

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ BÖLGESEL
YATIRIMLARININ SEZGİSEL BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar DARENDE

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU

ARALIK 2019

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

.....
Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU
Anabilimdalı Başkanı

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 181311014 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Pınar DARENDE**'nin ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "**TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ BÖLGESEL YATIRIMLARININ SEZGİSEL BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**" başlıklı tezi **13.12.2019** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tahir HANALIOĞLU**
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Eş Danışman : **Doç.Dr. Babek ERDEBİLLİ**
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Fatih Emre BORAN (Başkan)**
Gazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Kürşad DERİNKUYU
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Salih TEKİN
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Pınar Darende

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Bölgesel Yatırımlarının Sezgisel
Bulanık Mantık Yöntemi İle İncelenmesi

Pınar Darende

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr.Tahir Hanalioğlu

Tarih: Aralık 2019

Endüstriyel gelişmeler, teknolojik gelişmeler ve nüfus artış hızı düşünüldüğünde enerji kaynaklarına olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Özellikle Türkiye gelişmekte olan ülkelerden biri olduğu için elektrik ve ısınma enerji ihtiyacı önümüzdeki yıllarda daha da artacaktır. Fosil yakıt kaynaklarındaki tükenme riski ve fosil yakıtların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri ülkeleri gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmeye zorlamaktadır. Bu çalışmada, bölgelerin yenilenebilir kaynaklarının potansiyelleri dikkate alınarak, Türkiye'nin yedi farklı bölgesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi tartışılacaktır. Değerlendirme sürecinde; güneş, jeotermal, rüzgâr, biokütle ve hidroelektrik enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynağının ilgili bölgede kullanılıp kullanılmayacağını belirlemeye yönelik Sezgisel Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılarak değerlendirilecektir. Seçilen alternatiflerin bölgelere göre yatırım öncelikleri veriler, kriterler ve uzman görüşleri kullanılarak sıralanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, Sezgisel bulanık mantık, ÇKKV, TOPSIS



ABSTRACT

Master of Science

Examination With An Intuitionistic Fuzzy Method By Region Of Renewable Energy Investments In Turkey

Pınar Darende

TOBB University of Economics and Technology

Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tahir Hanalioğlu

Date: December 2019

The need for energy resources increases rapidly depend on industrial developments, technological developments and population growth. In this context, the energy needs of Turkey especially electricity and heating, will eventually increase in the next years since Turkey is the one of developing countries. The countries are enforced to prefer renewable energy resources over time since the decrease in fossil fuel resources and the negative effects of fossil fuels on human health and the environment. In this study, the selection of renewable energy types for seven different regions of Turkey will be discussed with considering efficiency of the renewable resources of the regions. During the evaluation process; solar, geothermal, wind, biomass and hydroelectricity energy sources are considered with using Intuitionistic Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method which is intended to determine whether will use of renewable energy in related region. The investment priorities of selected plants according to region are determined and sorted by using data, criteria and expert opinions.

Key Words: Renewable energy resource, Intuitionistic fuzzy, MCDM, TOPSIS



TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Tahir HANALIOğLU'na, değerli tecrübelerinden faydalandığım Eő Tez Danıőmanım Sayın Doç. Dr. Babek ERDEBİLLİ'ye, her konuda yanımda olan aileme ve tez çalıőmam boyunca, tüm bilimsel çalıőmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan çok kıymetli dostlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiv
SEMBOL LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	5
1.2 Literatür Araştırması	5
1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Genel Bakış.....	11
1.3.1 Güneş enerjisi.....	11
1.3.2 Rüzgar enerjisi	11
1.3.3 Biyokütle enerjisi	12
1.3.4 Hidroelektrik enerjisi	13
1.3.5 Gelgit ve dalga enerjisi.....	14
1.3.6 Jeotermal	14
1.3.7 Hidrojen enerjisi.....	15
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV) YÖNTEMLERİ	17
2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)	17
2.2 Analitik Ağ Süreci (AAP)	18
2.3 Vikor.....	18
2.4 Promethee.....	19
2.5 Gri ilişkiler Analizi (GRA)	19
2.6 Eliminasyon Et Choix Traduisant La Realité (ELECTRE).....	20
2.7 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) ..	20
3. METODOLOJİ	21
3.1 Topsıs Yöntemi	21
4. BULANIK SİSTEMLER	25
4.1 Bulanık Kümeler	25
4.1.1 Bulanık küme temel kavramlar	25
4.2 Sezgisel Bulanık Kümeler.....	26
5. SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ (SBTOPSIS)	29
6. TÜRKİYE BÖLGELERİNDEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ İLE İNCELEMESİ	35
6.1 Ana Kriterler ve Alt Kriterler.....	36
6.1.1 Teknik özellik kriterleri.....	36
6.1.2 Ekonomik Kriterler	36
6.1.3 Çevresel Kriterler	37

6.2	Uygulama	38
6.2.1	SBTOPSIS-TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması.....	38
SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	63
EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	73



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Enerji kaynaklarının gruplandırılması.	2
Şekil 1.2 : 1990-2040 Dünya enerji tüketim miktarı (Katrilyon BTU).....	3
Şekil 1.3 : Türkiye 2018 Ocak ayı elektrik üretiminin kaynağa göre dağılım grafiği (TEİAŞ,2018).	4
Şekil 3.1 : Topsis yöntemi avantajları-dezavantajları.....	21
Şekil 6.1 : Türkiye bölgeler haritası.	35
Şekil 6.2 : Ana kriterler ve alt kriterler.	36
Şekil 6.3 : Her bölge için uygulanacak olan yöntem süreci.....	38
Şekil 6.4 : Bölgelere göre alternatiflerin C * değer grafikleri.....	45
Şekil 6.5 : Karadeniz Bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin göreceli yakınlık değerleri.	46
Şekil 6.6 : İç Anadolu Bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin göreceli yakınlık değerleri.....	48
Şekil 6.7 : Ege bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması.	50
Şekil 6.8 : Marmara bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması...	52
Şekil 6.9 : Akdeniz bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması...	55
Şekil 6.10 :G.doğu Anadolu Bölgesine yatırım yapılacak santrallerin öncelik	57
Şekil 6.11 :D.Anadolu bölgesine yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması.....	59

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Türkiye'deki YE kaynak seçimi ile ilgili yapılan ÇKKV çalışmaları..	10
Çizelge 6.1 : Karar vericiler ve ağırlıklar için dilsel karar değişkenleri.	39
Çizelge 6.2 : Karar vericilerin ağırlıkları.	39
Çizelge 6.3 : Kriterler için dilsel karar değişkenleri.	39
Çizelge 6.4 : Karar vericilerin Karadeniz bölgesi nitel kriterleri için değerlendirmeleri.	40
Çizelge 6.5 : Kriterlerin ağırlık değerleri.	40
Çizelge 6.6 : Karadeniz bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.	41
Çizelge 6.7 : Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm değerleri.....	41
Çizelge 6.8 : Karadeniz bölgesi için pozitif ve negatif ayırım ölçümleri.	42
Çizelge 6.9 : Karadeniz bölgesi için ideal çözüme göre yakınlık değerleri.	42
Çizelge 6.10: Karadeniz bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.....	43
Çizelge 6.11: Karadeniz bölgesi için ideal çözümle göreceli yakınlık değerleri.....	43
Çizelge 6.12: Her bölge için IFTOPSIS analiz sonuçları.	44
Çizelge 6.13: İç Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.	46
Çizelge 6.14: İç Anadolu bölgesi için olumlu ve olumsuz sezgisel bulanık ideal çözümü.	46
Çizelge 6.15: İç Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.	47
Çizelge 6.16: İç Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.....	47
Çizelge 6.17: İç Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.	48
Çizelge 6.18: Ege bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.....	48
Çizelge 6.19: Ege bölgesi için olumlu ve olumsuz sezgisel bulanık ideal çözüm.	49
Çizelge 6.20: Ege bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.....	49
Çizelge 6.21: Ege bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.	49
Çizelge 6.22: Ege bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.....	50
Çizelge 6.23: Marmara bölgesi için ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi.....	51
Çizelge 6.24: Marmara bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal	51
Çizelge 6.25: Marmara bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.	51
Çizelge 6.26: Marmara bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.....	51
Çizelge 6.27: Marmara bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.	52
Çizelge 6.28: Akdeniz bölgesi için ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi.....	52
Çizelge 6.29: Akdeniz bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümü.....	53
Çizelge 6.30: Akdeniz bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.	53
Çizelge 6.31: Akdeniz bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.....	54
Çizelge 6.32: Akdeniz bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.	54
Çizelge 6.33: Güneydoğu Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.	55
Çizelge 6.34: Güneydoğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümü.	55
Çizelge 6.35: Güneydoğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım.....	56

Çizelge 6.36: Güneydoğu Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.	56
Çizelge 6.37: Güneydoğu Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.	56
Çizelge 6.38: Doğu Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.	57
Çizelge 6.39: Doğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümü.....	58
Çizelge 6.40: Doğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.	58
Çizelge 6.41: Doğu Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.....	58
Çizelge 6.42: Doğu Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri. ...	59



KISALTMALAR

ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
IFWA	: Sezgisel bulanık ağırlıkla ortalama operatörü
SBS(IFS)	: Sezgisel Bulanık Sayı (Intuitionistic fuzzy set)
SBTOPSIS	: Sezgisel Bulanık Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
AHP	: Analitik Hiyerarşi Proses
ANP	: Analitik Sebeke Süreci
SWOT	: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats - Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler
BPİÇ	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
BNİÇ	: Bulanık Negatif İdeal Çözüm
KV	: Karar Verici
YE	: Yenilenebilir Enerji
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
BTU	: British Thermal Unit

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

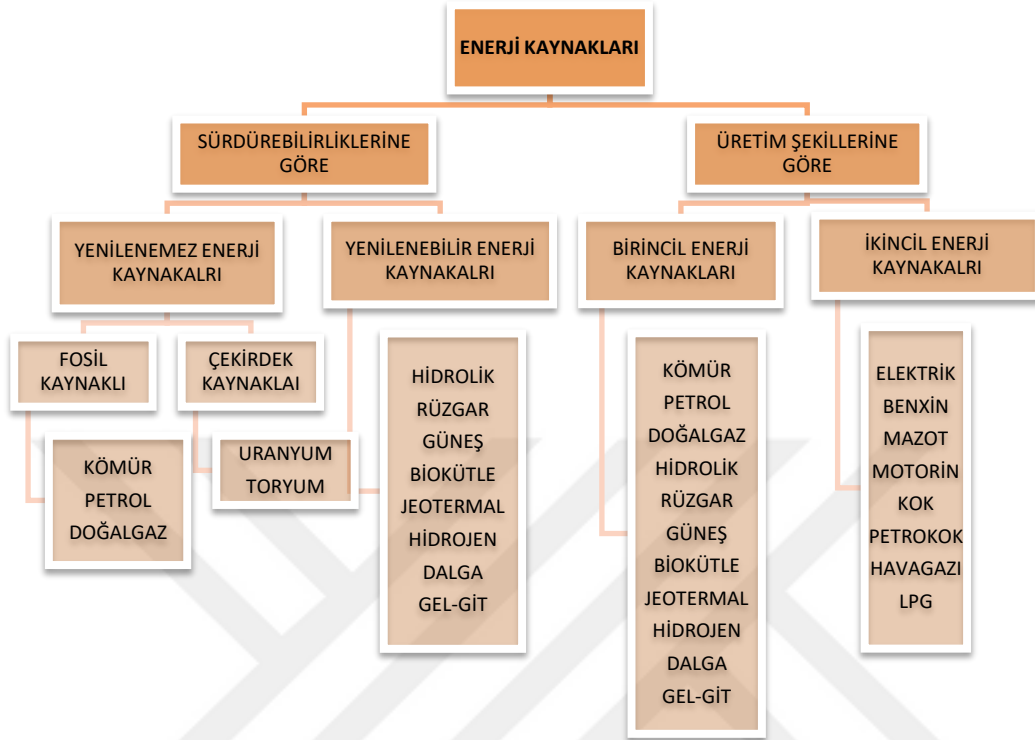
Simgeler	Açıklama
$R^{(k)}$	k. karar vericinin karar matrisi
λ_k	k. karar vericinin ağırlık vektörü
$r_{ij}^{(k)}$	k. karar verici tarafından verilen i.alternatifin j. kriterden aldığı sezgisel bulanık değer
$\mu_{ij}^{(k)}$	k. karar vericiye göre i.alternatifin j. kriteri sağlama derecesi
$\nu_{ij}^{(k)}$	k. karar vericiye göre i.alternatifin j. kriteri sağlamama derecesi
$\pi_{ij}^{(k)}$	k. karar vericiye göre belirsizlik düzeyini
$w_i^{(k)}$	k. karar vericiye göre j. kriterin önem derecesi
A^\pm	Pozitif ve Negatif İdeal çözüm değerleri
S^\pm	Pozitif ve Negatif İdeal uzaklık
C^*	İdeal Çözüme Göreli Yakınlık değeri

1. GİRİŞ

Endüstri ve bilimin hızla geliştiği günümüz dünyasında enerji insan yaşamının vazgeçilmez bir ihtiyacı haline gelmiştir. Bu nedenle de ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ve dolaylı olarak toplumların refah düzeylerinin anlaşılmasında belirleyici bir etken olmuştur. Enerjinin en genel tanımına değinecek olursak ısıtabilme, aydınlatabilme ve iş yapabilme yeteneği ya da kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel olarak enerji kaynakları iki farklı açıdan incelenmektedir; elde edilme biçimi ve devamlılığına göre iki gruba ayrılmaktadır. Elde edilme biçimlerine göre; birincil (primel) ve ikincil (seconder) enerji kaynakları olarak tekrar iki türe ayrılır. Bunlardan ilki kaynağından çıktığı gibi tüketilen enerji kaynaklarıdır herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanılmaktadır ve birincil enerji kaynakları olarak adlandırılır. Bu kavram yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşur. Kömür, petrol, doğal gaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgâr, dalga, gel-git gibi kaynaklar birincil (primer) enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Birincil enerji kaynaklarını bir yada birkaç işlemde geçmesi sonucunda elde edilen ve kullanışlı hale getirilmiş enerji kaynakları ise (elektrik, benzin, mazot, motorin, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) gibi) ikincil (sekonder) enerji kaynağı olarak adlandırılmaktadır. Örneğin doğal enerji kaynakları doğalgaz ve güneş birincil enerji iken, doğalgaz veya güneş ile elde edilmiş elektrik enerjisi ikincil enerji olarak adlandırılmaktadır.

Devamlılığı açısından kaynaklar değerlendirildiğinde ise enerji kaynaklarını tekrar iki ana grupta sınıflandırabilmek mümkündür. Birincisi tüm dünyanın en yüksek oranda tükettiği “Yenilenemez” enerji kaynaklarıdır. Yenilenemez enerji kaynaklarından ilki tüm dünyanın yüksek oranda tükettiği ve yer altında yüzyıllardır mevcut olan organizmaların oksijensiz ortamda yapısal olarak dönüşüme uğramasıyla oluşan fosil kaynaklar olurken, diğeri maden olarak elde edilen ve nükleer santrallerde hammadde olarak kullanılan çekirdek yapıları enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. İkincisi ise mevcut potansiyeli olan, bilimsel ve teknolojik

gelişmelerle desteklenen, tükenmeyen, eksilmeyen bir enerji türü olarak tanımlanabilen “Yenilenebilir” enerji kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji gruplarının sınıflandırılması Şekil-1.1’de gösterilmiştir.

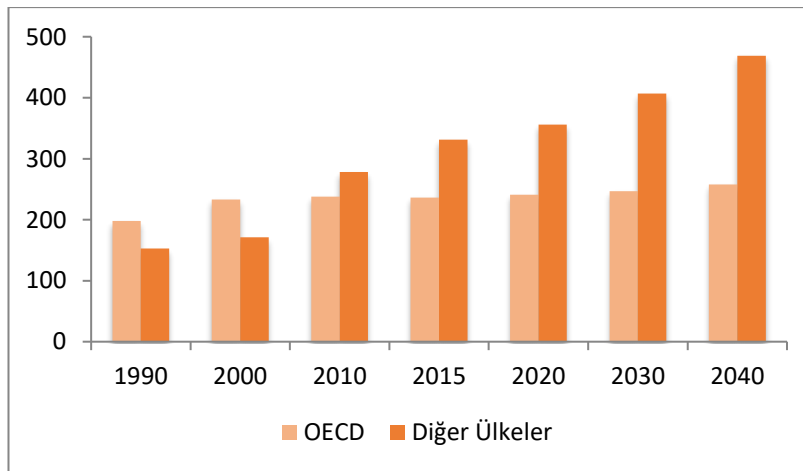


Şekil 1.1: Enerji kaynaklarının gruplandırılması.

Dünya üzerinde tüketilen enerjinin sağlanmasında kullanılan kaynakların ciddi bir bölümünü fosil yakıtlar, nükleer enerji ve son olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Ancak fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin kullanımı büyük çevresel sorunlara, dış bağımlılığa ve küresel ısınmaya neden olmakta ayrıca yakın gelecekte fosil yakıtların tükenmesinden kaynaklanacak olan kaçınılmaz enerji kıtlığı sorunu ülkeleri yeni çözümler aramaya yöneltmektedir. Nükleer enerji kullanımı ise yüksek güvenlik standartlarına rağmen halen oldukça riskli bir teknolojidir. Yakın zamanda Japonya'daki gibi santral kazaları tekrar göstermiştir ki santralin kendisinden gelen risk ve dış saldırılara açık bir hedef oluşu dünyanın ve insanlığın geleceğini tehlikeye atmaktadır. Ayrıca nükleer santrallerde kullanılan çekirdek kaynaklı ham maddelerinde (uranyum ve toryum gibi) yenilenemez maddeler olduğu ve gelecek yıllar içinde dünyadaki fosil yakıt rezervleri gibi çekirdek kaynaklı madenlerinde rezervinin tükeneceği göz önüne alındığında

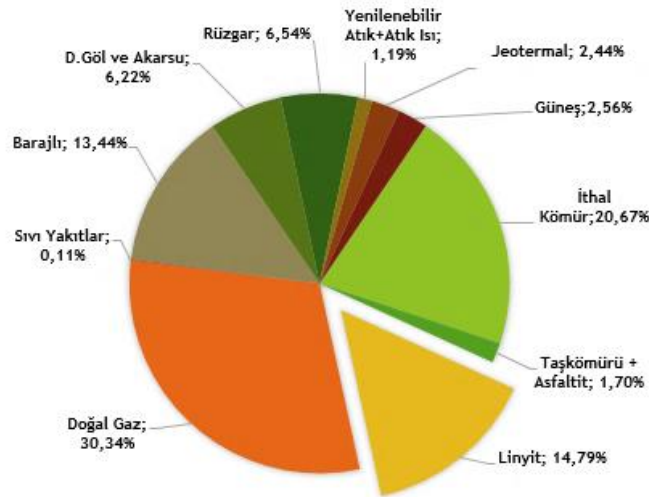
yenilenebilir enerjiye olan maddi ve bilimsel desteklerin ve bu alandaki yatırımların daha fazla önem kazanması kaçınılmaz olacaktır.

Günümüzde ve öncesinde yapılan bilimsel çalışmalar göstermektedir ki yüksek doğalgaz ve petrol kullanımı nedeniyle istikrarlı artışı devam eden karbon emisyonunun kontrol altına alınması gerekmektedir. Ülkelerin bu konudaki duyarlılığı gün geçtikçe artmakta, özellikle karbon emisyonu konusunda yapılan çalışmalar ciddi önem kazanmaktadır. Global Carbon Project (GCP, Küresel Karbon Projesi) için hazırlanan Küresel Karbon Bütçesi Raporuna göre küresel enerji tüketiminin 2040 yılına kadar yüzde 30'a yakın olacağı öngörülmektedir. OECD ülkelerinden biri olan Türkiye, 2018 yılında karbon emisyonunda en fazla artışa sahip ülke olmasına rağmen 2040 yılına kadar olacak bu artışın büyük bir bölümünün OECD dışında kalan ve gelişmekte olan ülkelere kaynaklanacağı tahmin edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin yüksek ekonomik büyüme oranları enerji tüketimlerini artırmakta ve başta Çin ve Hindistan gibi fazla nüfuslu ve endüstrileşmeye çalışan ülkeler olmak üzere, OECD dışında kalan ülkelerin enerji tüketimi, OECD ülkelerinin toplam enerji tüketimini geride bırakmaktadır. Aşağıda Şekil 1.2'de yer alan grafikte 2040 yılına kadar beklenen enerji tüketim ihtiyacı gösterilmiştir. Tüm bu kötü senaryolara, mevcut sistemin verdiği zararlara ve fosil yakıtlara olan ilginin ısrarla devam etmesine karşın gelecekteki enerji kıtlığının farkında olan devlet adamları, bilim insanları ve sivil toplum kuruluşları ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması için ciddi çalışmalar sürdürmektedir.



Şekil 1.2 :1990-2040 Dünya enerji tüketim miktarı (Katrilyon BTU).

Türkiye'nin son zamanlardaki büyüme oranı ve nüfus artışı düşünüldüğünde enerji talebinde gün geçtikçe önemli oranda bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle elektrik enerjisi Türkiye'de kullanılan diğer enerji türlerine göre oldukça önemli bir yere sahiptir. Nüfusun hızla arttığı, kentleşmenin ve sanayileşmenin gün geçtikçe ilerlediği ülkemizde elektrik enerjisi alanında önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Ancak ne yazık ki üretim henüz ihtiyaçları karşılayacak düzeye ulaşamamıştır. Bu nedenle Türkiye doğal gazda %98, petrolde %92, kömürde ise %50, yani toplamda %72 oranında dışa bağımlı bir ülkedir. İthal edilen enerjinin büyük bir bölümü ise elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Enerji alanında dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye için komşu ülkeler ile olan dinamik siyasi ilişkilerin ve yüksek maliyetlerin ciddi sorunlar yarattığı açık bir şekilde gözlemlenmektedir. Şekil 1.3 'de görüldüğü gibi, 2018 verilerine göre, birincil enerji kaynakları tüketiminin dörtte üçü ithal edilmektedir, çünkü elektrik üretimi için milli kaynaklar yeterli değildir. Ülkemizde elektrik enerjisindeki bu dışa bağımlılık problemi nükleer enerji santralleri ile çözülmesi hedeflenmektedir. Ancak nükleer enerji santrallerinde kullanılan enerji kaynağı tükenen bir enerji olan toryum ve uranyumdur ve uzun vadede enerjinin sürdürülebilirliği ve güvenliği düşünüldüğünde ise Türkiye'de ki YE potansiyelinin değerlendirilmesi şarttır. Bu nedenle yenilenebilir enerji santralleri yatırımları ülkemiz için hayati önem taşımaktadır.



Şekil 1.3:Türkiye 2018 Ocak ayı elektrik üretiminin kaynağa göre dağılım grafiği (TEİAŞ,2018).

Coğrafi konumu ve Türkiye'nin jeopolitik önemi nedeniyle ülkemiz tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilme olanağına sahiptir. AB ülkelerine kıyasla, hidrolik, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi açısından oldukça stratejik bir konumda yer almaktadır. Bu nedenle son zamanlarda bu alana yatırım yapmak oldukça popüler ve desteklenir olmuştur. Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini analiz etmeyi ve Türkiye'de yer alan bölgeler için en verimli enerji kaynaklarını sezgisel bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak seçmeyi hedeflemektedir.

1.1 Tezin Amacı

Türkiye, her biri farklı yenilenebilir enerji kaynağı potansiyeline sahip yedi coğrafi bölgeye ayrılmıştır. Yenilenebilir enerji yatırım kararının analizi, teknik analizin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerinin değerlendirilmesini gerektirir. Bu tezde, Türkiye'nin Bölgesi'ndeki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini analiz edip karşılaştırmayı ve çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak bölgelerde ki en verimli yenilenebilir enerji kaynaklarının seçilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın kapsamı ve kullanılan yöntemler aşağıdaki başlıklarda verilecektir.

1.2 Literatür Araştırması

Literatürde önerilen son 20 yıllık çalışmalar incelendiğinde farklı ÇKKV metotlarının özellikle sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji alanında fazlasıyla kullanıldığı gözlemlenmiştir. Tartışılan çeşitli yöntemlerin uygulanabilirliğini analiz etmek için Pohekar SD ve diğ. ve Abu-Taha R. yaptıkları çalışmalarda yenilenebilir enerji alanında 90'dan fazla yayın incelemiş, kullanılan ÇKKV metotları sınıflandırılmış ve bu alanda yapılan çalışmalarda Analitik Hiyerarşi Sürecinin uygulanan en popüler teknik olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Pohekar SD ve diğ., 2004 ,Abu-Taha R. , 2011).

Wang JJ ve diğ. yaptıkları çalışmada sürdürülebilir enerji kaynaklarının seçiminde uygulanan ÇKKV yöntemlerinin farklı adımlarının ki bunlar kriter seçimleri, kriterler ağırlıklandırması, değerlendirmeleri ve son birleştirme vb. gibi aşamalarının

seçimler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada yatırım maliyetleri ve CO2 emisyonunun en önemli kriterler olduğu, en popüler yöntemin ANP olduğu ve toplama yöntemlerinin rasyonelliği artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Wang JJ ve diğ., 2009).

Kaya T. ve Kahraman C., tarafından yapılan çalışmada, İstanbul için en iyi yenilenebilir enerji alternatiflerini belirlenirken ilk olarak entegre bir VIKOR-AHP yöntemi kullanılmış daha sonra tekrar aynı yöntem kullanılarak İstanbul' yer alan alternatif enerji üretim bölgeleri için uygun konum seçimi yapılmıştır (Kaya T. ve Kahraman C. ,2010).

Yaptıkları bir diğer çalışmada ise Kaya T. ve Kahraman C. , fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının arasından en iyi enerji teknolojisi alternatifini seçmek için değiştirilmiş bir bulanık TOPSIS methodunu önermişlerdir. Teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörleri göz önünde bulundurularak alternatifler arasında bir değerlendirme ve sıralama yapılmıştır (Kaya T. ve Kahraman C. ,2011).

Evans A. Ve diğ., yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji teknolojileri, birkaç kritik sürdürülebilirlik göstergesine dayanarak değerlendirilmiştir. Alternatif kaynakların etkili kriterler kullanılarak incelendiği bu çalışmada Rüzgar enerjisinin sürdürülebilirliği en yüksek olan alternatif kaynak olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Evans A. Ve diğ., 2009).

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları, bazı ekonomik, çevresel, sosyal ve teknik engellerin aşılması ve bunların konuşlandırılması için uygun planlama araçlarının geliştirilmesi koşuluyla, geleneksel elektrik üretimine umut verici bir alternatif oluşturmaktadır. Bu nedenle de bölgesel anlamda enerji planlama çalışmalarına da literatürde oldukça sık rastlanmaktadır.

Yakın komşumuz olan Yunanistan'da bu konu ile ilgili Georgopoulou ve diğ. çalışmalarında çok kriterli bir karar verme yöntemi olan ELECTRE yöntemini kullanarak Yunanistan'da bir ada için sekiz enerji verimliliği alternatifinin analizi yapmışlardır. Georgopoulou ve diğ. Haralambopoulos ve Polatidis çalışmalarında, yenilenebilir enerji projelerinin sıralanmasında PROMETHE II yöntemini ile Sakız Adası'ndaki jeotermal kaynakların kullanımı ile ilgili bir vaka çalışması yapmış ve geliştirilen metodoloji ile kullanıcı dostu bir yaklaşıma ulaşılmıştır (Haralambopoulos ve Polatidis, 2003, Georgopoulou ve diğ. ,1997).

Ayrıca Polatidis H. ve diğ., Yunanistan'daki yerel yenilenebilir enerji kaynakları konusundaki çalışmalarında farklı otoritelerden elde ettiği görüş ve verileri kullanarak yatırımcılara destek olmak amacıyla önerilerde bulunmuşlardır (Polatidis H. ve diğ., 2004).

Wang B. ve diğ., çalışmasında gelecekte Çin'de kullanılması planlanan enerji kaynaklarının seçimi için (kömür, petrol, doğal gaz, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları) hiyerarşik bir karar modeli sunmaktadır (Wang B. Ve diğ.,2010).

İspanyol Hükümeti tarafından başlatılan enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için başlatılan Yenilenebilir Enerji Planı çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları VIKOR yöntemi ile analiz edilmiş ve biokütle santralinin İspanya için en uygun alternatif enerji kaynağı olduğu görülmüştür (San Cristóbal J.R., 2011).

Dicorato M ve diğ., çalışmasında ise farklı kıtalardaki yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye etkisini ve verimliliğini doğrusal programlama tabanlı bir optimizasyon modelini kullanarak araştırmışlardır (Dicorato M ve diğ., 2008).

Menegaki A. çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesiyle ilgili literatür incelemesi yapmış ve kullanılan yöntemleri özetlenerek kaynak seçimi için en uygun dört temel elementi belirlemişlerdir (Menegaki A., 2008).

Streimikiene D. ve diğ. (2012) çalışmalarında MULTIMOORA ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarından en uygununu seçmeye yönelik çok kriterli karar destek çerçevesinden bir çözüm sunmuşlar ve sürdürülebilir enerji elde etmektenin geleceğinin su ve güneşte olduğunu belirlemişlerdir (Streimikiene D. Ve diğ., 2012).

Uysal (2011) çalışmasında Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde nitel ve nicel kriterleri değerlendirmiş ve graf teorisi ile matris yaklaşımını kullanmıştır (Uysal, F., 2011).

Güney Kore'de yaşanan enerji sıkıntısının üstesinden gelebilmek için sürdürülebilir enerjiye katkı sağlayacak çözüm önerileri AHP ve BOCR yöntemleri kullanılarak geliştirilmiştir (Yi, S.K. ve diğ., 2011).

İran da Ayan ve Pabuçcu'nun (2012) yaptıkları çalışmada ülkenin ekonomik yönden kalkınması amacıyla, belirlenen 4 alternatif yenilenebilir enerji kaynağı için Bulanık ANP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak yatırım önceliklendirmesi yapılmıştır (Sadeghi ve diğ., 2012).

ETKB'nin 2010-2014 Stratejik Planından (2009) yola çıkılarak yenilenebilir kaynak seçimi için bir hiyerarşi oluşturmuş ve ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak uygun seçimler yapılmaya çalışılmıştır (Ayan, T.Y. ve Pabuçcu, A.G.H., 2013).

Yazdani- Chamzini, A ve diğ. (2013) tarafından mevcut alternatifler arasından en uygun yenilenebilir enerji kaynağını seçmedeki kabiliyetini ve etkinliğini gösteren bir entegre bir COPRAS-AHP metodolojisi önerilmiştir (Yazdani- Chamzini, A ve diğ., 2013).

Tasri ve Susilawati (2014) çalışmalarında Endonezya'da yaşanan enerji probleminden bahsetmişler yenilenebilir enerji kaynakları arasından seçim yapmak için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır (Tasri ,A. ve Susilawati, R.H., 2014).

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki elektrik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar ve bunların etkileri 10 yıllık bir süreçte, çok yönlü olarak incelenmiştir (Weigelt ve diğ., 2016).

Suudi Arabistan'da YE kaynak portföyünün öncelikli hale getirilmesi, sürdürülebilirlik ve gelişmeye yardımcı olmak amacıyla Al Garni vd. AHP yöntemini kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmiş ve ekonomik yönden kalkınmaya yönelik bir yaklaşım önerilmiştir (Al Garni ve diğ., 2016).

Malezya'da sürdürülebilir enerji üretim sistemine katkıda bulunması amacıyla yapılan çalışmalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli gözden geçirilmiş ve belirlenen seçenekler arasından en uygun olanı AHP ve IF- AHP metotları ile belirlenmeye çalışılmıştır (Ahmad, S. ve Tahar R.M. , 2014 ve Abdullah L. ve Najib L.,2016).

Stojcetovic ve diğ. Sırbistan'da yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapma kararını verirken önem derecesi yüksek kriterler belirlemiş ve Sırbistan için özel koşullara uyum sağlayacak olan yenilenebilir enerji kaynaklarını SWOT analizi ve AHP kullanarak değerlendirmiştir (Stojcetovic ve diğ., 2016).

Türkiye genelinde yenilenebilir enerji yatırımlarına yol göstermek amacıyla yapılan çalışmalardan söz edecek olursak ilk olarak Erdem ve diğ. çalışmasında, enerji santrali seçiminde sektör çalışanlarından alınan veriler ve görüşler kullanılarak tükenmez ve tükenen enerjilerden oluşan altı alternatif belirlemiş ve bunların yatırım analizleri AHP yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Erdem ve diğ, 2013).

Demirtaş O. ve Bilgen S. ve diğ., çalışmasında Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin ve kullanımının bir incelemesi sunulmuştur (Demirtaş O., 2013 ve Bilgen S. ve diğ., 2008).

Onar S.C. ve diğ., çalışmasında, sezgisel bulanık mantık yaklaşımı ile rüzgar enerjisi yatırımlarının değerlendirilmesine odaklanılmıştır ve yatırımcılara yardımcı olacak uygun rüzgar enerjisi teknolojisinin seçimi amaçlanmıştır (Onar S.C. ve diğ., 2015).

Daneshvar R. ve diğ. Türkiye'deki rüzgar enerji santrali saha seçiminde ÇKKV yöntemlerini kullanılarak yatırım analizlerini incelemiş yapılmış ve sezgisel bulanık kümeler ile birleştirilerek oluşturulan yöntemi santral kurulumu için alan önceliklendirilmesinde kullanmışlardır (Daneshvar R. ve diğ, 2018).

Büyüközkan ve Güteryüz (2014) tarafından yapılan çalışmada bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki seçim sürecinde kritik öneme sahip kriterleri belirleyerek yatırımcıya maksimum mali faydayı sağlayan en uygun kaynağı bulmak için alternatifler arasında sıralama yapılmıştır (Büyüközkan ,G.ve Güteryüz S.,2014).

Ayrıca, Şengül ve diğ., Türkiye'de yenilenebilir enerji tedarik sistemlerinin sıralaması için bulanık TOPSIS yöntemini kullanmış ve belirlenen alternatifler sıralanarak genel bir Türkiye yatırım tablosu oluşturulmuştur (Şengül ve diğ., 2015).

Kaya T. ve C. Kahraman tarafından değiştirilmiş bir bulanık TOPSIS metodolojisi önerilmiş metodolojide, seçim kriterlerinin ağırlıkları bulanık çift yönlü karşılaştırma matrisleriyle belirlenmiştir (Kaya T. ve C. Kahraman, 2011).

Büyüközkan ,G.ve Güteryüz S. (2016), çalışmalarında, DEMATEL tekniği ile ANP, Türkiye de yatırımcı perspektifi için yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde en uygun yaklaşımı belirlemek için birleştirmiştir (Büyüközkan ,G.ve Güteryüz S.,2016).

Boran ve diğ. (2012) Türkiye'de yenilenebilir enerji teknolojilerinin değerlendirilmesini sezgisel bulanık TOPSIS kullanarak yaparken Ertay, T. ve diğ., MACBETH ve AHP yöntemlerini, yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi için bulanık verilerle karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir (Ertay, T. ve diğ., 2013, Boran F.E.ve diğ., 2012).

Çelikkbilek ve Tüysüz (2016) Gri AHP ve gri VIKOR çok kriterli karar verme yöntemleri birleştirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için gri tabanlı yeni bir ÇKKV modeli sunmaktadır (Çelikkbilek Y. ve Tüysüz F., 2016).

Çizelge 1.1:Türkiye’deki YE kaynak seçimi ile ilgili yapılan ÇKKV çalışmaları ve sonuçları.

KAYNAK	YÖNTEM	ALTERNATİF	SIRALANMA
Ertay T., Kahraman C. ve Kaya İ.(2013)	MACBEHT and Fuzzy AHP	Hidro (H), Jeotermal (J), Güneş (G), Rüzgar (R), Biyokütle (B)	R>G>B>J>H
Çelikkbilek Y. ve Tüysüz F.(2016)	Grey DEMATEL, AHP and VIKOR	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	G>R>H>B>J
Erdem S., Gencer C., Atmaca E., Karaca T. ve Aydoğan E.K. (2013)	AHP	Hidro(H), Jeotermal(J), Nükleer Enerji, Doğalgaz, Güneş Kombine Isı Ve Güç (CHP), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	J>Nükleer>R>Güneş CHP>Doğalgaz>H
Demirtas O.(2013)	AHP	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	R>B>J>G>H
Büyüközkan G. ve Güleriyüz S.(2014)	GKV based AHP	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	R>G>B>J>H
Kaya T. ve Kahraman C.(2011)	TOPSIS-AHP	Rüzgar(R), Biyokütle(B), Güneş Kombine Isı ve Güç (CHP), Hidrolik, Nükleer, Geleneksel Enerji	R>B>G>CHP>H>N> Geleneksel Enerji
Büyüközkan G. ve Güleriyüz S.(2016)	DEMATEL-AHP	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	R>S>B>J>H
Boran F.E., Boran K., ve Menlik T.(2012)	Intuitionistic Fuzzy TOPSIS	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R)	H>W>J>Photovoltaic
Kabak M. ve Dagdeviren M.(2014)	ANP-BORC	Hidro(H), Jeotermal(J), Güneş(G), Rüzgar(R), Biyokütle(B)	H>G>R=J>B
Kahraman C., Kaya T. ve Cebi S.(2009)	Axiomatic design-AHP	Rüzgar(R), Güneş(G), Biyokütle(B), Jeotermal(J)	R>G>B>J>H

Yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik Türkiye ile ilgili çalışmalar ve sonuçları aşağıda Çizelge 1.1'de gösterilmektedir. Çizelgede yapılan çalışmalar, çalışmalarda kullanılan yöntemler, yöntemlerin kullanıldığı alternatifler ve analizler mevcuttur.

1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Genel Bakış

1.3.1 Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, çeşitli teknolojiler tarafından kullanılan ve kaynağı güneşten yayılan ısı ve parlak ışıktır (IEA, 2011). Güneş enerjisi , fotovoltaik ve termal paneller kullanılarak büyük ölçekli komplekslerde veya özel mülklerin çatısında elektrik veya ısı üretmek için kullanılmaktadır. Güneş teknolojisi için uygulanabilir çözüm yelpazesi büyüktür. Ayrıca, enerji üretimi için hava koşulları ve bölgedeki güneş ışınlarının gücü hayati önem taşımaktadır. Çünkü güneş olmadan fotovoltaik paneller elektrik üretmez ve güneş enerjisi panelleri suyu yeterli miktarda ısıtamaz. Enerji karışımlarında oldukça fazla miktarda PV teknolojisi bulunan ülkeler, ulusal elektrik şebekesindeki dalgalanmalara karşı oldukça hassastır. Diğer santral türlerinin şebekeyi sabit tutabilmeleri ve arz güvenliğini sağlayabilmeleri için ani değişimlere karşı önlem alması gerekmektedir. Üretildikleri sırada elektrik fazlalığı kullanılamaz ve hava şartlarına bağlı olduğu için diğer yenilenebilir enerji santral türlerinin desteğine veya sürekli elektrik temini sağlamak için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duymaktadır (Konstantin H.P., 2017).

Bakım, işletme maliyetleri düşük olması, dayanıklı parçalara sahip olması güneş enerjisinin avantajları olarak tanımlanırken, sistemde kullanılan akülerin ömürleri kısa veya dayanıksız olması, güneş ışınımı miktarının hava koşullarına ve bölgeye bağlı olması güneş enerjinin dezavantajları olarak sıralanmaktadır.

1.3.2 Rüzgar enerjisi

İnsanoğlu tarafından rüzgar gücünün kullanımı MS birinci yüzyıla kadar uzanmaktadır. Eski zamanlardan bu yana ilk olarak ekinlerin öğütülmesinde, su pompalanmasında veya okyanusların üzerinde yelkenle yol alınmasında rüzgar enerjisi kullanılmıştır. Elektrik üretimi rüzgar enerjisi alanında nispeten yenidir, elektrik üretmek için kullanılan ilk yel değirmeni 1887'de İskoçya'da Profesör James Blyth tarafından yapılmıştır (Price T.J., 2005). Ancak, rüzgar gücünün gerçek potansiyelinin kabul edilmesi neredeyse bir yüzyıl kadar daha sürmüştür. Binaların

üstündeki küçük rüzgar değirmenlerinden, yüzlerce megawatt hatta gigawatt üretebilecek kapasitedeki büyük ve açık deniz rüzgar santrallerine kadar çeşitlilik göstermektedir. Rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistem ise rüzgâr türbini olarak adlandırılmaktadır. Elektrik, türbin kanatlarından geçen rüzgarla üretilmektedir (Konstantin H.P., 2017). Az toprak kullanımı ve yüksek (potansiyel) enerji verimi ile yenilenebilir bir temiz bir enerji çeşididir.

Rüzgar enerjisinin sürdürülebilir bir enerji kaynağı olması, projelerin tesis edilmesi kolay olması, bakımı da ucuz olması, az yer kaplaması avantajları olarak tanımlanırken, kesintisiz veya dengeli bir enerji kaynağı olmaması, rüzgarın çok kuvvetli estiği zamanlarda türbinlere zarar verme ihtimalin olması, görüş açısına göre değişmekle birlikte estetik açıdan hoş görünmemeleri, göçmen kuşların uçuş yollarını değiştirmesine sebep olmaları ve gürültülü olmaları dezavantajları olarak sıralanmaktadır.

1.3.3 Biyokütle enerjisi

Biokütle, zamanla yenilenebilecek herhangi bir organik madde olarak tanımlanabilmektedir. Başka bir deyişle, biokütle canlı organizmalar ya da kısa bir süre önce canlı olan organizmalardan türetilmiş yakılabilen ve yakıt kaynağı olarak kullanılabilen bir enerji deposudur. Örneğin, odun ürünleri, kurutulmuş bitki örtüsü, mahsul kalıntıları, su bitkileri ve hatta evsel atık olarak bildiğimiz çöpler bile biokütle enerjisinde kullanılabilir. Yakıldıklarında karbondioksit yaydıkları halde karbon nötr oldukları kabul edilmektedirler bunun nedeni, fosil yakıtların önceki jeolojik zamandan itibaren organik maddeden elde edilen hidrokarbon birikintileri olmasıdır. Bunlar fosilleşmiş biokütledir ve içerdiği karbon, yer altından depolanan atmosferden yüzyıllar önce uzaklaşmıştır (Ashton S. ve diğ., 2015). Hem fosil yakıtlar, hem de biokütle yakıtlar yandıklarında karbonu atmosfere geri gönderirler. Ancak, fosil yakıtlar milyonlarca yıllık bir karbonu salarak atmosferdeki karbondioksit ve sera gazı birikiminde hızlı bir artışa sebep olurlar. Biokütle ise büyürken kullandığı karbonu doğaya geri vermektedir. Biokütle enerjisi çok fazla alanda kullanılabilir. Isıtma, elektrik üretimi, ulaşım için biyogaz, bioteanol, biyoyakıt vb. olarak kullanılmaktadır. Elektrik şebekesinden tamamen bağımsız olarak çalıştırılabilir. Gaz elektrik üretmek için kullanılabilir veya ulusal

gaz şebekesinde veya özel kaplarda depolanabilir ve gerektiğinde kullanılabilir. Taşınabilirlik ve merkezi olmayan işlevsellik, biokütlenin dünyanın hemen her yerinde kullanılmasını mümkün kılar.

Mevcut atıklar kullanılması, şebekeden bağımsız çalışabilmesi, öngörülebilirliği biokütle santrallerin avantajları olarak sıralanırken, çok su tüketmeleri, düşük verimliliğe sahip olmaları, yüksek teknoloji ve çaba gerektirmesi santralin dezavantajları olarak açıklanabilir.

1.3.4 Hidroelektrik enerjisi

Hidrolik enerji, düşen veya akan suyun kinetik enerjisinin dönüştürülmesi yoluyla elektrik üretilmesidir. Hidroelektrik tarihi de oldukça eskiye dayanmaktadır. İlk Hidroelektrik santral kent aydınlatması amacıyla 1879 yılında ABD’de Nigara Şelale’lerinde inşa edilmiştir. Elektrik üretimi ise tüm dünyada uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Hidroelektrik santraller ile çeşitli şekillerde elektrik üretilmektedir. Kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akarak, elektrik üretimi için türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinlere bağlı olan generatörler, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Hidroelektrik enerji santralleri, içme, kullanma ya da sanayi suyu sağlamak amacıyla ırmakların önü kesilerek oluşturulan baraj göllerine kurulmaktadır (Konstantin H.P., 2017). Hidroelektrik elektrik santrallerinin çevreye olan olumsuz etkilerinden bazıları günümüzde gözlemlenmiş ve zamanla ekosisteme olan bazı zararları keşfedilmiştir. Geniş alanlar kaplayan büyük baraj inşaatları ve kullanılan ekipmanlar doğada olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Enerji üretmek amacıyla inşa edilen büyük barajlar ve diğer ekipmanların bir araya gelmesiyle geniş sistemler ortaya çıkmakta ve bu durum çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Mutlu E., 2013). Santral kurulum aşamasında çevredeki ağaçların yok edilmesi ve yüksek depolama kapasitesine sahip santraller bölgedeki ekosisteme zarar vermekte ve canlı yaşamını olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Bu olumsuz etkiler uzun vadede doğadaki su çevrimini verimsiz bir hale getirmekte ve enerji üretim verimliliğinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle uzun vadede alternatif kaynaklar arasında payı büyük olan hidrolik gücün büyük ölçekli projelerin sürdürülebilirliklerini devam ettirebilmesi için dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve uygun şartlarda uygulanması gerekmektedir.

En güvenilir enerji kaynaklarından biri olarak gösterilmesi, ucuz üretim maliyetine sahip olması santrallerin avantajları olarak sıralanırken, yağışa bağlı olması, ürettiği yüksek nem ile ekosistemi değiştirebilmesi ve göç eden balıkların neslini tükenmesine neden olması dezavantajları olarak sıralanabilir.

1.3.5 Gelgit ve dalga enerjisi

Gelgit ve Dalga enerjisi, elektrik üretmek için değişen gelgitleri kullanan bir başka hidro enerji şeklidir. Her ne kadar günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları arasında gelgit-dalga enerjisi çok talep görmese de, kullanım zorluğu, coğrafik durumlar ve maliyetlere rağmen dünyada oldukça verimli ve başarılı uygulamaları görülmektedir. Gelgit enerjisi, suyun giriş ve çıkış yapabileceği bir depo yardımıyla oluşturulan barajlarda su biriktirilmesi ile elektrik enerjisi üretimi prensibine dayanmaktadır. Gelgit barajı olarak da bilinen bu sistem su seviyesi yükseldiğinde, depoyu doldurarak maksimum seviyeye ulaşana kadar su geçişine izin verir ve ardından suyu deniz seviyesi düşüne kadar depolar. Bu birikken su türbinlerden geçirilir ve elektrik üretmek için kullanılır (Konstantin H.P., 2017). Dalga enerjisi ise rüzgarın denizlerde oluşturduğu dalgalanma hareketinden faydalanarak enerji üretmektedir. Tıpkı gelgit teknolojisi gibi, dalga enerjisi de hala gelişme aşamasındadır.

İlk yatırımında başka girdisinin olmaması, uzun iletim hatlarına gerek olmaması, dalyan görevi görerek denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım etmesi, ekolojik dengeye katkıda bulunur, tarım arazilerini yok etmemesi avantajlarını oluştururken, kesintili bir enerji kaynağı olması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, kıyıya yakın kurulan santrallerde görüntü ve gürültü kirliliği yaratması dezavantajları olarak sıralanmaktadır.

1.3.6 Jeotermal

Dünyadan gelen ısı olarak tanımlanan jeotermal enerji, yasal olarak tanınan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Kagel A. ve diğ., 2007). Yerkürenin içyapısında oluşan radyoaktif bozulmalardan kaynaklanan sıcak su, buhar ve ısı yer kabuğunda depolanır. Bu enerji doğrudan ve dolaylı olarak kullanılabilir. Başta elektrik üretimi olmak üzere konut ısıtması, sera ısıtması, termal turizm-tedavisinde, endüstride ve birçok alanda kullanılmaktadır. Elektrik üretimi dolaylı bir kullanımdır ve yalnızca

sıcaklık ve ısı seviyeleri bağı bir buhar türbini çalıştırmak için yeterince yüksek olduğunda uygulanabilir. Türkiye zengin jeotermal kaynaklara sahip olup, potansiyel olarak dünyanın 7. ülkesi konumundadır. Ülkemizin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup, potansiyel oluşturan alanların % 78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7 si Marmara Bölgesinde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 90'ı düşük ve orta sıcaklıklı doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar v.s.) için uygun olup, % 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Ancak bu değer bile önemli bir elektrik enerjisi kaynağı olarak görülmektedir.

Kesintisiz bir kaynak olması, patlama, yangın, zehirlenme risklerinin olmaması, hava değişimlerinden etkilenmemesi avantajlar olarak sıralanırken, bünyesinde hidrojen sülfür, karbondioksit ve bor gibi maddeler bulunması , reenjeksiyona gerek duyması , bor yüzünden atılacağı yüzey sularını kirletmesi jeotermal kaynakların dezavantajları olarak söylenebilir.

1.3.7 Hidrojen enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biriside hidrojen gazıdır. Hidrojen gazı evrende en çok bulunan elementtir. Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Hidrojen gazı birçok fosil yakıtın içinde (kömür, benzin, doğalgaz) ve suda bulunur. Hidrojen gazı fosil yakıtların içerisinde ısı yolu ile ayrıştırılır. Şu anda hidrojen ayırmak için daha çok doğalgaz kullanılarak ayrıştırma yapılmaktadır. Sudan ise elektroliz adı verilen bir yöntem ile sudaki oksijen ve hidrojen birbirinden ayrılır ve bu yöntemlerle elde edilen hidrojen, elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Günümüzde hidrojenden yakma ve yakıt pili olmak üzere iki yöntemle enerji elde edilebilmektedir. Bu iki teknoloji hidrojenin enerjisinin kullanım alanlarını belirlemektedir. Hidrojen enerjisi, doğada bileşikler halinde bulunan hidrojen gazının işlenmesi ve dönüştürülmesi ile oluşan bir enerji kaynağıdır. Doğal enerji kaynağı olmamasına rağmen, sürdürülebilir ve alternatif enerji kaynakları arasında yer alır. Hidrojen enerjisi en temiz enerji kaynağı olarak öngörülmektedir. Çünkü bu enerji

türü yakıldığı zaman sadece su açığa çıkmaktadır. Çevreye hiçbir etkisi bulunmamaktadır.

Rezerv açısından sorunlu olması, küresel iklim değişikliklerine etkisinin olmaması, alevli yanma, katalitik yanmaya, direkt buhar üretimine, hidritleşme ile kimyasal dönüşüme ve yakıt hücresi ile elektrik dönüşümüne uygun bir yakıt olması avantajları olarak sıralanırken, depolama açısından sıkıntılı olması, nispeten pahalı olması, uçucu ve son derece yanıcı olması dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından Türkiye de uygulanabilir ve en büyük paya sahip olanları düşünüldüğünde güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biokütle enerjilerinin öne çıktığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle alternatiflerin belirlenmesinde uzman görüşleri referans alınmış ve hidrojen ve dalga enerjisinin çalışmamızda yer almaması gerektiğine karar verilmiştir. Bu seçimin nedeni ise uzman görüşlerine göre Türkiye'deki hidrojen ve dalga enerjisi için verimin ve teknolojinin yetersiz olması olarak açıklanmıştır. Örneğin; Zonguldak'ta dalga enerjisi hala prototip aşamasındadır. Hidrojen enerjisi ile ilgili ise deneysel çalışmalar devam etmektedir. Bu nedenle güneş, rüzgar, biyoenerji, hidroelektrik ve jeotermal enerjisi çalışmamızda kullanılacak olan beş alternatif olarak belirlenmiştir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME (ÇKKV) YÖNTEMLERİ

İnsanoğlu hayatı boyunca birçok problemle karşılaşmaktadır ve her alanda karşılaştıkları sorunları çözme çabası içindedir. Karşılaşılan problemler belirlenen birçok alternatif arasından en iyi karar alınarak çözülmeye çalışılmaktadır. Karar, tanım olarak bir duruma en uygun çözüm olarak gösterilmektedir. Karar verme süreci öznel ve belirsizlikler içerir. İnsan düşüncesinin karmaşıklığı ve insanların tercihlerinin sözlü ifadeleri karar alma sürecinde belirsizliklere neden olmaktadır. Günümüzde her alanda rekabet ve belirsizlik gün geçtikçe artmaktadır ve bu nedenle günümüzde doğru ve tutarlı bir karar almak taraflara ciddi avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, seçilen yenilenebilir enerji kaynak tesislerinin kriterlerine göre belirlenen amaçlar doğrultusunda en uygun olanının seçilmesi amaçlanmaktadır. Genellikle birbiri ile çelişen kriterler olması durumunda yapılan bu karar verme işleminde ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemleri, bugün birçok alanda birden fazla değişken bulunan seçim problemlerinde kullanılan en uygun yöntemlerdir. Bu problemleri çözmek için çeşitli araştırmacılar tarafından birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler karar problemine dahil olan alternatifleri değerlendirmeye, sıralamaya ve en iyi alternatifi belirlemeye yardımcı olur. Her yöntemin kendine özgü bir özelliği, çözüm tarzı, üstünlüğü ve zayıflığı vardır. Problemin tanımlanmasından sonra, problemin yapısı ve istenen amaç göz önünde bulundurularak en iyi yöntem belirlenmelidir. Literatürde yenilenebilir enerji kaynakları seçiminde en çok kullanılan ÇKKV yöntemlerinin kısa tanımlarına aşağıda yer verilmiştir.

2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 de ise Saaty tarafından bir model olarak

geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir (Saaty T.L.,2008). Bir AHS hiyerarşisi, belirli bir karar durumunu tam olarak karakterize etmek için gerektiği kadar seviyeden oluşmaktadır. Temel olarak AHP, karmaşık, yapılandırılmamış bir durumu bileşen parçalarına ayırma yöntemidir. Uygulanan adımlar problemin tanımlanması, ana ve alt karar kriterlerinin belirlenmesi ve tanımlanması, alternatiflerin belirlenmesi, hiyerarşik yapının oluşturulması ve nisbi önem ölçeğinin belirlenmesi şeklindedir. Bir dizi fonksiyonel özellik AHS'i kullanışlı bir metodoloji haline getirir. İnsanların gerçekte düşünme şeklini yansıtacak şekilde tasarlanan AHP, en yaygın kullanılan karar verme yöntemlerinden biridir. AHP, özellikle farklı bireylerin öznel yargılamalarının karar sürecinin önemli bir bölümünü oluşturduğu durumlarda somut (yani, nesnel) ve somut olmayan (yani öznel) niteliklerle verimli bir şekilde başa çıkabilir (Büyükoçkan, G. ve Gülerüz,S.,2014).

2.2 Analitik Ağ Süreci (AAP)

Analitik ağ prosesi yöntemi (AAP) AHP yönteminin uzantısı olarak Saaty tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir (Ersöz ve Kabak, 2010). AAP, karar verme sürecinde faktörler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasını sağlamakta ve problemi tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda karar seviyeleri ve özellikler arasında daha kompleks ilişkilerin dikkate alınmasını sağlar (Wang J.J., 2009). Karar verme sürecinde faktörler arasındaki ilişkileri dikkate alan ve problemin tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldıran bir yöntemdir. AAP yönteminde karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmekte ve modelleme aşamasında faktörler arasındaki bağımlılıklar ve faktör içindeki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. AHP hiyerarşik ilişkileri tek yönlü bir iskelet ile ifade ederken, AAP karar seviyeleri ve özellikler arasında daha karmaşık ilişkilerin dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bu şekilde hiyerarşik yapılar ile modellenemeyen karmaşık problemlerin kolay bir şekilde modellenmesini sağlar (Saaty, T.L. ,1980).

2.3 Vikor

Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje; Slav kökenli baş harflerinin kısaltmasından oluşan VIKOR yöntemi, ÇKKV sistemlerinin optimizasyonu için geliştirilmiştir. Yöntemin temeli, alternatiflerden değerlendirme kriterleri yardımı ile optimum bir çözüm oluşturulmasıdır. Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından temelleri atılan uzlaşık çözüm (compromise solution), birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir uzlaşma ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın uygun alternatif çözümü vermektedir. Bu yöntem bir dizi alternatifi sıralama ve seçmeyi hedeflerken çelişkili kriterli bir problem için karar vericinin nihai karara ulaşmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Demirel ve Yücenur, 2011)

2.4 Promethee

PROMETHEE yöntemi 1982 yılında Brans tarafından geliştirilmiş ve 1985 yılında Vincke ve Brans tarafından genişletilmiştir. Yöntemin temeli, en uygun değerlendirme sonuçlarını çoklu kriterlere dayanan alternatiflerden belirlenmesi şeklindedir (Behzadian M. ve Kazemzadeh R.B., 2010). Diğer karar verme yöntemlerinden temel farkı değerlendirme faktörlerinin birbiri ile ilişkilerini gösteren önem ağırlıklarının ve her bir değerlendirme faktörünün kendi iç ilişkisini de dikkate almasıdır. Yöntem 7 aşamadan oluşur (Bağcı H. ve Rençber Ö.F., 2014) sırasıyla; alternatif matrislerin oluşturulması, kriterler için tercih fonksiyonunun belirlenmesi, ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi, alternatif çiftler için tercih endeksinin oluşturulması, pozitif ve negatif avantajların belirlenmesi, pozitif ve negatif avantajlara göre tercihlerin değerlendirilmesi ve tüm alternatiflerin sıralaması şeklindedir.

2.5 Gri ilişkiler Analizi (GRA)

Gri İlişkisel Analiz (GRA) yöntemi 1982 yılında Profesör Julong Deng (Deng J., 1989) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemle, iki dizi arasındaki ilişki sayısal olarak hesaplanabilir ve işlem sonucunda hesaplanan ilişki derecesi gri ilişki derecesi olarak adlandırılır ve hesaplanan bu değer $[0,1]$ arasındaki değerleri alır. Yöntem 6 adımdan

oluşur. Bu aşamalar sırasıyla; karar matrisinin oluşturulması, standardizasyon süreci, standardize karar matrisi ve referans serilerinin oluşturulması, fark matrislerinin oluşturulması, gri ilişkisel katsayıların hesaplanması ve gri ilişki derecesinin hesaplanmasıdır. Gri ilişkinin değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında, alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır.

2.6 Eliminasyon Et Choix Traduisant La Realité (ELECTRE)

Eliminasyon Et Choix Traduisant La Realité (ELECTRE) yöntemi ilk kez 1966'da Bernard Roy tarafından önerilmiştir. Tercih edilen ve tercih edilmeyen alternatifler arasında üstünlük ilişkisinin hesaplanmasına dayanan yöntemde 8 adım ile alternatif sıralanmasına ulaşılmaktadır (Yücel M.ve Ulutaş A., 2009). Yöntemin 8 adımı sırasıyla; karar matrisinin oluşturulması, normalleştirilmiş bir karar matrisinin oluşturulması, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi, uygunluk ve uyumsuzluk kümelerinin belirlenmesi, uygunluk ve uygun olmayan endekslerin hesaplanması, üstünlük karşılaştırması, net uygunluk ve uygun olmayan endekslerin hesaplanması ve alternatiflerin sıralanmasından oluşmaktadır.

2.7 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metodu ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanmaktadır. Alternatif sıralamasında uygulanan aşamalar ELECTRE yöntemi ile benzerliğine rağmen daha kısa ve kullanışlı bir yöntemdir. TOPSIS yönteminin ilk iki adımı ELECTRE ile aynı olup 6 adımdan oluşmaktadır (Monjezi M. ve diğ., 2010). TOPSIS yönteminin adımları 3.1 Metodoloji bölümünde detaylı bir şekilde incelenmiştir.

ÇKKV yöntemleri arasından yapılan inceler sonucunda mevcut verimize uygunluğu ve kullanılabilir olması açısından TOPSIS yöntemi bulanık kümeler ile birleştirilerek bir çözüm methodu kullanılmıştır.

3. METODOLOJİ

3.1 Topsis Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi 1980 yılından Yoon ve Hwang geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) biridir. TOPSIS yönteminin amacı pozitif ideal çözüme en yakın olması, negatif ideal çözüme ise en uzak olmasıdır. TOPSIS yöntemi değerlendirilecek seçenek kümesinde her bir kriter için en ideal sonucu temel alarak diğer sonuçların bu değere olan farkına göre sıralanmaktadır. Buna göre ideal olan çözüme (pozitif ideal çözüm) en yakın nokta veya ideal olmayan (negatif-ideal) çözüme en uzak noktanın birleşimi ile alternatif seçimine ulaşılmaktadır Hwang ve Yoon (1981). Bu değerlendirmeler sonucunda ise ideale en yakın alternatif seçilir.

AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
<ul style="list-style-type: none">• Mantığı rasyonel ve anlaşılırıdır• Yöntem hesaplama basitliği• En iyi ve en kötü alternatifleri belirlemede eş zamanla olması• Her alternatifin kendi değerini alması	<ul style="list-style-type: none">• Yeni bir alternatif eklenmesi veya problemde bir alternatif çıkarılması durumunda tüm sıralamanın tamamen değişmesi

Şekil 3.1 :Topsis yöntemi avantajları-dezavantajları

Topsis Yöntemi Aşamaları

TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. TOPSIS yönteminin adımları aşağıda tanımlanmıştır (Monjezi M. ve diğ., 2010);

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisinde, alternatiflere (a_1, \dots, a_m) denk gelen her bir kriterin alternatiflere göre gösterdikleri özellikler (a_{1k}, \dots, a_{mn}) ile eşleştirilerek bir matris oluşturulur

(Yurdakul, M. ve İç, Y.T., 2003).Oluşturulan karar matrisi (3.1) numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

A_{ij} matrisinde m: Karar noktası sayısını ; n: Değerlendirme faktörü sayısı

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matris elemanlarının aşağıdaki (3.2)'de verilen formül kullanılarak hesaplanması ile oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.2)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$).

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili ağırlık değerleri w_i ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi (3.4) eşitliğinde gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır.

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.5)$$

(3.5) formülünden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.6)$$

(3.6) formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Öklid uzaklık formülünden yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması (3.7) formülünde, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise (3.8) formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3.7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.8)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (3.9)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

4. BULANIK SİSTEMLER

4.1 Bulanık Kümeler

4.1.1 Bulanık küme temel kavramlar

Gerçek hayat problemlerinde karşılaşılan sorunların hepsinin somut ya da sayısal bir cevabı bulunmamaktadır. İnsan görüşlerine dayalı bu cevaplar için dilsel değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Dilsel değerleri tanımlamak için kullanılan bulanık kümeler ise nitel değerleri sayısallaştırmamızı sağlayan bulanık sayılar olarak adlandırılmaktadır. Bulanık kümeler klasik kümelerin genelleştirilmiş bir çeşididir. Klasik mantık yaklaşımında bir varlık bir kümenin “elamanı” yani [1] ya da “elemanı değil” [0] şeklinde ifade edilmektedir. Bulanık kümelerde ise bir varlığın bir kümeye aitliği üyelik derecesi ile belirlenir ve bu değer [0,1] arasındadır. Klasik mantığın yetersiz kaldığı gerçek hayat problemlerinde bulanık mantığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık kümelerde, bir elemanın bir kümeye kısmi üyeliğine olanak sağlar. Eğer üyelik derecesi olarak adlandırılan üyelik fonksiyonunun değeri 1 olduğu durumda x elemanı bulanık kümeye tamamen ait iken 0 olduğu durumda ise x bulanık kümeye ait değil olarak tanımlanmaktadır. Ancak bulanık mantıkta bir ifadenin 0 veya 1 değerini alması sadece çok özel durumlarda oluşur. Bu özel durumların dışında tüm ifadeler 0’dan büyük 1’den küçük reel değerler alırlar. Bu yüzden bir varlık bir kümeye ait olabileceği gibi birden fazla kümeye de ait olabilmektedir. Üyelik derecesi, bu aitlik dereceleri kullanılarak oluşturulmaktadır.

X boş olmayan bir küme olsun. X’deki bir bulanık A kümesi için;

$$\forall x \in X \text{ için } \mu_A(x): X \longrightarrow [0,1]$$

$\mu_A(x)$, x elemanının A kümesine ait olma derecesini göstermektedir. Her üyelik fonksiyonu bir klasik evrensel kümenin elemanlarını [0,1] aralığındaki bir sayıya karşılık getiren bir fonksiyondur. Bulanık A kümesinde bir elemanın kümeye aitlik derecesi μ_A iken ait olmama derecesi ise doğal olarak $1 - \mu_A$ ’dir. Böylece ait olma

derecesi ve ait olmama derecelerinin toplamı 1'e eşittir. Fakat bu yaklaşım gerçek hayatta karşılaşılan uygulamalardaki belirsizliği ele almakta etkin bir yöntem değildir. Çünkü ait olma ve ait olmama derecelerinin toplamı birden küçük olabilmektedir. Bu nedenle Atanassov bulanık küme teorisinin genelleştirilmiş hali olan sezgisel bulanık küme teorisini önermiştir (Atanassov, K.T., 1986).

4.2 Sezgisel Bulanık Kümeler

Sezgisel Bulanık Küme ise (IFS), esas olarak belirsizliği ele almak için tasarlanan Bulanık Küme'nin uzantısıdır (Atanassov, K.T., 1986). Belirsizlik (kesinsizlik) kesinlikten veya keskin ayırmadan yoksunluk anlamına gelir. Bulanık küme kavramına göre tanımlanan bulanık A kümesindeki bir elemanın o kümeye ait olma derecesi μ_A iken ait olmama derecesi $1 - \mu_A$ 'ya karşılık gelmektedir. Böylece ait olma derecesi ile ait olmama derecesinin toplamı her zaman 1'e eşit olur. Fakat gerçek hayat uygulamaları ele alındığında bu yaklaşımın uygulamalardaki belirsizliği tam olarak ele alamaması sebebiyle her zaman etkin bir yöntem olmadığı görülmektedir.

Sezgisel bulanık kümeler üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi hakkında daha kapsamlı bir değerlendirmeye olanak sağladığından, belirsizlik ortamında bulanık kümelere göre faydasının daha fazla olduğu açıktır (Zhang ve diğ., 2011). Gerçek hayattaki uygulamalarda, insanların düşüncelerinin önem teşkil ettiği problemlerde ait olma ve olmama derecelerinin toplamı 1'den küçük olabilmektedir. Bu nedenle bu ihtiyacın karşılanabilmesi amacıyla bulanık küme teorisi genelleştirilerek sezgisel bulanık küme teorisi elde edilmiştir. Matematiksel olarak ifade edecek olursak X bir küme olmak üzere X' deki sezgisel bulanık A kümesi Denklem (4.1)'de tanımlandığı gibidir.

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x) \rangle \mid x \in X \} \text{ ise } \mu_A: (x), [0,1] \text{ ve } \nu_A: (x), [0,1] \quad (4.1)$$

Sezgisel bulanık küme teorisinde x elemanının A kümesine ait olma derecesi $\mu_A(x)$, ait olmama derecesi $\nu_A(x)$ ve tereddüt indeksi $\pi_A(x)$ olarak tanımlanmıştır. Sezgisel bulanık küme teorisinde ait olma derecesi ve ait olmama derecesinin toplamının 1'den küçük olabileceği (4.2) numaralı eşitsizlikte gösterilmektedir. Bu eşitsizlik

aynı zamanda bulanık küme ile sezgisel bulanık kümenin birbirinden farklı olduğunu açıkça göstermektedir.

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (4.2)$$

Tereddüt indeksi, bir x elemanının A kümesine ait olup olmaması durumunun tereddüt düzeyini belirtmekte ve Denklem 4.3’de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (4.3)$$

$$0 \leq \pi_A(x) \leq 1 \quad (4.4)$$

Tereddüt indeksine karşılık gelen $\pi_A(x)$ ifadesi, aldığı değere göre x elemanı hakkında farklı yorumlarda bulunulabilmesine yardımcı olmaktadır. Eğer $\pi_A(x)$ değeri küçükse x elemanı hakkındaki bilginin belirsizlik derecesinin göreceli olarak daha az olduğu, büyükse x elemanı hakkındaki bilginin belirsizlik derecesinin göreceli olarak daha fazla olduğu sonucuna varılabilir. Sezgisel bulanık mantık çok kriterli karar verme yöntemleri ile entegrasyonu belirsiz durum ve yargılarda daha net karar vermeye olanak sağladığı için sıklıkla kullanılmaktadır (Özkan Özen ve Koçak, 2017). Bu nedenle çalışmamızda nitel değerleri sayılaştırılırken Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin tanımı ve adımları aşağıda yer almaktadır.



5. SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ (SBTOPSIS)

Karmaşıklıkların ve belirsizliklerin arttığı günümüz dünyasında, konuşma ve dil değişkenlerini, başka bir deyişle sayısal olmayan değişkenleri kullanma ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bulanık yöntem kullanımı ise bu sorunlarla baş etmenin yollarından biri olarak görülmektedir. Bulanık sayılar, gerçek hayattaki belirsizlik ve dilbilimsel insan kararları için kullanılmaktadır. Farklı nicel ve nitel kriterler birlikte kullanıldığında ve kriterlere ait ağırlıklar yardımıyla sıralama yapılmak istenildiğinde bulanık bir model kurma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır ve Sezgisel Bulanık TOPSIS bu ihtiyaca yönelik oluşturulmuş ÇKKV yöntemlerinden biridir ve grup kararları için kullanıma uygundur. Sezgisel Bulanık TOPSIS'te, herhangi bir hesaplamadan önce, nitel kriterler ilk olarak uygun bulanık sayılara dönüştürülür. Elde edilen bulanık sayılar ve mevcut sayısal değerlerle belirlenen aritmetik işlem adımlarından geçerek, karar verme sistemlerinin modellenmesinde ve analizinde bir metodoloji olarak kullanılmakta, zor problemler ve karar vermeye ilgilenen araştırmacılar için özellikle ilgi çekici bir hale gelmektedir.

Bulanık TOPSIS yönteminin temeli TOPSIS yönteminde de gördüğümüz gibi, ideal çözümün Bulanık Pozitif İdeal Çözüme (BPIÇ) en yakın ve Bulanık Negatif İdeal Çözüme (BNIÇ) en uzak mesafe olmasıdır. Her alternatifin yakınlık katsayıları BNIÇ ve BNIÇ tarafından hesaplanır ve seçilen kriterler doğrultusunda alternatifler hesaplanan yakınlık katsayılarına göre sıralanmaktadır. (Boran, F.E. ve diğerleri 2009), (Joshi D. ve Kumar S. 2014) 'e göre, IFTOPSIS yönteminde kullanılacak aşamalar aşağıda gibidir.

Adım 1: Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi (KV'ler)

Anketlerin yapıldığı karar vericilerin önemi, çalışma alanlarına ve uzmanlık derecelerine göre belirlenmiştir ve bu önem düzeyleri dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. Belirlenen dilsel değişkenler sezgisel bulanık sayılar ve Eşitlik (5.1)

kullanılarak karar vericilerin önem ağırlıkları hesaplanır. Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesinde k. karar vericinin önem derecesini gösteren bir sezgisel bulanık sayı olan $D_k : (\mu_k, \nu_k, \pi_k)$ değerleri kullanılmıştır.

KV'lerin önem derecelerinin ağırlıkları aşağıdaki gibi tespit edilmektedir.

$$\lambda_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}$$

$$\lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, l \quad \text{ve} \quad \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \quad (5.1)$$

Adım 2: Karar vericilerin görüşlerine dayalı birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulması

Birleştirilmiş karar matrisi, karar vericilerin alternatiflerle ilgili yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilerek elde edilmesinden oluşturulmaktadır. Karar vericilerin alternatifler hakkında yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilmesi için Xu tarafından önerilen IFWA yöntemi Eşitlik (5.2) kullanılmaktadır.

Karar matrisini hesaplamak için kullanılan formül Eşitlik (5.2)' de verilmiştir.

$$\begin{aligned} r_{ij} &= IFWA_{\lambda}(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(l)}) = r_{ij}^{(1)} \lambda_1 \oplus r_{ij}^{(2)} \lambda_2 \oplus \dots \oplus r_{ij}^{(l)} \lambda_l \\ &= \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (\nu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (\nu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$r_{ij} = (\mu_{A_i}(x_j), \nu_{A_i}(x_j), \pi_{A_i}(x_j)) \quad (i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n).$$

Karar vericilerin görüşlerine dayalı birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi R oluşturulmuştur

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & \vdots \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & \cdots & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

Adım 3: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Her kriter, karar verme probleminde farklı önem seviyesine sahiptir. Kriterler ağırlıkları bireysel karar vericilerin görüşleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu ağırlıkları belirlemek için dilsel değişkenler kullanılır. Ayrıca, her bir karar vericinin kriterler için vermiş olduğu sezgisel bulanık değerler birleştirilerek kriter ağırlıkları oluşturulur Eş (5.3) kullanılarak oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} w_j &= IFWA_{\lambda}(w_j^{(1)}, w_j^{(2)}, \dots, w_j^{(l)}) = \lambda_1 w_j^{(1)} \oplus \lambda_2 w_j^{(2)} \oplus \lambda_3 w_j^{(3)} \oplus \dots \oplus \lambda_l w_j^{(l)} \\ &= \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (v_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k} - \prod_{k=1}^l (v_j^{(k)})^{\lambda_k} \right] \end{aligned} \quad (5.3)$$

Adım 4: Birleştirilmiş ağırlıklı sezgisel bulanık karar matrisinin oluşturması

Hem kriterlere verilen ağırlıklar hem de birleştirilmiş sezgisel bulanık kararları dikkate alınarak birleştirilmiş ağırlıklı sezgisel bulanık karar matrisi aşağıda gösterildiği gibi IFS' lerin çarpım operatörü kullanılarak elde edilir (Atanassov, 1986);

$$R' = R \oplus W = (\mu_{ij}', v_{ij}') = \{ \langle X, \mu_{ij} \times \mu_j, v_{ij} + v_j - v_{ij} \times v_j \rangle \} \quad (5.4)$$

$$\pi_{ij} = 1 - \mu_{ij} * \mu_j - v_{ij} - v_j + v_{ij} * v_j \quad (5.5)$$

Birleştirilmiş ağırlıklı sezgisel bulanık karar matrisi aşağıda gösterilmiştir;

$$R' = \begin{bmatrix} (\mu'_{11}, v'_{11}, \pi'_{11}) & (\mu'_{12}, v'_{12}, \pi'_{12}) & \cdots & (\mu'_{1n}, v'_{1n}, \pi'_{1n}) \\ (\mu'_{21}, v'_{21}, \pi'_{21}) & (\mu'_{22}, v'_{22}, \pi'_{22}) & \cdots & (\mu'_{2n}, v'_{2n}, \pi'_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu'_{m1}, v'_{m1}, \pi'_{m1}) & (\mu'_{m2}, v'_{m2}, \pi'_{m2}) & \cdots & (\mu'_{mn}, v'_{mn}, \pi'_{mn}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \cdots & r'_{1n} \\ r'_{21} & r'_{22} & \cdots & r'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r'_{m1} & r'_{m2} & \cdots & r'_{mn} \end{bmatrix}$$

$$r'_{ij} = (\mu'_{ij}, v'_{ij}, \pi'_{ij}) \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

Eşitlik (5.4) ve Eşitlik (5.5) kullanılarak ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisini oluşturulmuştur.

Adım 5: Sezgisel bulanık pozitif-ideal çözüm ve sezgisel bulanık negatif-ideal çözüm elde etme

TOPSIS metodolojisi değerlendirme kriterine atıfta bulunularak, fayda (J_1) ve maliyet (J_2) kriterleri altında sınıflandırılmalıdır. Sezgisel bulanık pozitif-ideal çözüm A^* ve sezgisel bulanık negatif-ideal çözüm A^- , şu şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} A^* &= (r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*), \quad r_j^* = (\mu_j^*, v_j^*, \pi_j^*), \quad j = 1, 2, \dots, n \\ A^- &= (r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-), \quad r_j^- = (\mu_j^-, v_j^-, \pi_j^-), \quad j = 1, 2, \dots, n \\ \mu_j^* &= \left\{ \left(\max_i \{ \mu'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(\min_i \{ \mu'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \\ v_j^* &= \left\{ \left(\min_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(\max_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \\ \pi_j^* &= \left\{ \left(1 - \max_i \{ \mu'_{ij} \} - \min_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(1 - \min_i \{ \mu'_{ij} \} - \max_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \\ \mu_j^- &= \left\{ \left(\min_i \{ \mu'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(\max_i \{ \mu'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \\ v_j^- &= \left\{ \left(\max_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(\min_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \\ \pi_j^- &= \left\{ \left(1 - \min_i \{ \mu'_{ij} \} - \max_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_1 \right), \left(1 - \max_i \{ \mu'_{ij} \} - \min_i \{ v'_{ij} \} | j \in J_2 \right) \right\} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Adım 6: Pozitif ve negatif ayırım ölçümlerinin hesaplanması

Bu aşamada, ayırma ölçüsünü hesaplamak için Hamming mesafesi, Öklid mesafesi, normalize Hamming mesafesi veya normalize Öklid mesafesi tercih edilebilir. Seçilen yöntem, sezgisel bulanık pozitif-ideal çözüm ve sezgisel bulanık negatif-ideal çözüm arasındaki mesafeyi ölçmek için kullanılır (Szmidski ve Kacprzy, 2000). Bu çalışmada pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm arasındaki mesafeyi ölçmek için Hamming mesafe ölçümü Eşitlik (5.7) kullanılmıştır.

$$S_i^* = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n [|\mu'_{ij} - \mu_j^*| + |v'_{ij} - v_j^*| + |\pi'_{ij} - \pi_j^*|], \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n [|\mu'_{ij} - \mu_j^-| + |v'_{ij} - v_j^-| + |\pi'_{ij} - \pi_j^-|], \quad i = 1, 2, \dots, m$$
(5.7)

Adım 7: Her kriter için alternatiflerin yakınlık katsayısı hesaplanır ve kriterlerin sayısal değerlerine ulaşılır

Son adım, her alternatifin nispi yakınlık katsayısını bulmak ve alternatifleri sıralamaktır. Aşağıda gösterilen Eşitlik (5.8.) göreceli yakınlık katsayısını hesaplamak için kullanılır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, \quad 0 \leq C_i^* \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$
(5.8)

Her alternatifin nispi yakınlık katsayısı belirlendikten sonra, alternatifler azalan CC_i^* sırasına göre sıralanır. IFTOPSIS yöntemi ile elde edilen nitel değerler, niceliksel değerlerle birleştirilmiş ve TOPSIS yöntemi kullanılarak alternatif sıralama oluşturulmuştur.



6. TÜRKİYE BÖLGELERİNDEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ İLE İNCELEMESİ

Enerji, Türkiye'nin sosyal hayatı ve sürdürülebilir ekonomik gelişme için çok önemli bir faktördür. Ayrıca, yenilenebilir enerji yatırımlarına verilen önem, yabancı ülkelere enerji bağımlılığı imajından kurtulmak için gün geçtikçe artmaktadır. Ancak, Türkiye'deki yenilenebilir enerji yatırımları üzerine çalışmalar bütün ülkeyi kapsamaktadır, ancak Türkiye farklı dinamikleri olan yedi bölgeden oluşmaktadır. Bu nedenle, temiz enerjinin verimli kullanılması açısından her bölgenin dinamikleri ve özelliklerine uygun olarak yenilenebilir enerjiye yatırım yapmak çok önemlidir. Türkiye'nin her bölgesi için (Şekil 6.1), alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarını seçmek için TOPSIS yöntemi uygulanmış ve her bölgede yatırım yapılması gereken kaynaklar listelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan alternatifler güneş (A1), rüzgar (A2), biyoenerji (A3) hidroelektrik (A4) ve jeotermaldir (A5). Bu çalışmada, bölgelerde seçilecek olan enerji kaynaklarını belirlemek için Şekil 6.2'de yer alan 4 ana kriter (sosyal, ekonomik, çevresel, teknik özellikler) ve 15 alt kriter kullanılmıştır. Ayrıca, Enerji Bakanlığı ve sektör çalışanlarının uzmanlarına yapılan anketler yardımıyla bulanık kümeler belirlenmiştir.



Şekil 6.1: Türkiye bölgeler haritası.

6.1 Ana Kriterler ve Alt Kriterler



Şekil 6.2 : Ana kriterler ve alt kriterler.

Kriterler tanımlarına ve elde ediliş şekillerine aşağıda değinilmiştir;

6.1.1 Teknik özellik kriterleri

Enerji Verimliliği (C1): Bölgenin sahip olduğu kaynakların potansiyelini gösterir. Bu çalışmada, bölgelere ait veriler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Kaynakları alanında çalışan yetkili kişilerden anketler aracılığı ile toplanmıştır.

Kurulu Güç Kapasitesi (C2); Şebekenin "kW" birimlerinde ifade edilen bir santralde barındırabileceği kapasitedir. Bu çalışmada, bölgelere ait veriler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Kaynakları departmanı verilerinden elde edilmiştir.

Çalışma Ömrü (C3); Belirlenmiş alana yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulmasını takip eden dönemi ifade eder.

6.1.2 Ekonomik Kriterler

Kurulum Maliyeti (C4); Bu temel ekonomik gösterge, mekanik ekipman, mühendislik hizmetleri, inşaat maliyetleri ve kurulum harcama maliyetleri gibi enerji teknolojilerinin tüm satın alma ve kurulum maliyetlerini içerir.

İşletme Maliyeti (C5); İşletme ve bakım maliyetini ölçmek için çalışanların ücretleri, enerji için harcanan fonlar ve enerji sisteminin çalışması gibi her bir dönemde ürün ve hizmetlerin hem sabit hem de değişken maliyetleri dikkate alınmıştır.

Hükümetin desteği (C6); Bu desteklerden bazıları fiyat temelli teşvikler, lisans ücretlerinden muafiyet, yatırım teşvikleri, vergi teşvikleridir.

Kar (C7); Aynı kapasiteye sahip santrallerin yıllık kazanç durumunun değerlendirilmesidir.

Geri ödeme süresi (C8); Her bölgedeki potansiyelleri değerlendirerek yapılan yatırımların ortalama geri ödeme süresidir.

6.1.3 Çevresel Kriterler

Sera Gazı (C9); Yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliğinin azaltılması ve karbon emisyonlarının, kükürt ve azot emisyonlarının azaltılması üzerindeki bölgesel etkileri incelenmiştir.

Çevresel Hasar (C10); Santrallerin doğaya ve çevreye verdiği kalıcı ve geçici hasarlar olarak tanımlanabilir.

Su Tüketimi (C11); İşletme sırasında santraller tarafından tüketilen su miktarıdır.

Arazi kullanımı (C12); Her santral doğal kaynağından kaynaklı olarak belirli bir arazi gerektirir. Bu kriter doğrudan enerji sistemleri tarafından çevre üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, enerji karar vericileri değerlendirmelerinde bu faktöre dikkat etmelidir (Cheng, W.K.V. ve Hammond, G.P,2016).

6.1.4 Sosyal Etki Kriterler

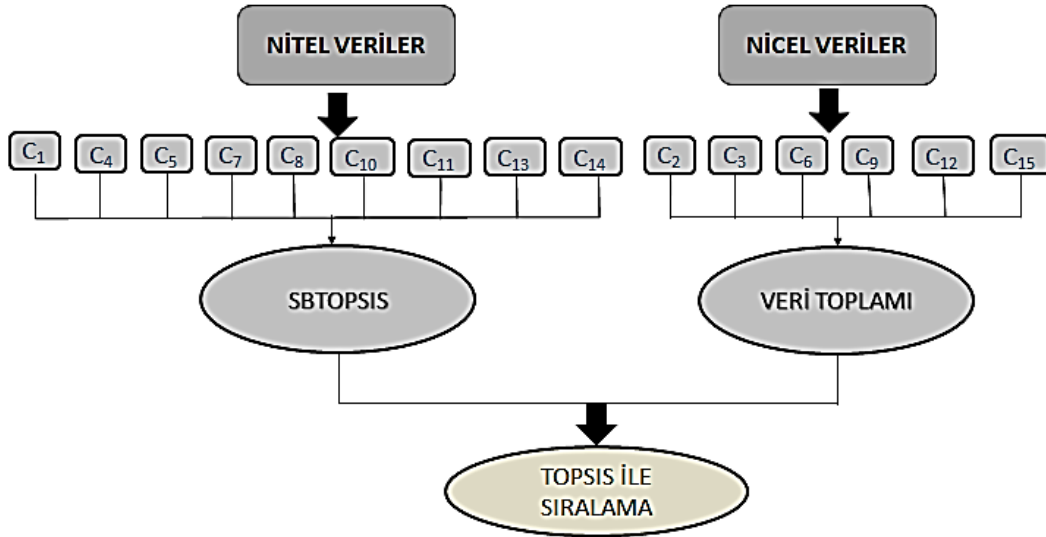
Sosyal Kabul (C13); Kurulacak santralin toplum tarafından kabul seviyesini gösteren bir parametredir. Enerji sistemlerini kabul etmek için yerel nüfusun anlayış derecesini gösterir. Bu gösterge projeyi bitirmek için gereken süreyi büyük ölçüde etkiler (Kaya T.and Kahraman C., 2011; Wang F. ve diğ., 2014).

Güvenlik (C14); Bölgelerde elektrik santrallerinin sosyal güvenliğini belirler.

İş fırsatları (C15); Daha fazla iş yaratan sürdürülebilir enerji sistemi, yerel halkın kaliteli yaşamını iyileştirir (Özcan E.C. ve Erol S.,2014).

6.2 Uygulama

Yukarıda belirtilen kriterler için alternatif veriler bakanlık verilerinden, resmi raporlardan veya makalelerden elde edilirken, bazı veriler dilsel değişkenleri yardımıyla bulanık kümeler ile ifade edilir. Bu nedenle çalışmamızda kriterler nitel ve nicel veri olarak iki sınıfta incelenmiştir. Nicel Veriler bakanlık verileri, resmi raporlar ve makalelerdeki ortak değerler kullanılarak belirlenir ve Nitel Veriler dilsel değişkenler kullanılarak belirlenen kriterlerdir. Niteliksel verileri belirlemek için, ankete katılan dört uzman, enerji bakanlığındaki yenilenebilir enerji bölümünde çalışmaktadır. Bu anket sonuçlarına sezgisel bulanık ÇKKV yöntemi uygulandıktan sonra, bu nitel verileri sayısal verilere dönüştürülmüştür. Son olarak, bu değerler nitel verilerle birleştirilir ve TOPSIS yöntemi kullanılarak her bölge için alternatif sıralama oluşturulur. Uygulanacak yöntem, Şekil 6.3'te ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 6.3 : Her bölge için uygulanacak olan yöntem süreci.

6.2.1 SBTOPSIS-TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin sıralanması

Adım 1. Karar vericilerin ağırlıklarını belirleme (KV'ler)

Her bir bölge için karar vericilerin ağırlıkları sabit tutulmuştur ve önem derecelerine göre dilsel değişkenler Çizelge 6.1’de verilmiştir. Karar vericilerin önem düzeyini belirlerken çalışma alanları ve uzmanlık dereceleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.1: Karar vericiler ve ağırlıklar için dilsel karar değişkenleri.

Çok Önemli	0.9	0.05	0.05
Önemli	0.75	0.2	0.05
Orta	0.5	0.4	0.1
Önemsiz	0.2	0.75	0.05
Çok Önemsiz	0.05	0.9	0.05

Çizelge 6.2 : Karar vericilerin ağırlıkları.

Karar Vericilerin Önem Düzeyleri			
KV1	KV2	KV3	KV4
0.292	0.171	0.244	0.292

Çizelge 6.1’deki bulanık sayılar ve Eşitlik (5.1) kullanılarak Çizelge 6.2’deki karar vericilerin önem derecelerine ulaşılmıştır.

Adım 2. Karar vericilerin görüşlerine dayalı olarak birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi oluşturma

Çizelge 6.3 : Kriterler için dilsel karar değişkenleri.

Çok Yüksek	0.80	0.10	0.10
Yüksek	0.6	0.25	0.15
Orta	0.5	0.5	0
Düşük	0.25	0.6	0.15
Çok Düşük	0.15	0.75	0.1

Birleşik karar matrisi, ortak karar matrisini elde etmek için grup karar verme sürecinde kullanılır. Tüm karar vericilerin fikirleri, hiçbir bilgi kaybı olmadan bir fikir grubu olarak birleştirilmelidir. Bu nedenle, Xu tarafından önerilen IFWA yönetimi ve Çizelge 6.3'deki bulanık sayılar kullanılarak birleştirilmiş karar matrisini hesaplanmıştır.

Çizelge 6.4: Karar vericilerin Karadeniz bölgesi nitel kriterleri için değerlendirmeleri.

KARAR VERİCİLER	ALTERNATİF	KRİTERLER									
		C1	C4	C5	C7	C8	C10	C11	C13	C14	
KV-1	GÜNEŞ	D	D	D	D	Y	D	D	Y	Y	
	RÜZGAR	O	O	O	O	Y	D	ÇD	O	Y	
	BIO	O	Y	Y	O	O	O	ÇY	O	Y	
	HİDRO	ÇY	O	O	ÇY	D	O	ÇY	D	Y	
	JEOTERMAL	ÇD	Y	Y	ÇD	ÇY	O	ÇY	O	Y	
KV-2	GÜNEŞ	D	O	O	D	Y	ÇD	ÇD	D	D	
	RÜZGAR	D	Y	O	D	Y	D	ÇD	D	D	
	BIO	O	Y	Y	O	O	D	D	O	Y	
	HİDRO	ÇY	Y	O	ÇY	D	D	O	O	Y	
	JEOTERMAL	ÇD	ÇY	Y	ÇD	ÇY	D	O	ÇD	D	
KV-3	GÜNEŞ	D	Y	D	D	ÇY	ÇD	D	O	D	
	RÜZGAR	O	Y	O	O	O	D	ÇD	Y	D	
	BIO	Y	ÇY	O	Y	O	ÇD	O	Y	D	
	HİDRO	ÇY	Y	O	ÇY	D	D	O	ÇD	D	
	JEOTERMAL	D	ÇY	Y	D	ÇY	D	O	O	D	
KV-4	GÜNEŞ	D	D	D	D	Y	ÇD	ÇD	Y	D	
	RÜZGAR	D	O	O	D	Y	D	ÇD	Y	D	
	BIO	Y	Y	Y	Y	D	O	D	Y	D	
	HİDRO	ÇY	Y	D	ÇY	D	D	ÇY	D	D	
	JEOTERMAL	D	Y	Y	D	Y	O	O	Y	D	

Adım 3. Kriterlerin ağırlığını belirlemesi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Kaynakları uzmanlarına yapılan anketler kullanılarak beş farklı yenilenebilir enerji kaynağı alternatifi için toplanan uzman görüşleri neticesinde Türkiye bölgelerindeki her kriter için aynı ağırlıklar alınmıştır. Türkiye bölgelerindeki her kriter için Eşitlik (5.3) ve Çizelge 6.1 Karar vericiler ve ağırlıklar için dilsel karar değişken değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 6.5 : Kriterlerin ağırlık değerleri.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15
μ'	0,883	0,750	0,738	0,837	0,806	0,690	0,837	0,837	0,491	0,491	0,345	0,649	0,584	0,637	0,556
ν'	0,063	0,200	0,193	0,105	0,124	0,229	0,105	0,105	0,427	0,427	0,598	0,294	0,349	0,290	0,355
π'	0,054	0,050	0,069	0,058	0,069	0,081	0,058	0,058	0,083	0,083	0,057	0,057	0,067	0,073	0,089

Adım 4. Birleştirilmiş ağırlıklı sezgisel bulanık karar karar matrisi oluşturmak
Elde edilen kriter ağırlıkları, birleştirilmiş uzman görüşleri ile birleştirildi ve bir karar matrisi oluşturuldu. Karadeniz bölgesi için ağırlıklı karar matrisi Çizelge 6.6 'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 : Karadeniz bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.

AĞIRLIKLIL BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ																
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5			
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	
C1	0,221	0,625	0,154	0,350	0,573	0,077	0,491	0,386	0,122	0,706	0,157	0,137	0,181	0,687	0,132	
C4	0,334	0,526	0,140	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156	
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173	
C7	0,209	0,642	0,149	0,332	0,592	0,076	0,465	0,414	0,121	0,669	0,195	0,136	0,172	0,701	0,128	
C8	0,554	0,284	0,162	0,483	0,370	0,147	0,366	0,577	0,057	0,209	0,642	0,149	0,632	0,222	0,146	
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,326	0,615	0,059	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071	
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099	
C13	0,443	0,413	0,144	0,439	0,423	0,138	0,465	0,414	0,121	0,233	0,655	0,112	0,407	0,497	0,096	
C14	0,314	0,521	0,165	0,314	0,521	0,165	0,368	0,463	0,169	0,368	0,463	0,169	0,314	0,521	0,165	

Adım 5. Sezgisel bulanık pozitif-ideal çözüm ve sezgisel bulanık negatif-ideal çözüm elde edin

Kriterler fayda ve maliyet kümelerine ayrılmış, sezgisel bulanık pozitif-ideal çözüm ve sezgisel bulanık negatif-ideal çözüm kümeleri Eş (5.6) kullanılarak elde edilmiştir. Çizelge 6.7'de Karadeniz bölgesinin sezgisel bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 : Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm değerleri.

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,706389	0,33441	0,242251	0,669255	0,209142	0,15104	0,125485	0,465445	0,367844
	0,157076	0,52555	0,633621	0,194619	0,642053	0,733888	0,776283	0,412921	0,462842
	0,136535	0,14004	0,124127	0,136126	0,148805	0,115072	0,098232	0,121633	0,169315
A-	0,181157	0,58562	0,483897	0,171633	0,631661	0,341599	0,591808	0,233158	0,314494
	0,686655	0,258061	0,343358	0,700611	0,222115	0,587748	0,279692	0,654606	0,520783
	0,132188	0,15632	0,172745	0,127755	0,146224	0,070652	0,1285	0,112235	0,164722

Adım 6. Pozitif ve negatif ayırım ölçümlerinin hesaplanması

Bu çalışmada Hamming mesafe ölçümü kullanılmıştır. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ile negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümelerinin alternatiflere olan mesafeleri Eş(5.7) kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.8’de hesaplanan değerler Karadeniz bölgesi için pozitif ve negatif ayırım ölçümlerini (S^+ ve S^-) göstermektedir.

Çizelge 6.8 : Karadeniz bölgesi için pozitif ve negatif ayırım ölçümleri.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,486	0,061	0,416	0,169	0,229	0,310	0,000	0,275	0,530	0,000
C4	0,000	0,267	0,121	0,183	0,241	0,032	0,146	0,171	0,267	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,460	0,059	0,397	0,160	0,219	0,294	0,000	0,269	0,506	0,000
C8	0,358	0,078	0,274	0,148	0,156	0,355	0,000	0,219	0,423	0,000
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,175	0,027	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,022	0,242	0,027	0,231	0,001	0,241	0,242	0,211	0,084	0,174
C14	0,058	0,000	0,058	0,000	0,000	0,058	0,000	0,105	0,058	0,000

Adım 7. Her kriter için alternatiflerin yakınlık katsayısı hesaplanır ve kriterlerin bulanık değerlerine ulaşılır

Eşitlik (5.8) kullanılarak, bulanık kriterler sayısal değerlere dönüştürülmüş ve nitel kriterlerin sayısal değerleri olarak pozitif ve negatif ayrımcılık ölçümleri kullanılmıştır. Karadeniz bölgesinin nitel kriterleri için elde edilen sayısal değerler Çizelge 6.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 6.9 :Karadeniz bölgesi için ideal çözüme göre yakınlık değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	0,1121	0,2889	0,5749	1,0000	0,0000
C4	1,0000	0,6017	0,1160	0,5390	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	0,1129	0,2871	0,5729	1,0000	0,0000
C8	0,1784	0,3513	0,6940	1,0000	0,0000
C10	1,0000	0,5906	0,1334	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	0,9151	0,8964	0,9968	0,4658	0,6751
C14	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000

Çizelge 6.9'daki veriler, enerji ve doğal kaynak bakanlığından elde edilen verilerle birleştirildi ve daha sonra yapılan çalışmalarda Karadeniz bölgesi için Çizelge 6.10 oluşturuldu.

Çizelge 6.10: Karadeniz bölgesi verileri.

KARADENİZ BÖLGESİ İÇİN VERİ ÇİZELGESİ						
KRİTERLER		GÜNEŞ	RÜZGAR	BİO	HİDRO	JEO
	C1	0,112	0,289	0,575	1,000	0,000
	C2	16,300	264,100	53,300	8561,500	0,000
	C3	25,000	25,000	20,000	30,000	25,000
	C4	1,000	0,602	0,116	0,539	0,000
	C5	1,000	0,576	0,139	0,533	0,000
	C6	13,300	7,300	13,300	7,300	10,500
	C7	0,113	0,287	0,573	1,000	0,000
	C8	0,178	0,351	0,694	1,000	0,000
	C9	23,000	10,000	26,000	26,000	38,000
	C10	1,000	0,591	0,133	0,613	0,000
	C11	0,848	1,000	0,278	0,239	0,211
	C12	0,040	0,050	20,000	8,100	0,007
	C13	0,915	0,896	0,997	0,466	0,675
	C14	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000
	C15	0,530	0,400	1,000	0,330	2,130

Adım 9: TOPSIS kullanarak alternatiflerin sıralanması

Çizelge 6.11: Karadeniz Bölgesi İçin İdeal Çözümle Göreceli Yakınlık değerleri.

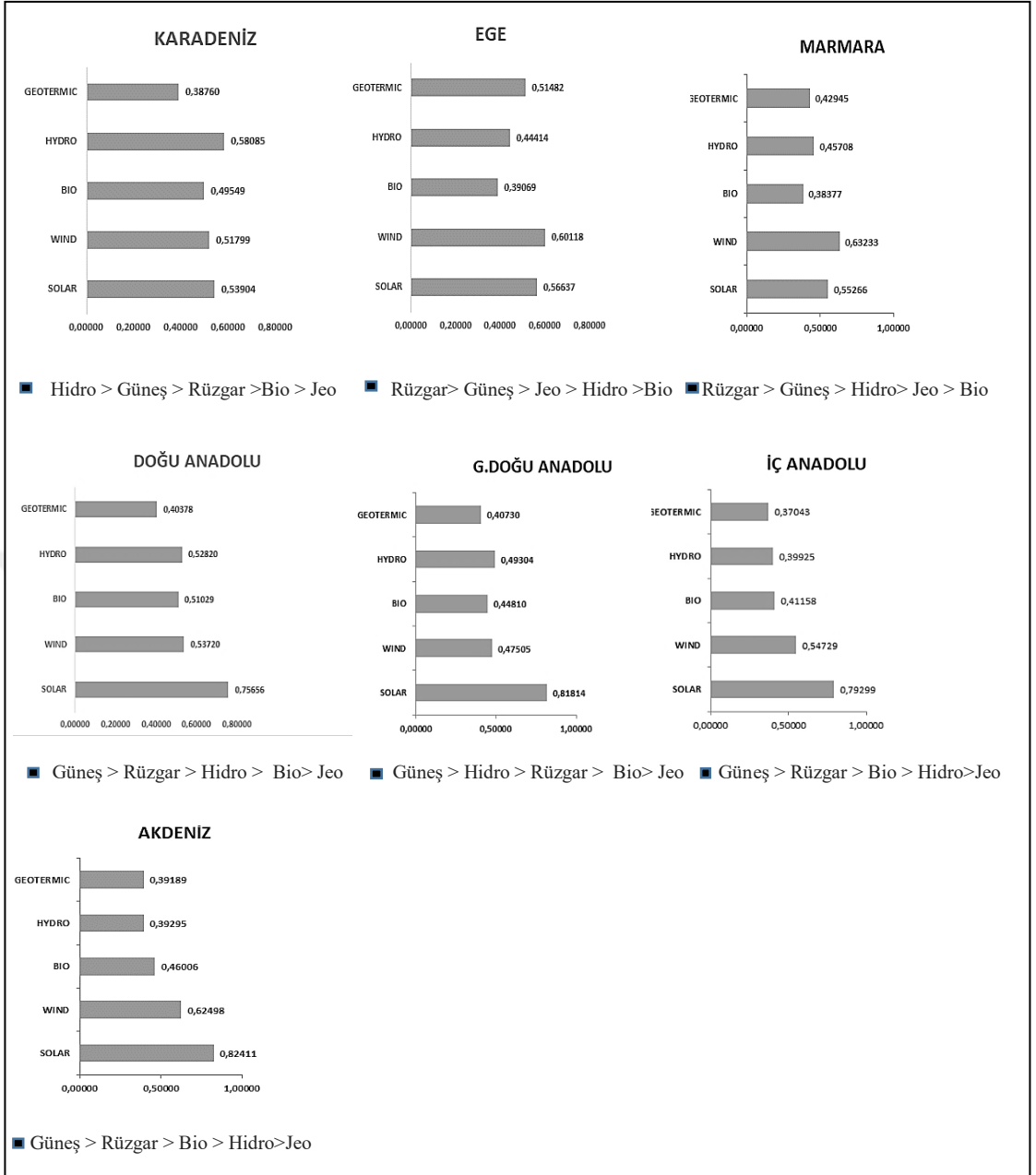
C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,119	0,139	0,539035
RÜZGÂR	0,111	0,119	0,517994
BİO	0,119	0,116	0,495487
HİDRO	0,103	0,143	0,580852
JEOTERMAL	0,163	0,103	0,387596

Yatırım yapılması gereken alternatif enerji kaynakları, bölgesel olarak elde edilen C değerleri kullanılarak listelenmiştir. Karadeniz bölgesinde açıklanan yöntem ve her bölge için Matlab kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 6.12 Her bölge için IFTOPSIS analiz sonuçları. aşağıda yer almaktadır..

Çizelge 6.12: Her bölge için IFTOPSIS analiz sonuçları.

ALT.	BÖLGELER (C*i)						
	KARADENİZ	EGE	MARMARA	AKDENİZ	DOĞU ANADOLU	GÜNEYDOĞU ANADOLU	İÇ ANADOLU
GÜNEŞ	0,53904	0,56637	0,55266	0,82411	0,75656	0,81814	0,79299
RÜZGAR	0,51799	0,60118	0,63233	0,62498	0,53720	0,47505	0,54729
BİOKÜTLE	0,49549	0,39069	0,38377	0,46006	0,51029	0,44810	0,41158
HİDRO	0,58085	0,44414	0,45708	0,39295	0,52820	0,49304	0,39925
JEOTERMAL	0,38760	0,51482	0,42945	0,39189	0,40378	0,40730	0,37043

Bölgelerden elde edilen sonuçları yorumlayarak genel bir Türkiye tablosu çıkarmamız gerekirse Türkiye geneline güneş ve rüzgar enerjinin hakim olduğu gözlemlenmektedir. Doğu ve güney bölgelerinde güneş enerji hakimken batı bölgelerinde rüzgar enerjinin potansiyelinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

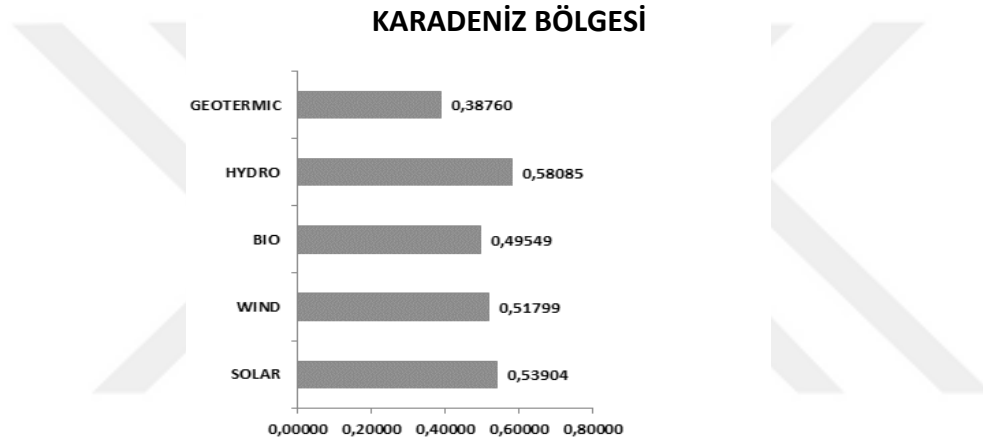


Şekil 6.4: Bölgelere göre alternatiflerin C * değer grafikleri.

Çalışmanın sonuçlarına göre yatırım öncelikleri Şekil 6.4'de gösterilmektedir. Grafikler her bir bölge için seçilecek alternatiflerin ideal çözüm değerleri değerlerini ve seçim sırasını göstermektedir. Her bölge için uygulanan SBTOPSIS yöntemi ve bölge sonuçlarına dair analizler aşağıda yer almaktadır.

Elde edilen sonuçlardan da görebileceğimiz gibi, Karadeniz bölgesindeki ilk yatırım alternatif enerji kaynağı hidroelektrik santral olarak belirlenmiştir. Hidroelektrik santrallerinin bölgedeki insanlar üzerindeki etkisi, yanlış uygulamalar sonucunda meydana gelen köylerdeki su baskınları nedeniyle oldukça olumsuzdur. Bu durum

insanları hidroelektrik santrallere karşı tepkili bir hale getirmiştir. Ancak yapılan çalışmalar göstermektedir ki Karadeniz bölgesinde sahip olunan yüksek potansiyel hidroelektrik santrali yatırım önceliklendirmesinde halen ilk seçenek olarak belirlenmektedir. Bölgedeki ikinci yatırım tercihi ise hidroelektrik santralin ideal çözüme göreli yakınlık değerine en yakın sonuç olarak belirlenen güneş enerjisi santralidir. Bu nedenle, bu iki santralin yatırımı bu bölgede önceliğe sahiptir. Sırası ile yatırım yapılması önerilen diğer santraller rüzgar, biokütle ve jeotermal olarak belirlenmiştir. Bölgedeki ikinci yatırım önerisi olan güneş santraline dair henüz ciddi bir kurulu güç mevcut olmamasına rağmen potansiyel verimi değerlendirilmesi gereken bir alan olarak görülmektedir.



Şekil 6.5 : Karadeniz Bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin göreceli yakınlık değerleri.

Çizelge 6.13: İç Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.

AĞIRLIKLI BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,662	0,202	0,136	0,485	0,403	0,112	0,481	0,415	0,105	0,469	0,446	0,085	0,399	0,565	0,035
C4	0,316	0,554	0,130	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173
C7	0,638	0,217	0,145	0,459	0,430	0,111	0,455	0,441	0,104	0,517	0,385	0,099	0,378	0,585	0,037
C8	0,190	0,672	0,138	0,342	0,588	0,071	0,317	0,599	0,085	0,392	0,520	0,087	0,459	0,430	0,111
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,326	0,615	0,059	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099
C13	0,554	0,284	0,162	0,459	0,430	0,111	0,523	0,352	0,125	0,523	0,352	0,125	0,439	0,423	0,138
C14	0,497	0,336	0,167	0,497	0,336	0,167	0,484	0,365	0,151	0,484	0,365	0,151	0,458	0,374	0,168

Çizelge 6.14: İç Anadolu bölgesi için olumlu ve olumsuz sezgisel bulanık ideal çözüm.

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,662208	0,31569	0,242251	0,638467	0,189711	0,15104	0,125485	0,553947	0,496915
	0,202053	0,553898	0,633621	0,217006	0,672057	0,733888	0,776283	0,284081	0,33629
	0,135739	0,130412	0,124127	0,144527	0,138232	0,115072	0,098232	0,161973	0,166795
A-	0,399436	0,58562	0,483897	0,378438	0,459418	0,341599	0,591808	0,438723	0,458256
	0,565427	0,258061	0,343358	0,584783	0,429532	0,587748	0,279692	0,429532	0,373733
	0,035136	0,15632	0,172745	0,036779	0,11105	0,070652	0,1285	0,131744	0,168011

Çizelge 6.15: İç Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,000	0,363	0,201	0,162	0,213	0,151	0,244	0,108	0,363	0,000
C4	0,000	0,296	0,140	0,183	0,270	0,032	0,175	0,171	0,296	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,000	0,368	0,213	0,155	0,224	0,144	0,168	0,134	0,368	0,000
C8	0,000	0,270	0,152	0,158	0,127	0,169	0,202	0,064	0,270	0,000
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,175	0,027	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,000	0,145	0,145	0,021	0,068	0,084	0,068	0,092	0,139	0,006
C14	0,000	0,039	0,000	0,039	0,029	0,025	0,029	0,076	0,039	0,000

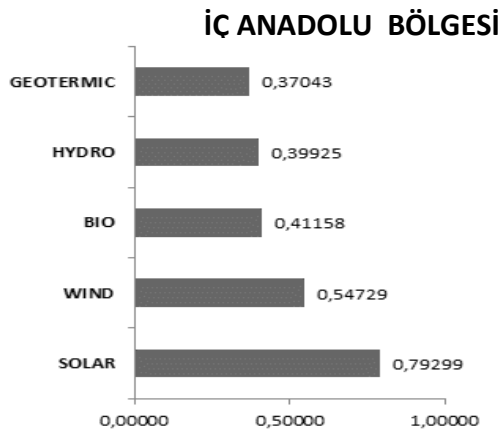
Çizelge 6.16: İç Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	1,0000	0,4472	0,4151	0,3067	0,0000
C4	1,0000	0,5667	0,1051	0,4948	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	1,0000	0,4221	0,3918	0,4446	0,0000
C8	1,0000	0,5102	0,5709	0,2406	0,0000
C10	1,0000	0,5906	0,1334	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	1,0000	0,1246	0,5543	0,5765	0,0415
C14	1,0000	1,0000	0,4655	0,7232	0,0000

Çizelge 6.17: İç Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,047	0,179	0,79299 5
RÜZGÂR	0,098	0,118	0,54729 4
BİO	0,131	0,091	0,41157 5
HİDRO	0,127	0,084	0,39924 5
JEOTERMA	0,166	0,097	0,37042 9

İç Anadolu Bölgesindeki göreceli yakınlık değerleri incelendiğinde güneş enerjisi santrali 0,79299 gibi ciddi bir değerle ilk yatırım önceliği olarak belirlenmiştir. Güneş enerjisinin gelecekteki potansiyeli ve verimi düşünüldüğünde yatırımcılar için oldukça önemli olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisi ise ikinci yatırım alternatifi olarak görülmektedir. Biokütle santralleri ise İç Anadolu da ki hidroelektrik santral ve jeotermal santrali ile sırası ile yatırım yapılabilecek yenilenebilir enerji kaynakları olarak belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde güneş ve rüzgar santrallerinin son dönemdeki hakimiyeti İç Anadolu bölgesinde de yapılacak yatırımları etkilemiş ve özellikle güneş enerjisi santrali göreceli yakınlık değeri diğer santraller ile kıyaslandığında ilk yatırım yapılması gereken santral olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.6: İç Anadolu Bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin göreceli yakınlık değerleri.

Çizelge 6.18: Ege bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.

AĞIRLIKLIL BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİS															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,465	0,459	0,076	0,706	0,157	0,137	0,558	0,323	0,119	0,458	0,479	0,063	0,706	0,157	0,137
C4	0,334	0,526	0,140	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173
C7	0,440	0,483	0,077	0,632	0,222	0,146	0,434	0,502	0,064	0,434	0,502	0,064	0,586	0,258	0,156
C8	0,483	0,370	0,147	0,125	0,776	0,098	0,279	0,614	0,107	0,375	0,573	0,052	0,209	0,642	0,149
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,326	0,615	0,059	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099
C13	0,554	0,284	0,162	0,434	0,502	0,064	0,535	0,324	0,141	0,535	0,324	0,141	0,395	0,490	0,114
C14	0,497	0,336	0,167	0,497	0,336	0,167	0,484	0,365	0,151	0,497	0,336	0,167	0,497	0,336	0,167

Çizelge 6.19: Ege bölgesi için olumlu ve olumsuz sezgisel bulanık ideal çözüm.

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,706389	0,33441	0,242251	0,631661	0,125485	0,15104	0,125485	0,553947	0,496915
	0,157076	0,52555	0,633621	0,222115	0,776283	0,733888	0,776283	0,284081	0,33629
	0,136535	0,14004	0,124127	0,146224	0,098232	0,115072	0,098232	0,161973	0,166795
A-	0,458067	0,58562	0,483897	0,433987	0,483241	0,341599	0,591808	0,395379	0,483666
	0,479228	0,258061	0,343358	0,502423	0,370015	0,587748	0,279692	0,502423	0,365465
	0,062705	0,15632	0,172745	0,06359	0,146743	0,070652	0,1285	0,102199	0,150869

Çizelge 6.20: Ege bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.

CRİT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,302	0,020	0,000	0,322	0,166	0,156	0,322	0,011	0,000	0,322
C4	0,000	0,267	0,121	0,183	0,241	0,032	0,146	0,171	0,267	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,261	0,019	0,000	0,280	0,280	0,000	0,280	0,034	0,046	0,244
C8	0,406	0,000	0,000	0,406	0,162	0,244	0,249	0,104	0,134	0,274
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,175	0,027	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,000	0,218	0,218	0,039	0,040	0,178	0,040	0,105	0,206	0,012
C14	0,000	0,029	0,000	0,029	0,029	0,000	0,000	0,080	0,000	0,029

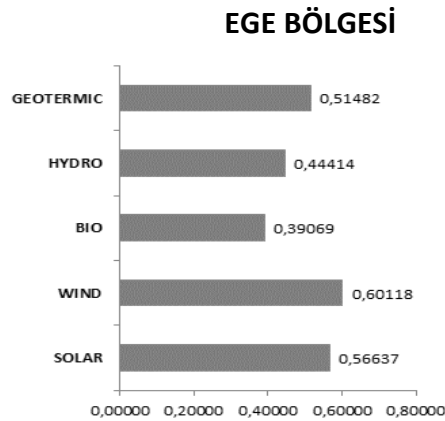
Çizelge 6.21: Ege bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	0,0630	1,0000	0,4845	0,0318	1,0000
C4	1,0000	0,6017	0,1160	0,5390	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	0,0692	1,0000	0,0000	0,1088	0,8415
C8	0,0000	1,0000	0,6010	0,2940	0,6713
C10	1,0000	0,5906	0,1334	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	1,0000	0,1503	0,8158	0,7237	0,0547
C14	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000

Çizelge 6.22: Ege bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,106	0,139	0,566369
RÜZGÂR	0,092	0,139	0,601184
BİO	0,135	0,087	0,390695
HİDRO	0,115	0,092	0,444145
JEO.	0,114	0,121	0,514819

Ege bölgesi analizlerine bakılacak olursa çıkan göreceli yakınlık değerleri rüzgar ve güneş enerjisi santralleri yatırım önceliği olan santraller olarak belirlenmiştir. Bölgede her enerji kaynağına potansiyel mevcuttur ve ilk sırada rüzgar santraline yatırım yer alırken güneş santrali onu takip etmektedir. Jeotermal, biokütle ve hidroelektrik santralleri ise sırasıyla yatırım yapılabilecek santraller olarak Şekil 6.7'de belirtilmiştir.



Şekil 6.7 : Ege bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması.

Çizelge 6.23: Marmara bölgesi için ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi.

AĞIRLIKLI BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,396	0,553	0,051	0,639	0,207	0,154	0,563	0,310	0,126	0,430	0,434	0,136	0,440	0,458	0,102
C4	0,334	0,526	0,140	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173
C7	0,392	0,520	0,087	0,606	0,242	0,152	0,465	0,414	0,121	0,407	0,459	0,134	0,388	0,567	0,045
C8	0,433	0,434	0,133	0,268	0,619	0,113	0,433	0,434	0,133	0,416	0,482	0,101	0,366	0,577	0,057
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,342	0,588	0,071	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099
C13	0,502	0,329	0,169	0,519	0,339	0,141	0,465	0,414	0,121	0,465	0,414	0,121	0,439	0,423	0,138
C14	0,479	0,352	0,168	0,479	0,352	0,168	0,419	0,431	0,151	0,434	0,394	0,171	0,419	0,431	0,151

Çizelge 6.24: Marmara bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,639412	0,33441	0,242251	0,605799	0,268171	0,15104	0,125485	0,519408	0,479483
	0,206686	0,52555	0,633621	0,242019	0,61872	0,733888	0,776283	0,328849	0,3521
	0,153902	0,14004	0,124127	0,152182	0,113109	0,115072	0,098232	0,151743	0,168416
A-	0,395644	0,58562	0,483897	0,388166	0,432747	0,341599	0,591808	0,438723	0,418728
	0,552984	0,258061	0,343358	0,566776	0,434085	0,587748	0,279692	0,423496	0,430594
	0,051373	0,15632	0,172745	0,045058	0,133167	0,070652	0,1285	0,13778	0,150678

Çizelge 6.25: Marmara bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,346	0,000	0,000	0,346	0,104	0,243	0,227	0,121	0,251	0,095
C4	0,000	0,267	0,121	0,183	0,241	0,032	0,146	0,171	0,267	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,278	0,046	0,000	0,325	0,172	0,153	0,217	0,134	0,325	0,000
C8	0,185	0,000	0,000	0,185	0,185	0,000	0,148	0,033	0,097	0,143
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,191	0,000	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,017	0,095	0,010	0,084	0,085	0,027	0,085	0,043	0,095	0,000
C14	0,000	0,078	0,000	0,078	0,078	0,000	0,045	0,020	0,078	0,000

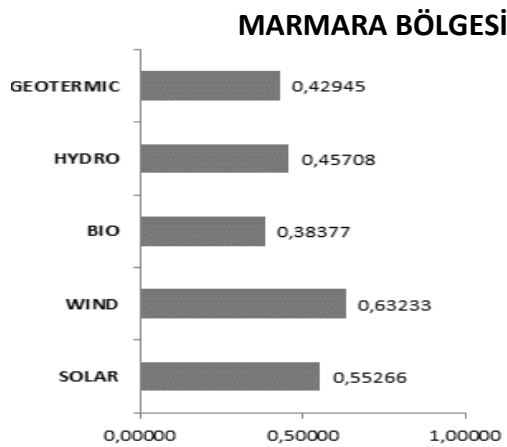
Çizelge 6.26: Marmara bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	0,0000	1,0000	0,7003	0,3478	0,2745
C4	1,0000	0,6017	0,1160	0,5390	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	0,1426	1,0000	0,4714	0,3810	0,0000
C8	0,0000	1,0000	0,0000	0,1811	0,5947
C10	1,0000	0,5906	0,0000	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	0,8442	0,8898	0,2395	0,3353	0,0000
C14	1,0000	1,0000	0,0000	0,3089	0,0000

Çizelge 6.27: Marmara bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,120	0,148	0,552656
RÜZGÂR	0,092	0,159	0,632326
BİO	0,147	0,092	0,383769
HİDRO	0,117	0,098	0,457084
JEOTERM	0,148	0,111	0,429454

Rüzgâr enerjisi 0,63233 göreceli yakınlık değeri ile Marmara bölgesi için ilk yatırım alternatifi olarak belirlenmiştir. Güneş enerjisi ise Ege bölgesinde olduğu gibi rüzgar enerjisine yakın bir değerle ikinci sırada yer alırken hidroelektrik, jeotermal ve biokütle enerjisi santralleri sırası ile yatırım yapılabilecek diğer alternatifler olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.8 : Marmara bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması

Çizelge 6.28: Akdeniz bölgesi için ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi.

AĞIRLIKLI BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,667	0,186	0,147	0,530	0,298	0,173	0,552	0,322	0,126	0,465	0,459	0,076	0,425	0,487	0,088
C4	0,334	0,526	0,140	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173
C7	0,594	0,251	0,155	0,483	0,370	0,147	0,465	0,414	0,121	0,418	0,553	0,029	0,331	0,607	0,063
C8	0,209	0,642	0,149	0,332	0,592	0,076	0,317	0,599	0,085	0,375	0,573	0,052	0,420	0,444	0,135
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,326	0,615	0,059	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099
C13	0,554	0,284	0,162	0,459	0,430	0,111	0,523	0,352	0,125	0,523	0,352	0,125	0,364	0,503	0,134
C14	0,497	0,336	0,167	0,497	0,336	0,167	0,484	0,365	0,151	0,497	0,336	0,167	0,458	0,374	0,168

Çizelge 6.29: Akdeniz bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümü.

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,666709	0,33441	0,242251	0,593955	0,209142	0,15104	0,125485	0,553947	0,496915
	0,185854	0,52555	0,633621	0,251382	0,642053	0,733888	0,776283	0,284081	0,33629
	0,147437	0,14004	0,124127	0,154663	0,148805	0,115072	0,098232	0,161973	0,166795
A-	0,425028	0,58562	0,483897	0,330861	0,42025	0,341599	0,591808	0,363611	0,458256
	0,487409	0,258061	0,343358	0,606573	0,44427	0,587748	0,279692	0,502721	0,373733
	0,087564	0,15632	0,172745	0,062565	0,13548	0,070652	0,1285	0,133668	0,168011

Çizelge 6.30: Akdeniz bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,000	0,302	0,137	0,190	0,136	0,166	0,273	0,037	0,302	0,000
C4	0,000	0,267	0,121	0,183	0,241	0,032	0,146	0,171	0,267	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,000	0,355	0,119	0,237	0,162	0,193	0,301	0,155	0,355	0,000
C8	0,000	0,211	0,123	0,148	0,108	0,154	0,166	0,099	0,211	0,000
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,175	0,027	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,000	0,219	0,145	0,096	0,068	0,160	0,068	0,094	0,219	0,000
C14	0,000	0,039	0,000	0,039	0,029	0,025	0,000	0,082	0,039	0,000

Çizelge 6.31: Akdeniz bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

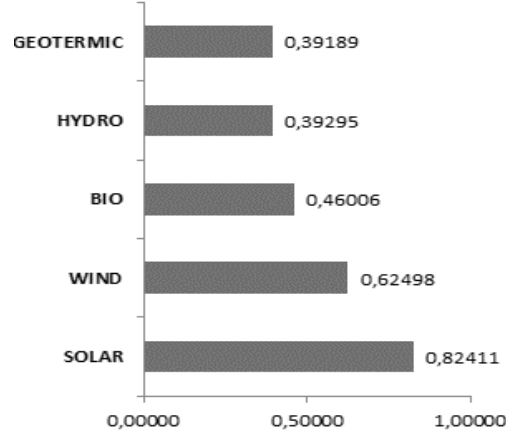
NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	1,0000	0,5810	0,5494	0,1189	0,0000
C4	1,0000	0,6017	0,1160	0,5390	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	1,0000	0,6660	0,5430	0,3391	0,0000
C8	1,0000	0,5466	0,5891	0,3741	0,0000
C10	1,0000	0,5906	0,1334	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	1,0000	0,3971	0,7015	0,5816	0,0000
C14	1,0000	1,0000	0,4655	1,0000	0,0000

Çizelge 6.32: Akdeniz bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	C _i
GÜNEŞ	0,039	0,182	0,82410
RÜZGÂR	0,079	0,131	0,62497
BİO	0,121	0,103	0,46005
HİDRO	0,130	0,084	0,39295
JEOTERMAL	0,159	0,102	0,39189

Akdeniz bölgesi verilerine uygulanan yöntemlerden sonra elde edilen sonuçlar Şekil 6.9 Akdeniz bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması. grafiğine göre güneş enerjisi santrali olarak belirlenmiştir. Sahip olduğu 0,82411 göreceli yakınlık değeri ile güneş santrali bölgede belirgin bir oranla yatırım önceliğine sahiptir. Ancak bu bölgede yer alan güneş enerjisi potansiyelinin yüksek oluşu ve bölgedeki kurulu gücün fazla oluşu ikinci alternatif olan rüzgar santrallerine olan yatırımda değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bölgedeki diğer yatırım önerileri ise sırası ile 0,46006 değeri ile biokütle santrali olurken, 0,3929 göreceli yakınlık değeri ile hidroelektrik santrali ve 0,39189 değeri ile jeotermal santrali olarak belirlenmiştir.

AKDENİZ BÖLGESİ



Şekil 6.9 : Akdeniz bölgesinde yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması.

Çizelge 6.33: Güneydoğu Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.

AĞIRLIKLIL BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,667	0,186	0,147	0,417	0,467	0,116	0,543	0,344	0,113	0,613	0,245	0,143	0,425	0,487	0,088
C4	0,334	0,526	0,140	0,455	0,441	0,104	0,554	0,284	0,162	0,479	0,379	0,142	0,586	0,258	0,156
C5	0,242	0,634	0,124	0,403	0,562	0,035	0,466	0,384	0,150	0,352	0,586	0,061	0,484	0,343	0,173
C7	0,606	0,242	0,152	0,395	0,490	0,114	0,515	0,374	0,112	0,483	0,370	0,147	0,403	0,510	0,087
C8	0,209	0,642	0,149	0,420	0,444	0,135	0,317	0,599	0,085	0,247	0,653	0,100	0,479	0,445	0,076
C10	0,151	0,734	0,115	0,209	0,642	0,149	0,326	0,615	0,059	0,279	0,614	0,107	0,342	0,588	0,071
C11	0,172	0,701	0,128	0,125	0,776	0,098	0,450	0,409	0,140	0,592	0,280	0,128	0,517	0,385	0,099
C13	0,502	0,329	0,169	0,439	0,423	0,138	0,465	0,414	0,121	0,502	0,329	0,169	0,439	0,423	0,138
C14	0,326	0,547	0,127	0,268	0,619	0,113	0,366	0,577	0,057	0,326	0,547	0,127	0,306	0,603	0,091

Çizelge 6.34: Güneydoğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümü

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,666709	0,33441	0,242251	0,605799	0,208101	0,15104	0,125485	0,501941	0,36563
	0,185854	0,52555	0,633621	0,242019	0,643685	0,733888	0,776283	0,328849	0,547126
	0,147437	0,14004	0,124127	0,152182	0,148214	0,115072	0,098232	0,16921	0,087244
A-	0,417316	0,58562	0,483897	0,395379	0,503275	0,341599	0,591808	0,438723	0,268171
	0,487409	0,258061	0,343358	0,510239	0,404123	0,587748	0,279692	0,423496	0,61872
	0,095275	0,15632	0,172745	0,094383	0,092601	0,070652	0,1285	0,13778	0,113109

Çizelge 6.35: Güneydoğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,000	0,302	0,281	0,021	0,158	0,143	0,059	0,184	0,302	0,008
C4	0,000	0,267	0,121	0,183	0,241	0,032	0,146	0,171	0,267	0,000
C5	0,000	0,290	0,161	0,219	0,250	0,040	0,110	0,126	0,290	0,000
C7	0,000	0,268	0,248	0,020	0,132	0,137	0,128	0,084	0,268	0,007
C8	0,002	0,294	0,212	0,083	0,109	0,194	0,049	0,210	0,271	0,041
C10	0,000	0,191	0,092	0,132	0,175	0,027	0,128	0,203	0,191	0,000
C11	0,076	0,421	0,000	0,497	0,367	0,141	0,497	0,156	0,392	0,105
C13	0,000	0,095	0,095	0,000	0,085	0,027	0,000	0,087	0,095	0,000
C14	0,039	0,072	0,097	0,000	0,030	0,097	0,039	0,182	0,059	0,038

Çizelge 6.36: Güneydoğu Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	1,0000	0,0686	0,4745	0,7578	0,0249
C4	1,0000	0,6017	0,1160	0,5390	0,0000
C5	1,0000	0,5762	0,1388	0,5333	0,0000
C7	1,0000	0,0737	0,5097	0,3951	0,0265
C8	0,9945	0,2813	0,6415	0,8124	0,1301
C10	1,0000	0,5906	0,1334	0,6132	0,0000
C11	0,8476	1,0000	0,2782	0,2391	0,2113
C13	1,0000	0,0000	0,2395	1,0000	0,0000
C14	0,6452	0,0000	0,7650	0,8222	0,3917

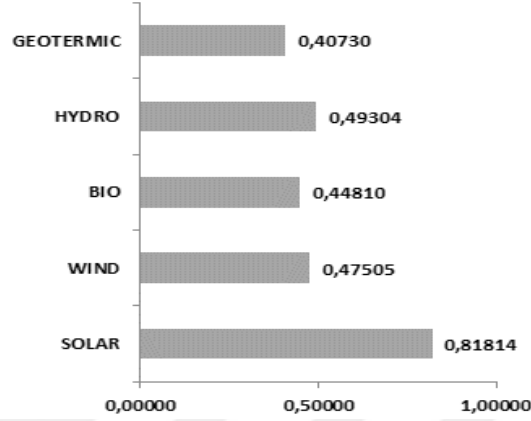
Çizelge 6.37: Güneydoğu Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,040	0,179	0,818142
RÜZGÂR	0,126	0,114	0,475049
BİO	0,124	0,101	0,448102
HİDRO	0,111	0,108	0,493042
JEOTERM	0,152	0,104	0,407304

Şekil 6.10'daki çizelge sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu bölgesi göreceli yakınlık değerleri yorumlamamız gerekirse Türkiye bölgelerinde genel hâkimiyete sahip olan güneş santralleri bu bölgede de etkisini göstermektedir. Güneş santrali 0,81814 gibi ciddi bir değerle ilk yatırım önceliği olarak görülürken topoğrafik

yapısının dik ve su potansiyelinin fazla olduğu Güneydoğu Anadolu bölgesinde hidroelektrik santral ikinci yatırım alternatifi olarak belirlenmiştir. Rüzgar enerjisi üçüncü sırada yer alırken biokütle enerjisi yapılan hayvancılık ve tarım arazileri sayesinde onu takip etmekte ve jeotermal enerji santrali ise son sırada önerilen alternatif olarak belirlenmektedir.

G.DOĞU ANADOLU BÖLGESİ



Şekil 6.10 : G.doğu Anadolu Bölgesine yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması.

Çizelge 6.38: Doğu Anadolu bölgesi için ağırlıklı karar matrisi.

AĞIRLIKLI BİRLEŞTİRİLMİŞ KARAR MATRİSİ															
KRİT.	A1			A2			A3			A4			A5		
	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'	μ'	ν'	π'
C1	0,547	0,306	0,147	0,488	0,386	0,126	0,611	0,251	0,138	0,547	0,306	0,147	0,318	0,611	0,070
C4	0,353	0,517	0,130	0,461	0,421	0,117	0,554	0,285	0,161	0,476	0,385	0,139	0,599	0,248	0,153
C5	0,259	0,628	0,112	0,400	0,565	0,035	0,461	0,390	0,149	0,370	0,580	0,051	0,480	0,348	0,172
C7	0,521	0,335	0,144	0,439	0,482	0,079	0,534	0,327	0,139	0,521	0,335	0,144	0,303	0,627	0,070
C8	0,431	0,432	0,137	0,525	0,348	0,127	0,363	0,513	0,124	0,275	0,566	0,159	0,572	0,304	0,123
C10	0,152	0,733	0,115	0,208	0,644	0,148	0,303	0,627	0,070	0,281	0,615	0,104	0,320	0,598	0,082
C11	0,173	0,698	0,129	0,125	0,777	0,098	0,458	0,403	0,139	0,566	0,312	0,121	0,518	0,381	0,101
C13	0,499	0,332	0,169	0,413	0,454	0,132	0,455	0,438	0,107	0,480	0,375	0,145	0,413	0,454	0,132
C14	0,353	0,517	0,130	0,270	0,619	0,111	0,385	0,569	0,046	0,353	0,517	0,130	0,270	0,619	0,111

Çizelge 6.39: Doğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm.

POZİTİF VE NEGATİF SEZGİSEL BULANIK İDEAL ÇÖZÜM									
A+	0,611178	0,353385	0,259141	0,533817	0,274984	0,151566	0,12486	0,499442	0,384641
	0,250984	0,516822	0,628365	0,32714	0,565655	0,733012	0,777303	0,331909	0,516822
	0,137838	0,129794	0,112494	0,139044	0,159361	0,115422	0,097836	0,168649	0,098537
A-	0,318411	0,598968	0,479903	0,303415	0,572132	0,320107	0,566182	0,413496	0,269691
	0,611114	0,248475	0,347824	0,626982	0,304483	0,598215	0,312392	0,454077	0,619296
	0,070475	0,152556	0,172272	0,069603	0,123384	0,081678	0,121426	0,132427	0,111012

Çizelge 6.40: Doğu Anadolu bölgesi için pozitif ve negatif ideal ayırım ölçümleri.

CRIT.	A1		A2		A3		A4		A5	
	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-	S+	S-
C1	0,0642	0,3047	0,1345	0,2256	0,0000	0,3601	0,0642	0,1844	0,3601	0,0000
C4	0,0000	0,2683	0,1078	0,1730	0,2315	0,0454	0,1320	0,1818	0,2683	0,0000
C5	0,0000	0,2805	0,1408	0,2174	0,2383	0,0422	0,1105	0,1268	0,2805	0,0000
C7	0,0126	0,2923	0,1550	0,1448	0,0000	0,2998	0,0126	0,1990	0,2998	0,0000
C8	0,1563	0,1408	0,2501	0,0470	0,0882	0,2089	0,0000	0,1813	0,2971	0,0000
C10	0,0000	0,1685	0,0893	0,1120	0,1518	0,0288	0,1297	0,1892	0,1685	0,0000
C11	0,0789	0,3931	0,0000	0,4649	0,3740	0,1086	0,4649	0,1269	0,3965	0,0684
C13	0,0000	0,1222	0,1222	0,0000	0,1064	0,0413	0,0433	0,0523	0,1222	0,0000
C14	0,0313	0,1025	0,1150	0,0000	0,0527	0,1150	0,0313	0,1842	0,1150	0,0000

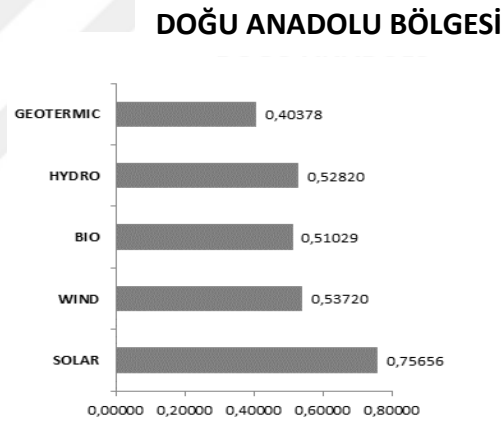
Çizelge 6.41: Doğu Anadolu bölgesi için sayısallaştırılmış nitel veri değerleri.

NİTEL KRİTERLERİN C * DEĞERLERİ					
KRİT.	A1	A2	A3	A4	A5
C1	0,8261	0,6265	1,0000	0,7419	0,0000
C4	1,0000	0,6161	0,1638	0,5793	0,0000
C5	1,0000	0,6070	0,1506	0,5345	0,0000
C7	0,9588	0,4830	1,0000	0,9407	0,0000
C8	0,4739	0,1583	0,7030	1,0000	0,0000
C10	1,0000	0,5563	0,1593	0,5932	0,0000
C11	0,8328	1,0000	0,2250	0,2144	0,1471
C13	1,0000	0,0000	0,2797	0,5474	0,0000
C14	0,7663	0,0000	0,6858	0,8549	0,0000

Çizelge 6.42: Doğu Anadolu bölgesi için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri.

C * DEĞERLERİ			
	S+	S-	Ci
GÜNEŞ	0,052	0,162	0,756564
RÜZGÂR	0,104	0,121	0,537197
BİO	0,113	0,118	0,51029
HİDRO	0,104	0,117	0,528203
JEOTERM	0,151	0,102	0,40378

Doğu Anadolu bölgesi sonuçları Güneydoğu Anadolu bölgesi ile benzerlik göstermektedir. Coğrafi açıdan benzerlik taşımaları nedeniyle bu bölgede de güneş santralleri ilk yatırım tercihi olarak belirlenmiştir. İkinci sırada ise 0,5372 yakınlık değerine sahip olarak rüzgar santralleri önerilmektedir. Bölgede yer alan yoğun akarsu ve nehir yatakları, yoğun kurulu güce rağmen hala hidroelektrik santrallere olan yatırımı üçüncü sırada tutmayı sağlarken biokütle santrali ve jeotermal santrali onları takip etmektedir.



Şekil 6.11 : D.Anadolu bölgesine yatırım yapılacak santrallerin öncelik sıralaması



SONUÇLAR

Ülkemizin enerji ve doğal kaynaklara olan ihtiyacı ve talebi, endüstriyel büyüme ve hızlı nüfus artışı sebebiyle her geçen gün artış göstermektedir. Türk enerji politikasının en belirgin özelliği devamlı artan talep ve enerji kaynaklarının temininde dışa bağımlı olunmasıdır. Bu dışa bağımlılığın azaltılması ve bağımsız enerjiye sahip olunabilmesi mümkündür. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları ve çeşitlilik bakımından coğrafi olarak oldukça elverişli ve zengin bir ülkedir. Ülkemize yapılacak yatırımlar ve gerekli altyapının oluşturulması sonucunda ihtiyaç duyduğumuz enerjinin büyük bir kısmının üretilebileceği öngörülmektedir. Ancak doğru kullanılmayan ve özel firmalara verilen lisanslar ülkeye enerji anlamında faydalı olmaya çalışırken plansız inşaatlar, tarım arazilerinin yanlış kullanılması ve neredeyse tamamı özel sektörün kâr hırsına terk edilerek piyasalaştırılan enerji sektörü büyük ekolojik, sosyal tahribata neden olmaktadır. Bu nedenle yapılan yatırımlar planlanırken sadece mühendislik projesi temelinde ya da maddi olarak değil, tüm boyutları ile araştırılmak ve gelecek düşünülerek yatırımlara karar verilmek zorundadır. Çalışmamız yatırım için Türkiye'nin yedi bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı kriterler kullanarak değerlendirilmesi üzerinedir. Her bölge için o bölgeye ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve en uygun yenilenebilir enerji kaynağı belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için öncelikle kriterler belirlenmiş, kriterler hem nicel hem de nitel kriterler dahil edildiğinden çok kriterli karar verme yöntemi metodunun sezgisel bulanık ortamda genişletilmesi ile alternatifler sıralanmıştır. Problemin çözümünde 4 ana, 15 alt kriter ve 5 alternatif bulunmaktadır. Sonuçlar IFTOPSIS yöntemi kullanılarak elde edilmiş bölgelerde yenilenebilir enerji yatırımı önceliklerine ulaşılmış ve bölgesel çıktıların uygulanabilirlikleri değerlendirilmiştir. Türkiye çapında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, ülkenin batı tarafında rüzgar enerjisi hakim olmakla birlikte, diğer bölgelerde güneş santralleri öncelikli yatırım önerisi olarak belirlenmiştir.

Karadeniz bölgesinde ise olumsuz sosyal görüşlere rağmen hala hidroelektrik santrale yatırım yapılması gerektiği öngörülmektedir. Yoğun ve yanlış hidrolik santral kurulumunun uzun gelecekte ekosistem dengesini bozacağı düşünüldüğünde hidroelektrik santraller, havza bütünlüğünde yapılacak bilimin ve tekniğin ışığındaki bir planlamayla ve yerel yönetimlerin onayıyla geliştirilecek projelerle yapılmalıdır. Çevresel Etki Değerlendirmesi süreci hakkında uygulanmalıdır. Rüzgar ve güneş enerjisi santralleri içinde aynı süreçler geçerlidir. 2030 yılında, enerji ihtiyaçlarının ekme ve su ihtiyacından daha fazla olduğu düşünülmekte, enerji güvenliğini sağlamak, istihdamı artırmak, kömür madenciliğinde can kaybı ve sağlık ve sağlık sorunlarını önlemek için temiz enerji yatırımları artırılmalıdır. Gelecekte, bu çalışma diğer ÇKKV yöntemleriyle tekrarlanabilir ve sonuçları karşılaştırarak daha doğru sonuçlara ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, L., Najib, L.** (2016), Sustainable Energy Planning Decision Using The Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Choosing Energy Technology In Malaysia, *International Journal of Sustainable Energy*, Vol. 35(4), pp. 360-377
- Abu-Taha R.** (2011) Multi-criteria applications in renewable energy analysis: a literature review. In: Technology Management in the Energy Smart World (PICMET), *Proceedings of PICMET*, 11., p. 1-8
- Ahmad, S., Tahar, R.M.,** (2014), Selection Of Renewable Energy Sources For Sustainable Development of Electricity Generation System Using Analytic Hierarchy Process: A Case of Malaysia, *Renewable Energy*, Vol. 63, pp. 458-466
- Al Garni, H., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D., ve Al-Haddad, K.,** (2016), A Multicriteria Decision Making Approach for Evaluating Renewable Power Generation Sources in Saudi Arabia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 16, pp. 137-150
- Ashton, Sarah: McDonell, Lauren: Barnes Kiley, Longholtz Matthew,** (2015, Woody Biomass Desk Guide & Toolkit: *National Association of Conservation Districts Retrieved March 15 from 2017 from <http://www.nacdnet.org/policy/woody-biomass-desk-guide-andtoolkit?highlight=WyJiaW9tYXNzIl0> internet adresinden 10.10.2019 tarihinde edinilmiştir.*
- Atanassov, K.T.,** (1986), Intuitionistic Fuzzy-Sets , *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1): 87-96
- Ayan, T.Y., Pabuçcu, A.G.H.,** (2013), Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Vol. 18(3)

- Bağcı, H., & Rençber Ö.F.**, (2014), Kamu bankaları ve halka açık özel bankaların PROMETHEE yöntemi ile kârlılıklarının analizi. Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi, 6(1), 39-47
- Behzadian M. ve Kazemzadeh R.B.**, 2010, A. Albadvi and M. Aghdasi PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications, *European Journal of Operational Research*, vol. 200, issue 1, 198-215
- Bilgen S., S. Keleş, A. Kaygusuz, A. Sarı, and K. Kaygusuz**, (2008), Global warming and renewable energy sources for sustainable development: A case study in Turkey, *Renewable. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 2 , pp. 372–396
- Boran F.E. Genç,S., Kurt M. ,Akay D.**,(2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method, *Expert Systems with Applications*, 36(8):11363-11368
- Boran F.E., K. Boran, and T. Menlik**, (2012) The Evaluation of Renewable Energy Technologies for Electricity Generation in Turkey Using Intuitionistic Fuzzy TOPSIS, *Energy Sources, Part B Econ. Planning, Policy*, vol. 7, no. 1 pp. 81–90
- Büyüközkan G. and S. Güleriyüz**, (2016) An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey, *International Journal of Production Economics.*, vol. 182 pp. 435–448
- Büyüközkan, G., Güleriyüz, S.**, (2014), “A New GKV Based AHP Framework with Linguistic Interval Fuzzy Preference Relations for Renewable Energy Planning”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol. 27(6), pp. 3181-3195
- Cheng, W.K.V., Hammond, G.P.**, (2016), “Life-cycle Energy Densities and Land-take Requirements of Various Power Generators: A UK Perspective”, *Journal of the Energy Institute*, In press
- Chu M.T., Shyu J., Tzeng G.H. & Khosla R.**, (2007). “Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group Decision Analysis”, *Expert Systems with Applications*, 33 (4), s.1011-1024

- Çelikkbilek Y. and F. Tüysüz,** (2016) An integrated grey based multi-criteria decision making approach for the evaluation of renewable energy sources, *Energy*, vol. 115, pp. 1246–1258
- Daneshvar R. (B.Erdebilli), Babak & Yıldızbaşı, Abdullah & Arıkan, Ümmühan,** (2018) Using Intuitionistic Fuzzy TOPSIS in Site Selection of Wind Power Plants in Turkey, *Advances in Fuzzy Systems* ,Volume 2018, pp 14
- Demirtas O.,** (2013) Evaluating the Best Renewable Energy Technology for Sustainable Energy Planning, *International Journal Of Energy Economics And Policy*, Policy, vol. 3, pp. 23–33
- Demirel, N.Ç. ve Yücenur, G.N.,** (2011), The Cruise Port Place Selection Problem with Extended VIKOR and ANP Methodologies under Fuzzy Environment, *World Congress on Engineering, International Association of Engineers*, 6 July – 8 July 2011. London, 1128-1133.
- Deng, J.** (1989). Introduction to Grey System Theory, *The Journal of Grey System*, Vol.1, No. 1: s. 1–24
- Dicorato M, Forte G, Trovato M.** (2008) Environmental-constrained energy planning using energy-efficiency and distributed-generation facilities, *Renewable Energy*, 33, 1297-1313
- Erdem, S., Gencer, C., Atmaca, E., Karaca, T., Aydoğan, E.K.,** (2013) Türkiye’de Enerji Santrallerinin AHP Yöntemi İle Seçimi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2013 Özel Sayısı*, pp. 38-62
- Ersöz F. ve Kabak M.,** (2010), Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, Volume:9, Numbe:1, s.97-125.
- Ertay, T., Kahraman, C., Kaya, İ.,** (2013) Evaluation of Renewable Energy Alternatives Using Macbeth and Fuzzy Ahp Multicriteria Methods: The Case of Turkey , *Technological and economic development of economy*, 19, 1 38-62, 2013
- Evans A., V. Strezov, and T. J. Evans,** (2009) Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, pp. 1082–1088

- Georgopoulou E, Lalas D, Papagiannakis LA.** (1997)Multicriteria decision aid approach for energy planning problems: the case of renewable energy option, *European Journal of Operational Research*,103, 38-54
- Haralambopoulos DA, Polatidis H.** (2003) Renewable energy projects :structuring a multicriteria group decision-making framework., *Renewable Energy*, 28 ,961-973
- Hwang, C.L. and Yoon, K. ,** (1981) ,Multiple Attribute Decision Making: *Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York
- IEA, (2011):** Solar Energy Perspectives: Executive Summary 2011
- Joshi D., Kumar S.,** (2014) Intuitionistic fuzzy entropy and distance measure based TOPSIS method for multi-criteria decision making, *Egyptian Informatics Journal*, Volume 15, Issue 2, Pages 97-104
- Kabak, Mehmet & Dagdeviren, Metin,** (2014), Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. *Energy Conversion and Management*. 79. 25–33
- Kagel, Alyssa; Bates, Diana; Gawell, Karl,** (2007): A Guide to Geothermal Energy and the Environment, *Geothermal Energy Association Washington D.C Retrieved* ,April 4. 2017 from
- Kahraman, Cengiz & Kaya, İhsan & Cebi, Selcuk,** (2009), A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. *Energy*. 34. 1603-1616
- Kaya T, Kahraman C.** (2010) Multicriteria renewable energy planning using an integrated Fuzzy VIKOR & AHP methodology: the case of Istanbul, *Energy*, 35(6), 2517-27
- Kaya T, Kahraman C.** (2011) Multicriteria decision making in energy planning using a modified Fuzzy TOPSIS methodology. *Expert Syst Appl* ,38(6), 77-85
- Kaya T. and C. Kahraman,** (2011) Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology, *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 6 pp. 6577–6585

- Konstantin H. P.** ,(2017). Master's Thesis Japan's Renewable Energy Potoentials Possible Ways to Reduce the Dependency on Fossil Fuels , Ritsumeikan Asia Pacific University
- KPMG Enerji Sektörel Bakış (2018)** <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/02/sektorel-bakis-2018-enerji.pdf> internet adresinden 10.10.2019 tarihinde edinilmiştir.
- Menegaki A.** (2008) Valuation for renewable energy: a comparative review, *Renewable Sustain Energy Rev*,12(9),2422-2437
- Monjezi M., Rezaei M., Yazdian A.,** (2010). Prediction of backbreak in open-pit blasting using fuzzy set theory. *Expert Systems with Applications*. 37: 2637-2643
- Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T. N., Sayadi, A.R. ve Gholinejad, A.** (2010), "Application of TOPSIS Method for Selecting the Most Appropriate Blast Design", *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), s. 95-101
- Mutlu, E.** (2013), Türkiye'de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler, yüksek lisans tezi. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> internet adresinden 10.10.2019 tarihinde edinilmiştir.
- Onar, S.C., Oztaysi, B., Otay, İ, Kahraman, C.,** (2015) Multi-expert wind energy technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets, *Energy*, 74-285
- Özcan, E.C., Erol, S.,** (2014), "A Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming Model for Energy Resource Allocation Problem: The Case of Turkey", *Gazi University Journal of Science*, Vol. 27(4), pp. 1157-1168
- Özkan Özen, Y , Koçak, A .** (2017). Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Dematel Yöntemleri Kullanılarak Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi ve Değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 24 (3) , 929-957
- Pohekar SD, Ramachandran M.** (2004) Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning-A review. *Renew Sustain Energy Rev* ,8, 365-381

- Polatidis H, Haralambopoulos DA.** (2004) Local renewable energy planning: a participatory multi-criteria approach, *Energy Sources*, 26, 1253-1264
- Price, Trevor J** (2005): Wind Engineering Retrieved June 23.2016 from Wind Engineering 29 (3): 191–200
- Saaty TL.** Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Serv Sci* 2008;1:83-98
- Saaty, T.L.** ,1980, *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications
- Sadeghi, A., Larimian, T., Molabashi, A.,** (2012), Evaluation of Renewable Energy Sources for Generating Electricity in Province of Yazd: A Fuzzy MCKV Approach , *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 62, pp. 1095-1099
- San Cristóbal J.R.,** (2011) Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The VIKOR method, *Renew. Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 498–502
- Stojcetovic, B., Nikolic, D., Velinov, V., ve Bogdanovic, D.,** (2016), Application of Integrated Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats and Analytic Hierarchy Process Methodology to Renewable Energy Project Selection in Serbia, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 8(3)
- Streimikiene D, Balezentis T, Krisciukaitiene I, Belezentis A.** (2012) Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCKV approach. *Renew Sustain Energy Rev*, 16, 3302-3311
- Szmidt, E., & Kacprzyk, J.,** (2000), Distances between intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(3), 505-518
- Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S.E., Gezder, V., Şengül, A.B.,** (2015), Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey, *Renewable Energy*, Vol. 75, pp. 617-625
- Tasri, A., Susilawati, A.,** (2014), Selection among Renewable Energy Alternatives Based on A Fuzzy Analytic Hierarchy Process In Indonesia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 7, pp. 34-44

Türkiyenin Enerji Görünüm Raporu (2018)

https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_1.pdf

internet adresinden 10.10.2019 tarihinde edinilmiştir.

Uysal, F., (2011), Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi için Graf Teori ve Matris Yaklaşım, *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Vol. 13,23-40

Wang B., D. F. Kocaoglu, (2010) T. U. Daim, and J. Yang, A decision model for energy resource selection in China, *Energy Policy*, vol. 38, no. 11 pp. 7130–7141

Wang JJ, Jing YY, Zhang CF, Zhao JH. (2009) Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renew Sustain Energy Rev*,13(9), 63-78.

Wang, Fu-Kwun & Hsu, Chen-Hsoung & Tzeng, Gwo-Hshiung, (2014), Applying a Hybrid MCDM Model for Six Sigma Project Selection. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. 1-13

Weigelt, C., Shittu, E., (2016), Competition, Regulatory Policy, and Firms' Resource Investments: The Case of Renewable Energy Technologies, *Academy of Management Journal*, Vol. 59(2), pp. 678-704

Yazdani- Chamzini, A., Fouladgar, M.M., Zavadskas, E.K., Moini, S.H.H., (2013), Selecting the Optimal Renewable Energy Using Multi Criteria Decision Making, *Journal of Business Economics and Management*, Vol. 14(5), pp. 957-978

Yenilenebilir Enerji Raporu <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/>

[YenilenebilirEnerji.pdf](#) internet adresinden 10.10.2019 tarihinde edinilmiştir.

Yi, S.K., Sin, H.Y., Heo, E., (2011) Selecting Sustainable Renewable Energy Source for Energy Assistance to North Korea, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15(1), pp. 554-563

Yurdakul, M., İç, Y.T., (2003), Türk otomotiv firmalarının performans ölçümü ve analizine yönelik TOPSIS yöntemi kullanan bir örnek çalışma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), p.1-13

- Yücel, M , Ulutaş, A .** (2009). Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya’da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi* , 9 (17) , 327-344
- Zadeh, L. A.** Fuzzy sets, (1965), Information and control, vol. 8 (1965), pp. 338–353
- Zadeh, L. A.** (1987), “Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process”, Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh, Ed.: R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen, John Wiley&Sons Publishing, Canada, pp. 105-146
- Zhang, S. F., and Liu, S. Y.** (2011), A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11401-11405

EKLER

EK.1.: TOPSIS MATLAB

```
Xval=length(X(:,1));
Y = zeros([Xval,length(W)]);
%% calculating the normalized matrix
for j=1:length(W)
    for i=1:Xval
        Y(i,j)=X(i,j)/sqrt(sum((X(:,j).^2)));
    end
end
Normalized_Matrix = num2str([Y])
%% calculating the weighted normalized matrix
for j=1:length(W)
    for i=1:Xval
        Yw(i,j)=Y(i,j).*W(j);
    end
end
Weighted_Normalized_Matrix = num2str([Yw])
%% calculating the positive and negative best

for j=1:length(W)
    if Wcriteria(1,j)== 0
        Vp(1,j)= min(Yw(:,j));
        Vn(1,j)= max(Yw(:,j));
    else
        Vp(1,j)= max(Yw(:,j));
        Vn(1,j)= min(Yw(:,j));
    end
end
Positive_best = num2str([Vp])
Negative_best = num2str([Vn])

%% Euclidean distance from Ideal Best and Worst
for j=1:length(W)
    for i=1:Xval
        Sp(i,j)=((Yw(i,j)-Vp(j)).^2);
        Sn(i,j)=((Yw(i,j)-Vn(j)).^2);
    end
end

for i=1:Xval
    Splus(i)=sqrt(sum(Sp(i,:)));
    Snegative(i)=sqrt(sum(Sn(i,:)));
end
%% calculating the performance score
P=zeros(Xval,1);
for i=1:Xval
    P(i)=Snegative(i)/(Splus(i)+Snegative(i));
end
```

MATLAB R2019b

Manoj Mathew Assistant Professor , Department of Mechanical Engineering,
SSIPMT,Raipur, India



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : PINAR DARENDE
Uyruğu : T. C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.02.1990 - ANKARA
E-posta : pinar.darende@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2013, Çankaya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Yıl	Yer	Görev
2016 -	ESSA Mekanik	Proje Mühendisi
2013 - 2016	DGN Mühendislik A.Ş.	Proje Mühendisi

YABANCI DİL: İngilizce

TEZDEN TÜRETİLEN SUNUM

- Rouyendegh B. ,**Darende P.**, Khaniyev T. 2019. Examination with an Intionistic Fuzzy Method by Region of Renewable Energy Investmens in Turkey, 25th International Conv. on Multiple Criteria Decision Making, June 16-21, İstanbul, Turkey.