin stratejilerini belirlemede güçlü bir araçtır. Karar vericilerin, aynı çevreye mensup ve ortak bir hedefe sahip olmaları, grup içerisindeki statülerinin aynı olması ve aralarındaki uzun süreli ilişkinin varlığı AHP metodolojisinin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır (Longaray, 2015: 716).

AHP'nin metodolojisi Saaty (1986), Saaty (1987), Saaty (1990), Saaty (1994), Cheng ve Li (2001), Bhushan vd. (2004), Sinuany-Stern vd. (2006), Saaty (2008), Bologna vd. (2016), Yadav ve Sharma (2016) ve Kumar Singh vd. (2016)'nın çalışmaları dikkate alınarak aşağıda aşama aşama gösterilmiştir.

Aşama 1: Ele alınan sorunun betimlenmesi.

Aşama 2: Değerlendirme ölçütlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi.

Aşama 3: Ölçütler ve alternatifler arasındaki ilişkiyi gösteren hiyerarşik yapının oluşturulması.

Aşama 4: İkili karşılaştırmada kullanılacak bir ölçeğin belirlenmesi. Thomas L.Saaty tarafından geliştirilen ve bu çalışmada ağırlıkların belirlenmesi için faydalanılan ölçek Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. İkili Karşılaştırma Ölçeği

Ağırlığın Şiddeti	Tanım
1	Eşit önemde
3	Bir diğerine göre zayıf ılımlı önemde
5	Gerekli veya güçlü önemli
7	Çok güçlü veya önemi kanıtlanmış
9	Kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Kaynak: Saaty, 1986: 843

Aşama 5: Eşitlik (1) ile gösterilen ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.

$$C=[c_{ij}]_{k \times k} \quad (i=1,2,\dots,k; j=1,2,\dots,k) \quad (1)$$

Aşama 6: Eşitlik (2) ile gösterilen ağlık matrisinin oluşturulması.

$$S=[s_i]_{k \times 1} \quad (i=1,2,\dots,k) \quad (2)$$

Aşama 7: Eşitlik (3) ve (4) yardımıyla elde edilen sonuçların Eşitlik (5)'de kullanılmasıyla Tutarlılık Oranı (TO)'nın hesaplanması. TO'nun hesaplanabilmesi için; Rastsal İndeks (RI) değerinin de bilinmesi gerekmektedir. Tablo 2'de kullanılan kriter sayısına göre RI değerleri gösterilmektedir. Sonuçların güvenilirliği açısından TO değerinin 0,1'i aşmaması gerekmektedir. Bir diğer ifadeyle; $TO \leq 0,10$ olmalıdır.

$$C.S = \lambda_{\max} . S \quad (3)$$

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1} \quad (4)$$

Tablo 2. Rastsal Değerler

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,41	1,45	1,49

Kaynak: Saaty: 1994: 42

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (5)$$

Aşama 8: Alternatiflerin göreceli öncelik değerlerinin hesaplanması ve sıralama yapılması.

4.2.2. Gri ilişkisel analiz (GIA)

Gri İlişkisel Analiz (GIA), ilk kez 1982 yılında Çinli Profesör Julon Deng tarafından tam bilgi içermeyen pek çok sürecin araştırılması neticesinde en iyi süreç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Begovic vd., 2018: 167). Gri ilişkisel analiz, aralarında karmaşık iç ilişkiler bulunan çok değişkenli ve faktörlü problemlerin çözümünde kullanılan bir yöntemdir (Pragadish

ve Kumar, 2016: 4384). Buna ek olarak yöntemden, çok kriterli karar verme süreçlerinde ve ayrık veri setleri arasındaki çeşitli ilişkilerin analiz edilmesi gereken durumlarda (Ran ve Wang, 2015: 1302); çoklu doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modellerinin geliştirilmesinde de sıkça yararlanılmaktadır (Ragupathy vd., 2018: 137). Gri ilişkisel analiz, aralarında karmaşık ilişkiler bulunan çok faktörlü problemlerde faktörlerin tamamını tek bir çatı altında toplayarak ele alınan problemde amaç sayısını azaltarak teke düşürmektedir (Sundararajan ve Shanmugan, 2018: 224). Tzeng ve Huang (2012)'ye göre GIA, bulanık küme teorisinde olduğu gibi yetersiz bilgiyle karakterize edilen sistemlerin analizi için elverişli olan; sistem analizi, veri işleme, modelleme, tahmin, karar verme ve kontrol mühendisliği gibi alanları kapsayan ve geleneksel istatistiksel korelasyon analizlerine göre pek çok avantaja sahip olan matematiksel bir araçtır. Tsai vd. (2003) göre ise GIA, ayrık seriler için ilişki derecesini belirleyen, değişkenler arasındaki ilişkiyi ele alan ve bu yönüyle geleneksel istatistiksel analizlerden ayrılan bir yöntem olup; değişkenler arasındaki ilişkiyi ele alan, bol miktarda veriye ihtiyaç duyan, verilerin normal dağılım sergilemesi gereken ve sınırlı sayıda faktöre izin veren geleneksel analizlerle karşılaştırıldığında, daha az veriye ihtiyaç duyan, söz konusu analizlerin dezavantajlarının ortadan kalkmasını mümkün kılacak pek çok faktörü analize dâhil etmeye imkan tanıyan bir yöntemdir.

Gri ilişkisel analizi esas itibarıyla ayrık ve eksik bilgiyi barındıran problem ve durumları kapsayan gri sistem teorisinin bir parçası olup; deterministik sayıları dikkate alarak belirsizliğe vurgu yapmaktadır (Ahmadi vd., 2017: 2419). Gri ilişkisel analizi, normallik, simetri, bütünlük ve yakınlık prensiplerine uygun olarak geometrik matematiğe dayanmaktadır. İki sistem ya da seri arasındaki ilişkinin ölçüsü, seçilen bir sistemde karşılaştırılan bir seri ile referans serisi arasındaki eğilim ilişkisidir ve bu, ilişki derecesi olarak tanımlanmaktadır. Şayet referans serisi ile karşılaştırılan seri birbirlerine uyum eğilimindeyseler ilişki derecesi bire; aksi durumda sifıra yaklaşmaktadır. Özetle GIA, klasik istatistiksel yöntemlere göre daha az veriyle çalışmaya imkân veren ve verilerin normal dağılım sergileme zorunluluğunun olmadığı bir yöntem olup; seriler arasındaki benzerlik hakkında bilgi sunmaktadır (Chen vd., 2005: 232-233). Bunu da, karşılaştırmaya tabi tutulan alternatifler ile referans serisi arasındaki eğilim korelasyonlarının belirlemesi yoluyla sağlar (Su, 2011: 696). Gri ilişkisel analiz, problemin bir parçası olan faktörlerden hangisinin daha önemli olduğuna ve/veya değerlendirilen alternatiflerden hangisinin diğerlerine göre daha iyi olduğuna karar verilmesine imkan vermektedir. Gri ilişkisel analizde veri ön işleme, diferansiyel serilerinin hesaplanması, gri ilişki katsayılarının ve derecelerinin hesaplanması gibi temel aşamaların takip edilmesi gerekmektedir (Li vd., 2018: 5960). Gri ilişkisel analizin literatüre girmesinden bu yana yöntem pek çok farklı alanda uygulanmaya gelmiştir. Sonuçların orijinal verilere dayanması, hesaplamaların basit, anlaşılabilir olması ve iş çevresinde karar almak için en iyi yöntem olması GIA'nın başlıca avantajlarıdır (Ran ve Wang, 2015: 1302).

Bu çalışmada, GIA algoritması için Tüysüz (2017), Tzeng ve Huang (2012), Su (2011), Chen vd. (2005) ve Tsai vd. (2003) yer alan hiyerarşiye benzer bir yaklaşım benimsenmiş ve aşağıda aşamalar halinde gösterilmiştir:

Aşama 1: Eşitlik (6) ile gösterilen başlangıç karar matrisinin oluşturulması.

$$B=[b_1(j)]_{t \times z} \quad i=1,2,\dots,t; j=1,2,\dots,z \quad (6)$$

Aşama 2: Eşitlik (7) ile gösterilen referans serisinin belirlenmesi.

$$b_0=(b_0(j)) \quad j=1,2,\dots,z \quad (7)$$

Aşama 3: Karar kriterinin fayda, maliyet, optimallik durumuna göre sırasıyla; Eşitlik (8), (9) ve (10) kullanılarak normalizasyon işleminin yapılması ve Eşitlik (11)'de gösterilen normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması.

$$b_i^*(j) = \frac{b_i(j) - \min_j b_i(j)}{\max_j b_i(j) - \min_j b_i(j)} \quad (8)$$

$$b_i^*(j) = \frac{\max_j b_i(j) - b(j)}{\max_j b_i(j) - \min_j b_i(j)} \quad (9)$$

$$b_i^*(j) = \frac{|b_i(j) - b_{op}(j)|}{\max_j b(j) - b_{op}(j)} \quad (10)$$

$$B_i^* = [b_i^*(j)]_{z \times t} \quad (11)$$

Aşama 4: j noktasındaki b_0^* ile b_i^* arasındaki mutlak farkının " $\Delta_{0i}(j)$ " Eşitlik (12) kullanılarak hesaplanması ve mutlak değer tablosunun oluşturulması

$$\Delta_{0i}(j) = |b_0^*(j) - b_i^*(j)| \quad (12)$$

Aşama 5: Eşitlik (13) yardımıyla gri ilişkisel katsayıların hesaplanması ve gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (13)$$

Aşama 6: şayet, karar kriterlerine farklı oranlarda ağırlık atanmış ise Eşitlik (14); aksi takdirde, Eşitlik (15) kullanılarak gri ilişkisel derecelerin hesaplanması.

$$\acute{\Gamma}_{0i} = \sum_{j=1}^z [W_i(j) x \gamma_{0i}(j)] \quad (14)$$

$$\acute{\Gamma}_{0i} = \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z \gamma_{0i}(j) \quad (15)$$

4.2.3. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi

Bulanık mantığın temeli olan bulanık küme teorisi ilk kez 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından geliştirilmiş olup (Ece ve Uludağ, 2017: 108; Gl ve Uludağ, 2016: 85); yaklaşık akıl yürütmenin mantığı olarak tanımlanmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004: 39). Bulanık küme kavramı, herhangi bir kümeye üyelik için yeterli kriterlerin mevcut olmadığı, yetersiz betimlenmiş nesnelere oluşan

kümleri ifade etmektedir (Paksoy vd., 2013: 5). Bulanık mantıkta, kümede yer alan her bir eleman 0 ile 1 arasında değişebilen değerler alabilmektedir (Zadeh, 1965: 338-340; Uludağ ve Doğan, 2016: 18; Uludağ ve Deveci, 2013: 262). Bulanık mantıkta karar vericilerin değerlendirme ve yargıları için dilsel değişkenler kullanılmakta olup; bu dilsel değişkenler ve farklı üyelik fonksiyonları vasıtasıyla matematiksel ifadelere dönüştürülmektedir. Yaralıoğlu (2010) bulanık mantığın başlıca özelliklerini; sözel olarak ifade edilebilen yani dilsel doğruluk derecelerine sahip olması, geçerliliği kesin olmayan fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına işlemesi, her kavramın derece olarak bir karşılığının olması, her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi, bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanabilmesi şeklinde sıralamaktadır.

Literatürde; üçgen, yamuk, gaussian, çan şekilli, sigmoidal, s ve Π olmak üzere çok sayıda üyelik fonksiyon tipi olmakla birlikte (Baykal ve Beyan, 2004: 78-81); bunlar içerisinde en sık kullanılanları üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarıdır.

Bu çalışmada, bulanık sayıların özel bir türü olan ve $\mu_{\tilde{A}} = (d, o, y)$ şeklinde gösterilen üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Burada sırasıyla; d en küçük olası değeri, o olası değeri ve y ise en büyük olası değeri göstermektedir. $\tilde{A}_1 = (d_1, o_1, y_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (d_2, o_2, y_2)$ üçgen bulanık sayılar, r pozitif reel bir sayı olmak üzere; bulanık sayılarla gerçekleştirilen temel bazı matematiksel işlemler Tablo 3'te gösterilmiştir (Tsaur vd., 2002: 110).

Tablo 3. Bulanık sayılarla gerçekleştirilen bazı işlemler

Toplama İşleme	$\tilde{A}_1 (+) \tilde{A}_2 = (d_1 + d_2, o_1 + o_2, y_1 + y_2)$
Çıkarma İşlemi	$\tilde{A}_1 (-) \tilde{A}_2 = (d_1 - d_2, o_1 - o_2, y_1 - y_2)$
Çarpma İşlemi	$\tilde{A}_1 (x) \tilde{A}_2 = (d_1 x d_2, o_1 x o_2, y_1 x y_2)$
Bölme İşlemi	$\tilde{A}_1 (/) \tilde{A}_2 = (d_1 / y_2, o_1 / o_2, y_1 / d_2)$
Sabit Sayı İle Çarpma İşlemi	$\tilde{A}_1 (x) r = (d_1 x r, o_1 x r, y_1 x r)$

4.2.4. Bulanık gri ilişkisel analiz (FGIA)

Bulanık Gri İlişkisel Analiz, bulanık mantığın GIA'da kullanıldığı bir yöntem olup; çözüm için takip edilen yol büyük oranda GIA'ya benzemektedir. Bununla birlikte, FGIA dördüncü ve yedinci aşamalarda GIA'dan farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma ise, bulanık sayıların doğasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, FGIA için, Gümüş vd. (2013), Chen ve Ren (2018), Tseng vd. (2018)'e benzer bir algoritma benimsenmiş olup; aşağıda aşama aşama gösterilmiştir:

Aşama 1: Eşitlik (16) ile gösterilen başlangıç karar matrisinin oluşturulması.

$$\tilde{X} = [x_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Aşama 2: Karar kriterinin faydayı veya maliyeti temsil etmesi durumuna göre sırasıyla; Eşitlik (17) veya (18) kullanılarak normalize edilmiş değerlerin (\tilde{r}_{ij}) hesaplanması. Eşitliklerdeki $u_j^+ = \max_i \{u_{ij}\}$ ve $l_j^- = \min_i \{l_{ij}\}$ dir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}^-}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right) \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{m_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{l_{ij}^-} \right) \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Aşama 3: Eşitlik (19) ile gsterilen referans serisinin belirlenmesi.

$$\tilde{R}_0 = [\tilde{r}_{01}, \tilde{r}_{02}, \dots, \tilde{r}_{0n}] \quad \tilde{r}_{0j} = \max(\tilde{r}_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

Aşama 4: İki bulanık sayı arasındaki uzaklığın Eşitlik (20) kullanılarak belirlenmesi.

$$\Delta_{ij} = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \quad (20)$$

Aşama 5: Eşitlik (21) kullanılarak gri ilişkisel katsayıların hesaplanması ve gri ilişkisel katsayısı matrisinin oluşturulması.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (21)$$

Aşama 6: Eşitlik (22) kullanılarak gri ilişkisel katsayısı () derecesinin hesaplanması.

$$\hat{\Gamma}_{0i} = \sum_{j=1}^n [W_i(j) \times r_{0i}(j)] \quad (22)$$

Aşama 7: Eşitlik (23) ile gsterilen durulaştırma işleminin yapılması. Bu alışmada, Yager tarafından 1981 yılında geliştirilen (Bottani ve Rizzi, 2006, s.592) durulaştırma yontemi kullanılmıştır.

$$A = \frac{l + 2m + u}{4} \quad (23)$$

4.3. Verilerin analizi

Bu kısımda, ele alınan problemin ozumune yer verilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak, Türkiye açısından uygun yenilenebilir enerji kaynağı FGIA ile belirlenmiş; ardından AHP ve GIA yontemleriyle belirlenen enerji tru için hangi ilin elveriliş olduğu tespit edilmiştir.

4.3.1. Türkiye açısından en uygun yenilenebilir enerji kaynağının FGIA ile belirlenmesi

Analizin ilk aşamasında, ilgili literatür taranarak hangi karar kriterlerinin kullanılabileceğine yonelik bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmanın sonuçları uzmanlarla paylaşılmış ve görüşleri doğrultusunda 17 kriterin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kriterler Tablo 4'te gsterilmiştir.

Tablo 4. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler

Kriter No	Kriter Adı	Kriter No	Kriter Adı
C1	Fizibilite Çalışmasının Süresi	C10	Arazi Kullanımı
C2	Kaynağın Enerjiye Dönüşüm Süresi	C11	ÇED Raporlarına Uygunluk
C3	Yatırım Maliyetlerinin Uygunluğu	C12	Teknolojik Açıdan Güvenilirlik
C4	İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Uygunluğu	C13	Zararlı Madde ve Gaz Emisyonu
C5	Yatırımın Tamamlanma Süresi	C14	Atık İmha İhtiyacı
C6	Enerji Santralinin Ekonomik Ömrü	C15	Milli Enerji Politikaları İle Uyum
C7	Sağladığı İş İmkânı	C16	Devlet Teşviki
C8	Enerji Üretim İstikrarı	C17	Pazarın Büyüklüğü
C9	Enerji Verimliliği		

Bu aşamadan sonra, karar kriterlerinin ve birimlerinin değerlendirilmesi için kullanılacak dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar belirlenmiş ve Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Karar kriterleri ve alternatifler için kullanılan dilsel değişkenler

Kısaltmalar	Kısaltma Karşılığı	Bulanık Sayı Karşılığı	Kısaltmalar	Kısaltma Karşılığı	Bulanık Sayı Karşılığı
ÇÖNSZ	Çok Önemli	(0, 0, 0.1)	ÇK	Çok Kötü	(0, 0, 1)
ÖNSZ	Önemli	(0, 0.1, 0.3)	K	Kötü	(0, 1, 3)
BÖNSZ	Biraz Önemli	(0.1, 0.3, 0.5)	BK	Biraz Kötü	(1, 3, 5)
OÖ	Orta Önemli	(0.3, 0.5, 0.7)	O	Orta	(3, 5, 7)
BÖ	Biraz Önemli	(0.5, 0.7, 0.9)	Bİ	Biraz İyi	(5, 7, 9)
Ö	Önemli	(0.7, 0.9, 1.0)	İ	İyi	(7, 9, 9)
ÇÖ	Çok Önemli	(0.9, 1.0, 1.0)	Çİ	Çok İyi	(9, 10, 10)

Kaynak: Chen, 2000: 5

Bu aşamadan sonra daha önce GIA yönteminin anlatıldığı kısımda gösterilen hiyerarşi takip edilerek ele alınan problem çözülmüştür. Bu bağlamda ilk olarak, karar kriterlerinin ağırlıkları hesaplanmış ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Karar kriterlerinin ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar			Kriterler	Ağırlıklar		
C1	0,7000	0,8667	0,9667	C10	0,5667	0,7333	0,8667
C2	0,5667	0,7333	0,8667	C11	0,8333	0,9667	1,0000
C3	0,7000	0,9000	1,0000	C12	0,7667	0,9000	0,9667
C4	0,7000	0,8667	0,9667	C13	0,8333	0,9667	1,0000
C5	0,7000	0,8667	0,9667	C14	0,8333	0,9667	1,0000
C6	0,6333	0,8000	0,9000	C15	0,4000	0,5333	0,6667
C7	0,4000	0,5667	0,7333	C16	0,7000	0,8667	0,9667
C8	0,6333	0,8000	0,9000	C17	0,6333	0,8000	0,9000
C9	0,7000	0,8333	0,9000				

Elde edilen ağırlıklar karar kriterlerinin önem derecesine göre; ÇED raporlarına uygunluk (C11), zararlı madde ve gaz emisyonu (C13), atık imha ihtiyacı (C14), teknolojik açıdan güvenilirlik (C12), yatırım maliyetlerinin uygunluğu (C3), fizibilite çalışmasının süresi (C1), işletme ve bakım maliyetlerinin uygunluğu (C4), yatırımın tamamlanma süresi (C5), devlet teşviki (C16), enerji verimliliği (C9), enerji santralının ekonomik ömrü (C6), enerji üretim istikrarı (C8), pazarın büyüklüğü (C17), kaynağın enerjiye dönüşüm süresi (C2), arazi kullanımı (C10), sağladığı iş imkânı (C7) ve milli enerji politikaları ile uyum (C15) şeklinde sıralandığını göstermiştir. Karar kriterlerinin belirlenmesinin ardından, uzmanlardan karar birimlerini değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirmelere karşılık gelen bulanık sayıların aritmetik ortalaması alınarak grup ortalamasına ulaşılan ve Tablo 7’de gösterilen bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Bulanık karar matrisinin oluşturulmasının ardından; Eşitlik (17) ve (18) vasıtasıyla normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuş; Eşitlik (19) ile gösterilen referans serisi belirlenmiş; sonrasında Eşitlik (20)’deki formül yardımı ile uzaklık matrisi hesaplanmıştır. Uzaklık matrisinde yer alan değerler Eşitlik (21)’de kullanılarak gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulmuştur. Bu şamadan sonra, Eşitlik (22) kullanılarak gri ilişkisel dereceler hesaplanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını gri ilişkisel dereceler matrisindeki bulanık sayılara göre sıralayabilmek için Eşitlik (23)’de verilmiş olan formül kullanılarak durulaştırma işlemi yapılmıştır. Durulaştırılmış gri ilişkisel derece matrisinde yer alan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak her bir yenilenebilir enerji türüne ait gri ilişkisel dereceler belirlenmiş ve Tablo 8’de bu derecelere göre yapılan sıralama gösterilmiştir.

Tablo 7. Bulanık karar matrisi

Kriter	Rüzgâr		Güneş		Jeotermal		Hidrolik		Biyokütle						
C1	5,667	7,667	9,000	5,667	7,667	9,000	2,000	3,667	5,667	2,667	4,333	6,333	5,667	7,667	9,000
C2	7,000	9,000	10,000	7,667	9,333	10,000	6,333	8,333	9,667	4,333	6,333	8,000	5,000	7,000	8,667
C3	3,333	5,000	6,667	3,667	5,667	7,667	2,667	4,333	6,333	2,667	4,000	5,667	4,333	6,333	8,333
C4	3,333	5,000	6,667	5,667	7,667	9,000	4,333	6,333	8,000	3,667	5,667	7,667	4,333	6,333	8,333
C5	4,333	6,333	8,000	5,667	7,667	9,000	3,667	5,667	7,667	2,000	3,667	5,667	3,667	5,667	7,333
C6	6,333	8,000	9,000	7,667	9,333	10,000	3,667	5,667	7,333	6,333	8,333	9,667	5,667	7,667	9,000
C7	2,667	4,000	5,333	2,667	4,333	6,000	4,333	6,333	8,000	5,667	7,667	9,000	5,667	7,667	9,000
C8	4,333	6,333	8,000	6,333	8,333	9,667	4,333	6,000	7,333	7,667	9,000	9,667	7,000	8,667	9,667
C9	5,000	6,667	8,000	6,333	8,000	9,333	5,667	7,667	9,000	7,667	9,333	10,000	4,667	6,333	7,667
C10	1,667	3,667	5,667	3,667	5,667	7,667	2,667	4,333	6,333	2,000	3,333	5,000	4,333	6,333	8,333
C11	6,333	7,667	8,333	9,000	10,000	10,000	5,000	7,000	8,667	3,333	5,000	6,667	4,333	6,333	8,000
C12	7,000	9,000	10,000	7,667	9,333	10,000	7,000	8,667	9,667	8,333	9,667	10,000	7,000	8,667	9,667
C13	8,333	9,667	10,000	8,333	9,667	10,000	5,667	7,333	8,667	7,667	9,333	10,000	3,667	5,667	7,667
C14	9,000	10,000	10,000	9,000	10,000	10,000	5,667	7,667	9,333	8,333	9,667	10,000	3,000	5,000	7,000
C15	7,667	9,000	9,667	8,333	9,667	10,000	5,000	7,000	8,333	7,667	9,333	10,000	5,667	7,667	9,000
C16	7,667	9,000	9,667	8,333	9,667	10,000	4,000	5,667	7,333	7,000	9,000	10,000	5,667	7,667	9,000
C17	7,667	9,333	10,000	8,333	9,667	10,000	5,000	7,000	8,333	7,000	8,667	9,667	7,000	8,667	9,667

Tablo 8. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gri ilişkisel dereceleri

Yenilenebilir Enerji Türü	Gri İlişkisel Dereceler	Sıralama
Rüzgâr	1,1238	2
Güneş	1,4540	1
Jeotermal	0,8426	5
Hidrolik	1,0984	3
Biyokütle	1,0487	4

Bulanık GIA'nın sonuçları, Türkiye açısından en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş enerjisi olduğu göstermiştir. Güneş enerjisini sırasıyla; rüzgâr, hidrolik, biyokütle ve jeotermal izlemektedir.

4.3.2. AHP ve GIA yöntemleri vasıtasıyla güneş enerjisi için en uygun ilin seçilmesi

Çalışmanın bu aşamasında Türkiye'deki iller güneş enerjisi potansiyelleri bakımından değerlendirilmişlerdir. Bu amaçla ilk olarak, alana yönelik literatür araştırması yapılmış ve illeri değerlendirirken kullanılabilir karar kriterleri belirlenmiş, ardından illere ilişkin veriler toplanmış ve analiz dönemine karar verilmiştir. 2017 yılı verilerine göre gerçekleştirilen analizde Tablo 9'da gösterilen 10 adet karar kriteri kullanılmıştır.

Tablo 9. İllerin güneş enerjisi potansiyellerini değerlendirmek için belirlenen kriterleri

Kriter No	Kriter Adı (Birim)	Kriter No	Kriter Adı (Birim)
K1	Aylık Ortalama Sıcaklık	K6	Aylık Kuvvetli Rüzgarlı Gün Sayısı
K2	Günlük Güneşlenme Süresi (Saat)	K7	Genel Alan (km ²)
K3	Global Güneş Radyasyonu Toplamı	K8	Ormansız Alan (Ha)
K4	Aylık Açık Gün Sayısı	K9	Tarım Alanı (Dekar)
K5	Aylık Karla Örtülü Gün Sayısı	K10	Sulama Alanı (Ha)

Tablo 10'da ise analize konulan iller; yani, 28 karar birimi gösterilmiştir. Karar birimleri belirlenirken seçilen karar kriterleri açısından 2017 yılı verileri sağlıklı ve ulaşılabilir durumda olan iller dikkate alınmıştır.

Tablo 10. Analize konu olan karar birimleri

Kod	İl	Kod	İl	Kod	İl	Kod	İl
A1	Afyonkarahisar	A8	Bursa	A15	Karaman	A22	Neveşehir
A2	Ağrı	A9	Çanakkale	A16	Kastamonu	A23	Niğe
A3	Aksaray	A10	Gümüşhane	A17	Kırıkkale	A24	Sinop
A4	Ankara	A11	Hakkari	A18	Kırklareli	A25	Şırnak
A5	Artvin	A12	Iğdır	A19	Kilis	A26	Tekirdağ
A6	Batman	A13	Isparta	A20	Mardin	A27	Tokat
A7	Bolu	A14	Karabük	A21	Muğla	A28	Van

Karar birimlerine ait veriler, GIA'da Eşitlik (6) ile temsil edilen, başlangıç karar matrisini oluşturmaktadır. Bu aşamadan sonra Eşitlik (7) ile gösterilen referans serisi belirlenmiştir. Bu serinin eklenmiş olduğu başlangıç karar matrisi Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Referans serisinin eklenmiş olduğu başlangıç karar matrisi

İller	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Referans Serisi	18,3	8,7	192,1	15,3	0,1	1,7	25.632,0	2.136.734,0	296.921,0	86.475,0
A1	11,9	4,5	124,2	5,5	2,7	2,5	14.016,0	1.127.874,0	4.580.032,1	86.475,0
A2	7,0	6,2	136,9	8,2	11,6	8,3	11.099,0	1.082.070,0	3.549.447,0	8.457,0
A3	13,3	6,6	144,5	4,9	2,8	5,1	7.659,0	769.695,0	3.991.156,0	32.461,0
A4	12,9	4,9	127,3	8,3	1,4	5,1	25.632,0	2.136.734,0	11.827.261,2	13.344,0
A5	13,0	4,7	114,6	4,4	3,5	13,8	7.393,0	307.278,0	296.921,0	0,0
A6	15,9	8,2	146,4	8,6	1,3	3,5	4.477,0	356.156,0	910.654,0	11.157,0
A7	10,2	3,4	106,5	5,6	3,2	2,3	8.313,0	287.367,0	1.157.666,0	8.950,0
A8	15,5	4,6	107,9	8,3	0,8	6,3	10.813,0	593.240,0	3.026.886,5	72.467,0
A9	16,1	4,9	121,1	7,5	0,7	12,6	9.817,0	478.405,0	2.890.611,0	44.202,0
A10	10,6	5,7	124,3	9,0	5,8	12,1	6.668,0	356.866,0	814.471,0	4.595,0
A11	11,6	7,2	132,4	15,3	6,4	6,0	7.095,0	601.426,0	410.490,0	0,0
A12	12,4	6,9	132,7	8,6	5,2	4,1	3.664,0	533.844,0	1.045.527,0	62.810,0
A13	12,5	4,3	59,1	9,2	1,9	4,6	8.946,0	487.235,0	1.968.802,0	71.125,0
A14	12,9	5,2	192,1	4,8	1,5	3,7	4.142,0	113.798,0	498.499,0	800,0
A15	12,8	7,2	150,4	11,8	3,7	5,7	8.678,0	799.900,0	3.329.488,8	54.384,0
A16	10,2	3,8	108,6	4,7	0,9	1,7	13.064,0	446.910,0	1.453.260,5	24.369,0
A17	12,8	6,4	127,6	5,0	2,5	3,9	4.791,0	376.861,0	3.014.295,0	8.703,0
A18	14,4	4,3	110,8	8,2	1,0	2,3	6.459,0	387.038,0	2.354.466,0	33.452,0
A19	18,3	7,5	151,2	14,1	0,1	3,7	1.412,0	104.425,0	1.026.111,0	1.072,0
A20	17,6	8,7	147,7	12,3	0,3	10,3	8.780,0	747.361,0	3.127.831,0	8.997,0
A21	15,4	3,9	112,4	10,1	0,2	2,0	12.654,0	397.481,0	2.303.317,6	25.779,0
A22	11,8	7,1	138,6	10,3	4,4	3,3	5.485,0	510.309,0	3.235.807,0	7.404,0
A23	12,3	6,2	148,7	13,3	2,0	6,0	7.234,0	670.155,0	2.725.186,0	27.759,0
A24	14,0	3,9	99,2	6,8	0,5	12,4	5.717,0	205.469,0	779.132,0	7.310,0
A25	16,1	7,3	133,0	12,7	2,3	4,2	7.078,0	431.837,0	1.067.605,0	2.923,0
A26	14,5	5,6	119,8	9,5	0,6	6,1	6.190,0	524.809,0	3.964.469,4	12.921,0
A27	13,3	5,2	128,9	4,0	1,2	8,6	10.042,0	520.688,0	3.085.942,9	47.837,0
A28	10,6	7,3	152,6	10,6	6,0	3,4	20.921,0	1.869.803,0	3.153.133,0	47.976,0

Bu aşamadan sonra Eşitlik (8) ve (9) kullanılarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve Eşitlik (11) ile gösterilen normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Normalizasyon işlemi takiben, Eşitlik (12) kullanılarak mutlak değerler hesaplanmış ve mutlak değer tablosu oluşturulmuştur. Ardından, Eşitlik (13) kullanılarak gri ilişkisel katsayı değerleri hesaplanmıştır.

Gri ilişki katsayı değerlerinin belirlenmesinden sonra, gri ilişki derecelerinin hesaplanması gerekmektedir. Gri ilişki dereceler karar kriterlerinin farklı oranlarda ağırlıklandırıldığı durumlarda Eşitlik (14), eşit oranlarda ağırlıklandırıldığı durumlarda ise Eşitlik (15) kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu çalışmada karar kriterlerinin farklı oranlarda ağırlıklandırılması yoluna gidilmiş ve bu amaçla AHP kullanılmıştır. Bu aşamada ilk olarak, Tablo 12’de gösterildiği gibi, GIA’da kullanılan, 10 adet karar kriteri iklimsel Özellikler (İÖ) ve Arazi Özellikleri (AÖ) olmak üzere gruplandırılmıştır.

Tablo 12. AHP’ye konu olan ana ve alt kriterler

Ana Kriter (Kısaltması)	Alt Kriter Adı (Birim)	Alt Kriterin Kısaltması
İklimsel Özellikler (İÖ)	Aylık Ortalama Sıcaklık	İÖ _{K1}
	Günlük Güneşlenme Süresi (Saat)	İÖ _{K2}
	Global Güneş Radyasyonu Toplamı	İÖ _{K3}
	Aylık Açık Gün Sayısı	İÖ _{K4}
	Aylık Karla Örtülü Gün Sayısı	İÖ _{K5}
	Aylık Kuvvetli Rüzgârlı Gün Sayısı	İÖ _{K6}
Arazi Özellikleri (AÖ)	Genel Alan (km ²)	AÖ _{K7}
	Ormansız Alan (Ha)	AÖ _{K8}
	Tarım Alanı (Dekar)	AÖ _{K9}
	Sulama Alanı (Ha)	AÖ _{K10}

Belirlenmiş olan kriter ve alt kriterlerin ağırlıklarının analitik hiyerarşi süreci ile tespit etmek amacıyla on iki uzmanın görüşlerine başvurulmuştur. Ağırlıkların hesaplanabilmesi için yapılması gereken ilk adım ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır. Uzmanların bireysel değerlendirmelerinden elde edilen verilerin aritmetik ortalaması alınarak ana ve alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve Tablo 13-15’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Ana ve alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri

İkili Karşılaştırma Matrisi					Matrisin Tutarlılık Oranı
Ana Kriter		İÖ		AO	
İÖ		1		6	CR=0.00 ≤ 0.1
AO		1/6		1	

Tablo 14. İklimsel özellikler kriteri için ikili karşılaştırma matrisleri

İkili Karşılaştırma Matrisi							Matrisin Tutarlılık Oranı
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
K1	1	1/5	1/8	1/5	2	3	CR=0.084 ≤ 0.1
K2	5	1	2	3	6	5	
K3	8	1/2	1	3	5	5	
K4	5	1/3	1/3	1	7	7	
K5	½	1/6	1/5	1/7	1	1	
K6	1/3	1/5	1/5	1/7	1	1	

Tablo 15. Arazi özellikleri kriteri için ikili karşılaştırma matrisleri

İkili Karşılaştırma Matrisi					Matrisin Tutarlılık Oranı
	K7	K8	K9	K10	
K7	1	1	4	3	CR=0.017 ≤ 0.1
K8	1	1	5	5	
K9	1/4	1/5	1	2	
K10	1/3	1/5	1/2	1	

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasının ardından, AHP'nin temel aşamaları sırasıyla takip edilerek ağırlıklar hesaplanmıştır; elde edilen yerel ve genel ağırlıklar Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 16. Ana ve alt kriterlerin yerel ve genel ağırlıkları

Ana Kriter (Ana Kriterin Ağırlığı)	Alt Kriterin Kısaltması	Alt Kriterin Yerel Ağırlığı	Alt Kriterin Genel Ağırlığı
İklimsel Özellikler (0,8571)	K1	0,0700	0,0600
	K2	0,3480	0,2983
	K3	0,2877	0,2466
	K4	0,2079	0,1782
	K5	0,0427	0,0366
	K6	0,0436	0,0374
Arazi Özellikleri (0,1429)	K7	0,3646	0,0521
	K8	0,4339	0,0620
	K9	0,1141	0,0163
	K10	0,0875	0,0125

Ana ve alt kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin her birinin tutarlılık oranı kabul edilebilir seviyelerde çıkmıştır; bu durum elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu göstermektedir. Yapılan hesaplamalar neticesinde iklimsel özellikler ana kriterinin ağırlığı 0,8571 olarak, arazi özellikleri ana kriterinin ağırlığı ise 0,1429 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, uzmanlar tarafından iklimsel özelliklerin arazi özelliklerine göre daha fazla önemli bulunduğunu göstermektedir. İklimsel özellikler ana kriterini oluşturan alt kriterler kendi aralarında K2, K3, K4, K1, K6 ve K5 şeklinde sıralanmaktadır. Arazi özellikleri ana kriterini oluşturan alt kriterler ise kendi aralarında K8, K7, K9 ve K10 şeklinde sıralanmaktadır. Elde edilen sonuçlar, gerek ana gerek alt kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarsızlıklarının kabul edilebilir seviyelerde olduğunu göstermiştir. Alt kriterlerin tamamı bir arada düşünüldüğünde alt kriterler; K2, K3, K4, K8, K1, K7, K6, K5, K9 ve K10 şeklinde sıralanmaktadır. Ağırlıklar hesaplandıktan sonra, GIA'ya kaldığı yerden devam edilmiş ve ağırlıklarla gri ilişkisel katsayılar çarpılarak; gri ilişkisel dereceler hesaplanmış ve Tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 17. Gri ilişkiyel dereceler ve bunlara göre illerin sıralaması

İller	Gri İlişkiyel Dereceler	Sıralama	İller	Gri İlişkiyel Dereceler	Sıralama
Mardin	0,071181	1	Kırkkale	0,047856	15
Kilis	0,066903	2	Tekirdağ	0,047812	16
Batman	0,063093	3	Muğla	0,046979	17
Hakkari	0,062543	4	Afyonkarahisar	0,046930	18
Van	0,061607	5	Gümüşhane	0,046065	19
şırnak	0,059352	6	Çanakkale	0,045550	20
Karaman	0,058451	7	Bursa	0,045353	21
Karabük	0,057317	8	Kırklareli	0,044934	22
Niğde	0,056421	9	Tokat	0,044601	23
Nevşehir	0,054940	10	Kastamonu	0,042398	24
Ankara	0,052377	11	Isparta	0,041925	25
İğdir	0,052367	12	Artvin	0,041524	26
Aksaray	0,050901	13	Bolu	0,040859	27
Ağrı	0,048781	14	Sinop	0,040749	28

Tablo 17'den de anlaşılacağı üzere, analize konu olan 28 il arasında gri ilişkiyel katsayı değeri en yüksek olan ve buna göre güneş enerjisi açısından en elverişli olan il 0,071181'lik skorla Mardin olarak tespit edilmiştir.

Mardin, Fırat ve Dicle nehirleri arasında Mezopotamya olarak adlandırılan bölgede kurulmuş ve pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. İlin toplam yüzölçümü 8.891 km² olup, denizden yükseltisi yaklaşık 1.083 metredir. Mardin'de yazlar sıcak ve kurak geçerken; kiş ayları dağ kesimi hariç, yağışlı ve ılıman geçmekte olup; bu açıdan komşu illerden oldukça farklılaşmaktadır. Mardin ilinde günlük toplam en yüksek yağış miktarı 145,9 kg/m² ile 03.02.1982 yılında; en şiddetli rüzgâr 143,6 km/saat ile 29.04.1994 tarihinde; en yüksek kar kalınlığı 93 cm ile 06.03.1959 yılında gerçekleşmiştir. 2014 yılı verilerine göre ilde kişi başına düşen toplam elektrik tüketimi 950 KWh; toplam elektrik tüketimi ise 749.542 MWh'dir. Tüketimde en büyük pay sanayi işletmelerinin ardından meskenlere aittir. İlin toplam elektrik üretim kapasitesi 14,4 MW olup; bunun neredeyse tamamı hidrolik enerjisinden elde edilmektedir. 2015 yılındaki dağıtım gerilim seviyesindeki hat uzunluğu 12.050 km; trafo kapasitesi 2.165 MVA; trafo sayısı ise 9.261'dir. 2015 yılında il bazında toplam 2,14 milyon sm³ doğalgaz üretimi gerçekleşmiş olup; doğalgaz tüketim miktarı 9,2 sm³tr. İlde 50 m'de rüzgâr gücü 300-400 W/m²; 50 m'de rüzgâr hızı 6,8-7,5 m/s; 50 m'deki rüzgâr toplam alanı 101,78 km²; 50 m'deki rüzgâr toplam kurulu gücü 508,88MW'dir. 2014 yılı verilerine göre ilde 5.000 ton uranyum, 268.343.000 mr mermer, 17.502.000 kvsk kuvars kumu, 16.000.000 ton imento hammaddeleri, 260.000.000 ton fosfat rezervi bulunmaktadır. İlde 1968 yılında inşa edilmiş 1 adet hidroelektrik santrali bulunmakta olup; bu tesisin kurulu gücü 14,4 MW'dir. Mardin'in özellikle iklimsel özelliklerinin elverişliliği ve sulama kapasitesinin yüksek oluşu güneş enerjisi açısından analize konu olan iller arasında ilin ön plana çıkmasına neden olmuştur. Mardin ili güneş enerjisi potansiyeli atlasına göre de, ilinin tamamı yılda m² başına 1550-1650 KWh ve üzeri toplam güneş radyasyonu değerine sahiptir (<http://www.yegm.gov.tr>, 28.07.2018 tarihi itibarıyla). Bu durum güneş enerjisi açısından Mardin'e büyük bir avantaj sağlamaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, enerji ihtiyacını karşılama noktasında dışa bağımlı olan Türkiye açısından yenilenebilir enerji konusu irdelenmiştir. Bulanık GIA kullanılarak yapılan analiz, Türkiye açısından en uygun yenilenebilir enerji çeşidinin Güneş enerjisi olduğunu göstermiştir. Ardından GIA ve AHP yöntemleri kullanılarak yapılan analizle güneş enerjisi için en elverişli ilin, iklimsel ve coğrafi özellikler açısından, Mardin olduğu tespit edilmiştir.

Analitik hiyerarşi sürecinin sonuçları da hatırlanacak olursa, uzmanların illeri değerlendirirken en önem verdikleri ana kriter iklim özellikleri ana kriteri iken; tüm alt kriterler içerisinde en önemli buldukları alt kriterler ise, günlük güneşlenme süresi ve global güneş radyasyonu kriterleri olmuştur. Bu açıdan iklim özellikleri açısından oldukça elverişli olan Mardin'in ilk sırada yer alması şaşırtıcı değildir.

Güneş enerjisi bakımından sahip olduğu bu potansiyelin değerlendirilmesine yönelik yapılacak yatırımlar, başta Mardin olmak üzere ülke ekonomisine katkı sağlayacak ve enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Aynı zamanda bu yolla, Mardin ilinin ekonomisi gelişmekle kalmayacak, bölge insanın da yaşam standartları yükseltecektir.

Şunu hemen belirtmek gerekir ki; bu çalışmayla elde edilen sonuçların doğru yorumlanabilmesi için çalışmanın sınırlılıklarının gözden kaçırılmaması gerekmektedir. İlk olarak, bu çalışmada Türkiye açısından uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi aşamasında sınırlı sayıda uzman kişinin değerlendirme ve yargılarına başvurulmuştur. Ulaşılan uzman kişi sayısı analiz için yeterli olsa da; daha fazla sayıda uzmana ulaşılması daha geniş bir konsensüs sağlayacaktır. İkinci olarak, bu çalışmada illerin güneş enerjisi açısından sahip oldukları potansiyelleri değerlendirirken sadece iklim ve arazi yapısı ile ilgili kriterler dikkate alınmıştır. Üçüncü olarak, illerin güneş enerjisi potansiyellerini değerlendirirken kullanılan kriterlerinin ağırlıkları AHP ile hesaplanmıştır. AHP ile elde edilen sonuçların seçilen uzmanların değerlendirme ve yargılarına bağlı olarak şekillendiği unutulmamalıdır. Dördüncüsü bu çalışma bir ön çalışma olma özelliğine sahiptir. Bu nedenle analize konu olan iller tüm özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmek yerine temel bazı değişkenler üzerinden analize tabi tutulmuştur. Beşincisi, bu çalışmada sadece Bulanık GIA, GIA ve AHP kullanılmış olup; sonuçların farklı yöntemler tercih edildiğinde değişebileceği göz ardı edilmemelidir.

Bu bağlamda, gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve/veya yenilenebilir enerji tesislerinin kurulacağı bölgelerin tespitine yönelik yapılacak çalışmalarda daha fazla sayıda uzman kişiye ulaşılması ve farklı yöntemlerin kullanılması adına büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Ahmadi, H.B., Petrucci, S.H.H. ve Wang, X. (2017) "Integrating sustainability into supplier selection with analytical hierarchy process and improved grey relational analysis: a case of telecom industry, *Int.J.Adv. Manuf.Technol.*, 90, 2413-2427.
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. ve Türen, U. (2015) "Sayısal Karar Verme Yöntemleri", İstanbul: 1.Baskı, Beta Yayınları.
- Ayan, T., Y. ve Pabuççu, H. (2013) "Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3): 89-110.

- Baykal, N. ve Beyan, T. (2004) "Bulanık Mantık İlke ve Temelleri", Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Begovic, E., Ekinovic, S. Ve Kljucanin, D. (2018) "Grey Relational Multi-Parametric Taguchi Based optimization of t-The Process Parameters in Aluminium Face Milling", ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering, 1 (February), 165-169.
- Bhushan, N. ve Rai, K. (2004) "Strategic Decision Making Applying the Analytic Hierarchy Process" (Editors: Roy., R.), Springer
- Bologa, O., Breaz, R-E., Racz, S-G. ve Crenganiş, M. (2016) "Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) in evaluating the decision of moving to a manufacturing process based upon continuous 5 axes CNC machine-tools", Procedia Computer Science, 91, s.683-689.
- Boran, F. E. (2018) "A new approach for evaluation of renewable energy resources: A case of Turkey, Energy Sources, Part B: Economics", Planning and Policy, 13(3): 196-204.
- Bottani, E. ve Rizzi, A. (2006) "Strategic management of logistics service: A fuzzy QFD approach", International Journal of Production Economics, 103: 585-599.
- Chamzini, A. Y., Fouladgar, M. M., Zavadskas, E. K. ve Moini, H. H. (2013) "Selecting the optimal renewable energy using multi criteria decision making", Journal of Business Economics and Management, 14(5): 957-978.
- Chen, C. T. (2000) "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", Fuzzy Sets and Systems, 114: 1-9.
- Chen, L. ve Ren, J. (2018) "Multi-attribute sustainability evaluation of alternative aviation fuels based on fuzzy ANP and fuzzy grey relational analysis", Journal of Air Transport Management, 68: 176-186.
- Chen., H-H., Tsai, P-J., Chen., S-H., Su, Y-M., Chung, C-C. ve Huang, T-C. (2005) "Grey Relational Analysis of Dried Roselle (Hibicus Sabdariffa L.)", Journal of Food Processing and Preservation, 29: 228-245.
- Cheng, E. W. L. ve Li H. (2001) "Information priority-setting for beter resource allocation using analytic hierarchy process (AHP)", Information Management & Computer Security, 9(2): 61-70.
- Cristobal, J. R. San (2011) "Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy Project in spain: The Vikor method", Renewable Energy, 36: 498-502.
- Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008) "Enerji sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları", Selçuk Üniversitesi sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20: 257-278.
- Damgacı, E., Boran, K. ve Boran F. E. (2017) "Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi", Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic, 20(3): 629-637.
- Ece, O. ve Uludağ, A.S. (2017) "Applicability of Fuzzy TOPSIS Method in Optimal Portfolio Selection and an Application in BIST, International Journal of Economics and Finance, 9 (10), s.107-127.
- Erdil, A. ve Erbiyık, H. (2015) "Selection Strategy via Analytic Hierarchy Process: An Application for a Small Enterprise in Milk Sector", Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, s.2618-2628.
- Ertay, T., Kahraman, C. ve Kaya, İ. (2013) "Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multi criteria methods: The case of Turkey", Technological and Economic Development of Economy, 19(1): 38-62.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2018) <http://www.enerji.gov.tr>
- Franek, J. Ve Kresta, A. (2014) "Judgment scales and consistency measure in AHP", Procedia Economics and Finance, 12, s.164-173.
- Gerdşri, N. ve Kocaoğlu, D.F. (2007) "Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping", Mathematical and Computer Modelling, 46, s.1071-1080.
- Gül, D. ve Uludağ, A.S. (2016) "Determination of the Most Charismatic Leader Using Analytic Hierarchy Process and Fuzzy TOPSIS: An Application in Turkey, International Business Research, 9 (7), s.80-97.

- Gümüş, A. T., Yayla, A. Y., Çelik, E. ve Yıldız, A. (2013) "A combined fuzzy-AHP and fuzzy-GRA methodology for hydrogen energy storage method selection in Turkey", *Energies*, 6: 3017-3032.
- Heo, E., Kim, J. ve Boo, K. (2010) "Analysis of the assessment factor for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 2214-2220.
- International Energy Agency (IEA) (2007) https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Renewable_Heating_Cooling_Final_WEB.pdf, (19.07.2018).
- Kalaycı, Ü. ve Özer, U. (2016) "Selection of site specific vibration equation by using analytic hierarchy process in a quarry", *Environmental Impact Assessment Review*, 56: 50-59.
- Karaca, Ç., Ulutaş, A. ve Eşgünoğlu, M. (2017) "Türkiye'de optimal yenilenebilir enerji kaynağının COPRAS yöntemiyle tespiti ve yenilenebilir enerji yatırımlarının istihdam artırıcı etkisi", *Maliye Dergisi*, 172: 111-132.
- Kaya, T. ve Kahraman, C. (2010) "Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul", *Energy*, 35: 2517-2527.
- Kumar Singh, D., Kumar, A. ve Kumar Dash, M. (2016) "Using Analytic Hierarchy Process to Develop Hierarchy Structural Model of Consumer Decision Making in Digital Market", *Asian Academy of Management Journal*, 21 (1), s.111-136.
- Li, H., Hu, W., Wang, W. ve Xie, Z. (2018) "Automatic Dictionary Learning Sparse Representation for Image Denoising", *The Journal of Grey System*, 30 (2), 57-69.
- Longaray, A.A., Gois, J.D.R. ve Munhoz, P.R.S. (2015) "Proposal for using AHP method to evaluate the quality of services provided by outsourced companies", *Procedia Computer Science*, 55, s.715-724.
- Neves, A.J.S. ve Camanho, R. (2015) "The Use of AHP for IT Project Priorization – A Case Study for Oil & Gas Company", *Information Technology and Quantitative Management*, 55, s.1097-1105.
- Özcan, E. C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T. (2017) "ANP ve TOPSIS yöntemleri ile Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi", *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, 5(2): 204-219.
- Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N. Ve Özceylan, E. (2013), *Bulanık Küme Teorisi*, Nobel Yayınları, Ankara.
- Pragadish, N. ve Kumar, M.P. (2016) "Optimization of Dry EDM Process Parameters Using Grey Relational Analysis", *Arab. J. Sci. Eng.*, 41, 4383-4390.
- Ragupathy, K., Velmurugan, C. ve Senthilkumar, N. (2018), "Tribological and Heat Treatment Prediction of Stir Cast Al 6061/SiC/MoS₂ Composites Using Grey Relational Analysis", *Journal of the Balkan Tribological Association*, 24 (2), 135-154.
- Ran, R. Ve Wang, B-J. (2015) "Combining grey relational analysis and TOPSIS concepts for evaluating the technical innovation capability of high technology enterprises with fuzzy information", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 29, 1301-1309.
- Russo, R.F.S.N. ve Camanho, R. (2015) "Criteria in AHP: a Systematic Review of Literature", *Procedia Computer Science*, 55, s.1123-1132.
- Saaty, T. L. (1990) "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 48: 9-26.
- Saaty, T. L. (1994) "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process", *Interfaces*, 24(6): 19-43.
- Saaty, T., L. (2008) "Decision making with the analytic hierarchy process", *Int. J. Services*. 1(1): 83-98.
- Saaty, T.L. (1986) "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*. 32(7): 841-855.
- Saaty, T.L. (1987) "Using the Analytic Hierarchy Process to Derive Health State Utilities from Ordinal Preference Data", *Value in Health*, 18, 841-845.
- Sadeghi, A., Larimian, T. ve Molabashi, A. (2012) "Evaluation of energy sources for generating electricity in province of Yazd: A fuzzy MCDM approach", *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 62: 1095-1099.
- Sinuany-Stern, Z., Israeli, Y., Bar-Eli, M. (2006) "Application of the analytic hierarchy process for the evaluation of basketball teams", *Int. J. Sport Management and Marketing*, 1 (3), s.193-207.

- Su, Z-X. (2011) "A hybrid fuzzy approach to fuzzy multi-attribute group decision-making", *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 10 (4): 695-711.
- Sundararajan Konganapuram, S. ve Shanmugam, S.K. (2018) "Multi-objective Optimization of Friction Welding Process Parameters using Grey Relational Analysis for Joining Aluminium Metal Matrix Composite, *Materials Science (Medziagotyra)*, 24 (2), 222-229.
- şengöl, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V. ve şengöl, A. B. (2015) "Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey", *Renewable Energy*, 75: 617-625.
- Tasri, A. ve Susilawati, A. (2014) "Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia", *Sustainable Energy Technologies and Assessment*, 7: 34-44.
- Tsai, C-H., Chang, C-L. ve Chen, L. (2003) "Applying Grey Relational Analysis to the Vendor Evaluation Model", *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11 (3): 45 – 53.
- Tsaur, S. H., Chang, T. Y. ve Yen, C. H. (2002) "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM", *Tourism Management*, 23: 107-115.
- Tseng, M. L., Lim, M., Wu, K.J., Zhou, L. ve Bui, D. T. D. (2018) "A novel approach for enhancing green supply chain management using converged interval-valued triangular fuzzy numbers-grey relation analysis", *Resources, Conservation and Recycling*, 128: 122-133.
- Tüysüz, F. (2017) "A hybrid multi-criteria analysis approach for the assessment of renewable energy resources under uncertainty", *Alphanumeric journal*, 5(2): 317-327.
- Tzeng, G-H., ve Huang, C-Y. (2012) "Combined DEMATEL technique with hybrid MCDM methods for creating the aspired intelligent global manufacturing & logistics systems", *Ann Oper Res.*, 197: 159-190.
- Uludağ, A.S. ve Deveci, M. (2013) "Kuruluş Yeri Seçim Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama", *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2013, 1 (5), s.255-285.
- Uludağ, A.S. ve Doğan, H. (2016) "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), s.17-45.
- Yadav, V. ve Sharna, M. K. (2016) "Multi-criteria supplier selection model using the analytic hierarchy process approach", *Journal of Modelling in Management*, 11(1): 326-354.
- Yaraloğlı, K. (2010) "Karar Verme Yöntemleri", Ankara: Detay Yayıncılık, 1.Baskı.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YGEM) (2018) http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, (28.07.2018).
- Zadeh, L. A. (1965) "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8: 338-353.

