

Çeşme Yarımadası İçin Rüzgar Bilgisi Analizi Ve Rüzgar Hızı Öngörüsü

3. İzmir Rüzgar Sempozyumu

08-10 Ekim 2015, İzmir

Oktay Karakuş, M.Sc.
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İYTE

Ercan E. Kuruoğlu, Ph.D. (ISTI-CNR, İtalya)
Mustafa A. Altınkaya, Ph.D. (İYTE)

Outline

- 1 Giriş
- 2 Çeşme Yarımadası Rüzgar Hızı Bilgisi
- 3 Amaç ve Yöntem
- 4 Benzetim ve Sonuçlar
- 5 Değerlendirme

Rüzgar Enerjisi ve Öngörüsü

Rüzgar Enerjisi

- Fosil Yakıtlar → Çevreye zararlı ve tükenebilir.
- "Küresel Isınma" farkındalığı.

Çözüm → Yenilenebilir Kaynaklar.

- Güneş, Rüzgar, vb.

Rüzgar Hızı Öngörüsü

- Rüzgar hızı → Rüzgar gücü.

Enerji planlaması için;

- Rüzgar hızı öngörüsü → Elde edilecek anlık rüzgar enerjisi.

Rüzgar Enerjisi ve Öngörüsü

Rüzgar Enerjisinin Üretimindeki Yeri

Elektrik Mühendisleri Odası (EMO)'nın verilerine göre, Rüzgar Enerjisi Türkiye'de; **(TMMOB (2015))**

- 2012 → Kurulu gücün **%3**'ü,
- Mart 2015'te → Kurulu gücün **%5**'i,

Ege Bölgesi Rüzgar Potansiyeli

Elektrik Üretim A.Ş.'nin verilerine göre; **(Alış (2013))**

- Ege Bölgesi Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin → **%43**'ü,
- İzmir şehri, işletmedeki Rüzgar Enerji Santralleri(RES)'nin kurulu güç bakımından → **%18**'i.

Rüzgar Hızı Kestiriminin Önemi

Rüzgar Hızı Öngörüsü,

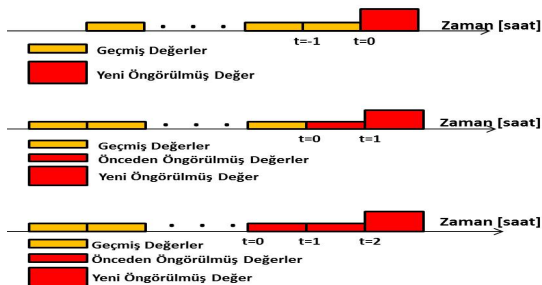
- Rüzgar gücü ile doğrudan oranlıdır.
- Enerji planlaması için önemlidir.
- Santral bakım ve kontrolü açısından önemlidir.
- Seçilen öngörü periyoduna göre farklı amaçlar için kullanılır (**Soman et al. (2010)**).

Amaç	Öngörü Periyodu
Kontrol	< 1 Saat
Küçük Ölçekli Yük Sevki Planlaması Yük Arttırma/Azaltma Kararı	1-6 Saat
Jeneratör Açma/Kapama Kararı İşlem Güvenliği	6 saat - 1 Gün
Bakım Kaynak Gereksinimi Kararı	1 Gün - 1 Hafta

T-Adım İleri Öngörü

- Gözlemlenmiş data, $\mathbf{Y} = [y_1, y_2, \dots, y_n]$.
- T-adım ileri öngörü, \mathbf{Y}_{n+1}^{n+t} .

$$\mathbf{Y}_{n+1}^{n+t} = f(y_{n-p+1}, y_{n-p+1}, \dots, y_n) = f(\mathbf{Y}_{n-p+1}^n). \quad (1)$$



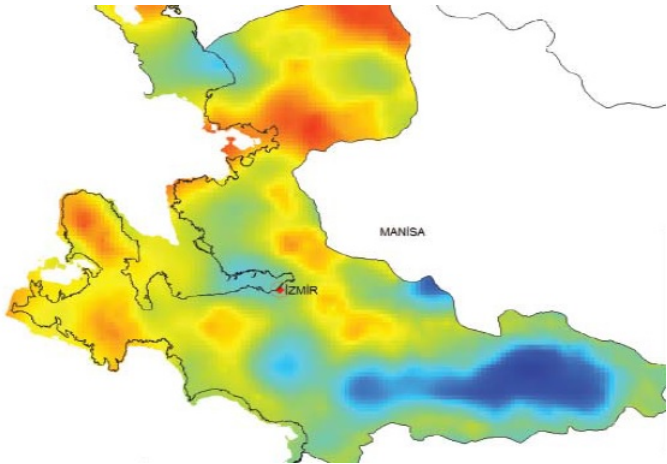
Şekil : T-Adım İleri Öngörü Örnekleri (Kusiak et al. (2009a)).

Çeşme Yarımadası Rüzgar Hızı Bilgisi

- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
- Çeşme, Seferihisar ve Karaburun Bölgeleri,
- 2013 Ekim - 2014 Ekim, (13 ay),
- Yükseklik → 10 m,
- Saatlik Ortalama Rüzgar Hızı ve Yönü.

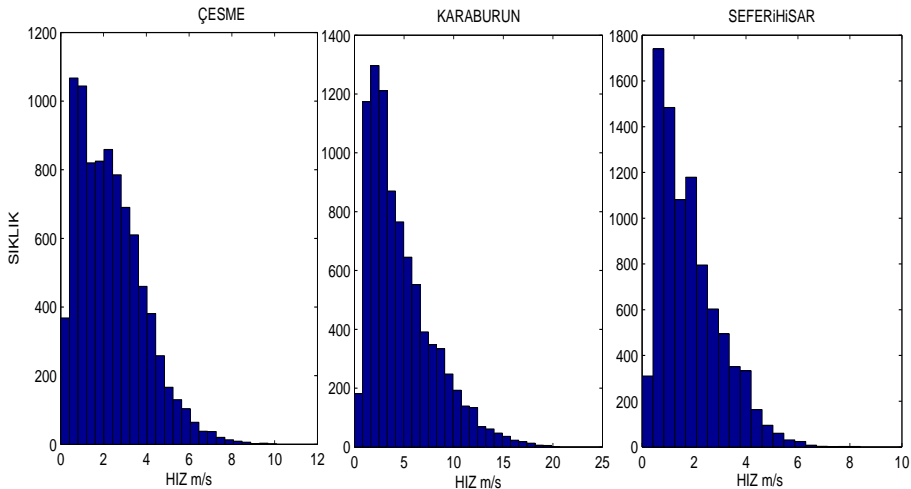


İzmir REPA Haritası



Şekil : İzmir REPA Haritası (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2015)

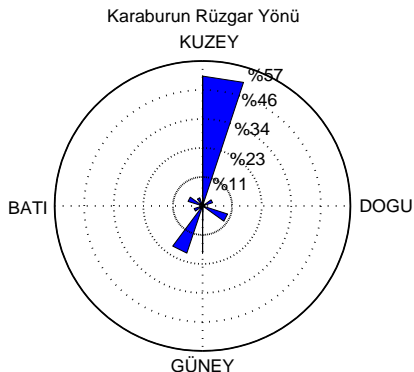
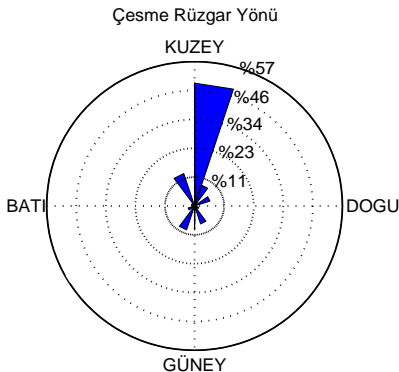
Rüzgar Hızı Histogramları



Rüzgar Yönü Dağılımları

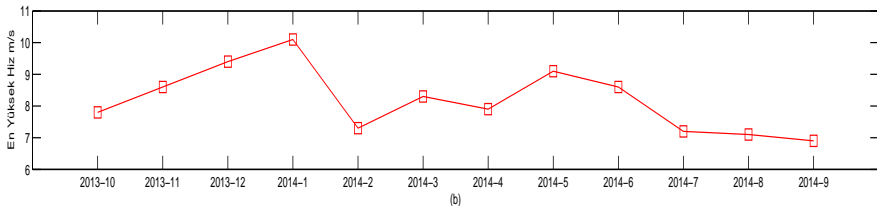
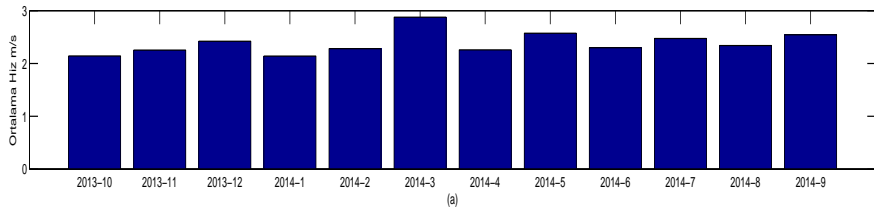
Tüm 3 bölge için, Rüzgar;

- %40'ın üzerinde oranla **Kuzey** yönünden esmektedir.



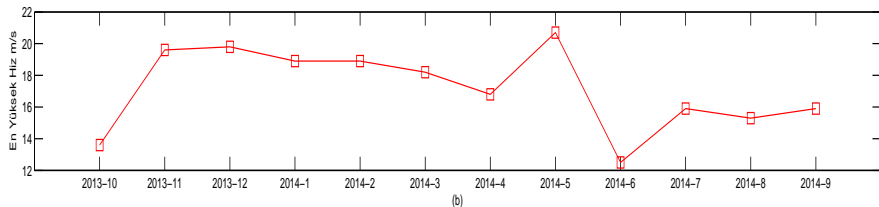
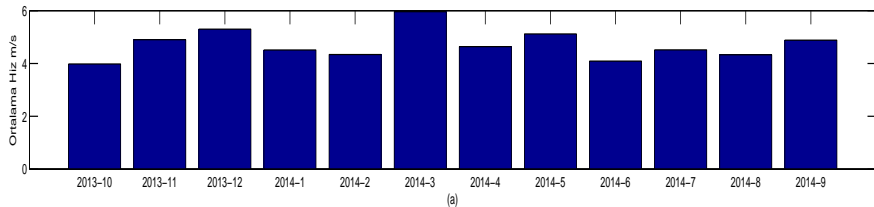
Çeşme için Rüzgar Hızı Analizi

- Aylık ortalama hız en çok → 2014-Mart
- Aylık en yüksek hız → 2014-Ocak



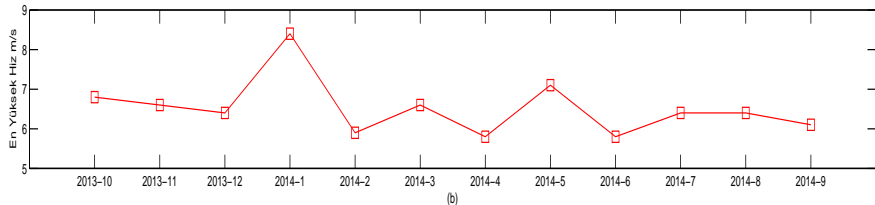
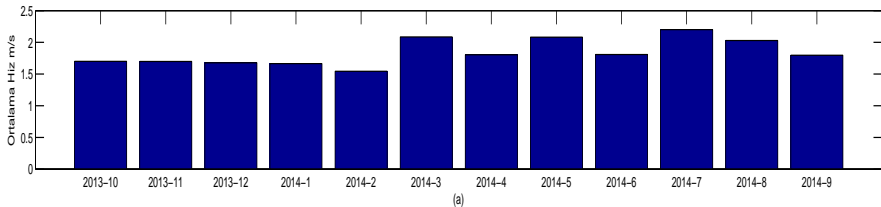
Karaburun için Rüzgar Hızı Analizi

- Aylık ortalama hız en çok → 2014-Mart
- Aylık en yüksek hız → 2014-Mayıs



Seferihisar için Rüzgar Hızı Analizi

- Aylık ortalama hız en çok → 2014-Temmuz
- Aylık en yüksek hız → 2014-Ocak



Amaç

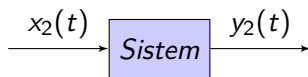
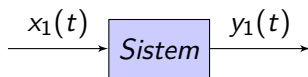
Bu çalışmanın genel amacı;

- Uzun süreli rüzgar hızı öngörülerinde kullanılması amacıyla,
- Gerçeklemesi kolay,
- Doğrusal olmayan

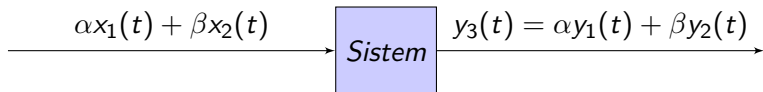
bir model önermektir.

Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Sistemler

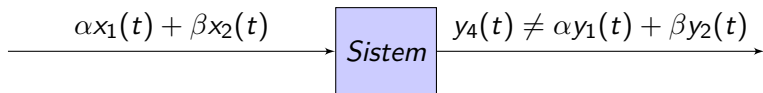
Genel



Doğrusal Sistem



Doğrusal Olmayan Sistem



Zaman Serisi Modelleri

Doğrusal Model - Özbağlanımlı (*Autoregressive - AR*)

- AR(p) Model Genel ifadesi (**Box (1994)**);

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

Doğrusal Olmayan Model - Polinom Özbağlanımlı (*Polynomial AR - PAR*)

- PAR \rightarrow Parametreler cinsinden doğrusal (*Linear-in-the-parameters*).
- $P^{(k)}$ AR(p) model genel ifadesi; (**Kuruoğlu (2002)**)

$$y_n = \mu + \sum_i^p a_i^{(1)} y_{n-i} + \sum_i^p \sum_j^p a_{i,j}^{(2)} y_{n-i} y_{n-j} + \dots + \sum_{i,\dots}^{p,\dots} a_{i,\dots}^{(k)} y_{n-i} \dots + e_n \quad (3)$$

Literatür Taraması

Geçmiş Çalışmalar;

- Rüzgar hızı çoğunlukla doğrusal olmayan karaktere sahip,
- Öngörü periyodu artışı → öngörü performansı ↓↓,
- 6 Saate kadar öngürülerde → ★ Doğrusal modeller ★,
- 6 Saat üzerinde → ★ Doğrusal olmayan modeller ★.
- Doğrusal olmayan modeller;
 - Yapay Sinir Ağları,
 - Bulanık Mantık Sistemleri (Fuzzy Logic),
 - Doğrusal olmayan zaman serisi yöntemleri.

Literatür Taraması

- Doğrusal Modeller, Kısa Süreli Öngörü → (Palomares-Salas et al. (2009)), (Sfetsos (2000)), (Chen et al. (2010)), (Gomes and Castro (2012)).
- Uzun ve kısa süreli öngörüler ve Doğrusal olmayan modeller → (De Giorgi et al. (2011)), (Lee (2011)), (Katsigiannis et al. (2006)), (Kusiak et al. (2009b)), (Barbounis et al. (2006)).
- Olasılıksal temelli yöntem → (Lee and Baldick (2014)).
- Mycielski algoritması temelli bir yöntem → (Hocaoğlu et al. (2009)).
- Veri madenciliği temelli çalışmalar ve öngörü yöntemleri karşılaştırılması → (Çolak et al. (2012)).

Benzetim Parametreleri

- **Eğitim Verisi** → 2013 Ekim - 2014 Eylül (1yıl),
- **Test Datası** → 2014 Ekim (1 ay),
- **Doğrusal Modeller** → AR(1), AR(2), AR(3),
- **Doğrusal Olmayan Modeller** → $P^{(2)}$ AR(1), $P^{(2)}$ AR(2), $P^{(2)}$ AR(3),
- **Parametre Kestirimi** → En küçük kareler (Least Squares - LS) yöntemi,
- **Başarım Ölçütü** → Kök ortalama karesel hata (Root Mean Square Error - RMSE),
- **T-saat ileri öngörü** → $t = 1, 6, 12, 24, 36, 48$,
- **Benzetim** → 100 tekrar,
- **RMSE** → 100 tekrar ortalaması,
- **Şekiller** → 7 gün (168 saat).

Çeşme Öngörü Sonuçları - I (RMSE)

	1 Saat		6 Saat		12 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	0,1620	0,0003	0,8341	0,0006	1,4078	0,0009
AR(2)	0,6252	0,0003	0,8099	0,0006	1,0595	0,0008
AR(3)	0,8174	0,0003	0,9054	0,0005	1,0428	0,0007
P(2)AR(1)	0,3655	0,0003	0,9246	0,0006	1,1891	0,0006
P(2)AR(2)	0,6573	0,0003	0,9033	0,0005	1,0801	0,0006
P(2)AR(3)	0,8319	0,0003	0,9529	0,0005	1,0746	0,0005

	24 Saat		36 Saat		48 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	2,0722	0,0009	2,3865	0,0008	2,5349	0,0009
AR(2)	1,5350	0,0009	1,8837	0,0008	2,1244	0,0010
AR(3)	1,3809	0,0008	1,6789	0,0010	1,9133	0,0010
P(2)AR(1)	1,4366	0,0008	1,6298	0,3053	1,9586	0,0010
P(2)AR(2)	1,3014	0,0008	1,4233	0,0005	1,4802	0,0007
P(2)AR(3)	1,2536	0,0006	1,3724	0,0007	1,4434	0,0007

Karaburun Öngörü Sonuçları - I (RMSE)

	1 Saat		6 Saat		12 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	0,1385	0,0005	0,7617	0,0012	1,3933	0,0015
AR(2)	1,2300	0,0005	1,3716	0,0011	1,7575	0,0014
AR(3)	1,6389	0,0005	1,6113	0,0011	1,8299	0,0013
P(2)AR(1)	0,2948	0,0004	1,1315	0,0010	1,6090	0,0009
P(2)AR(2)	1,2628	0,0004	1,5582	0,0011	1,8594	0,0010
P(2)AR(3)	1,6640	0,0005	1,7376	0,0009	1,9275	0,0012

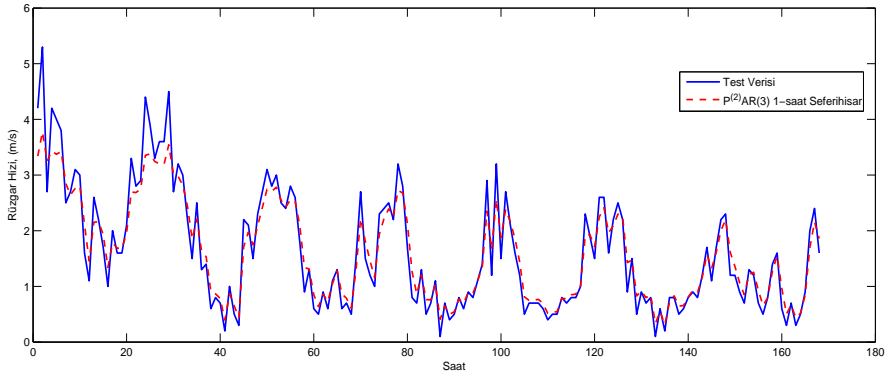
	24 Saat		36 Saat		48 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	2,3550	0,0019	3,0215	0,0015	3,4830	0,0018
AR(2)	2,5494	0,0015	3,1527	0,0017	3,5791	0,0020
AR(3)	2,4024	0,0017	2,9188	0,0018	3,3263	0,0022
P(2)AR(1)	2,0756	0,0013	2,3267	0,0017	2,4894	0,0018
P(2)AR(2)	2,2098	0,0014	2,4326	0,0018	2,5857	0,0018
P(2)AR(3)	2,1969	0,0015	2,4061	0,0017	2,5718	0,0015

Seferihisar Öngörü Sonuçları - I (RMSE)

	1 Saat		6 Saat		12 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	0,1726	0,0002	0,8558	0,0006	1,3849	0,0007
AR(2)	0,6177	0,0002	0,8094	0,0005	1,0488	0,0006
AR(3)	0,7789	0,0003	0,8718	0,0005	1,0109	0,0005
P(2)AR(1)	0,4341	0,0002	0,8927	0,0004	1,1079	0,0005
P(2)AR(2)	0,6683	0,0003	0,8866	0,0004	1,0268	0,0004
P(2)AR(3)	0,7976	0,0003	0,9129	0,0004	1,0162	0,0006

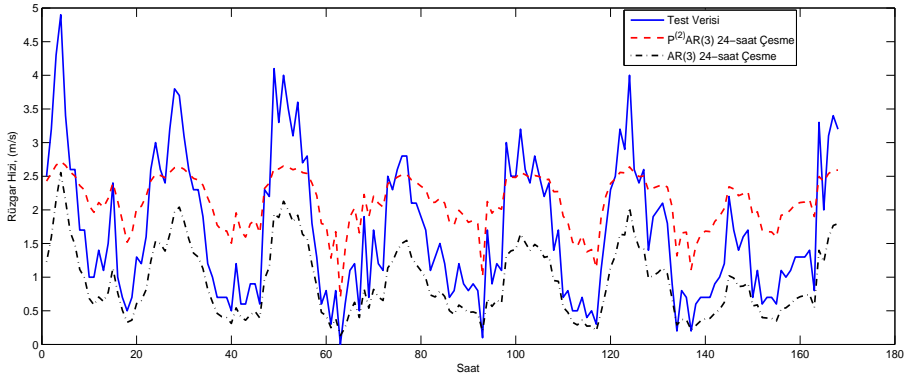
	24 Saat		36 Saat		48 Saat	
	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma	Ortalama	S.Sapma
AR(1)	1,9071	0,0008	2,1086	0,0007	2,1867	0,0007
AR(2)	1,4694	0,0008	1,7517	0,0007	1,9306	0,0007
AR(3)	1,3276	0,0006	1,5856	0,0006	1,7746	0,0007
P(2)AR(1)	1,2479	0,0047	1,2679	0,0134	1,2651	0,0004
P(2)AR(2)	1,1846	0,0005	1,2395	0,0005	1,2524	0,0005
P(2)AR(3)	1,1561	0,0005	1,2223	0,0005	1,2448	0,0005

Seferihisar ngr Sonuçları - II



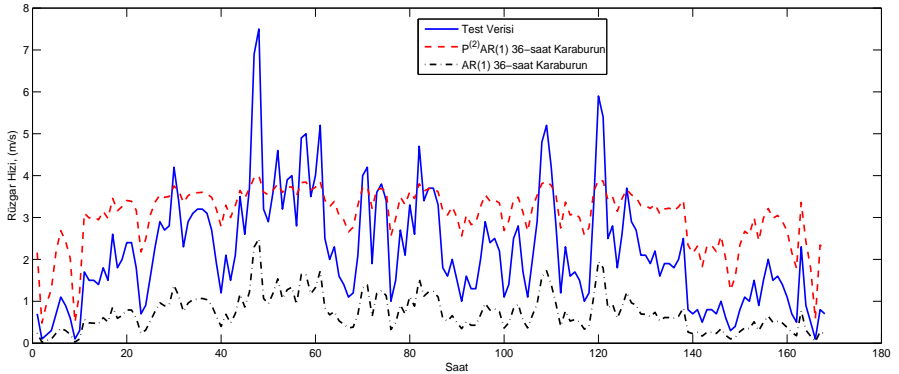
Şekil : Seferihisar 1-s İleri ngr - P⁽²⁾AR(3)

eşme Öngörü Sonuçları - II



Şekil : eşme 24-s İleri Öngörü Karşılaştırma.

Karaburun ngr Sonuçları - II



Şekil : Karaburun 36-s İleri ngr Karşılaştırma.

Sonuçlar ve Değerlendirme

Değerlendirme

- 12 saat üzeri öngörülerde → **PAR**.
- 12 saat altı öngörülerde → **Doğrusal Modeller**.
- Artan ileri öngörü periyodu, ↓ **Doğrusal Model başarımı**.

Gelecek Çalışmalar

- Rüzgar hızı verisi için Bayesçi doğrusal olmayan model seçmek.
- Parametre kestirimini iyileştirmek ve daha keskin öngörüler gerçekleştirmek.
- Sonsal öngörücü dağılım temelli Bayesçi öngörüler yapmak.

Kaynakça I

- Aliş, H. (2013). Türkiye'de rüzgar enerjisi sunumu.
- Barbounis, T., J. Theocharis, M. Alexiadis, and P. Dokopoulos (2006). Long-term wind speed and power forecasting using local recurrent neural network models. *Energy Conversion, IEEE Transactions on* 21(1), 273–284.
- Box, G. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting & Control*, 3/e. Pearson Education India.
- Chen, P., T. Pedersen, B. Bak-Jensen, and Z. Chen (2010). ARIMA-based time series model of stochastic wind power generation. *Power Systems, IEEE Transactions on* 25(2), 667–676.
- De Giorgi, M., A. Ficarella, and M. Tarantino (2011). Error analysis of short term wind power prediction models. *Applied Energy* 88(4), 1298–1311.
- Gomes, P. 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* 1(1/2).
- Hocaoğlu, F., M. Fidan, and Ö. Gerek (2009). Mycielski approach for wind speed prediction. *Energy Conversion and Management* 50(6), 1436–1443.
- Katsigiannis, Y., A. Tsikalakis, P. Georgilakis, and N. Hatzigryriou (2006). Improved wind power forecasting using a combined neuro-fuzzy and artificial neural network model. In *Advances in Artificial Intelligence*, pp. 105–115. Springer.
- Kuruoğlu, E. (2002). Nonlinear least l_p -norm filters for nonlinear autoregressive α -stable processes. *Digital Signal Processing* 12(1), 119–142.
- Kusiak, A., H. Zheng, and Z. Song (2009a). Short-term prediction of wind farm power: a data mining approach. *Energy Conversion, IEEE Transactions on* 24(1), 125–136.
- Kusiak, A., H. Zheng, and Z. Song (2009b). Wind farm power prediction: a data-mining approach. *Wind Energy* 12(3), 275–293.
- Lee, D. (2011). Short-term prediction of wind farm output using the recurrent quadratic Volterra model. In *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*, pp. 1–8. IEEE.
- Lee, D. and R. Baldick (2014). Short-term wind power ensemble prediction based on Gaussian processes and neural networks. *Smart Grid, IEEE Transactions on* 5(1), 501–510.

Kaynakça II

- Çolak, I., S. Sağıroğlu, and M. Yeşilbudak (2012). Data mining and wind power prediction: A literature review. *Renewable Energy* 46, 241–247.
- Palomares-Salas, J., J. De la Rosa, J. Ramiro, J. Melgar, A. Agüera, and A. Moreno (2009). Comparison of models for wind speed forecasting. In *Proc. International Conference on Computational Science*.
- Sfetsos, A. (2000). A comparison of various forecasting techniques applied to mean hourly wind speed time series. *Renewable energy* 21(1), 23–35.
- Soman, S., H. Zareipour, O. Malik, and P. Mandal (2010). A review of wind power and wind speed forecasting methods with different time horizons. In *North American Power Symposium (NAPS), 2010*, pp. 1–8. IEEE.
- TMMOB, E. (2015). Türkiye elektrik enerjisi İstatistikleri.