

ÇEŞME YARIMADASI İÇİN RÜZGAR BİLGİSİ ANALİZİ VE RÜZGAR HIZI ÖNGÖRÜSÜ

Oktay Karakuş¹, Ercan E. Kuruoğlu², Mustafa A. Altinkaya¹

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Urla, İzmir, ²ISTI-CNR Via G. Moruzzi, 56124 Pisa, İtalya

¹ mustafaaltinkaya@iyte.edu.tr, ¹oktaykarakus@iyte.edu.tr, ²ercan.kuruoglu@isti.cnr.it

ÖZET

Enerji kaynaklarının en çok kullanılanlarından birisi olan fosil yakıtlar çevreye verdikleri zarar ve yenilenebilir olmamaları nedeniyle son dönemde popülerliklerini kaybetmektedirler. Yenilenebilir enerjiler burada çok önemli bir alternatif durumundadır. Bunların içerisinde rüzgar enerjisi en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Mevcut enerji üretim yöntemleri, üretilecek enerjinin kontrol edilebilecek veya kontrol edilemeyecek parametrelere bağlı olması şeklinde ikiye ayrılabilir. Rüzgar yenilenebilir bir kaynak olmasına karşın rüzgardan enerji üretimi rüzgarın varlığına, gücüne ve yönüne bağlıdır. Bir ülkenin her bir anda ne kadar enerji gereksinimi olacağı yaklaşık olarak bellidir. Doğru bir enerji üretim politikası, gereksinim duyulan enerjinin üretilebildiği kadarının yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi, geri kalanının ise diğer kaynaklardan üretilmesi şeklinde olmalıdır. Bu yüzden, günlük ne kadar rüzgar enerjisinin üretilebileceğinin öngörülmesi büyük önem arz etmektedir. Rüzgar hızının öngörülmesi, rüzgar gücüne doğrudan ulaşmak anlamına geldiği için önem kazanmaktadır.

Çeşme Yarımadası, yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli nedeniyle Türkiye'de rüzgar enerjisi yatırımı yapmak için öne çıkan bölgelerdendir. Bu bildiriye, Çeşme yarımadasındaki 3 farklı bölge olan Seferihisar, Çeşme ve Karaburun için 2013 yılı ekim ayı ve 2014 yılı eylül ayı rüzgar bilgisi detaylı şekilde analiz edilecektir. Bu geçmiş 1 yıllık rüzgar bilgisinden rüzgar hızı ölçümleri kullanılarak, rüzgar hızının iki güne kadar öngörülme performansını klasik yöntemlere oranla iyileştirecek bir model önerilecektir.

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminde çoğunlukla kullanılan fosil yakıtların çevreye zarar veren ve tükenebilir olması, ayrıca maliyet olarak da yüksek maliyetli olması, enerji üretim politikasını yönetenleri yeni arayışlara itmiştir. Her geçen gün, küresel ısınma gerçeğinin farkındalığının toplumun her kesimi tarafından kabulü de, daha alternatif ve çevreci kaynakların kullanımını zorunlu kılmıştır.

Güneş, Su, Rüzgar gibi doğal kaynaklar, yenilenebilir olmaları nedeniyle öncelikli olarak tercih edilen yöntemlerdir. Türkiye bölgesel olarak ciddi bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir ve planlamalar doğrultusunda, enerji üretimi katmanlarında kendine yer bulmaktadır. Elektrik Mühendisleri Odası (EMO)'nın verilerine göre Türkiye'de 2012 yılında kurulu gücün %3 gibi bir değeri rüzgar enerjisinden elde edilirken, bu değer Mart 2015 itibari ile %5 değerine ulaşmıştır. Türkiye'deki bu bölgeler içerisinde Ege bölgesi rüzgar enerjisi üretimi açısından ilk sırada bulunmaktadır. Kuşkusuz ki Ege bölgesi içinde İzmir ve özellikle Çeşme yarımadası oldukça önemli bir yer tutmaktadır [1].

Rüzgar enerjisinin bu önemi, gün içerisinde anlık ne kadar enerji üretileceğinin planlanmasının da önemini arttırmıştır. Rüzgar enerjisinin rüzgar hızı ile doğrudan ilişkisi, rüzgar hızının

öngörülmesi ile rüzgar enerjisi planlamasını imkansız kılmıştır. Rüzgar hızı öngörülerinde, birçok farklı yöntem kullanılabilir. Burada sözkonusu yöntemin başarımını, yapılacak öngörünün ileriye doğru zaman periyodu doğrudan belirlemektedir.

Kısa süreli olarak adlandırabileceğimiz 1-6 saat ileri rüzgar öngörüsünde, literatürde birçok farklı model denenmiş ve genelde doğrusal modeller bu tarz öngörülerde, karmaşıklık olarak basit yöntemler oldukları için ön plana çıkmışlardır [2-5]. Bu doğrusal sistemleri örnek vermek gerekirse, *özbağımlı (autoregressive - AR)*, *özbağımlı yürüyen ortalama (Autoregressive Moving Average - ARMA)* ve *özbağımlı tümleşik yürüyen ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)* söylenebilir.

Rüzgar hızının doğrusal modellerle öngörülmesinin başarımı, ileri öngörü periyodunun arttığı durumlarda ciddi oranda düşmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, rüzgar hızının doğrusal olmayan karakteridir [6]. Literatürde, doğrusal olmayan modeller ile rüzgar hızı öngörülmesi gerçekleştirilmiş ve ileri öngörü periyodunun daha yüksek olduğu (12-24-48 saat gibi) değerlerde, doğrusal modellere oranla daha yüksek bir öngörü başarımı elde edilmiştir [6-10]. Ayrıca [11]'de literatürdeki rüzgar hızı öngörüsü yöntemleri ile ilgili genel bir literatür taraması sunulmuş ve [12]'de Mycielski algoritması temelli rüzgar hızı öngörüsü çalışması gerçekleştirilmiştir.

Bu bildiriye, Çeşme yarımadasındaki üç farklı bölge olan Çeşme, Seferihisar ve Karaburun bölgelerine ait 1 yıllık rüzgar bilgisi detaylı şekilde analiz edilip, şekillerle sunulacaktır. Yine aynı 1 yıllık geçmiş rüzgar bilgisinden rüzgar hızı kullanılarak 2 güne kadar ileri öngörü periyodu olan öngörüler yapılacaktır. Bu öngörüler için, doğrusal olmayan ancak parametreler cinsinden doğrusal özelliği ile gerçekleştirmesi diğer doğrusal olmayan modellere oranla daha basit bir model olan, *Polinom AR (Polynomial AR - PAR)* modeli temelli bir yöntem önerilecektir. Bu modelin başarımı, doğrusal model olan AR model ile karşılaştırılacaktır.

Bildirinin geri kalanı şu şekilde oluşmaktadır. Kullanılacak yöntemler 2. Bölüm'de bahsedilecektir. Öngörülerde kullanılan rüzgar bilgisi ile ilgili detaylar 3. Bölüm içerisinde anlatılacaktır. 4. Bölüm sözkonusu öngörülerin yapıldığı benzetim ortamını ve 5. Bölüm ise bu benzetim sonuçlarını içerecektir. Çalışma sonuçları ve değerlendirme ile son bulacaktır.

2. YÖNTEM

Bu bölüm içerisinde, rüzgar hızı bilgisini modellemede kullanılacak iki yöntem olan AR ve PAR modeller ile ilgili açıklama ile öngörü yaparken kullanılacak yöntem, T-adım ileri öngörü, ile ilgili açıklamalar yapılacaktır.

2.1. ZAMAN SERİSİ YÖNTEMLERİ

Modelleme çalışmalarında gerçekleştirmeleri daha kolay ve karmaşıklıkları daha az olduğu için doğrusal modeller tercih edilmektedir. Aslında birçok gerçek hayat problemi doğrusal olmayan karakter göstermektedir. Dolayısı ile bu problemlerin modellenmesinde doğrusal olmayan modeller kullanmak daha mantıklı sonuçlar verecektir. Böyle olmasına karşın, doğrusal olmayan modellerin katsayı kestirim yöntemlerindeki karmaşıklık nedeniyle bu modellerin kullanımı sınırlı kalmıştır [13].

Sözkonusu doğrusal olmayan modellerden bir tanesi olan PAR model, bu tarz model kullanımının gerekli olduğu durumlarda, *parametreler cinsinden doğrusal (Linear-in-the-parameters)* karakteri ile doğrusal modeller için kullanılan yöntemlerin kullanılmasına imkan tanımakta ve diğer doğrusal olmayan modeller ile aynı sıkıntıları taşımamaktadır. PAR modeller (1)'deki şekilde ifade edilmektedir [13];

$$y_n = \sum_i^p a_i^{(1)} y_{n-i} + \sum_i^p \sum_j^p a_{i,j}^{(2)} y_{n-i} y_{n-j} + \dots + \sum_{i,\dots}^{p,\dots} a_{i,\dots}^{(k)} y_{n-i} \dots + e_n. \quad (1)$$

Burada e_n sıfır ortalamalı σ^2 varyanslı bir beyaz gürültüyü, $a_i^{(1)}$, $a_{i,j}^{(2)}$ ve $a_{i,\dots}^{(k)}$ birinci dereceden, ikinci dereceden ve k 'inci dereceden PAR katsayılarını, k doğrusal olmama derecesini ve p ise AR hafızasını temsil etmektedir. Bir PAR modeli kısaca, $P^{(k)}AR(p)$ şeklinde ifade edilebilmektedir. Denklem (1)'deki ifadede polinom derecesinin 1 olduğu durum, literatürde AR model olarak bilinen modele karşılık gelmektedir. AR(p) modeller aşağıdaki denklemdeki şekilde ifade edilmektedir.

$$y_n = \sum_i^p a_i^{(1)} y_{n-i} + e_n. \quad (2)$$

Burada $a_i^{(1)}$ AR katsayılarını temsil etmektedir.

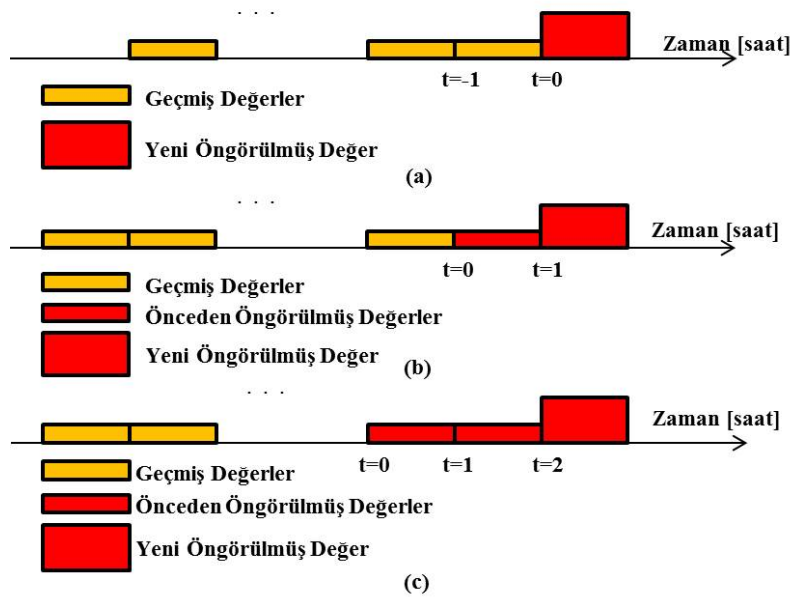
2.2. T-ADIM İLERİ ÖNGÖRÜ

T-adım ileri öngörü işlemi, herhangi bir ortam içerisinde gözlemlenmiş, n örnekli bir bilgi Y 'nin belirli uzunlukta bir parçasını kullanarak, T örnek ilerideki değerinin yaklaşık değerinin hesaplanması işlemi olarak tanımlanabilir. Söz konusu bilgi vektörü $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ şeklinde tanımlanabilir.

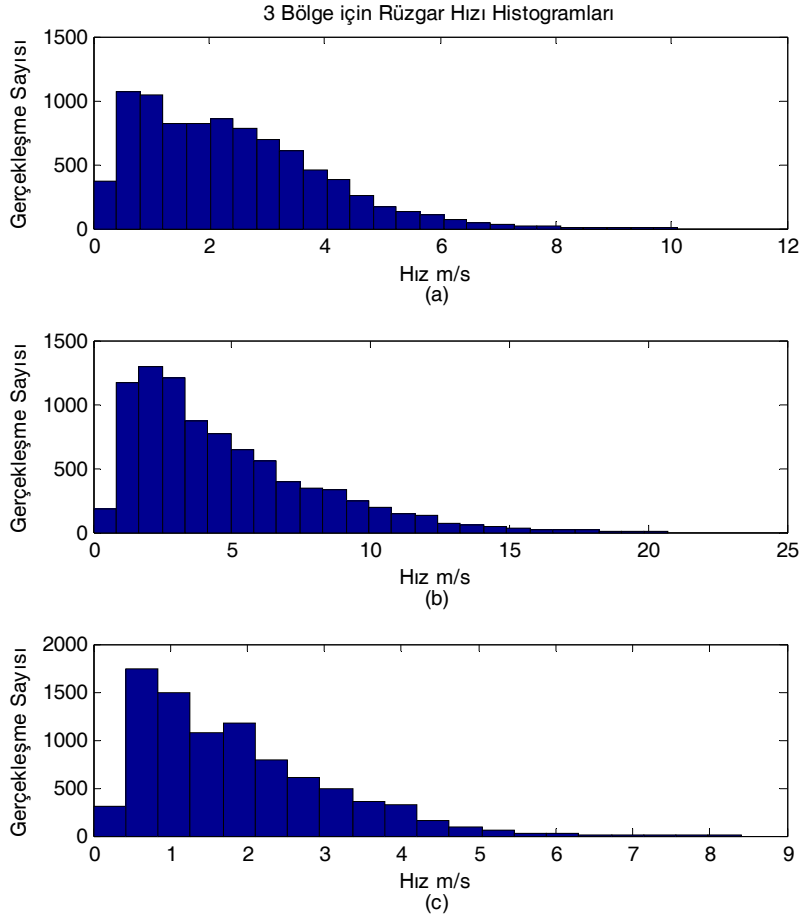
Belirtilen zaman serisine göre, geçmiş bilginin p uzunluğunda bir kısmı kullanılmak ve T adım ileri öngörülme isteniyorsa bu aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir [14].

$$Y_{n+1}^{n+T} = f(y_{n-p+1}, y_{n-p+2}, \dots, y_n). \quad (3)$$

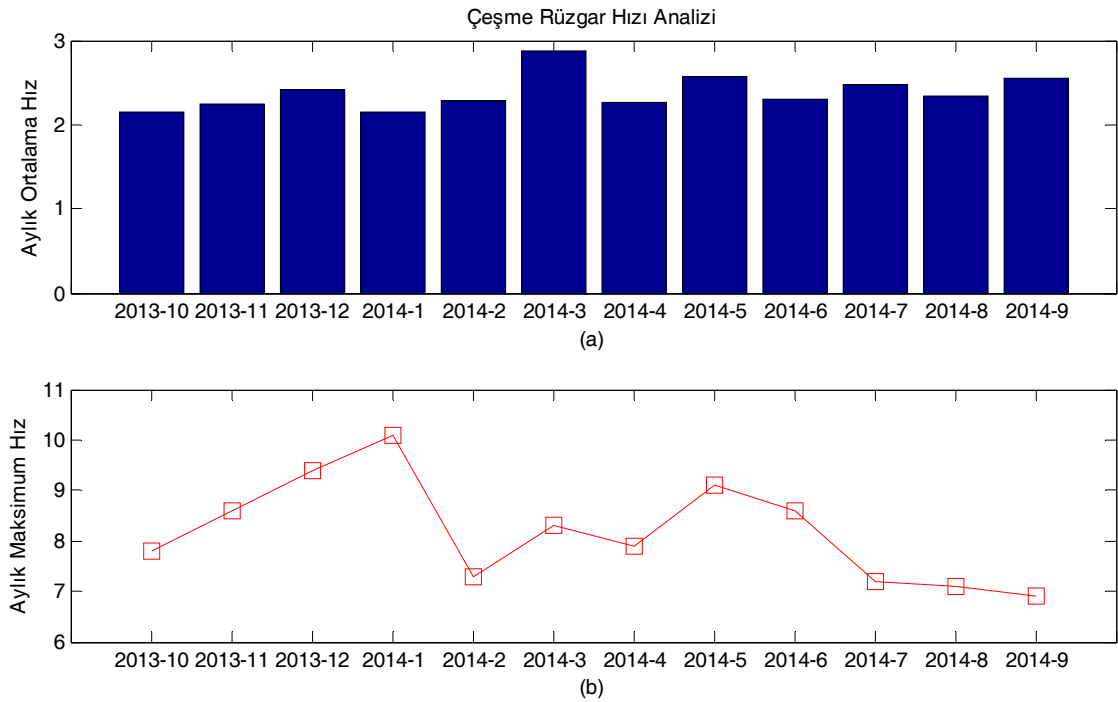
Burada Y_{n+1}^{n+T} T adım ilerideki öngörülme değeri, $f(.)$ ise öngörünün yapılacağı fonksiyonu temsil etmektedir. Örnek bir öngörüye ait görsel, Şekil 2-1'de gösterilmektedir.



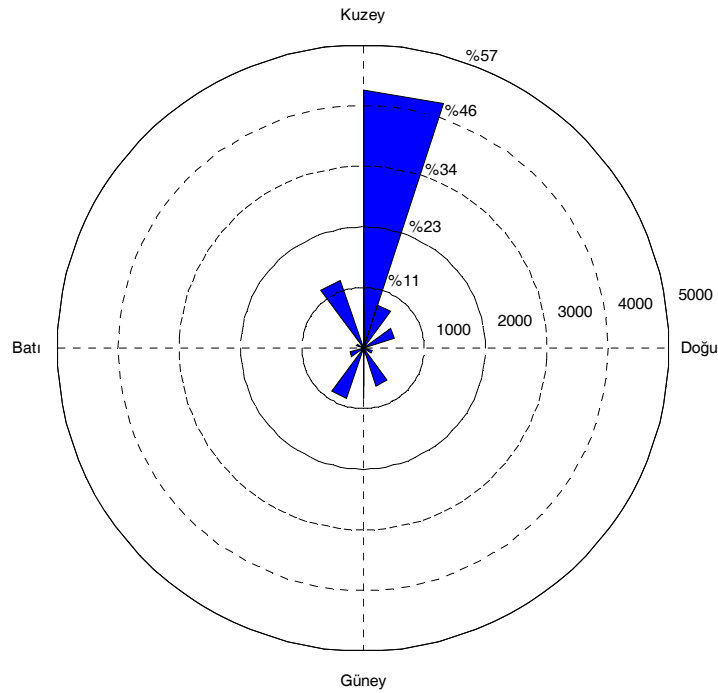
Şekil 2-1. T-adım ileri öngörü örnekleri. (a)→ 1-adım ileri öngörü, (b)→ 2-adım ileri öngörü, (c)→ 3-adım ileri öngörü [15]



Şekil 3-2. Üç bölge için rüzgar hızı histogramları. (a)→Çeşme, (b)→Karaburun, (c)→Seferihisar.



Şekil 3-3. Çeşme bölgesi için rüzgar hızı analizi. (a)→Aylik ortalama rüzgar hızı, (b)→Aylik maksimum rüzgar hızı.



Şekil 3-4. Çeşme bölgesi için rüzgar yönü dağılımı.

3.2. KARABURUN RÜZGAR BİLGİSİ ANALİZİ

Karaburun bölgesine ait rüzgar bilgisi, yine Çeşme bölgesindeki gibi 10 metre yükseklikten ölçülmüş rüzgar hızı ve yönü bilgilerini içermektedir. Şekil 3-2.(b)'den görüleceği gibi, Karaburun bölgesinin rüzgar hız değerleri, diğer bölgelere oranda çok daha yüksek bir aralıkta 0-20m/s değerler arasında dağılım göstermektedir. Bu değerlerin çoğunluğu ise 0-10 m/s hız aralığına yerleşmiştir.

Aylar bazındaki değerlendirmeye göre, en yüksek ortalama hız değeri Mart ayında gözlemlenmiştir ve tüm aylarda ortalama rüzgar hızı 6m/s'nin altındadır. Maksimum hız Mayıs ayı içerisinde kaydedilmiş ve 20 m/s değerinin üzerindedir. Aylık ortalama hız ve maksimum hız değerleri Şekil 3-5'teki görsellerde gösterilmektedir.

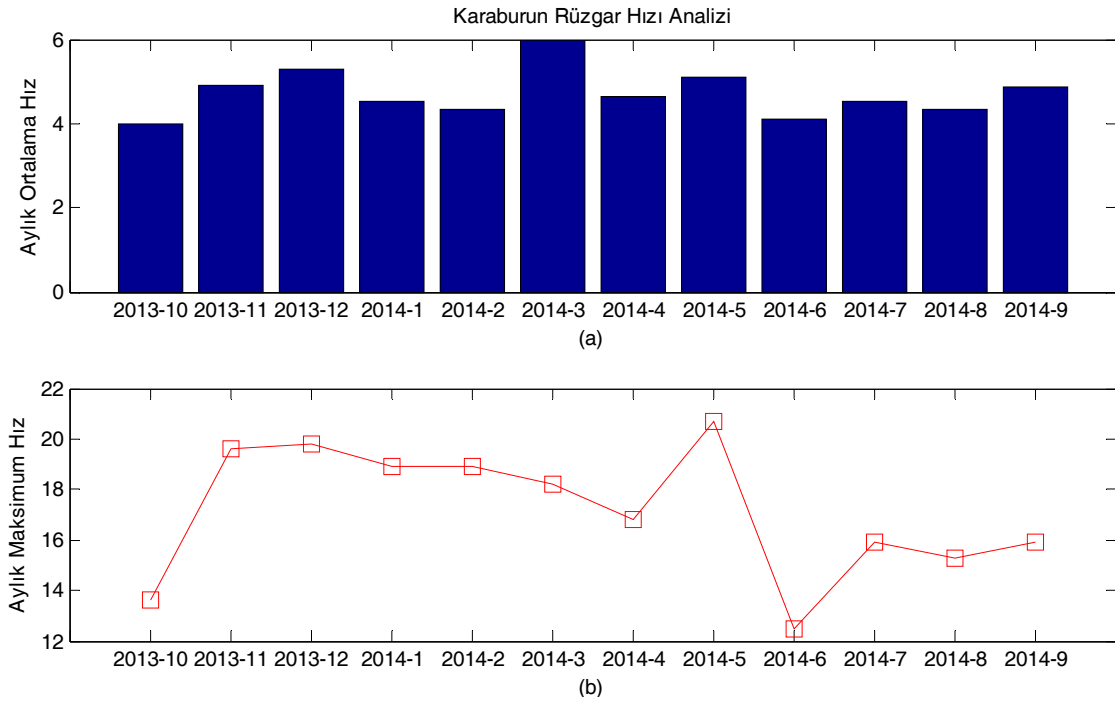
Rüzgar yönü değerlendirmesi diğer bölgelerle paralel olarak çıkmakta ve yaklaşık %50 civarında kısmının Kuzey yönünden estiği görülmektedir. Bununla ilgili rüzgar gülü görseli Şekil 3-6'te gösterilmektedir.

3.3. SEFERİHİSAR RÜZGAR HIZI BİLGİSİ

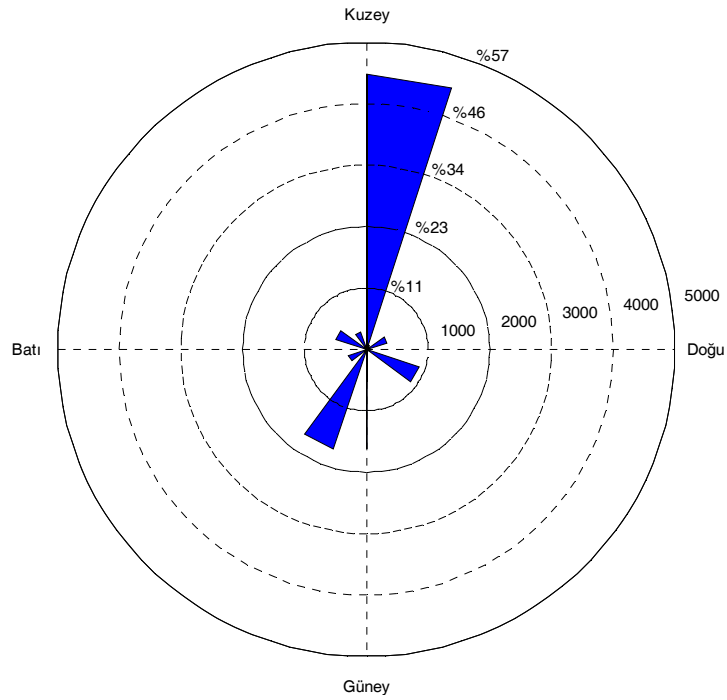
Seferihisar bölgesi Çeşme ve Karaburun'a kıyasla daha iç bir bölge konumundadır. Diğer iki bölgedeki ölçüm şartlarında yapılan ölçüm sonuçlarına göre, 1 yıllık rüzgar hızı bilgisinin dağılımı Şekil 3-2.(c)'de verilmiştir. Seferihisar diğer bölgelere oranla daha düşük hızlarda esen bir rüzgar potansiyeline sahiptir. Rüzgar hızları 0-8m/s arasında dağılım göstermiştir.

Aylık ortalama rüzgar hızı değerleri 2.5m/s değerinin altındadır ve en yüksek ortalama hız değerleri Mart ve Temmuz aylarında kaydedilmiştir. Maksimum hız Ocak ayında gözlemlenmiş ve 8.5m/s değerindedir. Bu değerlere ait görseller Şekil 3-7'de gösterilmiştir.

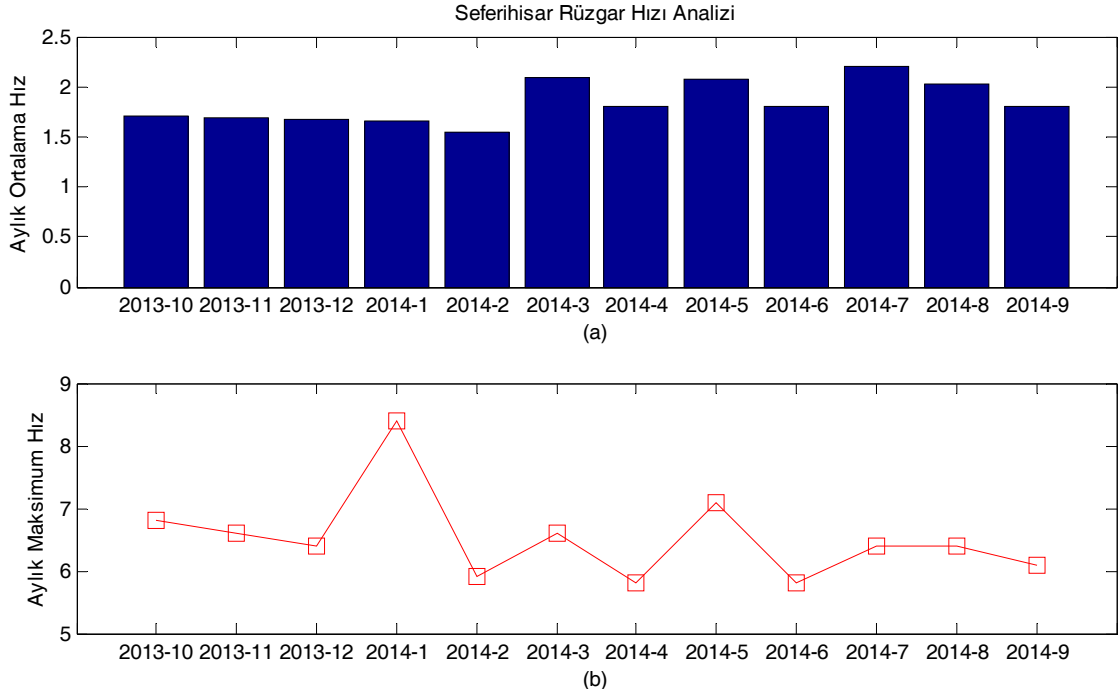
Rüzgar yönü bilgisi, Diğer üç bölgede olduğu gibi %50 oranında Kuzey yönünden esmektedir ve bu bilgi ile ilgili olan görsel Şekil 3-8'de gösterilmektedir.



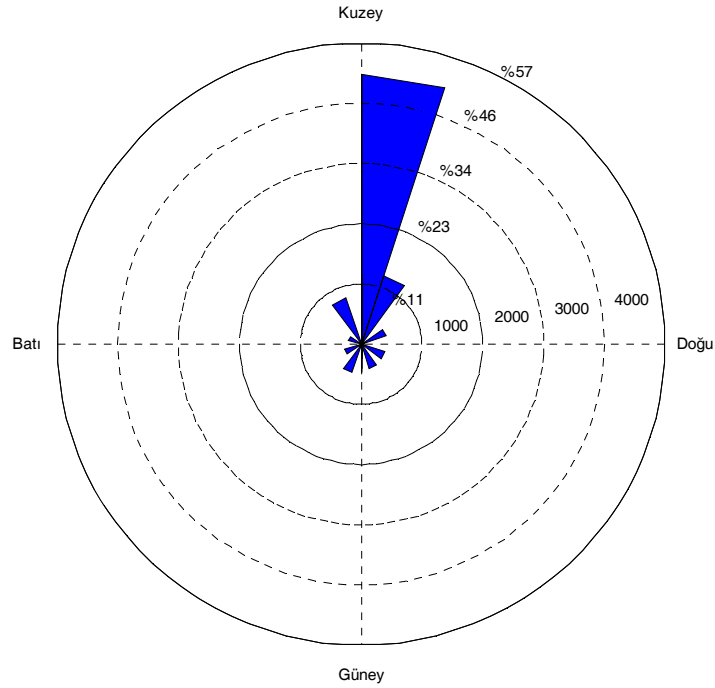
Şekil 3-5. Karaburun bölgesi için rüzgar hızı analizi. (a)→Aylık ortalama rüzgar hızı, (b)→Aylık maksimum rüzgar hızı.



Şekil 3-6. Karaburun bölgesi için rüzgar yönü dağılımları.



Şekil 3-7. Seferihisar bölgesi için rüzgar hızı analizi. (a)→Aylık ortalama rüzgar hızı, (b)→Aylık maksimum rüzgar hızı.



Şekil 3-8. Seferihisar bölgesi için rüzgar yönü dağılımları.

4. BENZETİM

Benzetim çalışmalarında, 3. Bölüm’de detaylı analizi yapılan üç bölgeye ait 1 yıllık rüzgar hızı bilgileri kullanılmıştır. Bu rüzgar hızı bilgisi eğitim verisi olarak kullanılmış ve 2. Bölüm’de anlatılan zaman serisi yöntemleri olan AR ve PAR modellere ait olan model katsayıları *en küçük kareler (Least Squares - LS)* yöntemi ile kestirilmiştir.

LS yöntemi ile elde edilen model katsayıları yardımıyla, eğitim verisinin geçmiş değerleri kullanılarak, denklem (1) ve (2) verilen denklemler ile t-adım ileri öngörüler hesaplanmıştır. Hesaplanan öngörülerde 2014 yılı Ekim ayı rüzgar bilgisi test verisi olarak kullanılmış ve öngörü başarımı *kök ortalama karesel hata (Root Mean Square Error - RMSE)* kriteri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Karşılaştırılacak modeller olarak, 3 doğrusal (AR(1), AR(2) ve AR(3)) ve 3 doğrusal olmayan ($P^{(2)}$ AR(1), $P^{(2)}$ AR(2) ve $P^{(2)}$ AR(3)) model seçilmiştir. Her bir model için t-adım ileri öngörü t' nin 1, 6, 12, 24, 36 ve 48 değerleri için hesaplanmıştır.

RMSE değerleri, öngörü işlemi 50 kere tekrarlanarak hesaplanmıştır ve sonuç tablolarında bu 50 benzetimin RMSE değerlerinin ortalaması ve standart sapma değerleri verilmiştir. Tablolardaki altı çizili ve yatık yazılı değerler o bölge ve o t değeri için en düşük RMSE değerini göstermektedir. Bu çalışmadaki tablolarda verilen RMSE sonuçlarının bir kısmı önceki çalışmamız olan [18]’de sunulmuştur.

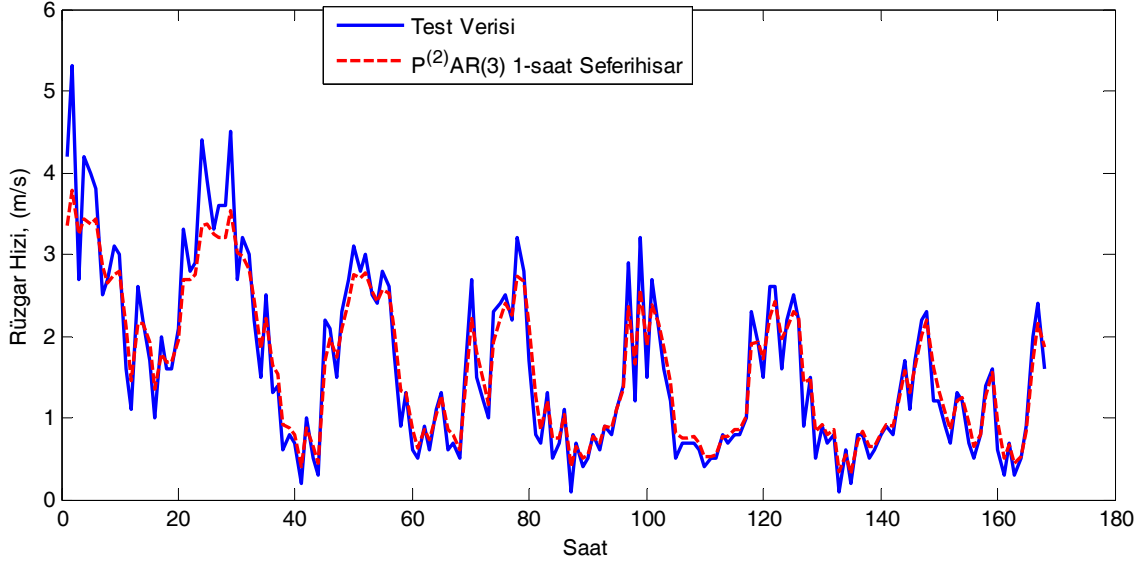
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çizelge 1, 2 ve 3’te sırası ile Çeşme, Karaburun ve Seferihisar bölgelerine ait t-adım ileri öngörülerin RMSE değerleri verilmektedir. Bu değerler ayrı ayrı incelendiğinde, 3 bölge içinde en düşük RMSE değerini 12 saat’e kadar ileri öngörü periyodu olan öngörülerde doğrusal modeller, 12 saat üzerindeki öngörülerde ise doğrusal olmayan modeller vermiştir.

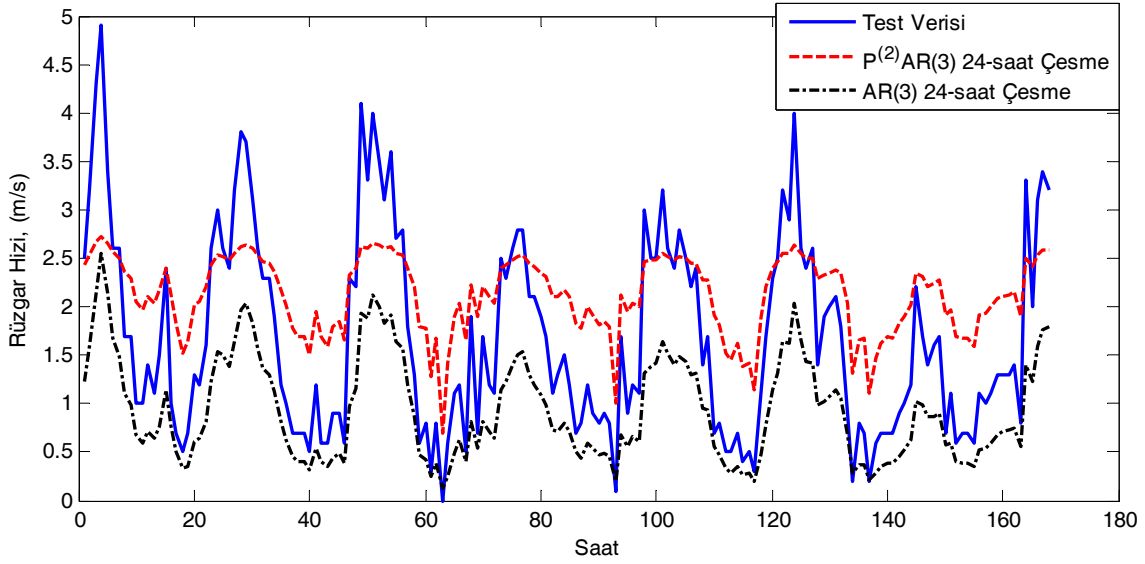
Şekil 5-1’de Seferihisar bölgesine ait 1-saat ileri öngörünün $P(2)$ AR(3) modeli için olan sonucu gerçek değer ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5-2’de Çeşme bölgesine ait 24-saat ileri öngörü sonucu gerçek değer, en iyi model $P(2)$ AR(3) ve doğrusal model AR(3) model arasındaki karşılaştırma şeklinde verilmiştir. Şekil 5-3’de Karaburun bölgesine ait 36-saat ileri öngörü sonucu gerçek değer, en iyi model $P(2)$ AR(1) ve doğrusal model AR(1) model arasındaki karşılaştırma şeklinde verilmiştir.

Tablolar ve şekiller ile verilen sonuçlardan, uzun süreli rüzgar hızı öngörülerinde, özellikle 12 saat üzeri öngörülerde doğrusal modellerin başarımının PAR modele kıyasla oldukça düşük olduğu gözlemlenmektedir. Hedeflenen ileri öngörü periyodunun kısa olması rüzgar hızı verisinin doğrusal olmayan karakterini maskeleyiği için, doğrusal modeller burada daha başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat ileri öngörü periyodu arttıkça, doğrusal modeller ancak yerel yaklaşırma sağlayabiliyorken doğrusal olmayan modeller daha geniş bir pencerede yaklaşırma yapabiliyor. Dolayısı ile AR modellerin başarımı azalıyor.

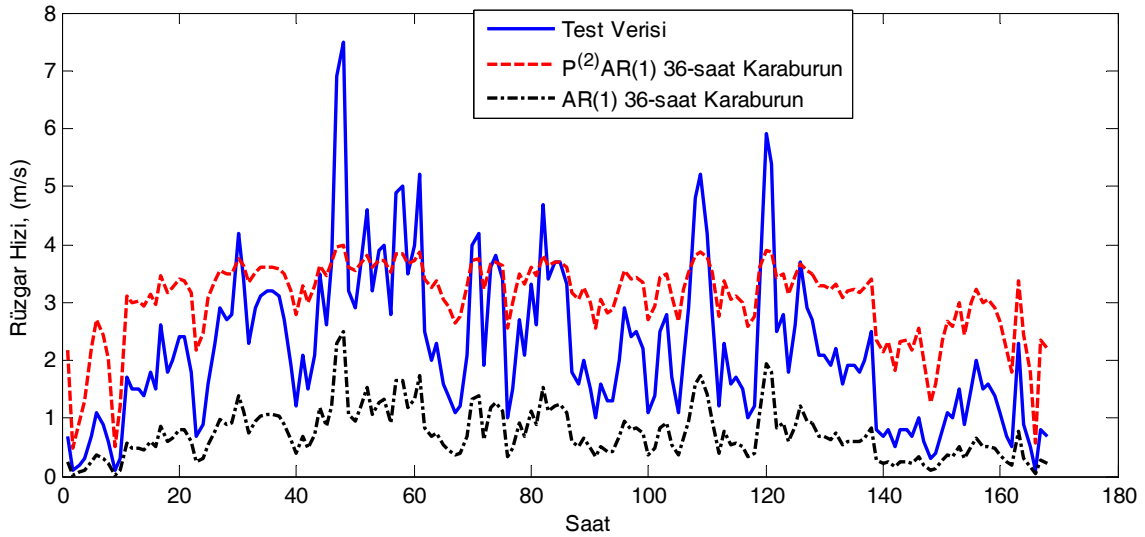
Gelecek çalışmalarda, rüzgar verisine ait model seçimini ve yapılan öngörüsünü Bayesçi yöntemlerle gerçekleştirerek, kullanılan veriye en uygun modelin kullanılması ile yapılan öngörülerin başarımının artırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 5-1. Seferihisar rüzgar hızı öngörüsü (1-saat ileri)



Şekil 5-2. Çeşme rüzgar hızı öngörüsü (24-saat ileri)



Şekil 5-3. Karaburun rüzgar hızı öngörüsü (36-saat ileri)

Çizelge 1. Çeşme için 1-48 saat ileri öngörü RMSE değerleri

	<i>1 Saat</i>		<i>6 Saat</i>		<i>12 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	<u>0,1620</u>	0,0003	0,8341	0,0006	1,4078	0,0009
<i>AR(2)</i>	0,6252	0,0003	<u>0,8099</u>	0,0006	1,0595	0,0008
<i>AR(3)</i>	0,8174	0,0003	0,9054	0,0005	<u>1,0428</u>	0,0007
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	0,3655	0,0003	0,9246	0,0006	1,1891	0,0006
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	0,6573	0,0003	0,9033	0,0005	1,0801	0,0006
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	0,8319	0,0003	0,9529	0,0005	1,0746	0,0005
	<i>24 Saat</i>		<i>36 Saat</i>		<i>48 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	2,0722	0,0009	2,3865	0,0008	2,5349	0,0009
<i>AR(2)</i>	1,5350	0,0009	1,8837	0,0008	2,1244	0,0010
<i>AR(3)</i>	1,3809	0,0008	1,6789	0,0010	1,9133	0,0010
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	1,4366	0,0008	1,6298	0,3053	1,9586	0,6610
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	1,3014	0,0008	1,4233	0,0005	1,4802	0,0007
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	<u>1,2536</u>	0,0006	<u>1,3724</u>	0,0007	<u>1,4434</u>	0,0007

Çizelge 2. Karaburun için 1-48 saat ileri öngörü RMSE değerleri

	<i>1 Saat</i>		<i>6 Saat</i>		<i>12 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	<u>0,1385</u>	0,0005	<u>0,7617</u>	0,0012	<u>1,3933</u>	0,0015
<i>AR(2)</i>	1,2300	0,0005	1,3716	0,0011	1,7575	0,0014
<i>AR(3)</i>	1,6389	0,0005	1,6113	0,0011	1,8299	0,0013
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	0,2948	0,0004	1,1315	0,0010	1,6090	0,0009
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	1,2628	0,0004	1,5582	0,0011	1,8594	0,0010
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	1,6640	0,0005	1,7376	0,0009	1,9275	0,0012
	<i>24 Saat</i>		<i>36 Saat</i>		<i>48 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	2,3550	0,0019	3,0215	0,0015	3,4830	0,0018
<i>AR(2)</i>	2,5494	0,0015	3,1527	0,0017	3,5791	0,0020
<i>AR(3)</i>	2,4024	0,0017	2,9188	0,0018	3,3263	0,0022
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	<u>2,0756</u>	0,0013	<u>2,3267</u>	0,0017	<u>2,4894</u>	0,0018
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	2,2098	0,0014	2,4326	0,0018	2,5857	0,0018
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	2,1969	0,0015	2,4061	0,0017	2,5718	0,0015

Çizelge 3. Seferihisar için 1-48 saat ileri öngörü RMSE değerleri

	<i>1 Saat</i>		<i>6 Saat</i>		<i>12 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	<i>0,1726</i>	0,0002	0,8558	0,0006	1,3849	0,0007
<i>AR(2)</i>	0,6177	0,0002	<i>0,8094</i>	0,0005	1,0488	0,0006
<i>AR(3)</i>	0,7789	0,0003	0,8718	0,0005	<i>1,0109</i>	0,0005
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	0,4341	0,0002	0,8927	0,0004	1,1079	0,0005
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	0,6683	0,0003	0,8866	0,0004	1,0268	0,0004
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	0,7976	0,0003	0,9129	0,0004	1,0162	0,0006
	<i>24 Saat</i>		<i>36 Saat</i>		<i>48 Saat</i>	
	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>	<i>Ortalama</i>	<i>S.Sapma</i>
<i>AR(1)</i>	1,9071	0,0008	2,1086	0,0007	2,1867	0,0007
<i>AR(2)</i>	1,4694	0,0008	1,7517	0,0007	1,9306	0,0007
<i>AR(3)</i>	1,3276	0,0006	1,5856	0,0006	1,7746	0,0007
<i>P⁽²⁾AR(1)</i>	1,2479	0,0047	1,2679	0,0134	1,2651	0,0004
<i>P⁽²⁾AR(2)</i>	1,1846	0,0005	1,2395	0,0005	1,2524	0,0005
<i>P⁽²⁾AR(3)</i>	<i>1,1561</i>	0,0005	<i>1,2223</i>	0,0005	<i>1,2448</i>	0,0005

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan rüzgar bilgisini, çalışmamızda kullanabilmemiz açısından bize sağlayan T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası**, 2015, *Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri* http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.VUkY1_ntmko.
- [2] **JC Palomares-Salas, JGG De la Rosa, JG Ramiro, J Melgar, A Agüera, and A Moreno**, 2009, "Comparison of models for wind speed forecasting," in *Proc. International Conference on Computational Science*.
- [3] **A Sfetsos**, 2000, "A comparison of various forecasting techniques applied to mean hourly wind speed time series," *Renewable energy*, vol. 21, no.1, pp. 23–35.
- [4] **P Chen, T Pedersen, B Bak-Jensen, and Z Chen**, 2010, "ARIMA-based time series model of stochastic wind power generation," *Power Systems, IEEE Transactions on*, vol. 25, no. 2, pp. 667–676.
- [5] **P Gomes and R Castro**, 2012, "Wind speed and wind power forecasting using statistical models: Autoregressive moving average (ARMA) and artificial neural networks (ANN)," *International Journal of Sustainable Energy Development*, vol. 1, no. 1/2.
- [6] **MG De Giorgi, A Ficarella and M Tarantino**, 2011, "Error analysis of short term wind power prediction models", *Applied Energy*, 88(4), 1298-1311.
- [7] **D Lee and R Baldick**, 2014, "Short-term wind power ensemble prediction based on Gaussian processes and neural networks," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 5, no. 1, pp. 501–510.
- [8] **YA Katsigiannis, AG Tsikalakis, PS Georgilakis and ND Hatzigryriou**, 2006, "Improved wind power forecasting using a combined neuro-fuzzy and artificial neural

- network model”, In *Advances in Artificial Intelligence*, 105-115, Springer Berlin Heidelberg.
- [9] **TG Barbounis, JB Theocharis, MC Alexiadis and PS Dokopoulos**, 2006, “Long-term wind speed and power forecasting using local recurrent neural network models”, *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, 21(1), 273-284.
- [10] **A Kusiak, H Zheng and Z Song**, 2009, “Wind farm power prediction: a data-mining approach”, *Wind Energy*, 12(3), 275-293.
- [11] **I Colak, S Sagiroglu, and M Yesilbudak**, 2012, “Data mining and wind power prediction: A literature review,” *Renewable Energy*, vol. 46, pp. 241–247.
- [12] **FO Hocaoglu, M Fidan and ÖN Gerek**, 2009, “Mycielski approach for wind speed prediction”, *Energy Conversion and Management*, 50(6), 1436-1443.
- [13] **EE Kuruoglu**, 2002, “Nonlinear least lp-norm filters for nonlinear autoregressive α -stable processes,” *Digital Signal Processing*, vol.12, no. 1, pp.119–142.
- [14] **H Cheng, P-N Tan, J Gao, and J Scripps**, 2006, “Multistep-ahead time series prediction,” in *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 765–774. Springer.
- [15] **A Kusiak, H Zheng, and Z Song**, 2009, “Short-term prediction of wind farm power: a data mining approach,” *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, vol. 24, no. 1, pp. 125–136.
- [16] [16] **H Alış**, 2013, Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Sunumu, *Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü*.
- [17] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü**, 2015, *Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Analizi Haritaları*, <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/IZMIR-REPA.pdf>.
- [18] **O Karakuş, EE Kuruoglu and MA Altinkaya**, 2015, “Polinom Özbağlanımlı Model ile Uzun Süreli Rüzgar Hızı Öngörüsü”, *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015 23rd. IEEE*.

