



Received date; Nisan 2019

Mustafa ALTINSOY^a, Güngör BAL^b

UZUN DÖNEM RÜZGÂR HIZI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI VE PERFORMANS İNCELEMESİ

USAGE AND PERFORMANCE INVESTIGATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN LONG-TERM WIND SPEED PREDICTION

ÖZET

Enerjinin mümkün olduğu sürece yenilenebilir kaynaklardan sağlanması sürdürülebilir kalkınmanın en önemli gerekliliklerindedir. Rüzgâr enerjisi, mevcut potansiyel bakımından Türkiye coğrafyasında önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde tüketilen enerjinin önemli bir kısmı fosil yakıtlarla ve ithal edilen kaynaklarla sağlanmaktadır. Bu durum, ülkemizi stratejik ve ekonomik olarak olumsuz etkilemektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir enerji yatırımları artmaktadır. Yenilenebilir enerji potansiyellerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, yatırımın atıl konuma düşmesini önleyecektir. Bu çalışmada Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen geçmişe dönük 30 yıllık rüzgâr hızı, nem, basınç, sıcaklık ve yağış miktarı verilerini kapsayan meteorolojik veri seti kullanılmıştır. Bu veri setiyle Ankara ilinde bulunan örnek ilçeler için rüzgâr hızı tahmini yapılmıştır. Matlab'da YSA modellerini oluşturmak için farklı yapay sinir ağı öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Rüzgâr hızı tahmin sonuçlarına bakıldığında; test verileri için ortalama mutlak yüzdesel hata (OMYH) Çubuk için %9,48, Keçiören için %7,77, Polatlı için %7,88, Bala için %6,83, Şereflikoçhisar için %8,02 ve Haymana için %5,41 şeklinde bulundu.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Rüzgâr hızı, Yapay sinir ağları, Yapay zeka

ABSTRACT

Supplying energy from renewable sources as long as possible is one of the most important requirements for sustainable development. Wind energy has an important role in Turkey in terms of the existing potential. A significant part of the consumed energy in our country is supplied by fossil fuels and imported sources. This situation adversely affects our country in terms of strategical and economical manner. As in all over the world, renewable energy investments are also increasing in our country. The correct determination of renewable energy potentials will prevent the investment to fall into an idle position. In this study, the meteorological dataset containing past 30 years data of wind speed, humidity, pressure, temperature and precipitation data taken from the Turkish State Meteorological Service are used. Wind speed estimation is studied for sample districts located in the Ankara city using data set. In Matlab, different artificial neural network learning algorithms have been used to construct the ANN models. The mean absolute percentage errors (MAPE) for testing data were found as 9,48% (for Çubuk), 7,77% (for Keçiören), 7,88% (for Polatlı), 6,83% (for Bala), 8,02% (for Şereflikoçhisar), 5,41% (for Haymana).

Keywords: Renewable energy, Wind speed, Artificial neural networks, Artificial intelligence

^a Mustafa Altınoy, Teknoloji Fakültesi Gazi Üniversitesi, altinsoy.mustafa@hotmail.com,

^b Prof. Dr. Güngör Bal, Teknoloji Fakültesi Gazi Üniversitesi, gunbal@gazi.edu.tr,

GİRİŞ

Enerji ihtiyacı, çağımızın en önemli ihtiyaçlarından biridir. Dünyada enerji ihtiyacı uzun süre fosil yakıtlar ile karşılandı ve halen karşılanmaktadır. Fosil yakıtların insan ve çevre sağlığına verdiği zarar artık herkesçe kabul edilmekte, bu yakıtların gün geçtikçe yeni etkileri gözlemlenmektedir. Bu yüzden devletler enerji sektörüne yönelik yeni planlamalar yapmakta, hedefler koymakta bu kapsamda teşvikler sağlamaktadır.

Rüzgâr enerjisinin kurulu gücü diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de her gün artmaktadır. Ülkemiz 2016 yılında gerçekleştirdiği 1387 MW'lık artış ile rüzgâr sektöründe Avrupa'da 3. ve Dünya'da 7. sırada yer almıştır [i]. Ülkemizin toplam kurulu gücü içerisinde rüzgâr enerjisinin payı %7,6' lar seviyesine gelmiştir [ii]. Ülkemizin 2023 yılı hedeflerinde toplam enerji tüketimimizin en az üçte birini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması yer almaktadır [iii]. Bu doğrultuda yatırımlara hız verilmiştir.

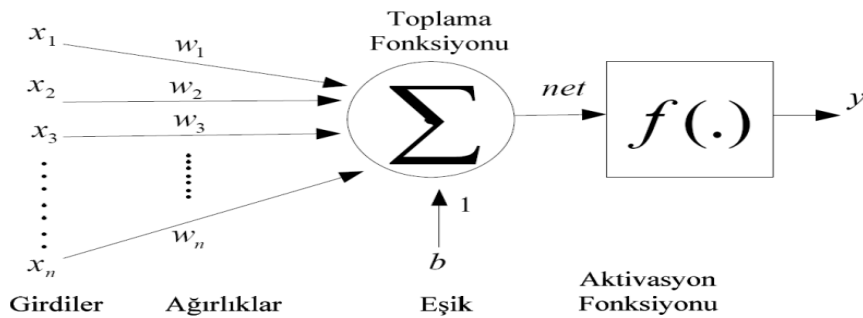
Yenilenebilir enerji yatırımlarının atıl pozisyona düşmemesi için yatırım yapılacak bölgenin değerlendirmesinin iyi yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda rüzgâr enerjisi yatırımcılarına rehberlik etmek amacıyla, rüzgâr hızı bilinmeyen bölgenin nem, sıcaklık, basınç, yağış ve mevsimsel faktör olarak ay bilgisi ile yapay sinir ağları metodu kullanılarak rüzgâr hızı tahmini gerçekleştirilecektir. Literatürde farklı giriş parametreleri kullanılarak, farklı bölgeler için yapılmış çalışmalar vardır.

MATERYAL VE METOT

Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağlarına olan ilgide son yıllarda artış gözlemlenmektedir. Matematik, mühendislik, tıp, ekonomi, meteoroloji, psikoloji ve diğer birçok alanda başarıyla uygulanmaya başlanmıştır.

Yapay Sinir Ağları insan beyninin çalışma şeklini taklit eder. Veriden öğrenebilme, genelleme yapabilme, sınırsız sayıda değişkenle çalışabilme vb. birçok önemli özelliğe sahiptir. Ağların çalışmasına sağlayan en küçük birimler yapay sinir hücresi (işlem elemanı) olarak adlandırılır. Bu yöntem, öngörülerini gerçekleştirmek için bir girdi-çıkı haritası oluşturarak belirli örneklerden öğrenir. Diğer bir deyişle, bir sinir ağını eğitmek ve test etmek için girdi verileri ve buna karşılık gelen çıktı değerleri gereklidir [iv]. Basit bir yapay sinir hücresi aşağıdaki Şekil 1.'de görüleceği üzere girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olmak üzere 5 ana bileşenden oluşmaktadır. Yapay sinir ağları, analitik olarak modellenmesi zor olan karmaşık problemleri çözmek için geleneksel yaklaşımların sınırlamalarının üstesinden gelmek için eğitilebilir [v].



Şekil 1.' de gösterilen; girdiler, dış dünyadan veya başka bir hücreden gelen bilgileri içerir. Bunlar ağırlık öğrenmesi için kullanılır. Ağırlıklar, hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değerini ifade etmektedir. Hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Toplama fonksiyon, bir hücreye gelen girdi değerleri ile ağırlıkları çarpıp toplayarak o hücrenin net girdisini hesaplar. Tüm bu toplam sinyal eşiklenme fonksiyonuna girdi olarak yönlendirilir. Toplama fonksiyonunda değişik formüller kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktının belirlenmesini sağlar. Toplama fonksiyonundaki gibi aktivasyon fonksiyonunda da değişik formüller kullanılabilir. Çıktılar, aktivasyon fonksiyonları sonucunda oluşan çıktı değerleridir. Söz konusu çıktı değerini dış dünyaya, başka bir hücreye veya kendisine girdi olarak gönderilebilir [vi].

Şekiller, Tablolar ve Eşitlikler

Uzun vadeli rüzgar hızı tahmini, uzun yıllar için yapılacak rüzgar enerjisi santrallerinin enerji gücü hesaplamalarında, ekipman seçimi, yatırım geri dönüş hesaplamalarında, risk analizlerinde, kullanım yerlerinin tespitinde kullanılmaktadır. Geçmiş döneme ait meteorolojik verilerle gelecek döneme ait rüzgâr hızı tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda takip eden geçmiş 3 yılın (n-2, n-1, n) ay, basınç, nem, sıcaklık, yağış miktarı, rüzgâr hızı verileri girdi olarak alınmış bir sonraki yılın (n+1) rüzgâr hızı tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen veriler Denklem 1 yardımıyla 0,1 – 0,9 değeri arasında normalize edilmiştir.

$$Normalizasyon = 0,8 * \frac{x - x_{min}}{x_{maks} - x_{min}} + 0,1 \quad (1)$$

Literatürde yapılan normalizasyon çalışmaları ile ilgili değerlendirmeler incelendiğinde 0,1 – 0,9 arasında gerçekleştirilen normalizasyonların diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Hava tahmin çalışmalarında uygulanan normalizasyon yöntemlerinden en yüksek tahmin doğruluğu sağlayan “D Min Max Normalizasyon Yöntemi” olduğu tespit edilmiştir [vii].

Çalışılan veri setinin 0,1 – 0,9 normalizasyon ölçeğinde -0.9 – 0.9 ölçeğine oranla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür [viii].

Normalizasyon değerlerine örnek olarak bir kısım değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Ay	Sıcaklık	Basınç	Nem	Yağış	Rüzgâr Hızı
0,1	0,10165	0,72949	0,87242	0,24206	0,30895
0,172727	0,31750	0,60056	0,61566	0,16230	0,17835
0,245455	0,40680	0,30329	0,57561	0,20965	0,43154
0,318182	0,45188	0,22140	0,68807	0,59870	0,33128
0,390909	0,60635	0,33528	0,44799	0,28468	0,53222
0,463636	0,70636	0,37725	0,49875	0,24295	0,56719
0,536364	0,80589	0,25727	0,55073	0,26840	0,46145
0,609091	0,74800	0,26976	0,58870	0,13137	0,44502
0,681818	0,64601	0,44591	0,67936	0,36933	0,22048
0,754545	0,52313	0,54405	0,70755	0,20832	0,19225
0,827273	0,39283	0,63443	0,80128	0,19367	0,15729
0,9	0,17619	0,56115	0,83196	0,17724	0,26176
0,1	0,32890	0,38951	0,81110	0,30037	0,39615
0,172727	0,18816	0,25031	0,78837	0,38856	0,57856

...
0,827273	0,37108	0,53903	0,70906	0,27358	0,26514
0,9	0,252072	0,726531	0,803643	0,141435	0,231859

Normalizasyon edilen verilerden ilk %80'lik kısmı yapay sinir ağlarının eğitilmesi, geri kalan %20'lik kısmı test edilmesi için kullanılmıştır. Rüzgâr tahmininin daha sağlıklı gerçekleştirilebilmesi için literatürde en sık kullanılan yapay sinir ağı modelleri kullanılmış yaklaşık olarak 160 farklı model denenmiştir. Bu testler ile elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Öğrenme fonksiyonu traingdx, traında, traingdm ve traingd olan tasarımlarla başarı sağlanmıştır.

Yapılan tahminin doğruluk derecesini ölçmek için, ortalama mutlak yüzdesel hata (OMYH), ortalama kare hatası (OKH), karekök ortalama hatası (KOH) ve Belirlilik katsayısı (R^2) değerlerine bakılmıştır. Denklemlerde kullanılan x_i tahmin edilen rüzgâr hızı çıktı değerini, y_i gerçek rüzgâr hızı değerini, n ise ölçüm adetini ifade etmektedir.

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \quad (2)$$

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (3)$$

$$OMYH = \frac{1}{n} \left| \frac{y_i - x_i}{y_i} \right| * 100 \quad (4)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i)^2} \quad (5)$$

BULGULAR

Tahmini gerçekleştirilecek bölgenin karakteristiğine göre başarı elde edilen modeller değişmektedir. Örneğin Çubuk ilçesinde başarı sağlanan bir model Keçiören ilçesinde aynı başarıyı gösterememektedir. Her ilçe için ayrı ayrı yapılan çalışmalar neticesinde en iyi netice elde edilen modellere ait sonuçlar Tablo 2'de paylaşılmıştır.

Tablo2. Gelecek döneme ait rüzgâr hızı tahmin sonuçları

	Test Normalize Değerleri İçin OKH	Test Normalize Değerleri İçin KOH	Test Gerçek Değerleri İçin OMYH (%)	Belirlilik Katsayısı R^2
Çubuk	0,0068	0,0826	9,48	0,9899
Keçiören	0,0098	0,0994	7,77	0,9906
Polatlı	0,0135	0,11623	7,88	0,9842
Bala	0,0051	0,07177	6,83	0,9928
Şereflikoçhisar	0,0074	0,0861	8,02	0,9935
Haymana	0,0064	0,08011	5,41	0,9936

OMYH değeri için % 10'un altında olan tahmin modellerini yüksek doğruluk, %10 ile % 20 arasında olan modelleri ise doğru tahminler olarak sınıflandırmıştır [ix]. Benzer şekilde, OMYH değeri için %10'un altında olan modelleri çok iyi, % 10 ile % 20 arasında olan modelleri iyi, % 20 ile % 50 arasında olan modelleri kabul edilebilir, % 50'nin üzerinde olan modelleri ise hatalı ve yanlış olarak sınıflandırmıştır[x].

Literatürde çalışmamıza benzer şekilde farklı giriş parametreleri veya farklı yöntemler kullanılarak rüzgâr hızı tahmin çalışmaları bulunmaktadır.

Chang ve diğerleri; (2016), Tayvan güç şirketinden alınan veriler ile farklı yaklaşımlar uygulanarak rüzgâr hızı ve enerjisi öngörülme çalışılmıştır. Rüzgâr hızı tahminlerinde, %26,64, %21,75, %15,47 ve %2,365 ortalama mutlak yüzdesel hata (OMYH) değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde önerilen yöntemin kısa vadeli tahmin uygulamaları için uygun olduğu kanısına varılmıştır [xi].

Eseye ve diğerleri; (2017), tarafından hibrid bir yaklaşım kullanılarak kısa vadeli rüzgâr gücü tahmin çalışması yapılmış, çalışmalar neticesinde ortamla mutlak yüzdesel hata değerleri DSBPN (çift katmanlı geriye yayımlı yapay sinir ağı) yaklaşımı ile kış için %9.40, ilkbahar için %18.52, yaz için %12.33 ve sonbahar için %4.50 bulunmuştur. DSHGN (çift katmanlı genetik algoritma tabanlı yapay sinir ağı) yaklaşımı ile kış için %8,88, bahar için %18.44, yaz için %11.85 ve sonbahar için %4.39 bulunmuştur. Ortalama mutlak yüzdesel hata değeri DSBPN yaklaşımı ile %11.191, DSHGN yaklaşımı ile %10.893 bulunmuştur [xii].

Meksika'nın Qaxaca eyaletinin La Mata ili için NARX modeli kullanılarak rüzgâr hızı tahmin çalışması yapılmış, yapılan çalışmalar sonucunda OMYH değerleri %11.44, %11.89 ve %11.96 değerleri bulunmuştur [xiii].

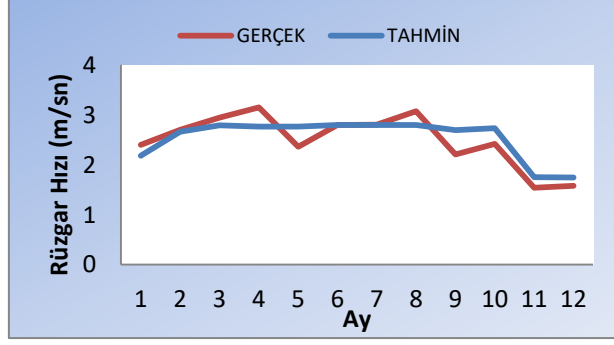
Anurag ve Deo; (2003), çalışmasında Hindistan'daki kıyı şeridi için aylık, haftalık ve günlük rüzgâr hızları tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Tahmin çalışmasında ortalama hata %4.3, %5.4 ve %6.3 olarak gerçekleşmiştir. Aylık tahminler günlük tahminlere oranla daha iyi çıkmıştır [xiv].

Finamore ve diğerleri; (2016), tarafından İtalya hava kuvvetleri meteoroloji servisinden alınan verilerle yapay sinir ağlarını kullanarak bir saatlik rüzgâr hızı tahmin çalışması yapılmıştır. Tahmin çalışmasının doğruluk seviyesi ortalama mutlak yüzdesel hata ve ortalama kare hatası ile test edilmiştir. Çalışma sonucunda ortalama mutlak yüzdesel hata %15.42, ortalama kare hatası 7.35 değerleri elde edilmiştir [xv].

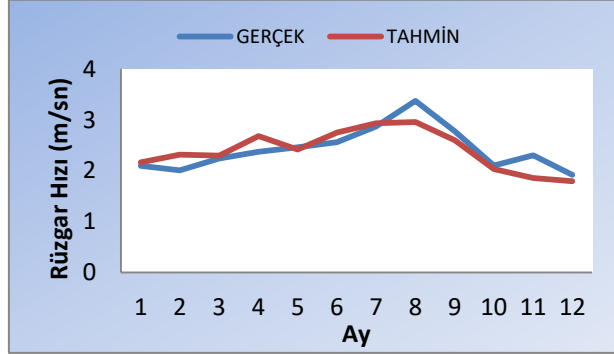
OMYH değerinin yanında, tahmininin doğruluk derecesini ölçmek için kullandığımız OKH, KOH ve belirlilik katsayısı değerleri için literatür çerçevesinde yorum yapmak gerekirse OKH ve KOH değerleri mümkün olduğunca sifıra yakın olduğu, belirlilik katsayısı değerinin 1'e yakın olduğu tahminler doğruluk derecesi yüksek tahminlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarını değerlendirecek olursak, en küçük OMYH değerimizin Haymana ilçesinde %5.41, en yüksek değerimizin ise %9.48 ile Çubuk ilçemizde olduğu görülmektedir. Witt S.F.,Witt C.A (1992) ve Lewis (1982)'in OMYH sınırları çerçevesinde değerlendirdiğimizde tahminlerimizin yüksek doğruluk derecesine sahip olduğu söylenebilir. Literatürde yapılan benzer çalışmaların bir kısmı üstte sunulmuştur. OMYH değerlerini literatür çerçevesinde değerlendirecek olursak yapılan tahminlerin iyi olduğu söylenebilir. KOH, OKH ve belirlilik katsayısı değerlerimiz doğrultusunda da elde edilen sonuçların iyi olduğu değerlendirilmektedir.

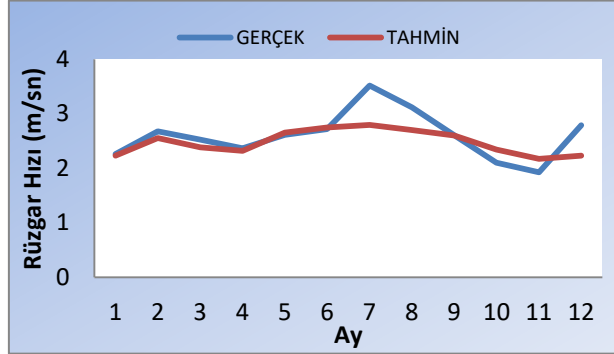
Tahmin çalışmamıza ait sonuçları gösteren grafikler Şekil 2-10'da sunulmuştur. Şekil 2-10'da sunulan grafiklere bakıldığında rüzgâr hızı tahminlerinde yapay sinir ağları yönteminin kullanılabileceği açıkça görülmektedir.



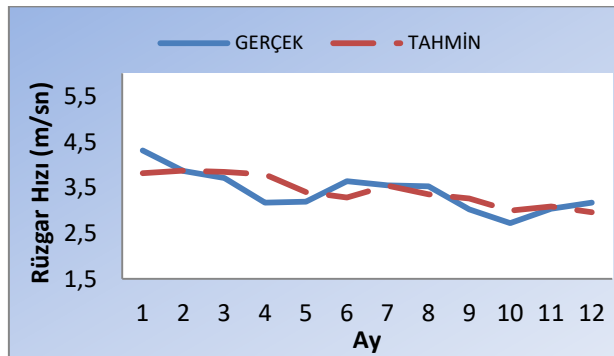
Şekil 2. Çubuk ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları



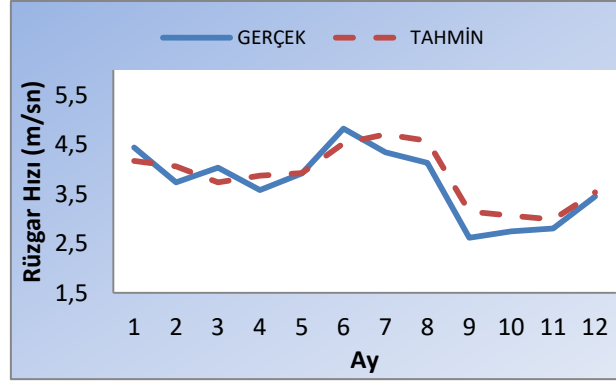
Şekil 3. Keçiören ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları



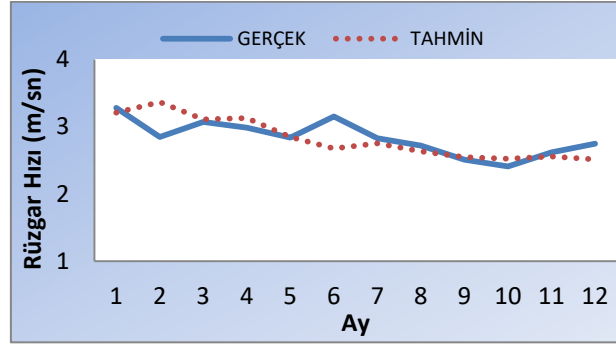
Şekil 4. Polatlı ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları



Şekil 5. Bala ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları



Şekil 5. Şereflikoçhisar ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları



Şekil 6. Haymana ilçesine ait gelecek dönem rüzgâr hızı tahmin sonuçları

SONUÇ

Literatürde yapılan tahmin çalışmalarından yapay sinir ağları kullanılarak yapılanlara bir örnekte bu çalışma ile sunulmuştur. Literatürde yapılan rüzgâr hızı tahmin çalışmalarında Ankara iline rastlanılmadığından örneklem olarak Ankara iline ait ilçeler seçilmiştir. Geçmiş üç yıllık döneme ait ay, sıcaklık, basınç, nem, yağış miktarı ve rüzgâr hızı verileri kullanılarak gelecek yıla ait rüzgâr hızı tahmin çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın neticelerine literatür çerçevesinde bakıldığında gelecek döneme ait rüzgâr hızı tahminin yapılabilirdiği görülmektedir.

Benzer olarak ileride yapılacak olan çalışmalarda farklı veriler girdi olarak kullanılarak veya farklı yapay sinir ağı kombinasyonları oluşturularak daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Aynı şekilde farklı yenilenebilir enerji kaynakları içinde aralarında doğal bağıntı olduğu düşünülen verilerle tahminler gerçekleştirilebilir. Fakat unutulmaması gereken hata oranının, tahmini gerçekleştirilen bölgenin karakteristiğiyle doğrudan bağıntılı olduğu ve en uygun model seçiminin yine tahmini gerçekleştirilecek bölgenin karakteristiğiyle değişkenlik gösterebileceği her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- i) <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/basin-bildirisi/20-subat-2017>, E. Tar.: 10.10.2018
- ii) http://www.emo.org.tr/ekler/da44881c9619855_ek.pdf, E. Tar.: 10.10.2018
- iii) <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf>, E. Tar.: 10.10.2018
- iv) Çam, E. vd. (2005), A Classification Mechanism For Determining Average Wind Speed And Power In Several Regions Of Turkey Using Artificial Neural Networks. Renewable Energy, 30 (2) : 227-239.
- v) Sözen, A. vd. (2005), Solar-Energy Potential In Turkey. Applied Energy, 80 (4): 367-381.

- vi) Yalçın, N., Yapay Sinir Ağları Ders Notları. Bilecik Üniversitesi.
- vii) Yavuz, S., Deveci, M. (2012), İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performasına Etkisi, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40: 167-187.
- viii) Karali, F.C., Ülengin, F. (2008), Yapay Sinir Ağları ve Bilişsel Haritalar Kullanılarak İşsizlik Oranı Öngörü Çalışması. İtü Dergisi/d Mühendislik. 7 (3): 15-26.
- ix) Witt, S.F., Witt, C.A. (1992), Modeling and Forecasting Demand in Tourism, Academic Press, Londra, Britain.
- x) Lewis, C.D. (1982), Industrial and Business Forecasting Methods. Butterworths Publishing, Londra, Britain.
- xi) Chang, G. W. vd. (2016), A Hybrid Model for Forecasting Wind Speed and Wind Power Generation, [2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting \(PESGM\)](#), Boston: 1-5.
- xii) Eseye, A. T. vd. (2017), Short-Term Wind Power Forecasting Using a Double-Stage Hierarchical Hybrid GA-ANN Approach, 2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis, Beijing, 552-556.
- xiii) Selvi, B. Ş. vd., (2016), EMOFs Tekniği Kullanılarak Rüzgâr Gücü Tahmini Yapılması, Elektrik, Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı, Bursa, 63-65.
- xiv) Anurag, M. Deo, M.C. (2003), Forecasting wind with neural networks, Marine Structures, 16: 35-49.
- xv) Finamore, A. R. vd. (2016), Artificial neural network application in wind forecasting: an one-hour-ahead wind speed prediction, 5th IET International Conference on Renewable Power Generation (RPG), London, (1-6).