



Süleyman Demirel Üniversitesi

YEKARUM e-DERGİ
(Journal of YEKARUM)
2022/ Volume7/Issue 1
E - ISSN:1309-9388



Makine Öğrenme Algoritması Kullanarak Yenilebilir Enerji İle Hava Kirliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Zihni Alp ÇEVİK^{*a} Abdurrahman ÖZBEYAZ^b, Yavuz DEMİRCİ^c

^aAdıyaman Üniversitesi, Besni MYO, Mekatronik Programı, ADIYAMAN,
ORCID: 0000-0003-3141-0160

^bAdıyaman Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, ADIYAMAN,
ORCID: 0000-0002-2724-016X

^c Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği ADIYAMAN,
ORCID 0000-0003-0835-9811

* Sorumlu Yazar: zcevik@adiyaman.edu.tr

ÖZET:

Günümüzde yenilebilir enerji kaynakları çok önemli hale gelmiştir. Bazı tahmini verilere göre 2025 yılına kadar geleneksel enerji yerine güneş enerjisi kullanım oranı artacaktır. Güneş enerjisi santrallerindeki kayıpların yaşanmasında çevresel faktörlerin de etkili olduğu bilinmektedir. Hava kirliliği farklı parametreler ile ölçülebilmektedir. Bu parametrelerden bazıları ise toz emisyonu ve kükürttür. PM₁₀ partikül maddeyi, SO₂ ise kükürt dioksiti ifade etmektedir. Özellikle güneş enerjisi ile hava kirliliğinin arasındaki ilişkide güneş enerjisi veriminin etkilenme ölçüsü araştırma konusu olmuştur. Bu amaçla; bu çalışmada Adıyaman ilinde konumlu bir güneş enerjisi santralinden günlük olarak elde edilen elektrik enerjisi değerleri ile günlük ölçülen PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği verileri arasındaki ilişki makine öğrenmesi yöntemi ile araştırılmıştır. Yapılan regresyon çalışmasında, 2018 yılına ait PM₁₀, SO₂, PM₁₀Toplamı, SO₂Toplamı, PM₁₀AylıkOrtalaması, SO₂ Aylık Ortalaması değerleri giriş olarak, Adıyaman ilinde kurulu bir güneş enerji santralinde günlük olarak üretilen elektrik enerjisi verileri çıkış olarak kullanılmıştır. Makine öğrenmesi analizinde, hava kirliliği ile üretilen enerji arasında model bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çalışmada korelasyon katsayısı 0.81, ortalama mutlak hata 665 kW ve karekök ortalama hata 852 kW olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada hava kirliliği ile güneş enerji santralinden elde edilen enerji verimliliği arasında az bir miktarda olsa anlamlı bir ilişkinin varlığı ortaya konmuştur.

Anahtar sözcükler: Yenilenebilir Enerji, Hava Kirliliği, PM₁₀, SO₂, Makine Öğrenmesi.

Investigation Of The Relationship Between Renewable Energy And Air Pollution Using A Machine Learning Algorithm

ABSTRACT:

Today, renewable energy sources have become very important. According to some predicted data, the rate of solar energy usage will increase instead of conventional energy by 2025. It is known that environmental factors are also effective in the loss of solar power plants. Air pollution can be measured with different parameters. Some of these parameters are dust emission and sulfur. PM₁₀ stands for particulate matter and SO₂ stands for sulfur dioxide. In particular, the extent to which air pollution affects solar energy efficiency has been the subject of research. The presence of air pollution can be measured by various parameters. Some of these parameters are dust emission and sulfur. PM₁₀ refers to dust particles formed in the

atmosphere at a size of 10 microns, and SO₂ refers to harmful gases formed in the air as a result of fossil fuels. In this study; the relationship between the daily electric energy values obtained from a solar power plant located in Adıyaman province and PM₁₀ and SO₂ air pollution parameters measured daily was investigated by decision trees regression method. In the developed model, PM₁₀, SO₂, PM₁₀Total, SO₂ Total, PM₁₀ Monthly Average and SO₂ Monthly Average were used as inputs, and daily generated electric power was employed as output. The data were for 2018. In the regression analysis, a model relationship was tried to be established between air pollution and electricity energy produced. In the study, the correlation coefficient was 0.81; the mean absolute error was 665 kW, and the root mean square error was 852 kW. As a result, in this study, a significant but not much relationship between air pollution and energy efficiency obtained from the solar power plant has been demonstrated.

Key words: Renewable Energy, Air Pollution, PM₁₀, SO₂, Machine Learning.

1. GİRİŞ

Sanayileşmedeki gelişme ile birlikte, dünya daki nüfus oranının artması ve köyden kentlere taşınması sonucunda, enerji ihtiyacında ciddi bir artış olmuş ve buda doğal çevredeki dengenin bozulmasını hızlandırmıştır. Bu dengenin bozulmasında en büyük etken artıkların ve atık maddelerin doğal çevreye kontrolsüz bir şekilde bırakılmasıdır[1]. Bu atık maddelerin havaya verdiği zararlardan dolayı hava kalitesini ve hava kirleticilerini ölçmek amacıyla ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu kurulan istasyonlarda hava kirletici olarak SO₂ ve PM₁₀ maddeleri ölçülmektedir[2]. Çevreye verilen bu zararları minimuma indirmek, Türkiye'deki güneşli günlerin çok olması kullanımındaki kolaylık ve çevreye zarar vermediği için güneş enerjisi tercih edilmeye başlanmış olup, yaygınlaşması da çok hızlı bir şekilde olmaktadır [3].

Güneş enerjisi santrallerinden (GES) elde edilen elektrik enerjisi verimliliği, günden güne hatta farklı iki yılın aynı günü için bile farklı olabilmektedir. Bu farkın sebebi, GES'lerden elde edilen enerji miktarının nem, sıcaklık, ışınım v.b. meteorolojik parametrelere bağlı olarak değişiminden kaynaklanmaktadır [4]. GES işletmelerindeki üretilen enerjinin verimliliğini olumsuz yönde etkileyen bir çok parametrelerden bir tanesi de hava kirliliğidir[5]. Hava kirlilik değerlerinin

yüksek olduğu durumlarda güneş panellerinde meydana gelen tozlanma panele yansıyan ışınım miktarını azaltır ve bunun neticesinde üretilen enerji miktarında da bir azalma meydana gelebilir. Ayrıca Adıyaman ilinde GES işletme sahipleri ile yapılan mülakatlarda, hava kirliliğinin üretilen enerjinin miktarına olumsuz etkilerinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Hava kirliliği insan sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz bir şekilde etkilediği gibi, bu olumsuzluğun boyutları farklı alanları da etkilemektedir. Havada ki partikül madde, atmosferi kirleten güçlü bir kirleticidir [6], [7]. Havada solunabilir partiküller olarak isimlendirilen ve boyutları 2,5 ile 10 mikron arasında olan PM₁₀ parametresinin havada yüksek seviyelerde bulunması çevreye ve insan sağlığına zarar verdiği gibi GES'lerden elde edilen enerji verimliliğini de olumsuz bir şekilde etkilediği ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu kirletici madde havada saatlerce kalabildiğinden çevreye yaptığı olumsuz etkinin süresi de uzayabilmektedir. Atmosferde bulunan ve toz yoğunluğu olarak ifade edilen PM₁₀'un oluşma nedenleri trafik, maden, kömür, kum, taş ocakları ve inşaat alanları olarak zikredilmektedir [8]. Havayı kirleten maddelerden bir diğeri ise SO₂'dir. Boğucu olan bu gazın atmosferde oluşma nedenlerinden birisi doğal emisyonlardır.

Bu kirlenici maddenin atmosferde özellikle de şehir bölgelerinde yoğunlaşmasının nedeni başta ısınma amaçlı kullanılan kömür yakıtlar ve dizel yakıtı ile çalışan araçlardır [9].

Teknolojinin gün geçtikçe ivmeli bir şekilde ilerlemesi ile birlikte veri tabanlarına kaydedilen verilerin miktarında da büyük artışlar meydana gelmektedir. Büyük veri olarak isimlendirilen bu yapılardan anlamlı sonuçlar elde etmek hem zor hem de geliştirilecek olan yeni sistemlerin daha zeki davranabilmesi için gereklidir. Ayrıca bu büyük verilerin analiz edilmesi ile geleceğe dair bazı tahminlerin yapılabilmesi mümkün olabilmektedir. Bu tahminlerin yapılabilmesi için son zamanlarda hızlı bir gelişim gösteren makine öğrenme algoritmalarının kullanılması gerekmektedir. Makine öğrenme algoritmaları biyomedikal sistemlerden, enerji üretim sistemlerine kadar uzanan sanayi odaklı çalışmalarının hemen hemen tümünde kendisine uygulama alanı bulmaktadır [10]. Makine öğrenme yöntemi olarak kullanılacak birçok algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmaların tercih edilme sebebi geliştirilecek olan uygulamaya göre değişebilmektedir. Geliştirilecek olan uygulamada kullanılacak olan veri miktarı, veri türü ve analiz sonucunda elde edilecek başarı v.b. parametreler bu algoritmaların tercih edilmesinde önemli olan kriterlerdir. Bir makine öğrenme algoritması olarak zeki sistemlerin tasarlanmasında sıklıkla kullanılan karar ağacı yönteminin, hem sınıflandırma hem de regresyon uygulamalarında başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir [11]. Bu yöntemde verilerin sıklık durumlarına bakılır ve sisteme giriş olarak beslenen veri sınıfları ile çıkış arasında en uyumlu olan sınıftan başlamak üzere aşağıya doğru örnek bir girdi değeri için çıkış durumunu tahmin edebilen bir ağaç yapısı tasarlanır [10].

Bu çalışmada GES'lerden elde edilen elektrik enerjisinin veriminin hava kirliliği

parametrelerinden ne kadar etkilendiğini ölçümlemek için hava kirliliği ve güneş enerjisi parametreleri arasında bir regresyon modeli karar ağacı algoritması kullanılarak geliştirilmiştir. Bu amaçla Adıyaman ilinde konumlu bir GES'ten 2018 yılına ait günlük üretilen enerji bilgileri alınmıştır. Bununla birlikte, hava kirliliği ile üretilen elektrik enerjisi verimliliği arasındaki korelasyonun varlığı araştırma konusu olduğu için, çalışma kapsamında 2018 yılına ait hava kirliliği (PM₁₀ ve SO₂ için) verileri ve bu verilerin farklı formatları modelde giriş olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu parametrelere ait verilerin bir aylık ortalaması ve önceki günlerin kirlilik değerlerinin kümülatif toplamları her gün için ayrı ayrı hesaplanmış ve bu verilerde analiz çalışmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada altı girişli tek çıkışlı bir regresyon modeli tasarlanmıştır. GES'lerde üretilen enerjiye etki eden parametrelerin araştırıldığı önceki çalışmalarda daha çok sıcaklık, ışınım, nem v.b. meteorolojik veriler kullanılmasına rağmen [12]–[14], bu çalışmada öncekilerden farklı olarak hava kirliliği ile GES'te üretilen elektrik enerjisi arasında bir model araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu kısımda, Adıyaman ilinde kurulu olan bir GES işletmesine ait veriler, hava kirliliği için kullanılan veriler, bu verilerin nasıl birleştirildiği ve nasıl modellendiği ile bilgiler yer almaktadır. Model için kullanılan karar ağacı yöntemi bu kısımda detaylı bir şekilde anlatılmış ve Adıyaman ili için güneş enerji potansiyeli özetlenmiştir.

2.1. Veri

Çalışma kapsamında kullanılan deneysel veriler Adıyaman ili sınırlarında kurulu olan bir GES işletmesinden ve Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı hava kalitesi izleme istasyonları web sitesinden 2018 yılı için

elde edilmiştir. Adıyaman ilinde hava kirlilik değerleri sadece PM₁₀ ve SO₂ parametreleri için kaydedildiğinden, sunulan çalışma bu parametrelerle sınırlanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen karar ağacı modelinde; PM₁₀, SO₂, kümülatif PM₁₀ değerleri, kümülatif SO₂ değerleri, aylık PM₁₀ ortalaması ve aylık SO₂ ortalaması giriş olarak, üretilen elektrik enerji miktarı (kW) çıkış olarak kullanılmıştır. Aylık ortalama değerler her gün için ayrı ayrı olacak şekilde bir önceki ayın ortalaması şeklinde ve kümülatif değerler her gün için ayrı ayrı olacak şekilde önceki günlerin toplamı şeklinde hesaplanmıştır. PM₁₀ ve SO₂ parametreleri

atmosferde uzun süre taşındıklarından modelde kullanılan verilerin oluşturulma mantığı bu şekilde yapılmıştır. Biraz daha detaylandırdığımızda, havada uzun süre kalan kirlilik GES işletmelerinde kurulu olan panellerin kirliliğine sebep olacağı düşüncesiyle araştırmada kullanılacak veri yukarıda bahsedildiği şekli ile oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan verilere ait bir görünüm Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan verilere ait örnek bir görüntü.

GİRİŞ							ÇIKIŞ
SN	PM10	SO2	Kümülatif PM10	Kümülatif SO2	Aylık Ortalama PM10	Aylık Ortalama SO2	Üretilen Elektrik (kW)
1	79,61	3,66	6255,85	264,74	124,96	5,56	0
2	38,98	4,43	6294,83	269,17	123,25	5,52	1800,54
3	40,54	4,40	6335,37	273,57	120,04	5,44	598,5
...
363	32,79	45,87	22293,73	3484,25	37,72	30,19	3466,26
364	17,79	17,94	22311,52	3502,19	37,71	31,72	63,00
365	26,00	37,16	22337,52	3539,35	37,83	31,23	1575,00

2.2. Makine Öğrenme Algoritması

Yapay zekâ karmaşık verilerin doğru biçimde anlaşılması ve yorumlanmasını sağlayan bir öğrenme yöntemidir. Yapay zekâ makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinden oluşmaktadır. Karar ağacı algoritması, veri madenciliği sınıflandırma makine öğrenme algoritmalarından birisidir[15]. Bir karar

ağacı, yerel bölgenin daha az sayıdaki adım ve özyinelemeli dallanma dizisinde tanımlandığı denetimli öğrenme için hiyerarşik bir modeldir. Bir karar ağacı iç karar düğümleri ve sonlanma dallarından oluşur. Bu algoritma uygulama alanına göre sınıflandırma veya regresyon analizi gerektiren çalışmalarda kullanılabilir. Regresyon

çalışmalarında sınıflandırma ağacına benzer bir ağaç yapısı oluşturulur ancak sınıflandırma için gerekli olan katıksızlık ölçüsünün regresyon çalışmalarında başka bir ölçüt ile değiştirilmesi gerekir. Bu algoritmayı matematiksel olarak ifade

$$b_m(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in X_m: x \text{ reaches node } m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Bir ağacın iyi bölünmesine, tahmini değerden elde edilen ortalama kare hatası ile karar verilir. Regresyon analizinde g_m değeri düğüm m 'de tahmin edilen değer olarak alındığında yeni elde edilen denklem şu şekilde olur;

$$E_m = \frac{1}{N_m} \sum_{k=0}^n (r^t - g_m)^2 b_m(x^t)$$
$$N_m = |X_m| = \sum_{k=0}^n b_m(x^t)$$

2.3. Adıyaman İlinin Güneş Enerji Potansiyeli ve Hava Kirliliği

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında olduğundan bu enerjiden maksimum düzeyde istifade edebilmek için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Güney Doğu Anadolu bölgesi Türkiye'de en çok güneş alan bölge ve Adıyaman ili ise bölgede ikinci en çok güneş alan bölge konumundadır. Özellikle Adıyaman ilinin kırsal bölgelerinde enerji verimliliğinin artırılması tarım ve hayvancılık açısından bölgeyi daha iyi konuma getirecektir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada birçok çiftçiye güneş enerji sistemi dağıtılmış ve böylece su ısıtma

etmek gerekirse; diyelim ki m düğümü için X_m, X' 'e ulaşan düğüm m 'in alt kümesidir.

Kökten m düğümüne kadar olan yolda bulunan karar düğümlerindeki tüm koşulları sağlayan $x \in X$ dizisidir.

E_m değeri m düğümünde varyans ile ilgilidir. Düğümüne ulaşan örneklerin istenen çıktılarının ortalaması bir düğümde kullanılır.

$$g_m = \frac{\sum_t b_m(x^t) r^t}{\sum_t b_m(x^t)}$$

Hata değeri bir düğüm için kabul edilebilirse ($E_m = \theta_r$), bir yaprak düğümü oluşturulur ve bu yaprak değeri g_m değerini saklar. Böylece, yaprak sınırlarında süreksiz parçalı bir sabit yaklaşım modeli yapılandırılmış olur. Eğer hata kabul edilebilecek boyutlarda değilse, m düğümüne ulaşan veriler, dallardaki hataların toplamının en küçük seviyede olacağı şekilde daha da bölünür [11].

amacıyla odun kullanılmasının önüne geçilmiştir. Özellikle Adıyaman ilinde sulama yapmak için güneş enerjisi kullanım sayısı her geçen gün artmaktadır [16]. Güneş enerjisinden elde edilecek enerji veriminin artırılması bölgedeki enerji üretim potansiyelini geliştirecektir. Ayrıca güneş enerji panellerinin optimizasyonu bu amaçla kıymetlidir. Bu optimizasyonu yapabilmek için çeşitli parametrelerin enerji verimliliğini ne düzeyde etkilediğinin araştırılmasına ihtiyaç vardır. Adıyaman ilinde hava kirleten bir madde olarak partiküllerin atmosferdeki salınımı oldukça fazladır. Adıyaman ilinde kurulu olan hava kirliliği istasyonunun saatlik ölçtüğü PM_{10} ve SO_2 kirlilik değerleri ile Adıyaman ilinde

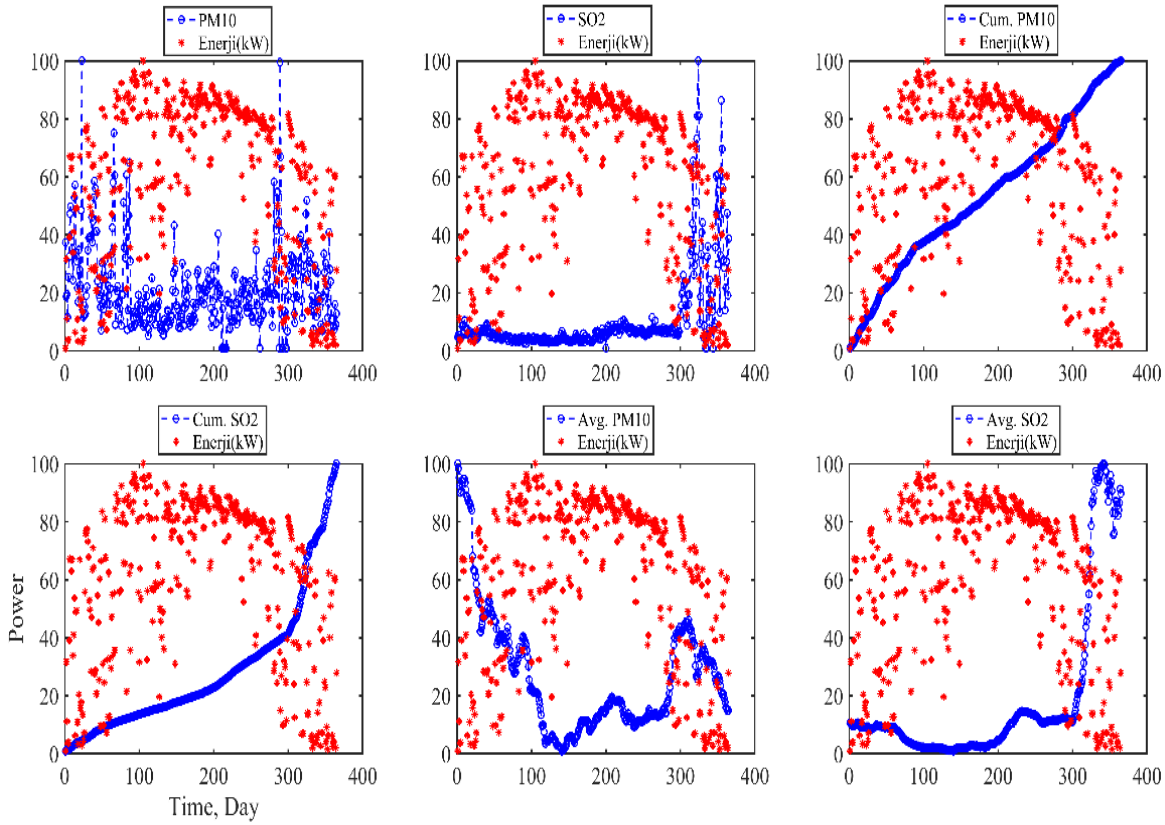
kurulu olan GES işletmelerinin saatlik olarak ürettiği enerji miktarları günlere göre incelendiğinde enerji verimliliğinin hava kirliliği ile ilişkisi ortaya konabilecektir. Böylece hava kirliliğine karşı alınabilecek tedbirlerin önemi ortaya konmuş olacak ve elde sonuçlar GES işletmecilerine yol gösterici nitelikte olacaktır.

3. DENEYSEL BULGULAR

Çalışma kapsamında Adıyaman ilinde kurulu olan bir GES işletmesinde 2018 yılı anlamak için tüm veriler görsel olarak çizilmiş ve bu şekilde incelenmiştir. Tüm girdi verilerine karşı üretilen enerji

için günlük olarak üretilen elektrik enerjisi ile yine Adıyaman iline ait hava kirliliği istasyonundan elde edilen PM₁₀ ve SO₂ hava kirletici değerleri arasında bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında hava kirlilik değerleri ile GES işletmelerinde üretilen enerjinin miktarı arasında bir model kurulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmada, öncelikle toplanan veriler arasında görsel bir anlam olup olmadığını

miktarının çizdirildiği grafikler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. PM10, SO2, Kümülatif PM10, Kümülatif SO2, Ortalama PM10 ve Ortalama SO2 girdi verileri ile GES’te bir yıl için üretilen enerji arasındaki ilişkiler

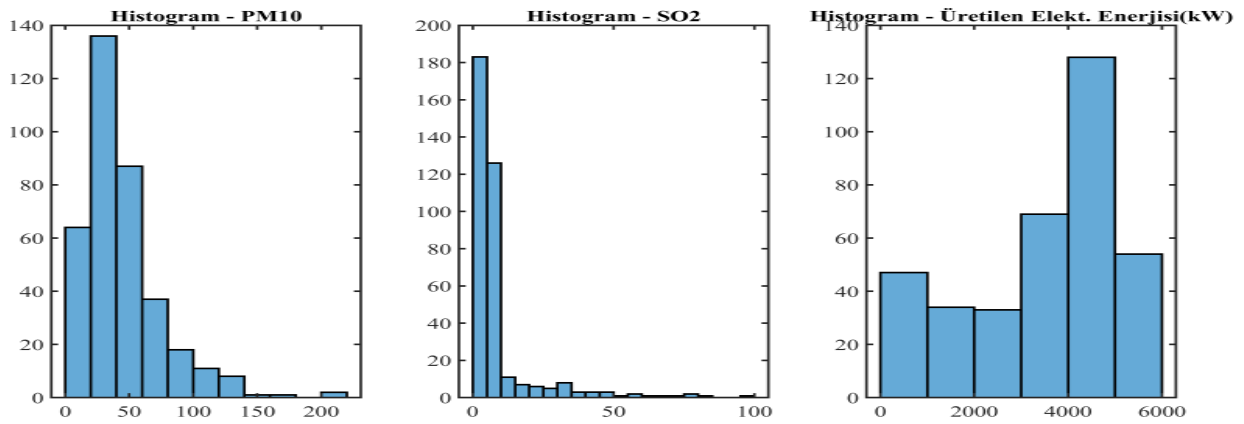
Şekil 1’de üst tarafta verilen grafiklerde, sağa doğru günlük PM₁₀ ortalaması ile üretilen enerji, günlük ortalama SO₂ verileri ile üretilen enerji ve kümülatif PM₁₀ verileri ile üretilen enerji verilerinin birbirine karşı çizimleri gösterilmiştir. Altta grafiklerde ise kümülatif SO₂, aylık ortalama PM₁₀ ve

aylık ortalama SO₂ verilerinin üretilen elektrik enerjisi verileri ile birlikte çizimleri gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde, PM₁₀ ile üretilen enerji arasında, SO₂ ile üretilen enerji arasında, kümülatif PM₁₀ ve SO₂ ile üretilen enerjideki artış arasında ve son olarak bir aylık ortalama PM₁₀ ve SO₂

değerleri ile üretilen enerji arasında ters orantının olduğu anlaşılmaktadır. Yani Adıyaman ilinden alınan verilerin görsel incelenmesi neticesinde, kirlilik değerleri arttıkça üretilen enerji veriminde azalmanın yaşandığı görülmektedir.

Yapılan çalışmada geliştirilen modelde giriş için kullanılan hava kirliliği değerleri ve çıkış için kullanılan enerji verileri

arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı *ttest* istatistiksel yöntemi ile test edilmiştir. Bu analiz öncesinde bir yıllık PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği değerleri ve GES'ten elde edilen enerji değerlerine ait histogramlar elde edilmiş ve bu histogramların normal bir dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu histogramlar Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. PM10, SO2 ve örnek GES'ten bir yıl için üretilen enerji verilerine ait histogram gösterimleri

Bu şekil incelendiğinde enerji verilerinin normal dağılıma yakın bir görünümü olduğu, PM₁₀ verilerinin normal dağılımdan biraz uzak olduğu ve SO₂ verilerinin ise normal dağılımdan oldukça uzak olduğu

anlaşılmaktadır. Ayrıca tüm giriş verileri ile çıkış verileri arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını anlamak için tüm girdi verileri tek tek çıktı verisi ile ikili bağımsız *ttest*'ine tabi tutulmuştur. Bu test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tüm giriş verileri ile çıkış verisi arasındaki hipotez testi

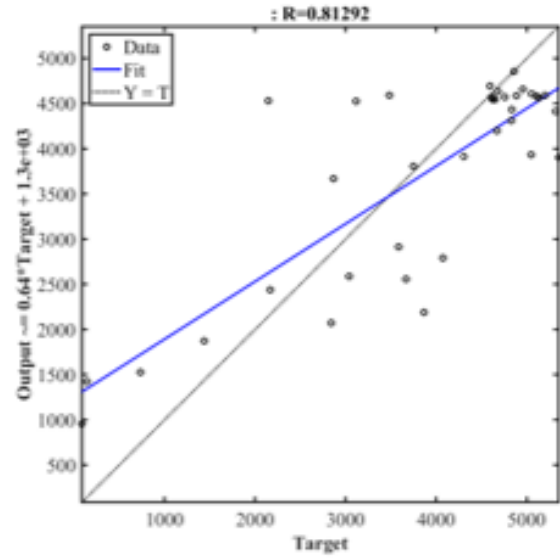
	PM10- Enerji	SO2- Enerji	Kümülatif PM10 - Enerji	Kümülatif SO2 - Enerji	Aylık Ortalama PM10 - Enerji	Aylık Ortalama SO2 -Enerji
h	1	1	1	1	1	1
p (e-189)	6,06	3,2	4,5	1,97	1,39	1,86
Güven aralığı (ci-e+03)	-3,61/- 3,27	-3,64/ -3,31	1,08/1,17	-2,50/-2,13	-3,60/-3,27	-3,64/-3,31

Yapılan hipotez testinde tüm giriş verileri ayrı ayrı olacak şekilde çıkış verisi ile anlamlı olarak ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Tablo 2’de verilen araştırma sonuçlarına göre hiçbir giriş verisi tek başına çıkış verisi ile istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum h hipotez değerlerinin 1 çıkmasından anlaşılmaktadır. Tabloda verilen h değerleri 1 ise hipotezin ret edildiği, 0 ise hipotezin kabul edildiği anlaşılmaktadır. Tabloda verilen p değeri 0 ile 1 arasında değerler alabilir. Bu parametre 0’a yakın değerler aldığı anda hipotezin geçerliliği şüpheye girer. İki bağımsız popülasyon arasında güven aralığı ci ile verilmektedir. Bu değer hipotez testi sonucunda alt ve üst sınırları içeren iki elemanlı bir vektör olarak döner.

Yapılan diğer bir analiz çalışmasında ise karar ağaçları yöntemi ile bir model ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan regresyon uygulamasında hava kirliliği verileri giriş verisi olarak ve üretilen elektrik enerjisi çıkış verisi olarak algoritmaya beslenmiştir. Regresyon uygulamasında verilerin %90’ı eğitim, geri kalan %10’u (36 adet) ise test için rastgele tercih edilmiştir. Karar ağacı algoritması ile uygulanan regresyon modeline göre elde edilen bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ayrıca tahmin edilen 36 adet veri kullanılarak elde edilen regresyon çizimi Şekil 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Karar ağacı regresyon algoritmasına ait sonuçlar

Parametre	Çıkan Değer
r	0,81
R^2	0,66
Ortalama Mutlak Hata	664,48
Karekök Ortalama Hata	852,38



Şekil 3. Regresyon grafiği

4. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, Adıyaman ilinde 2018 yılına ait hava kirliliği verileri ile, bir GES işletmesinden yine aynı yıl için elde edilmiş üretilen enerji miktarları arasında bir ilişkinin varlığı görsel incelemeyle, istatistiksel bir yöntemle ve bir regresyon uygulaması ile ortaya konmuştur. Yapılan çalışmada görsel olarak elde edilen bulgular incelendiğinde hava kirlilik parametrelerinden hem PM_{10} hem de SO_2 ile enerji üretimi arasında bir ters orantının varlığının söz konusu olduğu gözlemlenmiştir. Yani bu bulguya göre, kirlilik arttıkça GES’lerde üretilen enerjinin miktarında bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak diğer bir taraftan hava kirlilik verileri ile üretilen enerji miktarı arasında iki yönlü bağımsız t test istatistiksel yöntemi uygulandığında, bu iki veri türü arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu ile ilgili hipotezin reddedildiğini gözlemlenmiştir. Yapılan diğer bir analizde ise karar ağacı regresyon yöntemi kullanılarak hava kirliliği ile GES’te üretilen elektrik enerjisi arasında bir model tasarımının yapılabileceği sorusuna cevap aranmıştır. Analiz sonucunda R^2 değeri 0,66 olarak bulunmuştur. Bu sonuç modelin başarılı bir şekilde kurulmadığını bize göstermiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada hava kirliliği ile güneş enerjisine dayalı olarak üretilen elektrik enerji miktarı arasında tam bir modelin kurulamadığı söylenebilir. Hava kirliliği ile üretilen elektrik enerjisi arasında tek başına bir model kurulması pek mümkün görünmemek ile birlikte, meteorolojik diğer veriler ile üretilen elektrik enerjisi arasında bir model kurulacağına hava kirliliği parametrelerinin modele anlam katacağı ve bu modele dâhil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Akyüz, E. (2015). Çevre sorunları ve insan hakları ilişkisi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(15), 427-436.
- [2] Taktak, F., & Mehmet, I. L. I. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik*, 3(1), 1-21.
- [3] Çukur, H., & Aygören, T. (2018). Denizli'de Hava Kirliliği Ve Klimatik Özellikler Arasındaki İlişki
- [4] Demirtaş, M., Akkoyun, N., Akkoyun, E., & Çetinbaş, İ. (2019). Akıllı Şebekelerde Güneş Enerjisi Üretimine Zamana Bağlı Olasılıksal Tahmini. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 7(2), 411-424.
- [5] Asl-Soleimani, E., Farhangi, S., & Zabihi, M. S. (2001). The effect of tilt angle, air pollution on performance of photovoltaic systems in Tehran. *Renewable Energy*, 24(3-4), 459-468.
- [6] Khan, M. F., Hirano, K., & Masunaga, S. (2010). Quantifying the sources of hazardous elements of suspended particulate matter aerosol collected in Yokohama, Japan. *Atmospheric environment*, 44(21-22), 2646-2657.
- [7] Liu, Y. J., Zhang, T. T., Liu, Q. Y., Zhang, R. J., Sun, Z. Q., & Zhang, M. G. (2014). Seasonal variation of physical and chemical properties in TSP, PM10 and PM2.5 at a roadside site in Beijing and their influence on atmospheric visibility. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(3), 954-969.
- [8] Özbeyaz, A., Tufaner, F., & Demirci, Y. (2016, October). Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı. In 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress. Çukurova University, October (Vol. 26, No. 28, pp. 969-975).
- [9] Turalıoğlu, F. S., Nuhoglu, A., & Bayraktar, H. (2005). Impacts of some meteorological parameters on SO2 and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59(11), 1633-1642.
- [10] E. Alpaydın, Introduction to Machine Learning. Cambridge, Massachusetts London England, 2004.
- [11] Gunaydin, O., Ozbeyaz, A., & Soylemez, M. (2019). Estimating California Bearing Ratio Using Decision Tree Regression Analysis Using Soil Index and Compaction Parameters. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 7(1), 30-33.
- [12] G. H. Güzel and H. Demirel, (2017) "Meteorolojik Veriler Kullanılarak Kastamonu İli Güneşlenme Şiddetinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini," *Technol. Appl. Sciences*, vol. 12, no. 114-121, pp. 9-15.
- [13] Figen, B. A. L. O. (2018). Veri analizi modeli ile Çanakkale ili için güneş enerjisi potansiyelinin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 143-152.
- [14] Kılıç, B., & Kumaş, K. (2019). Burdur İli Güneşlenme Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmini. *Teknik Bilimler Dergisi*, 6(1).

[15] Turgut, A., Temir, A., Aksoy, B., & Özsoy, K. (2019). Yapay Zekâ Yöntemleri İle Hava Sıcaklığı Tahmini İçin Sistem Tasarımı Ve Uygulaması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(3), 244-253.

[16] Behçet, R., Oral H., & Gül H., (2013). Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3(2), 52-67.