



BİLECİK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**BİLECİK İLİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE RÜZGÂR
HIZI, BASINÇ VE SICAKLIK TAHMİNİ**

Yakup Osman YEŞİLNACAR
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Ayhan GÜN

BİLECİK, 2011



BİLECİK UNIVERSITY
Graduate School Of Sciences
Electrical And Electronics Engineering Program

**ESTIMATION OF WIND SPEED, PRESSURE AND
TEMPERATURE FOR BİLECİK CITY USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

Yakup Osman YEŞİLNACAR
Master Of Science Thesis

Thesis Advisor

Assist. Prof. Dr. Ayhan GÜN

BİLECİK, 2011

ÖZET

Alternatif enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisinden elektrik üretilebilmesi için rüzgâr hızıyla birlikte rüzgâr hızına etki eden basınç ve sıcaklık gibi parametre değerlerini tahmin etmek önem arz etmektedir. Rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık tahminlerinin gerçek değerlere daha yakın bulunabilmesi için çeşitli matematiksel modeller önerilmektedir. Bu tez çalışmasında bir matematiksel modele yakınlığı öngörülen Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. Çalışmada gerçek verilerin modellenmesi, gerçek verilerin istatistiksel modeli ve gerçek verilerdeki tek sayılı günlerin giriş, çift sayılı günlerin çıkış olarak ele alındığı üç farklı model üzerinde çalışılmıştır. Bu modelden hangisinin daha başarılı olduğu ortaya konulmuştur. İstatistiksel verilerin ortalama sapmalarını alarak yapılan tahminlerin, normal veriler kullanarak yapılan tahminlere oranla daha başarılı sonuçlar verdiği öngörülmesine rağmen tek sayılı günlerin giriş, çift sayılı günlerin çıkış olarak ele alındığı modelde istenilen başarı elde edilememiştir.

Bu tez çalışması, Bilecik İlinin rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık tahminini içermektedir. Bilecik İline ait 2000-2009 yılları arasındaki rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık verileri alınmış, 2010 yılı değerleri YSA kullanarak tahmin edilmiş, 2010 yılına ait gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelime

Yapay Sinir Ağları, rüzgâr hızı, basınç, sıcaklık

ABSTRACT

It is important that to estimate parameters of temperature and compression which affects the speed of wind to product electricity by the help of wind power which is also alternative power source. It is suggested some mathematical modals to find reasonable consequence for speed of wind, compression and temperature. In this thesis Artificial Neural Networks (ANN) which is seen as mathematical modals were used. In this study there are three different works such as; modulation of real information, statistical modul of real information and in real information odd days as input, an even-numbers days as exit. Which one is more successful than others was informed in this study. Although the predictions by getting approximate deviation of statistical information is more successfull than others, it was not equal successful ration in odd days as entry an even-numbers days as exit information.

This thesis includes the province BILECIK's the speed of wind, compression and temperature. The speed of wind, compression and temperature in between 2002 and 2009 information was analyzed. The parameters for 2010 was predicted by using ANN and the information is compared real information for the same city.

Key Words

Artificial Neural Networks (ANN), wind speed, pressure, temperature

TEŞEKKÜR

Ömrüm boyunca çalışmalarında gösterdiğim emek ve sabra maddi ve manevi destek veren babam Ahmet YEŞİLNACAR ve annem Fatma Zehra YEŞİLNACAR'a, tez çalışmam sırasında gösterdiği sabır ve destekten dolayı nişanlım Burcu'ya, kardeşlerim Zeynep Eda ve Ayşe Kübra'ya, eniştem Dr. Mehmet BİNMAR'a, çalışmalarında bana yardımcı olan, çalışmalarına yön veren, ilgi ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Ayhan GÜN'e, Bilecik Üniversitesi hocalarımdan sayın Doç.Dr Mehmet KURBAN, Yrd. Doç. Dr. Hasan TEMURTAŞ ve Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL'a, deneyimlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen Gaziosmanpaşa Üniversitesi Turhal Meslek Yüksekokulu hocalarına teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Yakup Osman YEŞİLNACAR

Ağustos, 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Daha önce yapılmış çalışmalar	3
1.2. Tezin amacı ve içeriği.....	5
2. RÜZGAR HIZI, BASINÇ VE SICAKLIK	7
2.1. Rüzgar ve Rüzgar Ölçümleri	7
2.2. Basınç ve Basınç Ölçümleri	10
2.3. Sıcaklık ve Sıcaklık Ölçümleri	12
2.4. Verilerin Toplanması ve Elektrik Enerjisi Açısından Değerlendirilmesi.....	14
3. TAHMİNDE KULLANILAN YÖNTEM (YSA)	17
3.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)	17
3.2. YSA'nın Tarihi	17
3.3. YSA'nın Özellikleri.....	19
3.3.1. Biyolojik sinir ağları.....	20
3.3.1.1. Biyolojik sinir ağlarının yapısı	20
3.3.1.2. Biyolojik sinir hücresi (nöron)	20
3.3.2. YSA hücresi.....	21
3.3.3. Aktivasyon fonksiyonları	22
3.3.4. Yapay Sinir Ağları modelleri	25
3.4. Yapay Sinir Ağları'nın Eğitilmesi	26
3.4.1. Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları	27
3.4.2. Geriye yayılım öğrenme algoritması	28
3.4.3. Levenberg – Marquardt algoritması	30
3.5. YSA'nın Tahmin Çalışmasında Kullanılması	31
4. UYGULAMALAR	33
5. SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1: Enerji kaynaklarının dünya enerji arzındaki payları	2
Çizelge 1.2: Seçilmiş yenilenebilir enerji (YE) göstergeleri	3
Çizelge 2.1: Enlemlere göre genel hâkim rüzgar yönleri.....	9
Çizelge 4.1: 2010 yılının rüzgar hızı tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.....	57
Çizelge 4.2: 2010 yılının basınç tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.....	77
Çizelge 4.3: 2010 yılının sıcaklık tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.....	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Enerjiden dolayı dünyadaki CO ₂ emisyonu	1
Şekil 1.2	: Farklı istasyonların verileri kullanılarak YSA ile veri tahmini	5
Şekil 2.1	: Rüzgârın Oluşumu	7
Şekil 2.2	: Hadley sirkülasyonu	8
Şekil 2.3	: Coriolis kuvveti	8
Şekil 2.4	: Kombine rüzgâr ölçüm sistemleri.....	10
Şekil 2.5	: Cıvalı barometre.	11
Şekil 2.6	: Aneroid barometre.	12
Şekil 2.7	: Sıvılı termometre.	13
Şekil 2.8	: Metal termometre.....	13
Şekil 3.1	: Biyolojik sinir ağının şeması.	20
Şekil 3.2	: Biyolojik sinir ağının basitleştirilmiş yapısı	21
Şekil 3.3	: Basit bir yapay sinir hücresi (nöron)yapısı.....	22
Şekil 3.4	: Eşik aktivasyon fonksiyonu.....	23
Şekil 3.5	: Doğrusal aktivasyon fonksiyonu	23
Şekil 3.6	: Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu.	24
Şekil 3.7	: Tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu.....	24
Şekil 3.8	: İleri beslemeli yapı	25
Şekil 3.9	: Geri beslemeli yapı.....	26
Şekil 3.10	: İleri ve Geri Beslemeli Çok Katmanlı Sinir Ağı.	28
Şekil 4.1	: Matlab YSA ağ parametreleri ara yüzü.	33
Şekil 4.2	: Doğrusal olmayan transfer fonksiyonları.	34
Şekil 4.3	: YSA algoritması akış diyagramı.....	36
Şekil 4.4	: Gerçek verilere göre kurulan YSA modeli	37
Şekil 4.5	: Tek ve çift sayılı gün verilerine göre kurulan YSA modeli	38
Şekil 4.6	: Ortalama sapma verilerine göre kurulan YSA modeli	39
Şekil 4.7	: 2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	39
Şekil 4.8	: 2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	40
Şekil 4.9	: 2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	40

Şekil 4.10 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1)	41
Şekil 4.11 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	41
Şekil 4.12 :	2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	42
Şekil 4.13 :	2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	42
Şekil 4.14 :	2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	43
Şekil 4.15 :	2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	43
Şekil 4.16 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1)	44
Şekil 4.17 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	44
Şekil 4.18 :	2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	45
Şekil 4.19 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	45
Şekil 4.20 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	46
Şekil 4.21 :	2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	46
Şekil 4.22 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	47
Şekil 4.23 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	47
Şekil 4.24 :	2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	48
Şekil 4.25 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1)	48
Şekil 4.26 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	49
Şekil 4.27 :	2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	49
Şekil 4.28 :	2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	50
Şekil 4.29 :	2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	50
Şekil 4.30 :	2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	51
Şekil 4.31 :	2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	51
Şekil 4.32 :	2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	52

Şekil 4.33 :	2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	52
Şekil 4.34 :	2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	53
Şekil 4.35 :	2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	53
Şekil 4.36 :	2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	54
Şekil 4.37 :	2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	54
Şekil 4.38 :	2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	55
Şekil 4.39 :	2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	55
Şekil 4.40 :	2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).....	56
Şekil 4.41 :	2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).....	56
Şekil 4.42 :	2010 Aralık ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).....	57
Şekil 4.43 :	Rüzgâr Hızı Tahmininde Elde Edilen RMSE Grafikleri.....	58
Şekil 4.44 :	2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	59
Şekil 4.45 :	2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	59
Şekil 4.46 :	2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	60
Şekil 4.47 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	60
Şekil 4.48 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	61
Şekil 4.49 :	2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	61
Şekil 4.50 :	2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	62
Şekil 4.51 :	2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	62
Şekil 4.52 :	2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	63
Şekil 4.53 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	63
Şekil 4.54 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	64
Şekil 4.55 :	2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	64
Şekil 4.56 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	65

Şekil 4.57 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	65
Şekil 4.58 :	2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	66
Şekil 4.59 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	66
Şekil 4.60 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	67
Şekil 4.61 :	2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	67
Şekil 4.62 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1)	68
Şekil 4.63 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	68
Şekil 4.64 :	2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	69
Şekil 4.65 :	2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1)	69
Şekil 4.66 :	2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	70
Şekil 4.67 :	2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	70
Şekil 4.68 :	2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	71
Şekil 4.69 :	2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	71
Şekil 4.70 :	2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	72
Şekil 4.71 :	2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	72
Şekil 4.72 :	2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	73
Şekil 4.73 :	2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	73
Şekil 4.74 :	2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1).....	74
Şekil 4.75 :	2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	74
Şekil 4.76 :	2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	75
Şekil 4.77 :	2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama basıncı (U1)	75
Şekil 4.78 :	2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basıncı (U2).	76
Şekil 4.79 :	2010 Aralık ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basıncı (U3).	76

Şekil 4.80 :	Basınç Tahmininde Elde Edilen RMSE Grafikleri.....	77
Şekil 4.81 :	2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	78
Şekil 4.82 :	2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	78
Şekil 4.83 :	2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	79
Şekil 4.84 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1)	79
Şekil 4.85 :	2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	80
Şekil 4.86 :	2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	80
Şekil 4.87 :	2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	81
Şekil 4.88 :	2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	81
Şekil 4.89 :	2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	82
Şekil 4.90 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	82
Şekil 4.91 :	2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	83
Şekil 4.92 :	2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	83
Şekil 4.93 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1)	84
Şekil 4.94 :	2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	84
Şekil 4.95 :	2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	85
Şekil 4.96 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	85
Şekil 4.97 :	2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	86
Şekil 4.98 :	2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	86
Şekil 4.99 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	87
Şekil 4.100 :	2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	87
Şekil 4.101 :	2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	88
Şekil 4.102 :	2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1)	88

Şekil 4.103:	2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	89
Şekil 4.104:	2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	89
Şekil 4.105:	2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	90
Şekil 4.106:	2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	90
Şekil 4.107:	2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	91
Şekil 4.108:	2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	91
Şekil 4.109:	2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	92
Şekil 4.110:	2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	92
Şekil 4.111:	2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1).....	93
Şekil 4.112:	2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	93
Şekil 4.113:	2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	94
Şekil 4.114:	2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U1)	94
Şekil 4.115:	2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklığı (U2).	95
Şekil 4.116:	2010 Aralık ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklığı (U3).	95

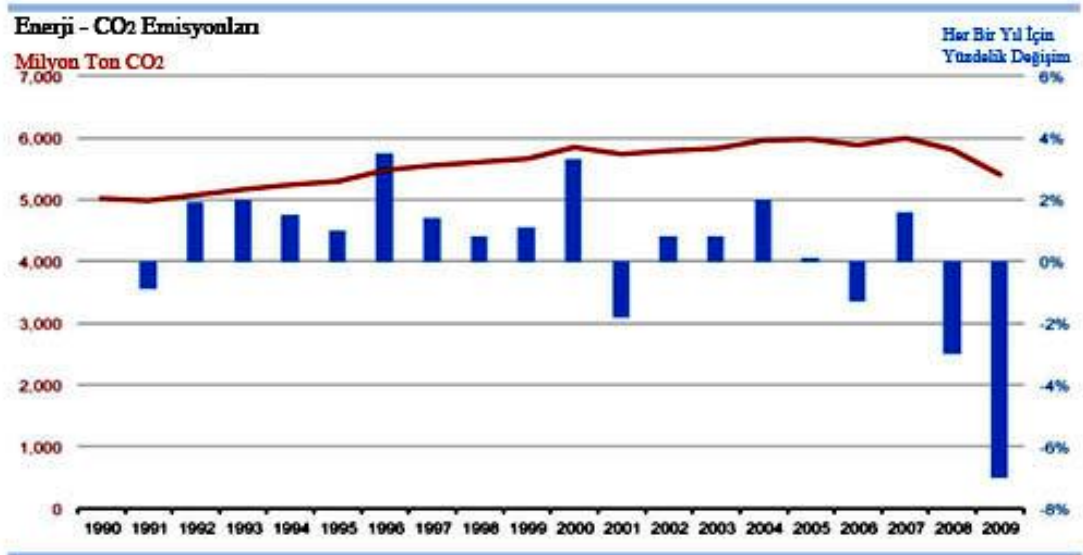
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
BM	: Bulanık Mantık
β	: Eğim sabiti
CO ₂	: Karbondioksit
⁰ C	: Derece
e _k	: k. Çıkış katmanında oluşan hata
EEG	: Elektro-Ensefalografi
ECG	: Electrocardiogram
E _v	: Enerji yoğunluğu (Wh/m ² .yıl)
<i>f</i>	: Aktivasyon fonksiyonu
g	: Gün
GB	: Güney Batı
GD	: Güney Doğu
Gd	: Azalan Gradyant
Gdm	: Azalan Gradyant Momentumu
h	: Hafta
H	: Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik
H ₀	: Rüzgar hızının ölçülmesi istenilen yükseklik
hPa	: HektoPascal
J(x)	: Jacobian matrisi
KB	: Kuzey Batı
KD	: Kuzey Doğu
Km	: Kilometre
LM	: Levenberg-Marquardt Algoritması
m	: Metre
Max	: Maksimum
MATLAB	: Matrix Laboratory
Min	: Minimum
MSE	: Ortalama Karese Hata (Mean Square Error)
n	: Girdi sayısı
Net	: Birleştirme fonksiyonu
NNtool	: Sinir Ağı Araçları

Nonlinear	:	Doğrusal Olmayan
Norm(x)	:	Normalize edilmiş değer
μ	:	Momentum
O(k)	:	Sinir ağı çıkışı
o.s.	:	Ortalama sapma
Out(o)	:	Çıkışlar matrisi
OECD	:	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
RBF	:	Radyal Tabanlı Fonksiyon
RMSE	:	Ortalama Karekök Hatası (Root Mean Square Error)
SI	:	Uluslararası Birimler Sistemi
s	:	Saat
sn	:	Saniye
t	:	Zaman
y	:	Gerçek değerler matrisi
U1	:	Birinci Uygulama
U2	:	İkinci Uygulama
U3	:	Üçüncü Uygulama
YE	:	Yenilenebilir Enerji
y_j	:	j. Çıktı
$y(k)$:	Gerçek çıkış
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
X	:	Girdi matrisi
X_j	:	j. Girdi
WMO	:	Dünya Meteoroloji Örgütü (World Met. Organization)
W_{jk}	:	Ağırlık
Δ	:	Gecikme süresi sabiti
ΔW_{kj}	:	Ağırlıkların değişim miktarı
α	:	Öğrenme matrisi
θ_k	:	Eşik değeri

1. GİRİŞ

Enerji geçmişten günümüze kadar, her türlü çevre maliyeti ile bağlantılı olup, insan yaşantısının en önemli girdisi olarak yer tutmaktadır. Günlük her türlü yaşantıları kolaylaştırmak için enerjiden doğan teknolojinin her türlü imkânlarından faydalanırız. Teknolojinin imkânlarını yaşamımızda bağımlı hale getirdiğimiz gibi ilerlemesi içinde sürekli bir çaba içerisinde bulunmaktayız (Malkoç, 2007). Çünkü enerji üretimi ve tüketimi ülkelerin ve bu ülkedeki insanların gelişmişlik düzeyinin ve yaşam kalitesinin en önemli göstergesi olarak kabul edilmekle beraber ülkenin geleceği ve güvenliği açısından önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Üretilen ve tüketilen enerji, insanlara fayda sağladığı gibi çevre ve canlıların sağlığı içinde faydalı olmalıdır. Yalnız enerji ile ilgili bazı çevresel sorunlar nerdeyse tüm insanlar tarafından bilinmektedir. Özellikle fosil yakıtların alınması, taşınması, dağıtılması veya tüketilmesi sırasında oluşacak sızıntı ile doğaya ve içinde bulunan canlılara zarar vermesi, fosil yakıtların sürekli kullanımından dolayı fiyatlarının giderek artmasından ekonomi üzerindeki yükünün fazlaşması, fosil yakıtlarca salınan sera gazlarının olumsuz etkileri gibi sorunlarla karşımıza çıkmaktadır (Çolak vd., 2005). Sera gazlarında özellikle ön plana çıkan CO₂ emisyonunun 2007 yılına kadar sürekli bir artış sağladığı Şekil 1.1 de görülebilmektedir.



Şekil 1.1. Enerjiden dolayı dünyadaki CO₂ emisyonu (Url-1, 2010)

Sera gazlarının artışından kaynaklanan olumsuz çevresel etkilenim nedeninden ve fosil yakıtlar dediğimiz konvansiyonel enerji kaynaklarının zamanla azalmasından dolayı son yıllarda alternatif veya yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları canlı sağlığını gözeterek daha ucuz, verimli ve daha güvenilir kaynaklar olmasıyla birlikte geleceğin enerji kaynağı olarak görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları başta hidrolik ve rüzgâr olmak üzere güneş, jeotermal, biyogaz, biyokütle, deniz veya okyanus akıntıları, dalga ve gel-git enerjileri olarak tanımlanır. Bu enerjilerden ve konvansiyonel enerji kaynaklarından elde edilen enerji talebini karşılamak için kullanmış olduğu kaynakların dünya enerji arzındaki payları (1973-2030) Çizelge 1.1 de görülmektedir (Çolak vd., 2005).

Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının dünya enerji arzındaki payları (Url-2, 2010)

Enerji Kaynakları (OECD)	1973 (%)	2008 (%)	2030 Tahmini (%)
Petrol	52.5	37.3	30.0
Gaz	19.0	23.7	20.5
Nükleer	1.3	10.9	9.5
Hidro	2.1	2.0	3.9
Yenilenebilir Kaynaklar	2.5	5.2	19.5
Enerji Kaynakları (Dünya)	1973 (%)	2008 (%)	2030 Tahmini (%)
Petrol	48.1	34.3	30.1
Kömür	28.5	32.6	28.8
Gaz	19.6	22.9	21.6
Nükleer	1.9	5.9	5.3
Hidro	1.8	2.2	2.4
Yenilenebilir Kaynaklar	0.1	2.1	11.8

Dünya genelinde hidro hariç yenilenebilir enerji kaynakları 1973 yılında %0.1 iken 2008 yılında %2.1'e yükselmiş olup 2030 yılında %11.8'e ulaşılacağı ön görülmektedir. Bu durum, dünya enerji kaynaklarının %45'ini tüketen Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri için daha ilgi çekici bir boyuttadır. 1973 yılında %2.5'lik payı 2008 yılında %5.2'ye çıkmış ve 2030 yılında da %19.5 olması beklenmektedir. (Kum, 2009)

Bu olumlu beklentiler yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde bulunan rüzgâr gücü kapasitesini 2006-2008 yılları arasında %155 arttırmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının 2006, 2007, 2008 gösterge artışı detaylı bir şekilde Çizelge 1.2 de gösterilmiştir.

. Rüzgâr gücü kapasitesi 2006 yılında 74 GW iken 2007 yılında 94 GW'a çıkmış ve 2008 yılında 121 GW'a ulaşmıştır. İki yıl içinde gerçekleşen bu artış yaklaşık olarak % 64'tür.

Çizelge 1.2. Seçilmiş yenilenebilir enerji (YE) göstergeleri (2006-2008) (Kum, 2009).

Göstergeler	2006	2007	2008
YE İçin Yeni Kapasite Yatırımı	63	104	155.4
YE Kapasitesi (Giga Watt, Hidroenerji Hariç)	207	240	280
YE Kapasitesi (Giga Watt, Hidroenerji Dahil)	1020	1070	1140
Rüzgâr Gücü Kapasitesi (Giga Watt)	74	94	121
Şebekeye Bağlı Güneş Pili Kapasitesi (Giga Watt)	5.1	7.5	13
Güneş Enerjisi (Su Isıtma) Kapasitesi (Giga Watt-Termal)	105	126	145
Etanol Üretimi (Yıllık, Milyar Litre)	39	50	67
Biyodizel Üretimi (Yıllık, Milyar Litre)	6	9	12
Ulusal YE Politikasına Sahip Ülke Sayısı	62	66	73
YE Üretimine Yasal Teşvik Veren Ülke Sayısı	43	49	63
YE Hedeflerini Kesin Oran Olarak Belirleyen Ülke Sayısı	40	44	49
Biyoyakıt Kullanımını Zorlayıcı Yasaya Sahip Ülke Sayısı	52	53	55

1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Bu tez çalışmasına öncülük eden literatürdeki bazı araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Kalogirou vd., (1997), makalesinde yapay sinir ağları ile güneş enerjisi kullanan buhar sisteminin toplayıcı parametrelerinin tahmini ve aylık ortalama buhar üretiminin kullanımıyla ilgili bilgi vermiştir.

Alawi ve Hinai (1998), güneş enerjisi ile ilgili ölçüm cihazı bulunmayan bölgelerde aylık, ortalama basınç, ortalama nem, güneşlenme süresi kullanarak güneş radyasyonunu %93 hassasiyet ve 7.3 ortalama mutlak hata ile bulacak bir çalışma yapmışlardır.

Subramanian vd.(1999), çalışmalarında su havzalarına günlük akan suyun miktarını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağlarını kullanmışlardır. Veri olarak son 48 saatlik akan su miktarı, su seviyesi, sıcaklık, kaynak sularının akışı, kar ve günün saatini içeren 194 girdisi olan bir Yapay Sinir Ağı kullanmışlardır.

Sfetsos (2000), yine benzer şekilde Kıbrıs'ta 1986-1996 yılları arasındaki rüzgâr verilerini sinir ağlarının öğrenmesi için kullanmış ve 1997 yılı değerleri test edilmiş ve maksimum %1.8 hata ile bulmuştur.

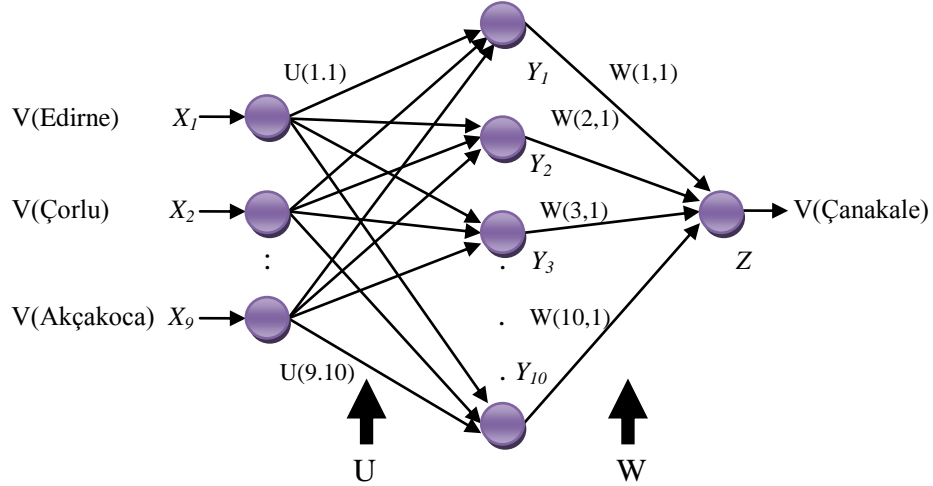
Hayashi ve Kermanshahi (2001) çalışmalarında 1 ila 24 saatlik rüzgâr hızı tahminleri için akıllı sinir ağları kullanarak %90 oranında başarılı tahminler elde etmişlerdir.

Li vd. (2001), enerji üretimini etkileyen faktörleri göz önüne alarak test ve güç tahmini yapmışlardır.

Liera vd., (2002), yaptıkları çalışmada meteorolojik değerlerin sıcaklık, basınç, nem, güneşlenme değerleri kullanarak 20 dakikalık rüzgâr hızı tahminlerini yapmışlardır. Çalışmada anlık değerler, 3 giriş ve 6 nöronlu yapay sinir ağları kullanılarak yapılmıştır.

Anurag ve Deo (2003) Hindistan'daki kıyı şeridi verilerini kullanarak ve son üç aydaki sadece rüzgâr hızlarını girerek bir sonraki ayı, haftanın rüzgâr hızını tahmin etmek için yapay sinir ağları kullanmışlardır.

Şekil 1.2'de verilen YSA yapısı Öztopal (2006)'ın Marmara Bölgesinde ki 10 istasyondan gelen verileri Yapay Sinir Ağlarında eğiterek Çanakkale bölgesi için rüzgâr hızı tahmini çalışmasında kullanılmıştır.



Şekil 1.2. Farklı istasyonların verileri kullanılarak YSA ile veri tahmini (Öztopal, 2006).

Kandil vd., (2006) ise çalışmalarında farklı istasyonlardaki sıcaklık, rüzgâr hızı ve enerji yükü bilgilerini kullanarak 72 saatlik tahminler için Yapay Sinir Ağlarını kullanmışlardır.

1.2. Tezin Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasında enerji üretiminde kullanılan rüzgâr hızı, rüzgâr hızını etkileyen basınç ve sıcaklık değerlerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Değişken atmosferik şartlara göre rüzgâr enerjisi üreten sistemlerin elde edilecek tahminler doğrultusunda uyumlu olup olmadığı amaçlanmakta ve uygun sistemlerin kurulması öngörülmektedir. YSA da rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık değişkenleri kullanarak üç farklı uygulama oluşturulmuş ve yöntemler karşılaştırılmıştır.

Tezin içeriği beş bölümden oluşmaktadır. Kalan bölümlerde ele alınan konuların içerikleri aşağıda verilmektedir.

İkinci bölümde, rüzgâr, basınç ve sıcaklık ile ilgili bilgilerle birlikte nasıl ölçüldükleri ve bu değişkenlerin elektrik enerjisi açısından değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmiştir, .

Üçüncü bölümde, tahminde kullanılan algoritmalarından Yapay Sinir Ağları detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

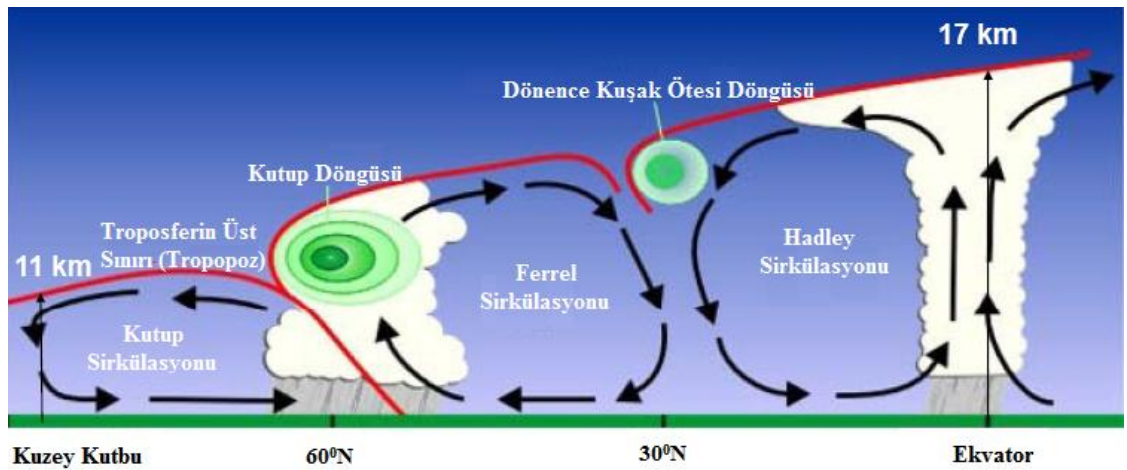
Dördüncü bölümde, MATLAB ta YSA'nın araç kutusu kullanılarak Bilecik İlinin 2000-2009 yıllarına ait ayların rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık verilerini gerçek, istatistiksel ve tek sayılı günlerin girdi, çift sayılı günlerin çıktı olarak modellendiği yapılar kullanılarak 2010 yılı aylarının verileri tahmin edilmiştir. Normal verileri kullanılarak yapılan çalışmaya birinci uygulama, istatistik verileri kullanarak yapılan çalışmaya üçüncü uygulama denilmiştir. İkinci uygulamada ise 2000-2010 yıllarına ait ayların tek sayılı günlerinin rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık verileri kullanılarak 2010 yılı aylarının çift sayılı günleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen bu değerler 2010 yılı aylarının gerçek verileri ile grafikler üzerinde karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölüm, sonuçlar kısmından oluşmaktadır. Bu bölümde tahmin için kullanılan yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri ile zayıf noktaları sunulmuştur.

2. RÜZGAR HIZI, BASINÇ VE SICAKLIK

2.1. Rüzgâr ve Rüzgâr Ölçümleri

Alternatif enerji kaynaklarının başında rüzgâr enerjisi gelmektedir. Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneştir. Gerekli enerjisini güneşten alan bir ısı makinesi olarak nitelenebilecek olan atmosferde; ısıl potansiyel farklara sahip olan hava kütleleri, daha soğuk ve basınç alanı olan bir noktadan, daha sıcak ve alçak basınç alanına hareket ederler. Isı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü bu doğa olayındaki hava kütlesi hareketine, rüzgâr adı verilir (Özdamar, 2000), bir başka deyişle sıcak havanın yoğunluğunun soğuk havadan az olması nedeniyle yükselmesi ve bu şekilde havanın yer değiştirmesinden kaynaklanan akımlardır (URL-3, 2011). Dünyanın bir kısmında hava, kara ve deniz ısınırken, diğer yüzeyinde soğuma görülür. Dünyanın günlük dönüş hareketiyle bu ısınma ve soğuma periyodik şekilde devam eder.

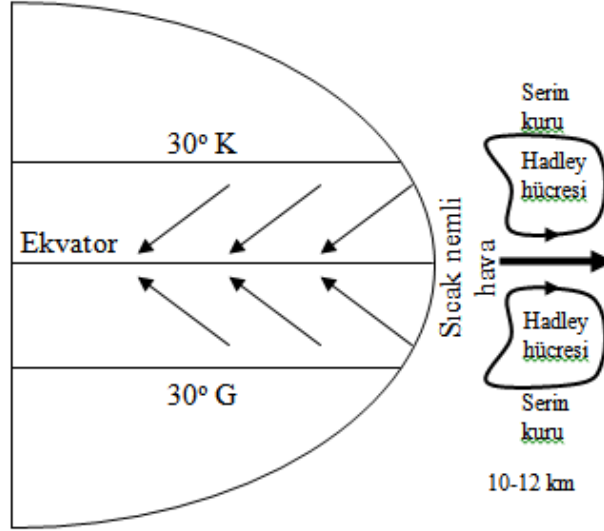


Şekil 2.1. Rüzgârın Oluşumu (Rebecca, M, 2011).

Dünyanın güneşe bağlı ekseninin eğiminin mevsimlere göre değişimi, ısıl enerjinin günlük dağılımının mevsimden mevsime farklılık göstermesine neden olmaktadır (Sadhy, 1995; Avşar vd., 2001).

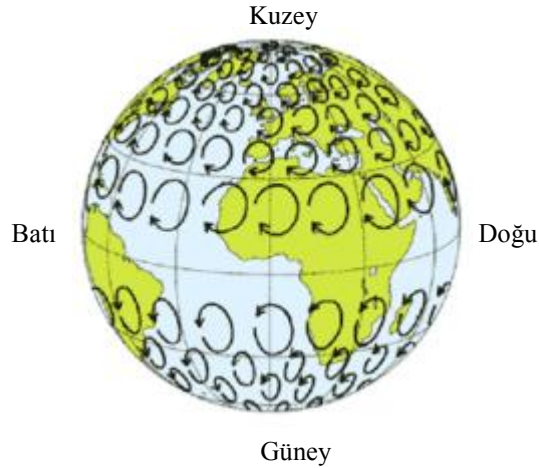
Atmosferin toplam enerjisi, kinetik ve potansiyel enerji olarak ikiye bölünmüştür ve temel olarak basınç kuvvetlerinin etkisiyle potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümünün bir sonucudur. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi ekvator civarında yerle temas halinde bulunan sıcak ve nemli hava konveksiyonla yükselir, yükseldikçe soğur, belli bir seviyeye yükseldikten sonra daha soğuk olan kuzey enlemlere yükselir ve 30° kuzey enlemlerine yaklaşıncaya kadar tekrar yeryüzüne doğru alçalır. Burada nispeten daha

soğuk ve kuru olan hava ekvatora doğru yönelir. Bu duruma Şekil 2.2’de gösterilen ‘Hadley Sirkülasyonu’ adı verilir.



Şekil 2.2. Hadley sirkülasyonu (Şen, 2009).

Şekil 2.3’de verilen dünyanın dönüşüyle meydana gelen ‘Coriolis Kuvveti’ nedeniyle havanın hareketi, hareket yönünün sağına doğru saptırıldığından 0⁰-30⁰ enlemleri arasında yer yüzeyinde oluşan rüzgârlar temel olarak kuzey-doğu karakterli olurlar.



Şekil 2.3. Coriolis kuvveti (Url-4, 2011).

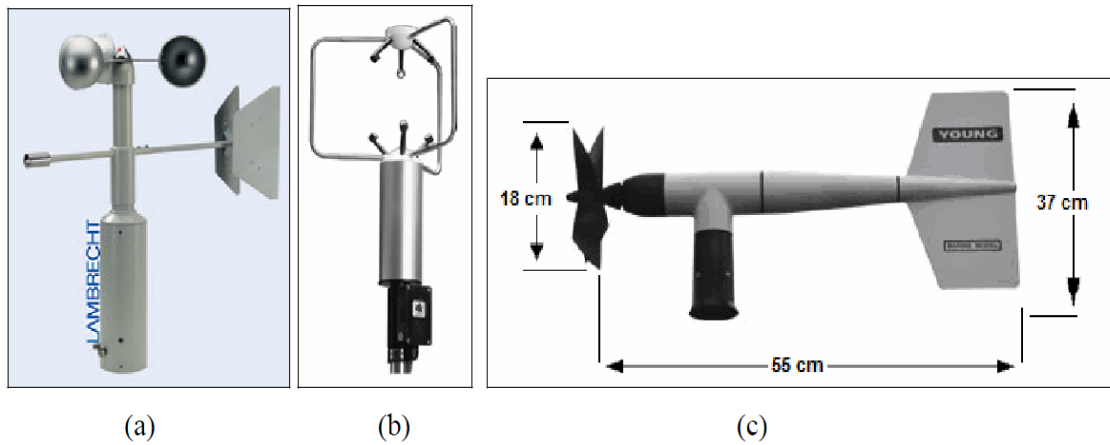
Benzer yapıda ancak bu kez dalgalı bir karakteristیک arz eden ve ‘Rossby Sirkülasyonu’ diye adlandırdığımız bir sirkülasyonda 30⁰-90⁰ enlemleri

arasında gerçekleşir. Bu sirkülasyon sonucunda, 30^0-60^0 enlemleri arasında güney-batılı ve 60^0-90^0 enlemleri arasında ise kuzey-doğulu rüzgârlar oluşur (Özgener, 2002). Çizelge 2.1’de enlemlere göre genel hâkim rüzgâr yönleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Enlemlere göre genel hakim rüzgâr yönleri (Türksoy, 2001).

Enlem	90^0-60^0 K	60^0-30^0 K	30^0-0^0 K	0^0-30^0 G	30^0-60^0 G	60^0-90^0 G
Yön	KD	GB	KD	GD	KB	GD

Rüzgâr karakteristiğinin belirlenmesi uzun süreli ölçümler gerektirdiğinden, ölçüm yapılan istasyonunun yerleşik durumda bulunması gerekir. Rüzgâr hızı SI birim sisteminde m/sn cinsinden ifade edilir (Hau, 2006). Rüzgâr yönü ve hız parametreleri ile ifade edilebilen bir büyüklük olduğu için vektörel olarak tanımlanır (Şaylan, 2009). Bu parametreleri ölçebilmek için geliştirilmiş aletlere anemometre denir. Anemometre terimi yunanca “anemos” yani rüzgâr kelimesinden gelir. İlk olarak 1846 yılında Thomas R. Robinson tarafından tasarlanmıştır (Durak ve Özer, 2007). Günümüzde anemometreler; kepçe (cup) anemometreler, ultrasonic anemometreler ve pervaneli (propeller) anemometreler olmak üzere üç çeşitte imal edilir.



Şekil 2.4. Kombine rüzgâr ölçüm sistemleri (Durak, 2000).

Cup veya kepçe anemometreler Şekil 2.4a’da gösterildiği gibi rüzgâr enerjisi çalışmalarında rüzgâr hızını ölçmek için kullanılan ölçü aletidir. Kepçe anemometreler, Şekil 2.4b’de gösterilen ultrasonic anemometrelere göre kalibrasyonu daha kolay, Şekil 2.4c’de gösterilen pervaneli anemometreye göre de rüzgâr hız ölçüm hassasiyeti daha fazladır (Durak, 2000).

Kepçe anemometreler ve pervaneli anemometreler mekanik ve elektronik olarak imal edilirler. Mekanik anemometreler anemograf olarak bilinen grafiksel olarak rüzgâr hızını kayıt altına alan rüzgâr yönünü de kaydeden cihazlardır (Şaylan, 2009). Bu cihazlarda ortalama hız, rüzgâr akışının zamana oranıyla bulunur. Uzak mesafelerde yer alan bölgeler için bu tip anemometreler güç kaynağı olmadan çalıştıkları için avantajlıdır (Manwell vd., 2002).

Elektronik anemometreler bir veri toplayıcı ile birlikte çalışarak yön ve hız bilgilerini bu veri toplayıcıda depolama ve bilgisayara aktarma imkanı sağlamaktadır (Şaylan, 2009). Elektronik anemometreler ile anlık rüzgâr hızları gözlemlenebilir. Dönen milin aşağı ucu, minyatür bir AC ya da DC jeneratörüne bağlıdır. Analog çıkış bir çok metotla rüzgâr hızı verisine dönüştürülür.

Anemometreler dönme eksenlerine göre kepçeli (yatay) ve pervaneli (düşey) olmak üzere ele alınabilir. Kepçeli anemometer olarak adlandırılan tipte, yarım küre şeklinde üç yada daha fazla sayıda kepçe rüzgârın mukavemetine bağlı olarak bir eksen etrafında döner, dönme sayısı ile rüzgâr hızı konusunda bilgi verir (Şaylan, 2009).

Ayrıca ses dalgaları, lazer ışını veya ince bir teldeki direncin değişimi gibi fiziksel ölçütlere dayanarak ölçüm alan yapan anemometrelere ise dolaylı yoldan ölçüm alan anemometreler denir. Ses dalgalarını kullanarak ölçüm alan ultrasonik anemometreler, sabit bir sensör yardımıyla ses dalgalarının vericiden alıcıya geçiş hızına göre ölçüm yaparlar. Üç boyutlu ve oldukça hassas ölçüm alan bu aletlerin en büyük dezavantajları pahalı olmalarıdır. Lazer anemometreler ise lazer ışığı üzerinde rüzgârın oluşturduğu değişikliği temel alarak ölçüm alan anemometrelerdir. Telle ölçüm alan anemometreler ise, sıcak bir telde rüzgâra bağlı olarak telin direncinde meydana gelen değişimi esasına dayanarak çalışan anemometrelerdir. Bunlar dışında troposfer tabakasının da ölçüm almak için geliştirilmiş uzun mesafeli mikrodalga ve radarlı rüzgâr anemometreleri de vardır (Şaylan, 2009).

2.2. Basınç ve Basınç Ölçümleri

Basınç, bir yüzey üzerine etkide bulunan dik kuvvetin, birim alana düşen miktarıdır. Katı, sıvı ve gazlar ağırlıkları nedeniyle buldukları yüzeye bir kuvvet

uygularlar. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç (P), bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de basınç kuvveti (F) denir (Url-5, 2011).

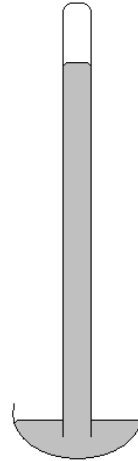
$$P = \frac{F}{S} \quad (\text{E.2.1})$$

P : Basınç

F : Kuvvet

S : Alan

Atmosfer basıncını ölçmeye yarayan alete barometre denir. 1643 yılında Evangelista Torricelli tarafından bulunmuştur. Atmosfer basıncını ölçmek için hava, su ya da cıva barometreleri kullanılabilir. En bilinen barometre türü cıvalı barometredir. Şekil 2.5’de gösterilen cıvalı barometre, içi cıva dolu dikey bir borudur. Borunun üst ucu kapalıdır. Alt uç ise açık, ancak cıva dolu bir kaba daldırılmış durumdadır.

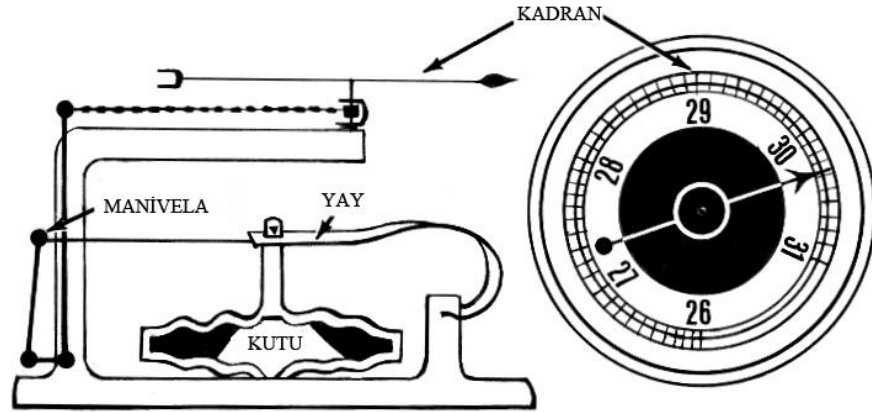


Şekil 2.5. Cıvalı barometre (URL-6, 2011)

Atmosferin bu kap içindeki cıva yüzeyine yaptığı basınca göre, borunun içindeki cıva sütunu yükselip alçalır. Havalı barometre ise, havası boşaltılmış metal bir kutu biçimindedir. Bunun ince çeperleri, atmosferin basıncına göre yassılıp kabarabilir. Bu biçimde ortaya çıkan hareket, bir ibreye bağlı olarak bir kadrana aktarılır. Yazılı barometrede bu ibreye mürekkepli bir uç bağlanır ve altında döner bir silindir bulundurulur (Url-6, 2011).

Cıvalı barometrelerin çabuk kırılabilmesi ve kullanım yerlerinin sınırlı olması nedeniyle günümüzde basınç ölçmek için tercih edilmeye başlanan diğer bir barometre

çeşidi ise aneroid barometredir. Şekil 2.6'da gösterilmiş olan aneroid barometrenin cıvalı barometreye göre en önemli özelliği, içinde bulunan oyuk ve yuvarlak metal bir kutunun içindeki hava pompayla alınıp sıkıca kapatılmasıdır (URL-7, 2011).



Şekil 2.6. Aneroid barometre (URL-7, 2011)

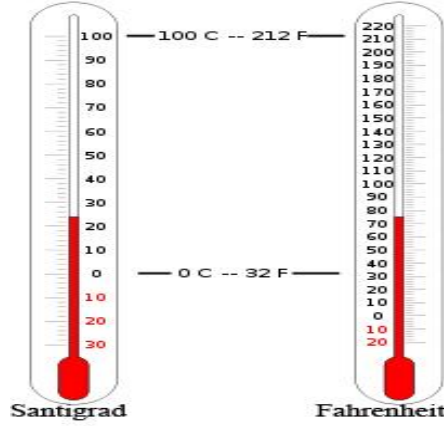
2.3. Sıcaklık ve Sıcaklık Ölçümleri

Bir cismin etrafına kendiliğinden enerji verme eğilimi olan sıcaklık aynı zamanda bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür (URL-8, 2011). Sıcaklığı ölçmeye yarayan alete termometre denir. Termometre iki sabit nokta arasında kalibre edilir. Bunlar suyun donma noktasıyla kaynama noktasıdır. Normal atmosfer basıncında (760 mm cıva basıncı) bu iki nokta arasındaki mesafe Celsius termometresinde 100 eşit parçaya bölünür. Bunların her biri bir santigrad'ı (1°C) gösterir. Fahrenheit ölçüsünde ise bu 180 eşit parçaya bölünür. Bunların her biri ise 1°F gösterir. Bu ölçümde, suyun donma ve kaynama noktası sırayla 32°F ve 212°F olarak belirlenir. Reaumur ölçümünde ise bu noktalar 0°R ve 80°R olarak isimlendirilir. Ara da 80 parçaya bölünür. Cıva -39°C 'de donduğu için çok düşük sıcaklıkların ölçümü için uygun değildir. Bu tür olanlar donma noktası düşük olan renkli alkolle doldurulmuştur. Ulaşılabilecek en düşük sıcaklık mutlak sıfır olup, -273.16°C 'dir. Mutlak sıfırdan başlayan bir ölçü de Kelvin'dir, yani $-273.16^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$ 'dir (URL-9, 2011).

Isınınca genleşmeleri sıcaklıkla orantılı olan katı, sıvı, gaz maddelerden çeşitli analog ve dijital termometreler yapılmıştır. Çok yaygın olarak kullanılan sıvılı ve metal termometrelerdir (URL-9, 2011).

Sıvılı Termometreler

Şekil 2.7 de görülen sıvılı termometrelerde, genleşmeleri büyüyen ve sıcaklıkla orantılı olan sıvılar kullanılır.



Şekil 2.7. Sıvılı termometre(URL-10, 2011)

İnce cam boru içindeki sıvı; cıva ise cıvalı termometre, alkol ise alkollü termometre adını alır. Cıva \square 39 santigrat derecede donar, 357 santigrat derecede kaynar. Cıvalı termometreler ile \square 39 santigrat derece ile 357 santigrat derece arasındaki sıcaklıkları ölçebiliriz. Çok soğuk kış günlerinde bu termometreler kullanılmaz. Bunu yerine donma sıcaklığı daha düşük olan alkollü termometreler kullanılır. Çünkü alkol yaklaşık olarak-115 santigrat derecede donar (URL-9, 2011).

Metal Termometre

Cıvalı ve alkollü termometreler ile ölçülemeyen sıcaklık derecelerini ölçmek için metal termometreler kullanılır. Şekil 2.8’de gösterilen metal termometreler ile 1600 santigrat dereceye kadar olan yüksek sıcaklıklar ölçülebilir (URL-9, 2011).



Şekil 2.8. Metal termometre(URL-9, 2011)

2.4. Verilerin Toplanması ve Elektrik Enerjisi Açısından Değerlendirilmesi

Rüzgâr santrallerinde enerji üretiminde planlamadan üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan başlıca sorun, rüzgâr potansiyelinin büyüklüğünün ve zamana bağlı değişiminin etkin bir şekilde modellenmesidir. Rüzgârı karmaşık meteoroloji modelleri ile modellemek hala yeterli bir çözüm olamamıştır (Çolak vd., 2005). Rüzgâr hızı ve rüzgâr hızına etki eden basınç ve sıcaklıkta doğrusal olmayan bir şekilde dalgalanmaktadır. Rüzgârın kinetik enerjisini sağlıklı bir şekilde bulmak için aşağıdaki meteorolojik değişkenlerin ölçülmesi gerekmektedir.

- Rüzgâr hızı,
- Rüzgâr yönü,
- Basınç,
- Sıcaklık,
- Nem.

Ölçüm yapılacak lokasyonun topoğrafik ve oroğrafik koşullara göre ölçüm yüksekliği belirlenmelidir (Durak, 2000). Rüzgâr ölçüm yüksekliği genel olarak, özel amaçlı ölçüm istasyonları dışında dünya meteoroloji örgütü standartlarına göre yüzeyden 10 m yukarıda alınır. Ölçüm alınacak bölgenin etrafı açık bir bölge olması, rüzgâr hızının ve yönünün belirleneceği yerde ölçüm yapan istasyonla civarındaki engel teşkil edebilecek nesne arasındaki mesafenin nesnenin boyunun on katı veya daha fazla olması gerekmektedir. Ayrıca ölçüm yapan istasyonun 150 m çapındaki bölgede rüzgârı engelleyebilecek bir etki bulunmamalıdır (WMO, 2006). Kurulacak bir rüzgâr türbini için ölçüm yüksekliği türbin yüksekliğinin üçte ikisi kadar olması gerekli görülür (Şaylan, 2009). Rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için temel veriler rüzgâr hızı ve esme saat sayısıdır. Bu veriler kullanılarak bir yöreye ait potansiyel enerji değerini ortaya koymak olanaklıdır. Bunun için, rüzgâr potansiyelini tanımlayan kinetik enerjinin hesaplanması gerekir. Havanın bir ağırlığı ve hızı olması nedeniyle bir kinetik enerjisi vardır. Rüzgâr türbinleri ile ilgili ilk teori 1926 yılında Göttingen Institute'de Dr. Albert BETZ tarafından ortaya atılmıştır. Bu teoremden, Betz rüzgâr rotorunun ideal olduğu varsayılır. Diğer bir ifade ile rotor, havaya karşı sürüklenme direnci göstermeyen sonsuz sayıda kanattan oluşmaktadır. Bu şekilde, rüzgâr rotorunun

mükemmel bir enerji dönüştürücüsü olduğu varsayılmıştır. Bu teoriye göre; Rüzgâr hareket halindeki hava olup sahip olduğu kinetik enerji şu şekildedir.

$$E_k = \frac{1}{2} m_h v_r^2 \quad (\text{E.2.2})$$

Burada;

E_k : Rüzgâr daki kinetik enerji (J)

V_r : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

m_h : Havanın kütlesi (kg)

Havanın kütlesi (m_h) aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$m_h = \rho_h V_h \quad (\text{E.2.3})$$

Burada;

ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

V_h : Hava hacmi (m³)

Hava hacmi

$$V_h = V_r \cdot s \cdot t \quad (\text{E.2.4})$$

Formülü ile hesaplanır. Burada;

V_r : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

s : Rotor süpürme alanı (m²)

t : Ölçüm zamanını (s)

Böylece, “E2.4” bağıntısı “E.2.3” bağıntısında yerine konularak, kinetik enerji eşitliğinde gerekli düzenlemeler yapılacak olursa, Rüzgar enerjisi (E_r) Joule cinsinden şu bağıntı ile tanımlanmış olur.

$$E_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 \cdot t \quad (\text{E.2.5})$$

Bu eşitlikte $t = 1$ alınacak olursa, Birim zamandaki enerji yani, rüzgarın anlık gücü

$$P_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 \quad (\text{E.2.6})$$

olur, burada;

V_r : Rüzgârın anlık gücü 'dür (W).

Dünya rüzgâr enerji birliği (WWEA)'nın 2010 rüzgâr enerjisi raporuna göre eklenen 37.642 MW güç ile rüzgar enerjisi toplam kurulu gücü 196.630 MW'a ulaşmıştır. Bu artış ile birlikte %23.6'lık büyüme oranını sergilemiştir. 2010'un sonunda kurulan bütün rüzgar türbinleri ile beraber 430 TWh üretim yapılabilmektedir, bu rakam dünyanın yedinci büyük ekonomisine sahip İtalya'nın toplam elektrik talebine ve küresel elektrik tüketiminin %2.5'ine denk gelmektedir. Rüzgâr sektörünün 2010 yılı itibariyle toplam cirosu 40 milyar Euro'yu bulmuştur. Sektörün 2010 yılında 670,000 kişiye sağladığı istihdamın 2012 ile birlikte bir milyon kişiye iş imkanı sağlaması beklenmektedir. Rüzgâr endüstrisinde yeni türbinlerin en büyük pazarına sahip Çin bir yıl içinde 18.900 MW'lık kurulum yapmıştır. Bu oran 2009 yılına göre %50 den daha fazla artırmıştır. Toplam kurulu güçte Çin birinci sırada, Amerika Birleşik Devletleri ikinci sırada, Almanya ise üçüncü sırayı paylaşmıştır. Asya yeni kurulumlarda en büyük paya sahip olarak %54.6'lık bir pay alırken Avrupa %27 ile ikinci sırayı almış ve Kuzey Amerika %16.7 ile üçüncü sıraya düşmüştür. Latin Amerika, Afrika kurulu gücünde azalma olmuştur. Dünya genelinde 2011 yılında toplam kapasite 240.000 MW'ta, 2015 yılında 600.000 MW'ta, 2020 yılında 1.500.000 MW'tan daha fazla olması beklenmektedir (WWEA, 2011).

Bu nedenlerden dolayı rüzgârın kinetik enerjisinden uzun yıllar faydalanılması için rüzgâr hızı ve rüzgar hızına etki eden meteorolojik değişkenlerin ölçülmesi ve ölçülen bu değişkenlerin sonraki yıllar için tahmini gereklidir. Kullanılan modeller istatistiki dağılım ve tahmin modelleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Geleceğe yönelik tahmin konusunda Sfetsos (2002) makalesinde mevcut modeller karşılaştırılmıştır ve karşılaştırılan modeller içinden (Box-Jenkins yaklaşımı, ileri beslemeli sinir ağları, radyal tabanlı fonksiyonlar, Elman Recurrent Ağ metodu) en az hata veren metot Yapay Sinir Ağı olarak bulunmuştur.

3. TAHMİNDE KULLANILAN YÖNTEM (YAPAY SİNİR AĞLARI)

3.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları; öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi uğraşı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu nedenledir ki, bu konu üzerindeki çalışmalar ilk olarak beyni oluşturan biyolojik üniteler olan nöronların modellenmesi ve bilgisayar sistemlerinde uygulanması ile başlamış, daha sonraları bilgisayar sistemlerinin gelişimine de paralel olarak birçok alanda kullanılır hale gelmiştir (Malkoç, 2007). İnsan beyninin çalışma prensibini taklit ederek çalışan bu sistemler, her ne kadar bilgisayar teknolojisi hızlı bir gelişim göstermiş, işlem hızları nano saniyeler mertebesine inmiş olsa da, bırakalım insan beynini, ilkel bir canlı beyninin fonksiyonları dahi baz alındığında, böyle bir organizmanın yanında çok ilkel kalmaktadır. Nano saniyeler bazındaki işlem hızları ile YSA'lar, mili saniyeler mertebesindeki işlen hızları ile işlem yapan insan beyninin işlevselliğinin henüz çok uzağındadır (Malkoç, 2007).

3.2. YSA'nın Tarihçesi

İnsan beyninin ve düşünme yeteneğinin taklit edilmesi isteği sanıldığı gibi aksine çok eski zamanlarda var olmuş bir istektir. İnsan beyni ve düşünebilme yeteneğine ilişkin ilk açıklayıcı teori geliştirme denemeleri Antik Yunan düşünürleri olan Plato (İ.Ö. 427-327) ve Aristoteles'e (İ.Ö. 384-322) kadar uzanmaktadır. Daha sonra ise Descartes (1596-1650) insanın düşünme yeteneğiyle ilgilenen 18. yüzyıl düşünürü olmuştur (Pankaj, 1992).

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece, Yapay Sinir Ağları denen günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yöntemlerinden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır (Pankaj, 1992).

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevini yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. Bir YSA, yapay sinir hücrelerinin

birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasında oluşur. YSA'lar öğrenme algoritmaları ile öğrenme sürecinden geçtikten sonra, bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip olurlar. YSA'lar yapılarına göre farklı öğrenme yaklaşımları kullanırlar (Pankaj, 1992).

Yapay sinir ağlarının dayandığı ilk hesaplama modelinin temelleri 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts, insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleri ile basit bir sinir ağını modellemişler ve böylece ilk Yapay Sinir Ağı modelini ortaya çıkarmışlardır (Elmas, 2003).

1948 yılında Wiener “Cybernetics” isimli kitabında, sinirlerin çalışması ve davranış özelliklerine yer vermiş ve 1949’da Hebb “Organization of Behavior” isimli kitabında, öğrenme ile ilgili temel teoriyi işlemiştir. Hebb tarafından geliştirilen bu kural Hebbian öğrenme kuralı olarak adlandırılmaktadır (Elmas, 2003).

1954 yılında Farley ve Clark tarafından rassal ağlar ile uyarlamalı tepki üretme kavramı ortaya atılmıştır. Bu kavram 1958 yılında Rosenblatt ve 1961 yılında Caianiello tarafından geliştirilerek yapay sinir ağlarında önemli gelişmeler sağlanmıştır (Öztemel, 2003).

1958 yılında Rosenblatt tarafından bugünkü makine öğrenme algoritmasının da temeli sayılan, doğrusal çok boyutlu düzlem ile ayrılabilen sorunların çözümünde kullanılan almaçlar (perceptron) geliştirilmiştir (Sen, 2004). Yapay sinir ağlarının gelişmesinde almaçların geliştirilmesinin önemi çok büyüktür. 1959 yılında, Bernard Widrow ve Marcian HOFF tarafından Adaline ve Madaline ağ modelleri geliştirilmiştir. Madaline, hala kullanımda olup telefon hatlarında oluşan yankıları yok eden uyarlanabilir bir filtredir (Elmas, 2003).

Adaline ADAPtive LINear Element ifadesinin kısaltılmış halidir. Birden fazla Adaline ağının bir araya gelmesi ile Madaline ağları ortaya çıkmıştır. 1969 yılında Minsky ve Papert, tek bir Almaç’ın özel VEYA (XOR) problemini çözemediğini ispatlamışlar ve 2 katmanlı ileri beslemeli ağ yapılarının kullanılabilceğini öne sürmüşlerdir (Elmas, 2003). XOR problemi ile ilgili yaptıkları ispat sonucunda da yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalarda bir duraklama dönemine girilmiştir.

Hopfield, 1982 yılında yayınlanan Yapay Sinir Ağları ve Gelişen Kolektif Hesapsal Yetenekli Fiziksel Sistemler isimli kitabında, yapay sinir ağlarının basit bir analog devre modelini sunmuş ve bu modeli kullanarak analog ikili dönüştürücü tasarımı, Gezgin Satıcı (Travelling-Salesman) gibi problemler için çözümler sunmuştur (Akpınar,1994).

Bu çalışmalarla birlikte yapay sinir ağlarında yeni bir dönem başlamış ve çalışmalar hızlanmıştır. 1986 yılında Rumelhart ve arkadaşları tarafından çok katmanlı yapay sinir ağları için geriye yayılma algoritması geliştirilmiştir (Sen, 2004).

Geri yayılım algoritması yapay sinir ağlarında oldukça yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritmada sistemin eğitimine bir öğretmen yardımcı olur. Bu tür öğrenme algoritmalarına da eğiticili öğrenme algoritmaları adı verilmektedir. 1988'de Broomhead ve Lowe, özellikle filtreleme problemlerinde oldukça başarılı sonuçlar alabildikleri, Radyal Tabanlı Fonksiyonlar (Radial Basis Functions- RBF) modelini geliştirmişlerdir (Öztemel, 2003).

3.3. YSA'ların Özellikleri

YSA'lar, uygulanan ağ modeline göre değişik karakteristik özellikler göstermelerine karşın temel birkaç ortak özelliğe sahiptirler (Malkoç, 2007).

Birinci özellik; YSA'larda sistemin paralelliği ve toplamsal işlevin yapısal olarak dağılımlılığıdır (Haykin, 1994). YSA'lar birçok nörondan meydana gelir ve bu nöronlar eş zamanlı olarak çalışarak karmaşık işlevleri yerine getirir. Diğer bir deyişle karmaşık işlevler birçok nöronun eş zamanlı çalışması ile meydana getirilir. Süreç içerisinde bu nöronlardan her hangi biri işlevini yitirse dahi sistem güven sınırları içerisinde çalışmasına devam edebilir (Efe ve Kaynak, 2004).

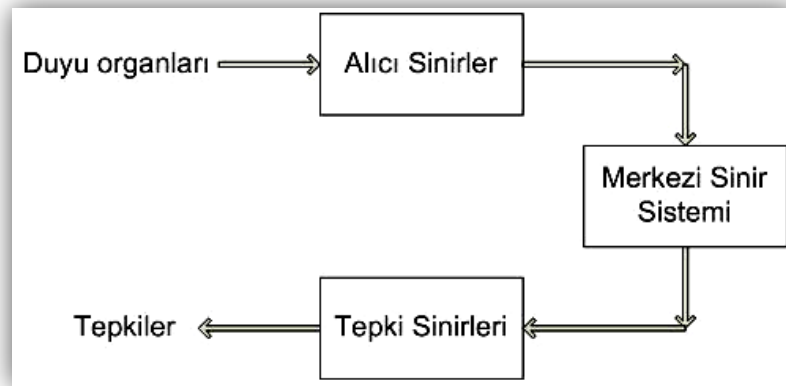
İkinci özellik ise genelleme yeteneği, diğer bir deyişle ağ yapısının, eğitim esnasında kullanılan nümerik bilgilerden eşleştirmeyi betimleyen kaba özellikleri çıkarsaması ve böylelikle eğitim sırasında kullanılmayan girdiler için de, anlamlı yanıtlar üretebilmesidir (Efe ve Kaynak, 2004).

YSA modelleri, biyolojik sinir ağlarının çalışma biçimlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmıştır.

3.3.1. Biyolojik sinir ağıları

3.3.1.1. Biyolojik sinir ağlarının yapısı

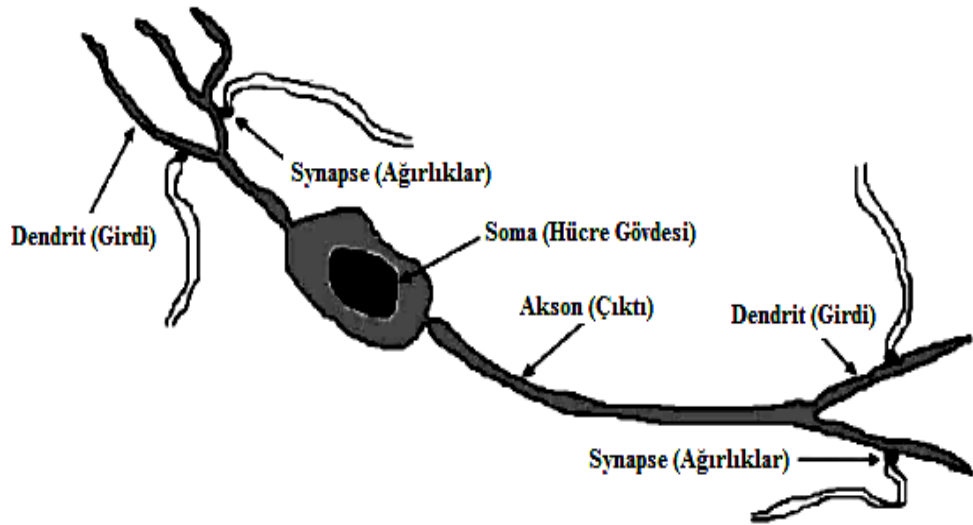
Biyolojik sinir sistemi, merkezde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin bulunduğu üç katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Bunlar; çevreden gelen girdileri elektriksel sinyallere dönüştürerek beyine ileten Alıcı Sinirler (Receptor), beynin ürettiği elektriksel sinyalleri çıktı olarak uygun tepkilere dönüştüren Tepki Sinirleri ile alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yaparak uygun tepkiler üreten merkezi sinir ağıdır (Çolak vd., 2005).



Şekil 3.1. Biyolojik sinir ağının şeması.

3.3.1.1. Biyolojik sinir hücresi (nöron)

Biyolojik sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronların yapısı Şekil 3.2’de görüldüğü gibi dört ana bölümden oluşmaktadır; dendrit, akson, soma(çekirdek) ve synapse’dir. Dendritlerin sinir hücresinin ucunda bulunan ve ağaç kökü görünümüne sahip bir yapıya sahiptir. dendritlerin görevi bağlı olduğu diğer nöronlardan veya duyu organlarından gelen sinyalleri somanın içindeki çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendrit tarafından gelen sinyalleri bir araya toplayarak ve aksona iletir. Toplanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek nöronun diğer ucunda bulunan synapseye bağlı olan farklı hücrenin dendritlerine gönderilir. Bu bağlantılar ise yeni üretilen sinyalleri diğer nöronlara iletir (Kalogirou vd., 1996).



Şekil 3.2. Biyolojik sinir ağının basitleştirilmiş yapısı (Kalogirou vd., 1996).

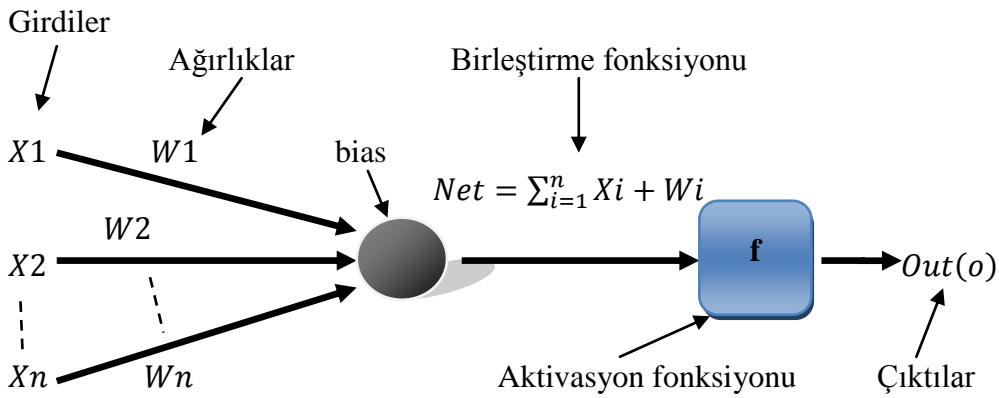
3.3.2. YSA hücresi

Temel bir Yapay Sinir Ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahip öğrenme, genelleme yapma, hatırlama gibi özellikleri hedefleyen bilgi işleme sistemleridir. Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsur, yapay sinir hücresidir. Yapay sinir hücresi, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimidir. Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu çıktı Yapay Sinir Ağına dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka nöronlara girdi olarak da kullanılabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Birleştirme Fonksiyonu
- Aktivasyon Fonksiyonu
- Çıktı

Dış ortamdan alınan veri ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net girişi hesaplar, net giriş, girişlerle bu girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu işlem süresince net çıkışını hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron

çıkışını verir. Şekilde görülen b bir sabittir, bias veya aktivasyon fonksiyonunun eşik değeri olarak adlandırılır (Chand and Lan, 1990).



Şekil 3.3. Basit bir yapay sinir hücresi (nöron) yapısı (Chand and Lan, 1990).

$$\text{Çıkış, } Out(o) = f(W \cdot X + b) \quad (\text{E.3.1})$$

Şeklinde nöron çıkışı hesaplanır. Buradaki W ağırlıklar matrisi, X ise girişler matrisidir. n giriş sayısı olmak üzere;

$$W = W_1, W_2, W_3, \dots, W_n \quad (\text{E.3.2})$$

$$X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \quad (\text{E.3.3})$$

şeklinde yazılabilir. Normalize edersek;

$$Net = \sum_{i=1}^n W_i X_i + b \quad \text{ve} \quad o = f(net) \quad (\text{E.3.4})$$

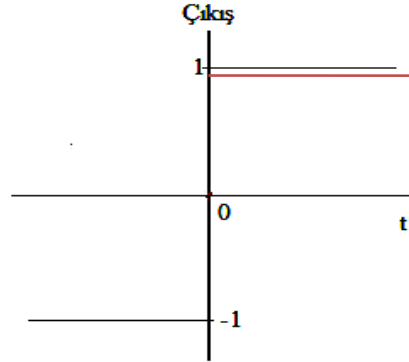
$$o = f\left(\sum_{i=1}^n W_i X_i + b\right) \quad (\text{E.3.5})$$

şeklinde de yazılabilir. Yukarıdaki formülde görülen f aktivasyon fonksiyonudur. Genelde doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonunun çeşitli tipleri vardır.

3.3.3. Aktivasyon fonksiyonları

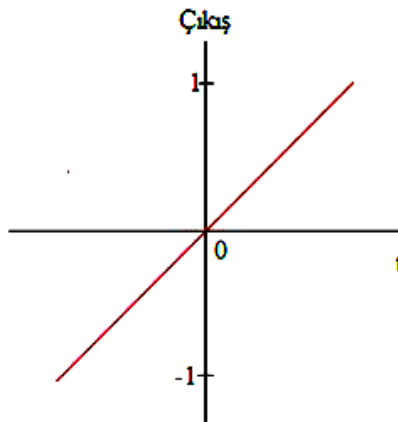
Eşik aktivasyon fonksiyonu, eğer net değeri sıfırdan küçükse sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında +1 değeri verir. Eşik aktivasyon fonksiyonunun -1 ile $+1$ arasında değişeni ise signum aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılır. Signum

aktivasyon fonksiyonu, net giriş değeri sıfırdan büyükse +1, sıfırdan küçükse -1, sıfıra eşitse sıfır değerini verir. Şekil 3.4 de eşik aktivasyon fonksiyonunun grafiği görülmektedir.



Şekil 3.4. YSA'ların çıkış katmanında kullanılan eşik aktivasyon fonksiyonu (Saraç, 2004).

Grossberg, bir ağın küçük ve büyük sinyalleri birlikte işleyebilme yeteneğinin, eşik fonksiyonunun lineer olmayan bu karakteristiği ile açıklanabileceğini ifade etmiştir (Chand and Lan, 1990). Eşik fonksiyonu, ortasında bulunan yüksek kazanç bölgesi ile küçük sinyalleri, uçlarında bulunan düşük kazançlı bölgeler ile de büyük sinyalleri işlediğinden, bir YSA geniş giriş yelpazesindeki sinyalleri, kazanç uydurma yoluyla işleyebilir. YSA'nın giriş verileri ikili sistemde veya sürekli (analog) değerler olabilir. Analog girişlerde, değerler normalize edilmelidir (Onduk, 2002). Lineer aktivasyon fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir. Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun lineer aktivasyon fonksiyonu olabildiğine dikkat edilmelidir. Şekil 3.5'te ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu görülmektedir.

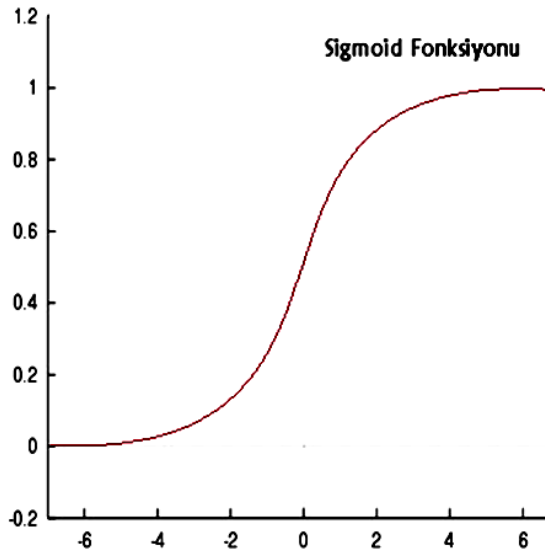


Şekil 3.5. YSA'ların çıkış katmanında kullanılan doğrusal aktivasyon fonksiyonu (Saraç, 2004).

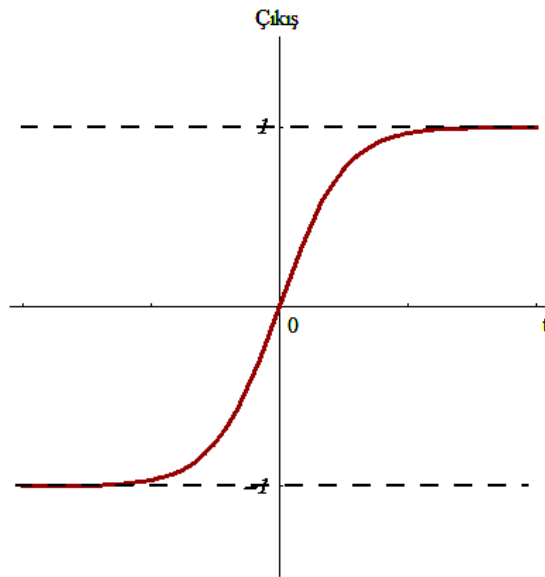
Doğrusal aktivasyon fonksiyonu;

$$F(x) = x \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (\text{E.3.6})$$

Logaritma sigmoid transfer fonksiyonu ise Şekil 3.6 dan görülebilir. Bu fonksiyon, aynı zamanda lojistik fonksiyon olarak da adlandırılmaktadır. Bu fonksiyonunun lineer olmamasından dolayı türevi alınabilmekte; böylece daha sonraki bölümlerde görülecek olan geri yayınlı ağırlarda kullanmak mümkün olabilmektedir.



Şekil 3.6. Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu (Sağıroğlu vd., 2003).



Şekil 3.7. Tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu (Sağıroğlu vd., 2003).

logaritmik fonksiyonu,

$$f(x) = \text{logaritmik}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta x)} \quad (\text{E.3.7})$$

şeklinde ifade edilir. Buradaki β eğim sabiti olup genelde bir olarak seçilmektedir. Diğer bir aktivasyon fonksiyonu olan hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da lineer olmayan türevi alınabilir bir fonksiyondur. +1 ile -1 arasında çıkış değerleri üreten bu fonksiyon lojistik fonksiyona benzemektedir. Denklemi aşağıda görüldüğü gibidir.

$$f(x) = \text{tanh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (\text{E.3.8})$$

Bu aktivasyon fonksiyonlarından başka fonksiyonlar da vardır. Yapay Sinir Ağında hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı probleme bağlı olarak değişmektedir. Yukarıda verilen fonksiyonlar en genel aktivasyon fonksiyonlarıdır.

3.3.4. Yapay Sinir Ağları modelleri

En basit ve en genel yapay sinir ağları tek yönlü sinyal akışını kullanırlar. Yapay Sinir Ağı modelleri temel olarak iki grupta toplanmaktadır. İleri beslemeli yapay sinir ağları ve geri beslemeli yapay sinir ağları (Şekil 3.8 ve 3.9). İleri beslemeli yapay sinir ağlarında gecikmeler yoktur, işlem girişlerden çıkışlara doğru ilerler. Çıkış değerleri öğreticiden alınan istenen çıkış değeriyle karşılaştırılarak bir hata sinyali elde edilerek ağ ağırlıkları güncellenir.



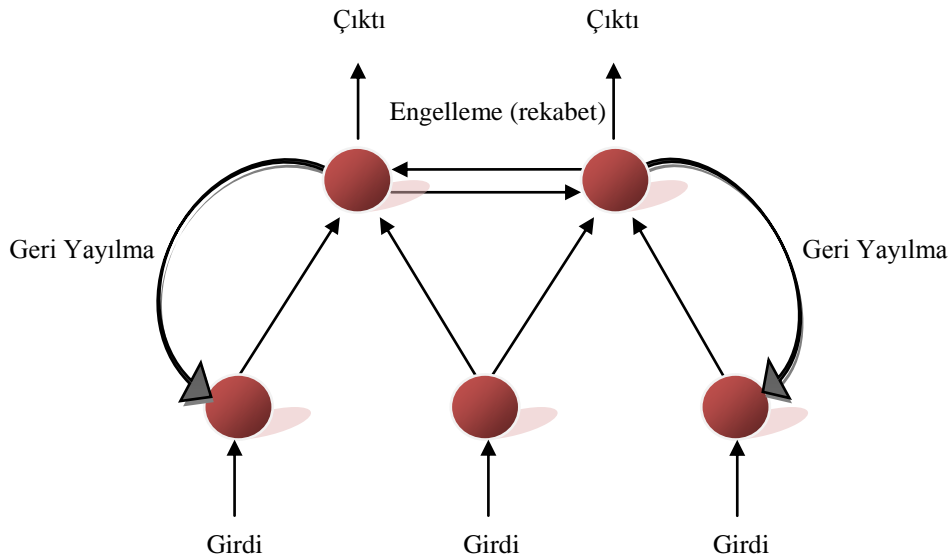
Şekil 3.8. İleri beslemeli yapı (Yurtoğlu, 2005).

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ise tıpkı kontrol uygulamalarında olduğu gibi gecikmeler söz konusudur. Geri beslemeli Yapay Sinir ağ, çıkışlar girişlere bağlanarak ileri beslemeli bir ağdan elde edilir. Ağın t anındaki çıkışı ise $o(t)$, $t + \Delta$

anındaki çıkışı ise $o(t + \Delta)$ 'dır. Buradaki Δ sabiti sembolik anlamda gecikme süresidir. İleri beslemeli yapay sinir ağları notasyonu kullanılarak $o(t + \Delta)$ şöyle yazılabilir:

$$o(t + \Delta) = f[W \cdot o(t)] \quad (\text{E.3.9})$$

Bu formül, Şekil 3.9' da gösterilmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta başlangıç anında $x(t)$ 'ye ihtiyaç duyulmasıdır. Başlangıç anında $o(0) = x(0)$ 'dir.



Şekil 3.9. Geri beslemeli yapı (Yurtoğlu, 2005).

3.4. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

İnsan beyni doğumdan sonraki gelişme sürecinde çevresinden duyu organlarıyla algıladığı davranışları yorumlar ve bu bilgileri diğer davranışlarında kullanır. Yaşadıkça beyin gelişir ve tecrübelenir. Artık olaylar karşısında nasıl tepki göstereceğini çoğu zaman bilmektedir. Fakat hiç karşılaşmadığı bir olay karşısında yine tecrübesiz kalabilir. Yapay Sinir Ağlarının öğrenme sürecinde de, tıpkı dış ortamdan gözle veya vücudun diğer organlarıyla uyarıların alınması gibi dış ortamdan girişler alınır, bu girişlerin beyin merkezine iletilerek burada değerlendirilip tepki verilmesi gibi Yapay Sinir Ağında da aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen Yapay Sinir Ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenerek

amaca ulaşılmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer Yapay Sinir Ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşılan kadar geçen zamana öğrenme adı verilir. Yapay Sinir Ağı öğrendikten sonra daha önce verilmeyen girişler verilip, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkışı yaklaşımı incelenir. Eğer yeni verilen örneklere de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Sinir ağına verilen örnek sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş ezberlemiştir. Genelde eldeki örneklerin yüzde sekseni ağa verilip ağ eğitilir, daha sonra geri kalan yüzde yirmilik kısım verilip ağın davranışı incelenir diğer bir deyişle ağ böylece test edilir.

3.4.1. Yapay Sinir Ağlarında öğrenme algoritmaları

Öğrenme algoritmaları temelde üç grupta toplanmaktadır: Eğitici öğrenme, eğitici öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmaları.

Eğitici (supervised) öğrenmede, her bir örnekleme zamanında giriş uygulandığında sistemin arzu edilen cevabı y eğitici tarafından sağlanır. Arzu edilen çıkış y ile sinir ağı çıkışı o arasındaki fark hata ölçüsüdür ve ağ parametrelerini güncellemekte kullanılır. Ağırlıkların güncellenmesi süresince eğitici ödüllendirme-cezalandırma şemasını ağa uygulayarak hatayı azaltır. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim kümesi olarak adlandırılır.

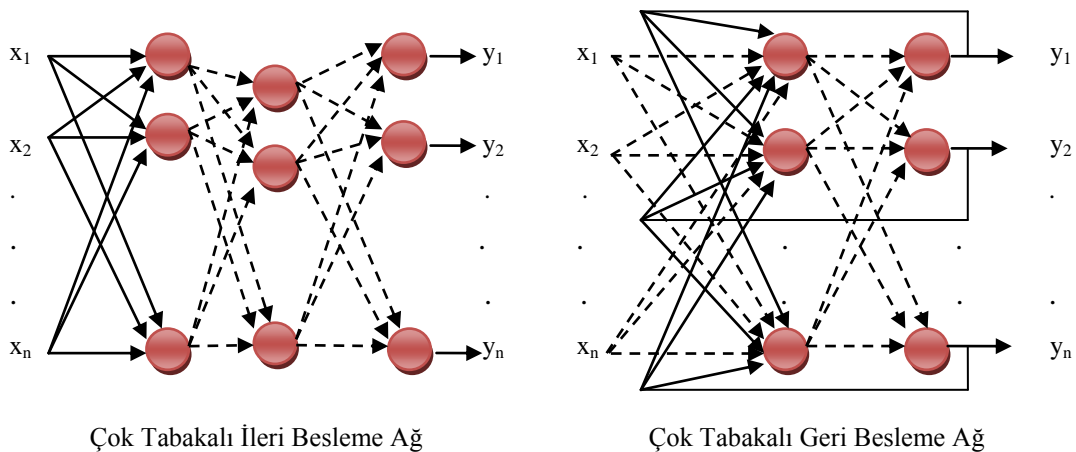
Eğitici öğrenmede, eğitici öğrenmedeki gibi arzu edilen “o” çıkışları bilinmemektedir. Bu yüzden kesin bir hata bilgisini ağın davranışını değiştirmekte kullanmak mümkün değildir. Eğitcinin her öğrenme adımında dahil olmamasına rağmen, amaçları ayarlamaktadır. Takviyeli öğrenmede, ağın davranışının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Birçok öğrenme algoritmasının bulunmasından dolayı bu kısımda sadece en popüler öğrenme algoritması olan Geri Yayınım Algoritması ve Levenberg-Marquardt öğrenme algoritmaları anlatılacaktır, diğer algoritmalar ilgili kaynaklardan incelenebilir. Geri yayınım algoritması eğitici öğrenmede kullanılan en genel algoritmadır. Basit olması ve iyi bir öğrenme kapasitesine sahip olması birçok alana uygulanmasını sağlamıştır.

3.4.2. Geriye yayının öğrenme algoritması

Geri yayının algoritması, sinir ağının eğitici sınıfına giren genel bir algoritmadır. Daha öncede belirtildiği gibi girişlerle çıkışlar arasındaki hata sinyali bulunarak, ağırlıklar bu hata sinyaliyle güncellenmektedir. Hata yani $e(k)$, arzu edilen çıkış (*gerçek çıkış* – $y(k)$) ile sinir ağının çıkışı ($e(k)$) arasındaki farktır.

$$e(k) = y(k) - o(k) \quad (\text{E.3.10})$$

Şekil 3.10 da birçok sinir hücresinin bir birine bağlandığı ileri yönlü çok katmanlı bir Yapay Sinir Ağı görülmektedir. Giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katman veya katmanlar gizli katman olarak adlandırılır. Sinir ağlarında kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç nöron olacağı bugüne kadar belirlenememiştir, probleme göre değişen bu nitelikler deneme-yanılma yoluyla bulunur.



Şekil 3.10. İleri ve Geri Beslemeli Çok Katmanlı Sinir Ağı. (Yurtoğlu, 2005).

Şekildeki çok katmanlı ağı düşünürsek (Martin T. H. and Mohammad B. M., 1994);

$k + 1$. katmanda i . birime net giriş;

$$n^{k+1}(i) = \sum_{j=1}^{S_k} w^{k+1}(i,j) o^k(j) + b^{k+1}(i) \quad (\text{E.3.11})$$

Birim i 'nin çıkışı şöyle olacaktır.

$$o^{k+1}(i) = f^{k+1}(n^{k+1}(i)) \quad (\text{E.3.12})$$

M katmanlı bir ağ matris biçiminde ifade edilirse;

$$o^0 = x \quad (\text{E.3.13})$$

$$o^{k+1} = f^{k+1}(W^{k+1} o^k + b^{k+1}) \quad (\text{E.3.14})$$

$$k = 0, 1, \dots, M - 1$$

Ağın temel görevi giriş-çıkış çiftleri arasındaki ilişkiyi öğrenmektir.

$$\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\} \quad (\text{E.3.15})$$

Ağın performansı şöyledir;

$$E = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q (y_q - O_q^M)^T (y_q - O_q^M) = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q e_q^T e_q \quad (\text{E.3.16})$$

Buradaki O_q^M , q . giriş (x_q) olduğunda ağın çıkışıdır, $e_q = y_q - O_q^M$ ise q . girişin hatasıdır. Standart geri yayılım algoritması için yaklaşık adım düşümü algoritmasını kullanır. Performans indeksiyle şöyle yaklaşılır;

$$E = \frac{1}{2} e_q^T e_q \quad (\text{E.3.17})$$

burada toplam karelerin toplamı tek giriş-çıkış çifti için karesel hatayla yer değiştirilir.

Yaklaşık adım (eğim) düşümü algoritması bundan sonra şöyle olur;

$$\Delta w^k(i, j) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w^k(i, j)} \quad (\text{E.3.18})$$

$$\Delta b^k(i) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial b^k(i)} \quad (\text{E.3.19})$$

burada α öğrenme oranıdır, şöyle tanımlanır;

$$\delta^k(i) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \quad (\text{E.3.20})$$

performans indeksinin duyarlılığı k . katmanında i . birimin net girişinde değiştirilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w^k(i, j)} = \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \frac{\partial n^k(i)}{\partial w^k(i, j)} = \delta^k(i) o^{k-1}(j) \quad (\text{E.3.21})$$

$$\frac{\partial E}{\partial b^k(i)} = \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \frac{\partial n^k(i)}{\partial b^k(i)} = \delta^k(i) \quad (\text{E.3.22})$$

Hassaslık yeterliği aşağıdaki yinelemeli ilişkiyle de gösterilebilir.

$$\delta^k = F^k(n^k) W^{k+1} \delta^{k+1} \quad (\text{E.3.23})$$

burada;

$$F^k(n^k) = \begin{bmatrix} F^k(n^k(1)) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & F^k(n^k(2)) & \dots & 0 \\ \dots & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & F^k(n^k(Sk)) \end{bmatrix} \quad (\text{E.3.24})$$

ve

$$f^k(n) = \frac{df^k(n)}{dn} \quad (\text{E.3.25})$$

$$\delta^M = -F^M(n^M)(y_q - o_q) \quad (\text{E.3.26})$$

Tüm öğrenme algoritmalarında şu adımlar izlenir. İlk önce kullanılarak giriş ileri yönde yayılır, sonra geri yayılır ve son olarak ağırlıklar ve denge güncellenir.

3.4.3. Levenberg - Marquardt algoritması

Geri yayılım algoritması (GYA) çok kullanılmasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. GYA sonuca çok yavaş olarak yaklaşmaktadır. Geri yayılım, bir adım düşme algoritmasıyken, Levenberg - Marquardt (LM) algoritması Newton metoduna bir yaklaşımdır. LM algoritması, Newton metodunun hızıyla, adım düşme metodunun sağlamlığının bileşkesidir. (Yurtoğlu, 2005)

LM öğrenme algoritması minimumu araştırma metotlarının ikincisidir. Her bir iterasyon adımında hata yüzeyine parabolik yaklaşımla yaklaşılar ve parabolün minimumu o adım için çözümü oluşturur. $E(x)$ fonksiyonuna sahip olduğumuzu ve $-x$ parametresine göre minimize etmek istediğimizi düşünelim. Newton metodunda şöyle olacaktır.

$$\Delta x = -[\nabla^2 E(x)]^{-1} \nabla E(x) \quad (\text{E.3.27})$$

Burada $\nabla^2 E(x)$ ifadesi Hessian matrisidir ve $\nabla E(x)$ ise eğimidir. $E(x)$ 'in karelerin toplamı fonksiyonu olduğunu farz edelim.

$$E(x) = \sum_{i=1}^N e_i^2(x) \quad (\text{E.3.28})$$

Bundan sonra şöyle gösterilebilir.

$$\nabla E(x) = J^T(x)e(x) \quad (\text{E.3.29})$$

$$\nabla^2 E(x) = J^T(x) J(x) + S(x) \quad (\text{E.3.30})$$

burada $J(x)$ Jacobian matrisidir.

$$J(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial e_1(x)}{\partial x_2} & \cdots & \cdots & \frac{\partial e_1(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial e_2(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial e_2(x)}{\partial x_2} & \cdots & \cdots & \frac{\partial e_2(x)}{\partial x_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial e_N(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial e_N(x)}{\partial x_2} & \cdots & \cdots & \frac{\partial e_N(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (\text{E.3.31})$$

$$\text{ve } S(x) = \sum_{i=1}^N e_i(x) \nabla^2 e_i(x) \quad (\text{E.3.32})$$

Gauss-Newton metodu için $S(x) \approx 0$ kabul edilir ve şu hale gelir.

$$\Delta x = [J^T(x) J(x)]^{-1} J^T(x) e(x) \quad (\text{E.3.33})$$

Levenberg-Marquardt modifikasyonu ile Gauss-Newton metodu şöyle olur.

$$\Delta x = [J^T(x) J(x) + \mu I]^{-1} J^T(x) e(x) \quad (\text{E.3.34})$$

μ parametresi bir adımda $E(x)$ artımı sonucunda bir faktörle (β) ile çarpılır, bir adım $E(x)$ azaltışında, μ parametresi β^2 'ye bölünür.

μ büyükse algoritma adım düşümü ($1/\mu$ adımı ile) olur, küçük μ parametresi için algoritma Gauss-Newton olur. Bu algoritmadaki anahtar adım Jacobian matrisinin hesaplanmasıdır.

Sonuç olarak Levenberg-Marquardt algoritması çok hızlı olarak çözüme ulaşmasına rağmen çok fazla bellek gerektirmektedir. Geri yayılım algoritması ise sonuca yavaş ulaşmakta ve daha az bellek gerektirmektedir.

3.5. YSA'nın Tahmin Çalışmasında Kullanılması

Yapay sinir ağları başlıca; Sınıflandırma, Modelleme ve Tahmin uygulamaları olmak üzere, pek çok alanda kullanılmaktadır. Başarılı uygulamalar incelendiğinde, YSA'ların çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek sensör verilerinin olması ve problemi çözmek için matematiksel modelin ve

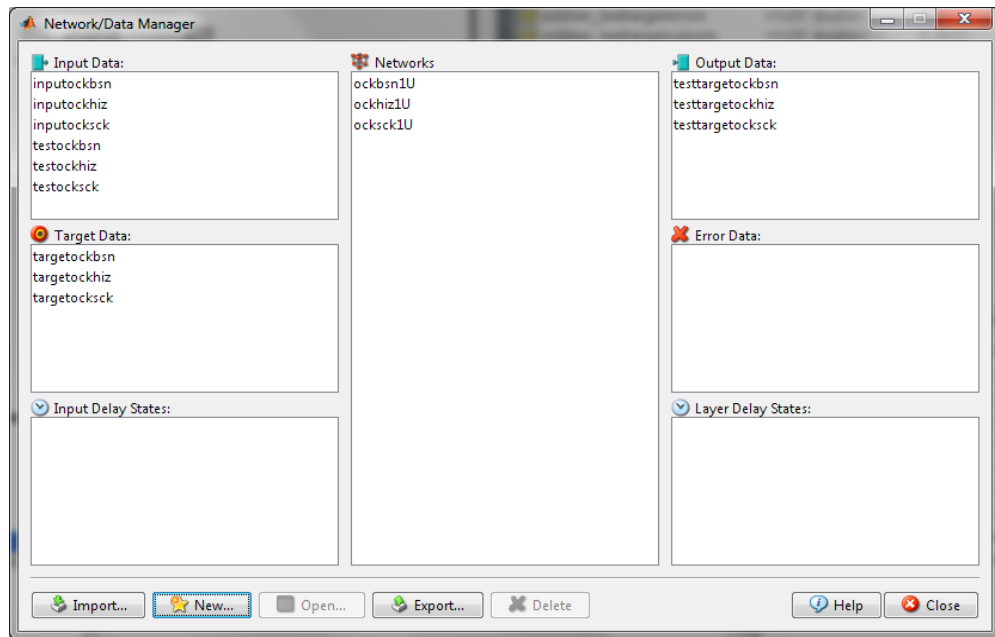
algoritmaların bulunmadığı, sadece örneklerin var olduğu durumlarda yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir.

Bu amaçla geliştirilmiş ağlar genellikle şu fonksiyonları gerçekleştirmektedirler (Öztemel, 2003) ;

- Muhtemel fonksiyon kestirimleri
- Sınıflandırma
- İlişkilendirme veya örüntü eşleştirme
- Zaman serileri analizleri
- Sinyal filtreleme
- Veri sıkıştırma
- Örüntü tanıma
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Optimizasyon
- Kontrol






4. UYGULAMA

MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. “MATrix LABoratory” kelimelerinin kısaltması olan MATLAB, adından da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle dizileri (array) kullanarak çalışır. MATLAB c programlama dili ile yazılmış kütüphane ve araç kutularından oluşmaktadır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, veri analizi ve inceleme, görsellik ve görüntü işleme, algoritma prototipi oluşturma ve geliştirme, modelleme ve simülasyon, programlama ve uygulama geliştirme işlemlerini yapabilmektedir (Hanselman ve Littlefield, 2001). Günümüzde Yapay Sinir Ağı çalışmaları için en sık kullanılan program MATLAB programıdır. MATLAB kullanıcı ile dost ara yüzü sayesinde, dış verileri herhangi bir kaynaktan alabilir, kendi matris işlemcileri ile bunlarla ilgili her türlü işlemi yapabilir. Sonra YSA Ağ parametreleri Şekil 4.1’de gösterilen tanımlama ekranını kullanarak, gerekli parametreler sisteme girilerek testler yapılabilir.



Şekil 4.1. Matlab YSA ağ parametreleri ara yüzü.

MATLAB programı veri girişi, Yapay Sinir Ağının tanımlanması, test ve simülasyon aşamalarını, Şekil 4.2’de gösterilen transfer fonksiyonlarıyla birlikte başarılı bir şekilde yapmaktadır.

İsim	Formül	MATLAB'deki gösterim şekli	MATLAB'deki komut
Hard limit	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		hardlim
Symmetrical Hard Limit	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		hardlims
Linear	$a = n$		purelin
Saturating Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Symmetrical Saturating Linear	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlins
Log – Sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^n}$		logsig
Hyperbolic Tangent Sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		tansig
Positive Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad n \geq 0$		poslin
Competitive	$a = 1$ neuron with max n $a = 0$ all other neurons		compet
Radial Basis	$\exp(-n^2)$		radbas
Triangular	$a = 1 - \text{abs}(n), \text{if } -1 \leq n \leq 1$ $a = 0, \text{otherwise}$		tribas

Şekil 4.2. Doğrusal olmayan transfer fonksiyonları.

MATLAB YSA araç kutusu, verilen girdileri kullanarak öğrenme parametreleri analizi ile sistemi belirtilen algoritma ve öğrenme yapısı ile test eder ve öğrenme işlemi ile ilgili olarak bir performans grafiği verir. Bu performans grafiğinde x ekseninde EPOCH sayıları, y ekseninde ise hata değeri bulunmaktadır. YSA'nın en fazla kaç EPOCH yapması gerektiği, minimum hatayı yakaladığı değere kadar devam ederek elde edilir. Çalışmalarda öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynakları içinde büyük öneme sahip rüzgâr enerjisi için rüzgâr hızı, basınç, sıcaklık testleri üç farklı uygulamayla yapılmıştır. Bu tez çalışmasında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 17120 nolu Bilecik İlinin meteoroloji istasyonundan 2000 – 2010 yılları arası 11 yıllık ortalama rüzgâr hızı, ortalama basınç ve ortalama sıcaklığın günlük verileri alınmıştır.

MATLAB YSA araç kutusu ile çalışılırken ağa girilen verilerin [0,1] aralığında normalize edilmiş olması gerekmektedir. Normalize değerler arası ne kadar küçük olursa uzun vadeli tahminler için daha avantaj sağlandığı görülmüştür. Bu çalışmada uzun vadeli tahminler yapıldığı için normalizasyon [0.2,0.8] aralığında yapılmış ve aşağıdaki 4.1 formülü kullanılmıştır.

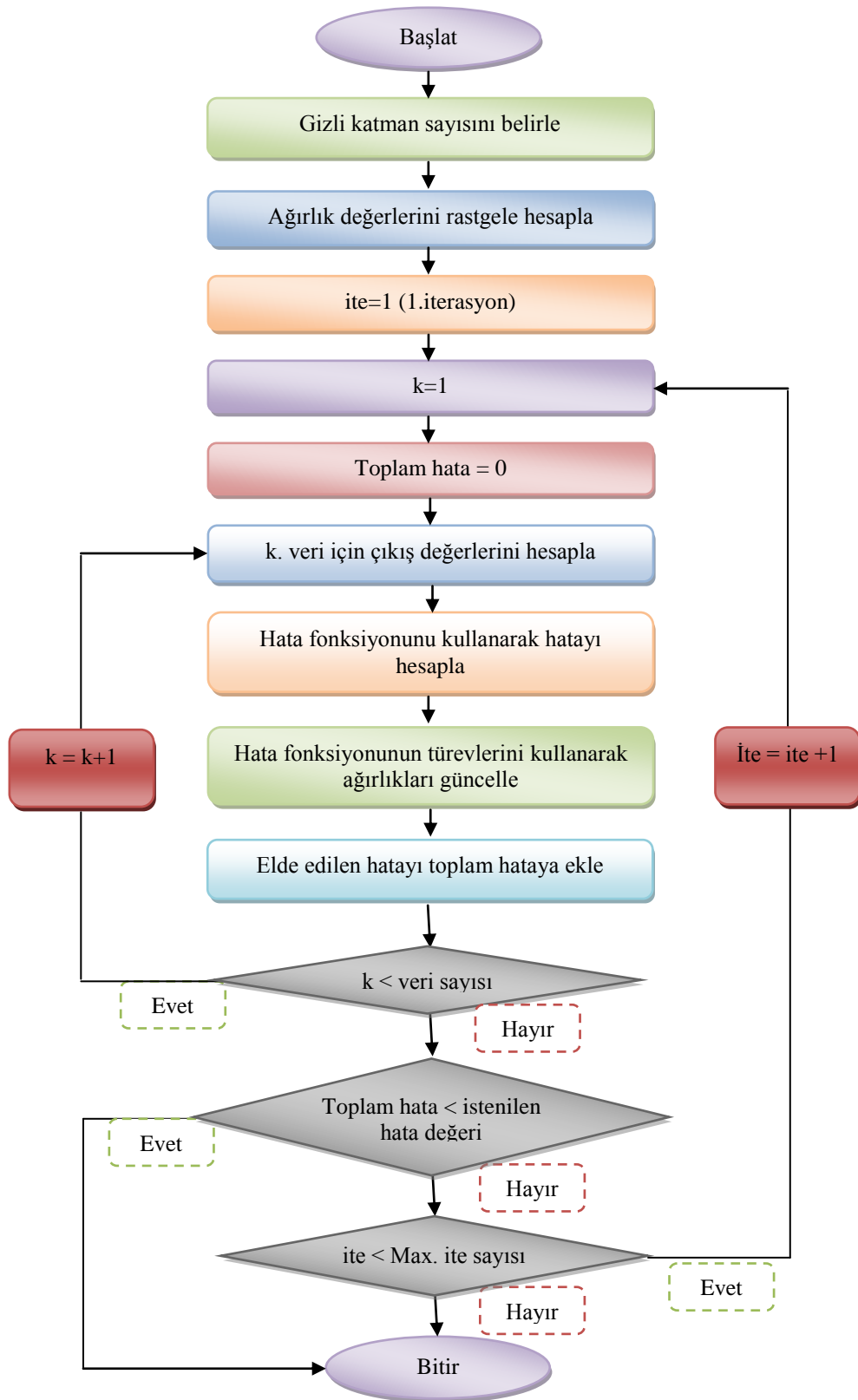
$$\|x\| = 0.2 + 0.6 \cdot (x - \min(x)) / (\max(x) - \min(x)) \quad (\text{E.4.1})$$

Çalışılan modelin yapısına göre girdiler ve çıktı sisteme tanıtılmış, hesaplanan çıktı ile gerçek çıktı kullanılarak hata değerleri elde edilmiş, bu hatalara göre karesel ortalama hataları (MSE) ve ortalama karekök hataları (RMSE) E.4.2 ve E.4.3 denklemler ile hesaplanmıştır. MATLAB ile çalışılırken eldeki verilerin %80'i Yapay Sinir Ağını öğretme amaçlı, geriye kalan %20'lik kısmı ise test amaçlı sisteme tanıtılmıştır. Bu veri girişleri ve gerçek çıkış değeri için MATLAB YSA araç kutusu kullanılarak tanımlanmıştır.

$$MSE(x) = (X_{hesaplanan} - X_{gerçek})^2 \quad (\text{E.4.2})$$

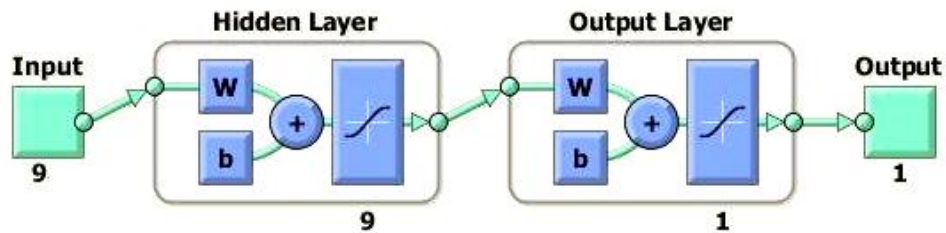
$$RMSE(x) = \sqrt{MSE(x)} \quad (\text{E.4.3})$$

Bu tez çalışmasında MATLAB YSA araç kutusu kullanılarak yapılan YSA algoritmasının akış diyagramı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. YSA algoritması akış diyagramı.

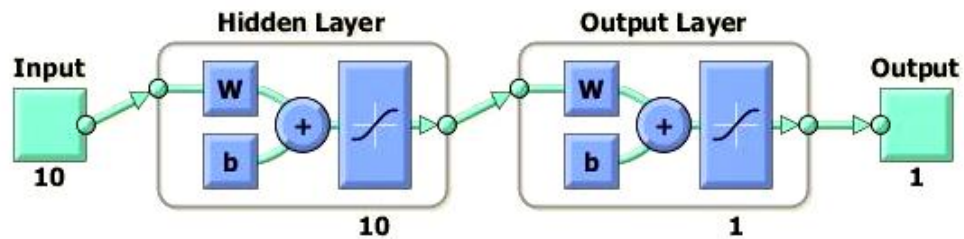
U1 olarak kodlandığımız birinci uygulamada 2000 – 2009 yıllarının ortalama rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık verileri alınmıştır. Alınan bu veriler, aynı aylar için gruplandırılarak 0.2-0.8 arasında normalize edilmiştir. Ortalama rüzgâr hızı, ortalama basınç ve ortalama sıcaklık için ayrı ayrı 12 YSA modeli kurulmuştur. Bu YSA modelleri gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere ardışık beslemeli geri yayılım ağından oluşmaktadır. Burada oluşturulan iki gizli katmanda da tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. İlk katmanda dokuz, ikinci katmanda bir nöron vardır. Bu YSA yaklaşımında Levenberg - Marquardt Algoritması kullanılıp, dokuz girdi bir çıktı vardır. Ayrıca deneme sayısı 1000'e yükseltilerek yöntemin öğrenme kapasitesinde sağlanan iyileştirilmeye bakılmıştır. Eğitim için, 2000 yılından başlayarak 2008 yılına kadar olan tüm verilerin aynı aylarını (9 x gün sayısı) giriş matrisi, 2009 yılının tüm verilerinin aynı ayını (1 x gün sayısı) çıkış matrisi olarak verilmiştir. Test için, 2001 yılından başlayarak 2009 yılına kadar olan tüm verilerin aynı aylarını (9 x gün sayısı) giriş matrisi olarak verilmiş, 2010 yılının tüm verilerinin aynı ayları (1 x gün sayısı) tahmin edilmiştir. Kurulan YSA yapısı Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Gerçek verilere göre kurulan YSA modeli.

U2 olarak kodlandığımız ikinci uygulamada ise 2000 – 2010 yıllarının ortalama rüzgâr hızı, basınç, sıcaklık verileri alınmıştır. Alınan bu verileri, aynı ayları 0.2-0.8 arasında normalize edilmiştir. Ayların içindeki tek sayılı günler ve çift sayılı günler ayrıştırılmıştır. Ortalama rüzgâr hızı, ortalama basınç ve ortalama sıcaklık için ayrı ayrı 12 YSA modeli kurulmuştur. Bu YSA modelleri gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere ardışık beslemeli geri yayılım ağından oluşmaktadır. Burada oluşturulan iki gizli katmanda da tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. İlk katmanda on, ikinci katmanda bir nöron vardır. Bu YSA yaklaşımında Levenberg - Marquardt Algoritması kullanılıp, on girdi bir çıktı vardır. Ayrıca deneme sayısı 1000'e yükseltilerek metodun öğrenme kapasitesinde sağlanan iyileştirilmeye bakılmıştır.

Eğitim için, 2000 yılından başlayarak 2009 yılına kadar olan tüm verilerin aynı ayların tek sayılı günlerini (10 x tek sayılı günler) giriş matrisi, 2009 yılının tüm verilerinin aynı aylarının çift sayılı günleri (1 x çift sayılı günler) çıkış matrisi olarak verilmiştir. Test için, 2001 yılında başlayarak 2010 yılına kadar olan tüm verilerin aynı ayların tek sayılı günleri (10 x tek sayılı günler) giriş matrisi, 2010 yılının tüm verilerinin aynı aylarının çift sayılı günleri (1 x çift sayılı günler) tahmin edilmiştir. Kurulan bu YSA yapısı Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Tek ve çift sayılı günlerin verilerine göre kurulan YSA modeli.

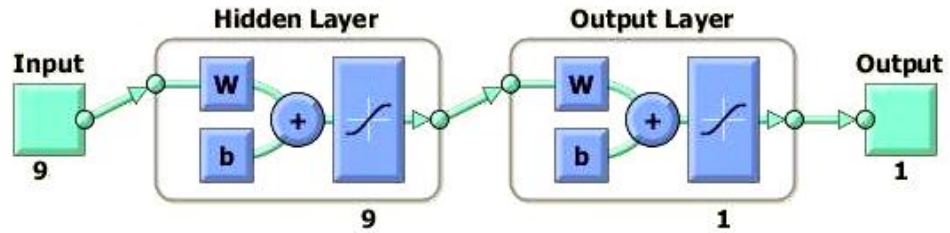
İstatistiksel hesaplamada (Yılmaz B., 2006);

$$o.s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - X_a|, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

denklemini kullanılmıştır. Bu denklemde n ölçülen değer sayısını, X_i ölçülen değerleri, X_a da bu değerlerin aritmetik ortalamasını vermektedir.

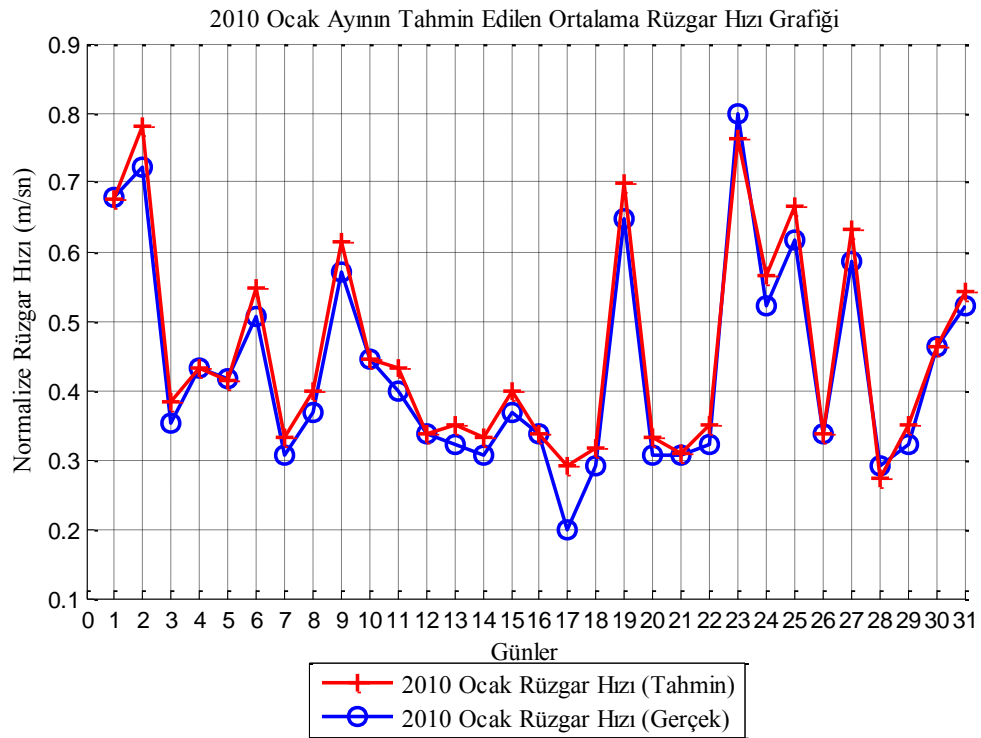
U3 olarak kodlandığımız üçüncü uygulamada da 2000 – 2009 yıllarının ortalama rüzgâr hızı, basınç, sıcaklık verileri alınmış, aynı aylar olarak gruplandırılmıştır. Ayların her birisinin ortalama değerleri bulunarak gerçek değerlerinden çıkartılmıştır. Bulunan bu sapma değerlerine göre aylık 0.2-0.8 arasında normalize edilmiştir. Ortalama rüzgâr hızı, ortalama basınç ve ortalama sıcaklık için ayrı ayrı 12 YSA modeli kurulmuştur. Bu YSA modelleri gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere ardışık beslemeli geri yayılım ağından oluşmaktadır. Burada oluşturulan iki gizli katmanda da tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. İlk katmanda dokuz, ikinci katmanda bir nöron vardır. Bu YSA yaklaşımında Levenberg - Marquardt Algoritması kullanılıp, dokuz girdi bir çıktı vardır. Ayrıca deneme sayısı 1000’e yükseltilerek yöntemin öğrenme kapasitesinde sağlanan iyileştirilmeye bakılmıştır.

Eğitim için, 2000 yılından başlayarak 2008 yılına kadar olan tüm verilerin aynı aylarını (9 x gün sayısı) giriş matrisi, 2009 yılının tüm verilerinin aynı ayını (1 x gün sayısı) çıkış matrisi olarak verilmiştir. Test için, 2001 yılından başlayarak 2009 yılına kadar olan tüm verilerin aynı ayların (9 x gün sayısı) giriş matrisi olarak verilmiş, 2010 yılının tüm verilerinin aynı ayları (1 x gün sayısı) tahmin edilmiştir. Kurulan YSA yapısı ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

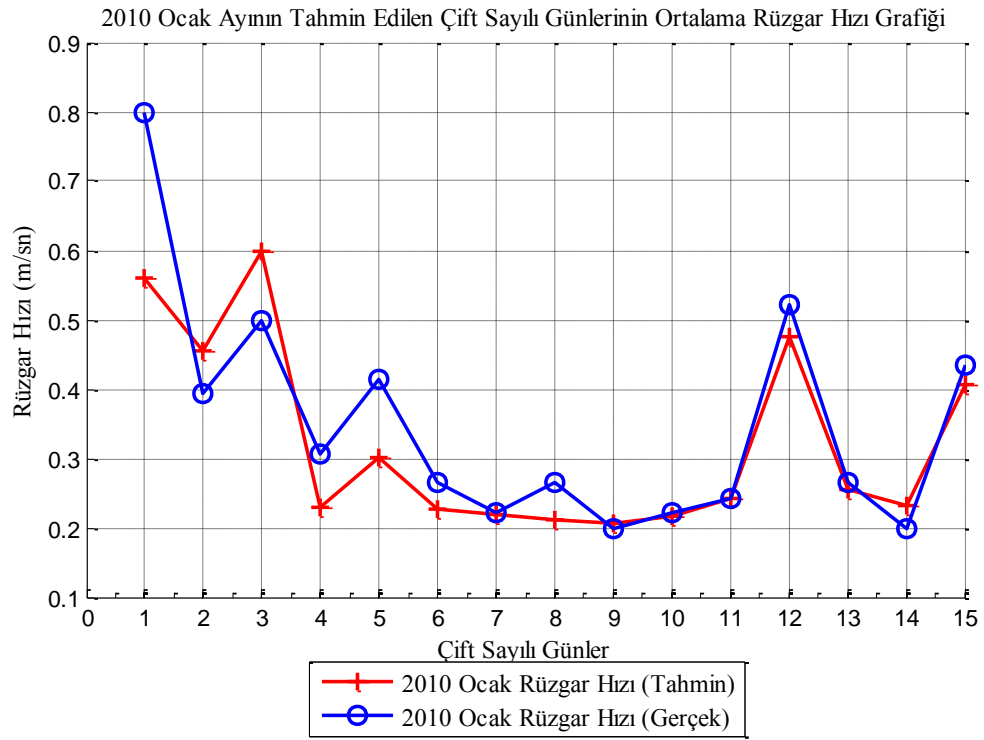


Şekil 4.6. Ortalama sapma verilerine göre kurulan YSA modeli.

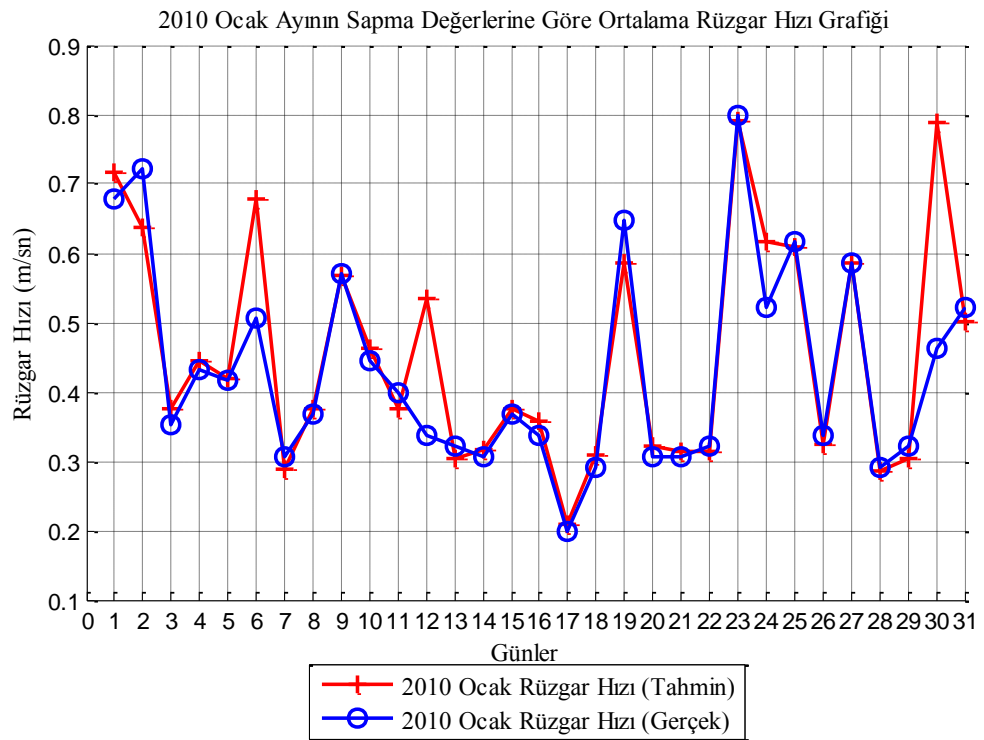
Yapılan bu üç uygulamada elde edilen 2010 yılının ortalama rüzgar hızı tahmin verilerinin gerçek verilerle karşılaştırılması; Şekil 4.7'den Şekil 4.42'ye kadar grafikler ile gösterilmiştir.



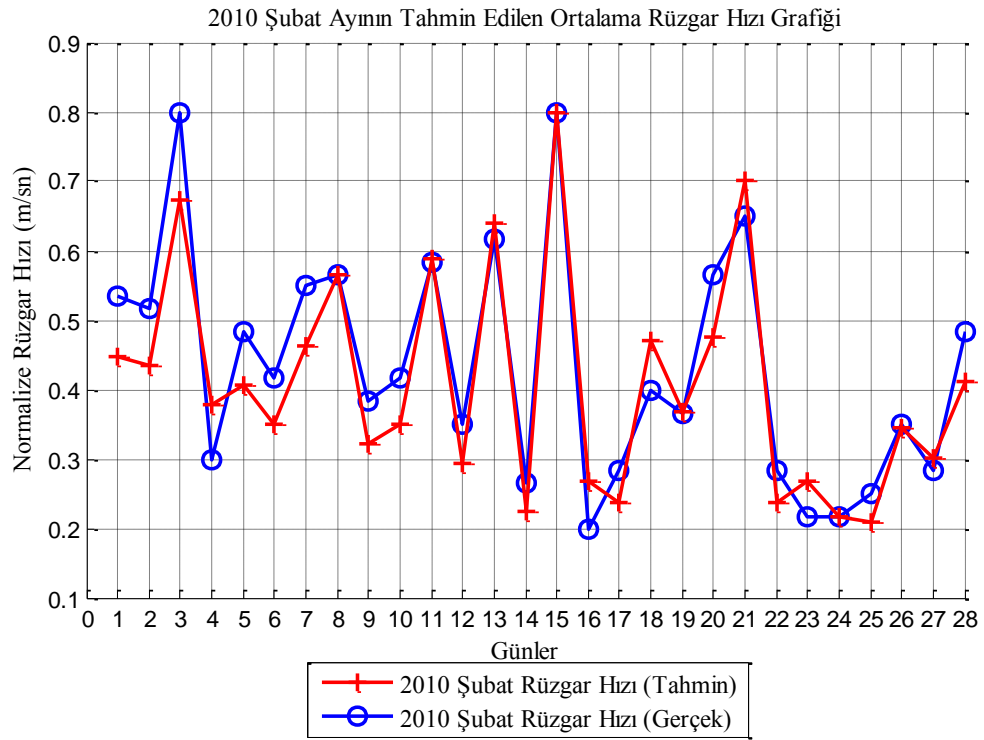
Şekil 4.7. 2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



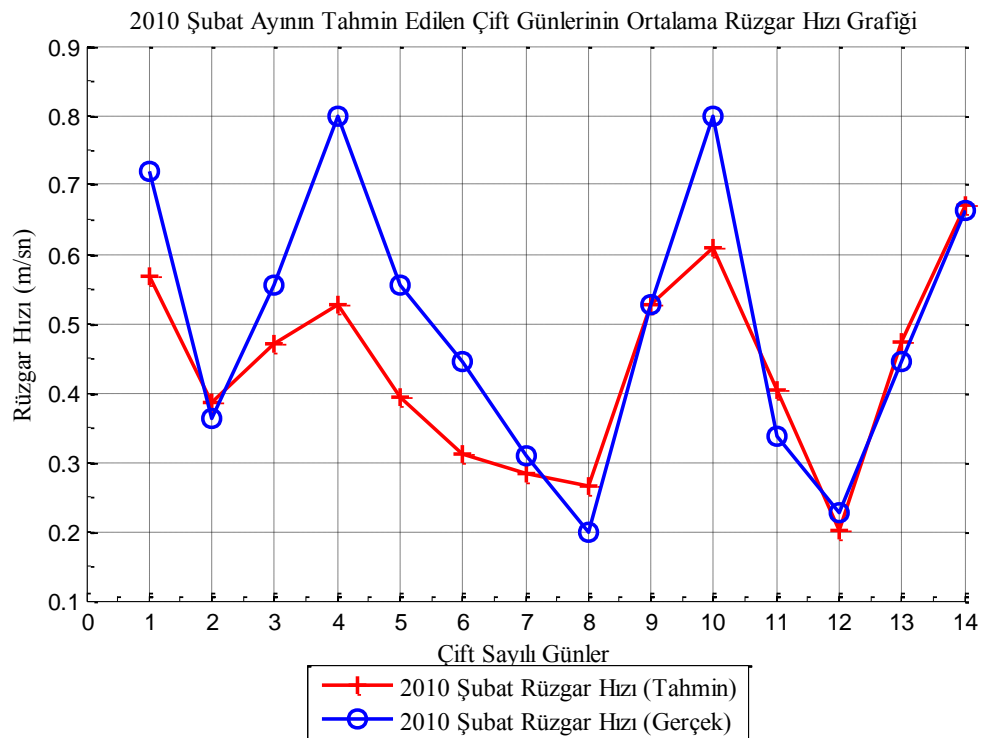
Şekil 4.8. 2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



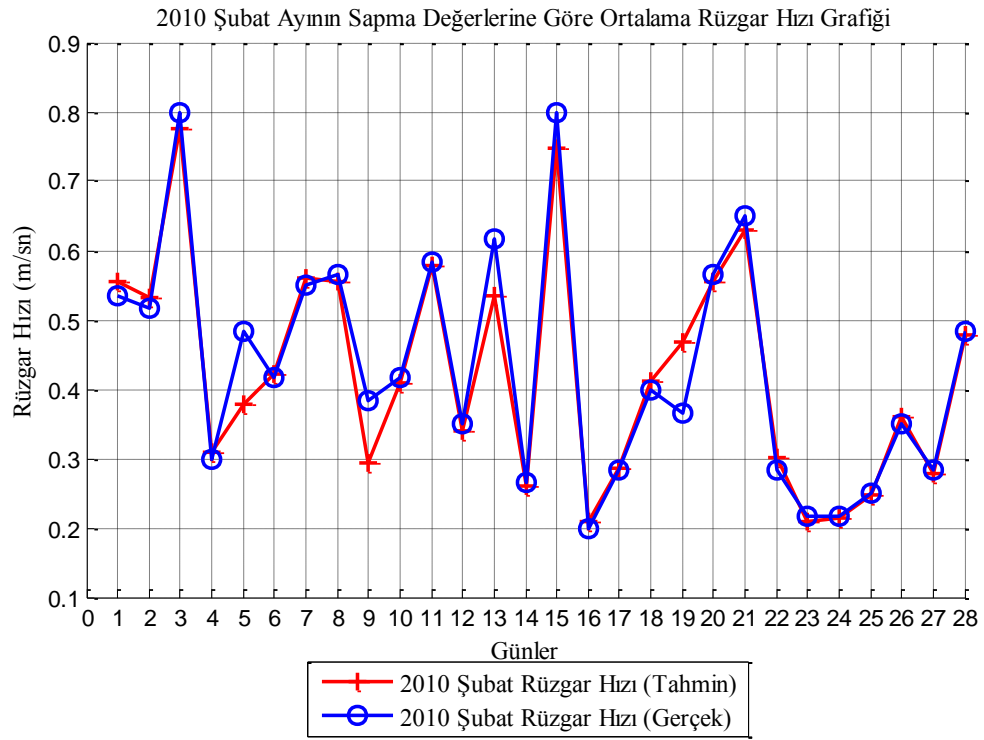
Şekil 4.9. 2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



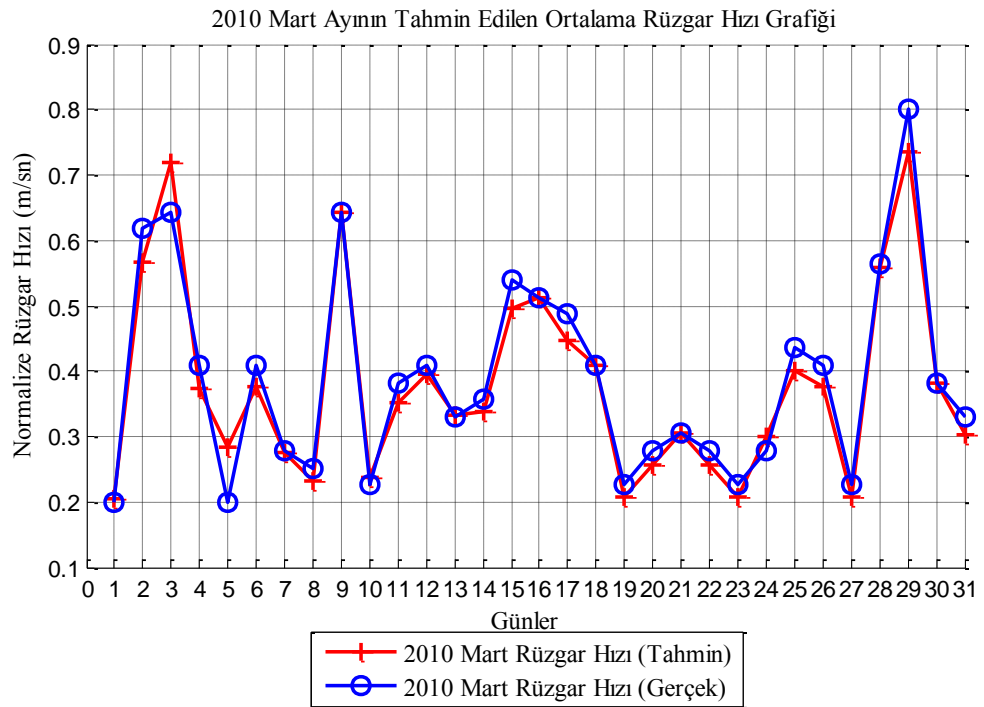
Şekil 4.10. 2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



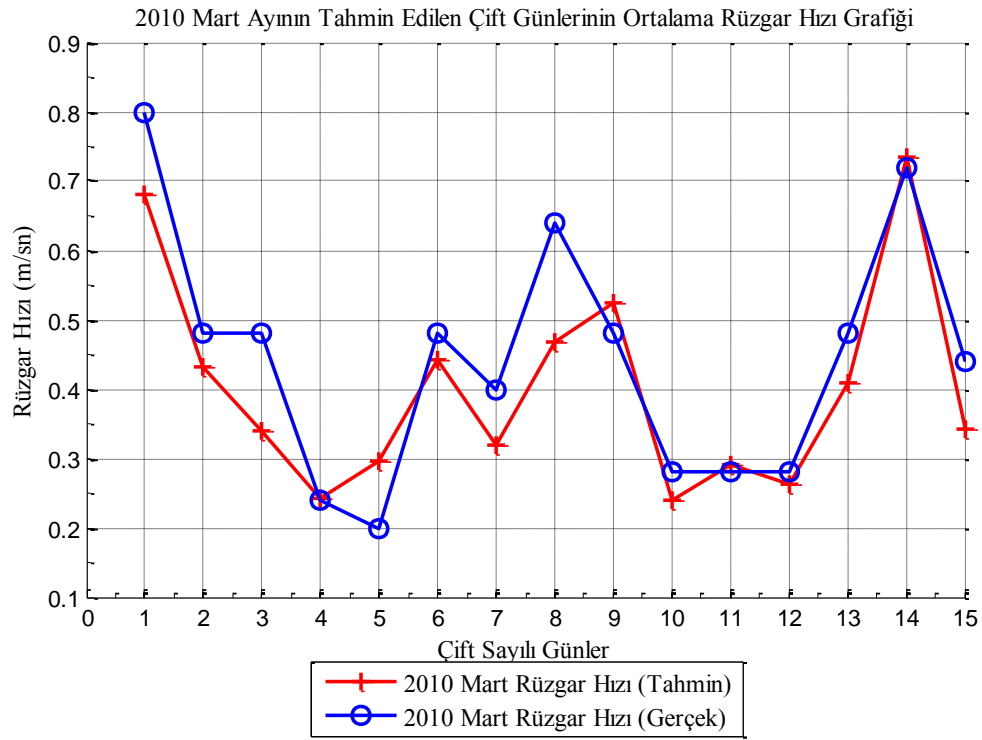
Şekil 4.11. 2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



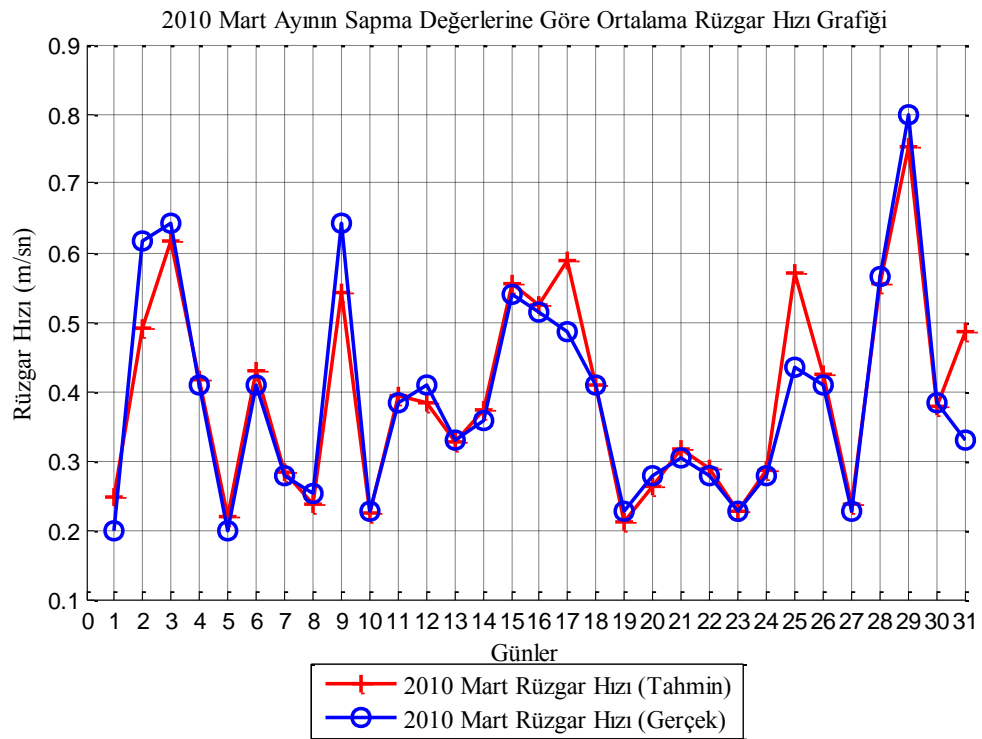
Şekil 4.12. 2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3)



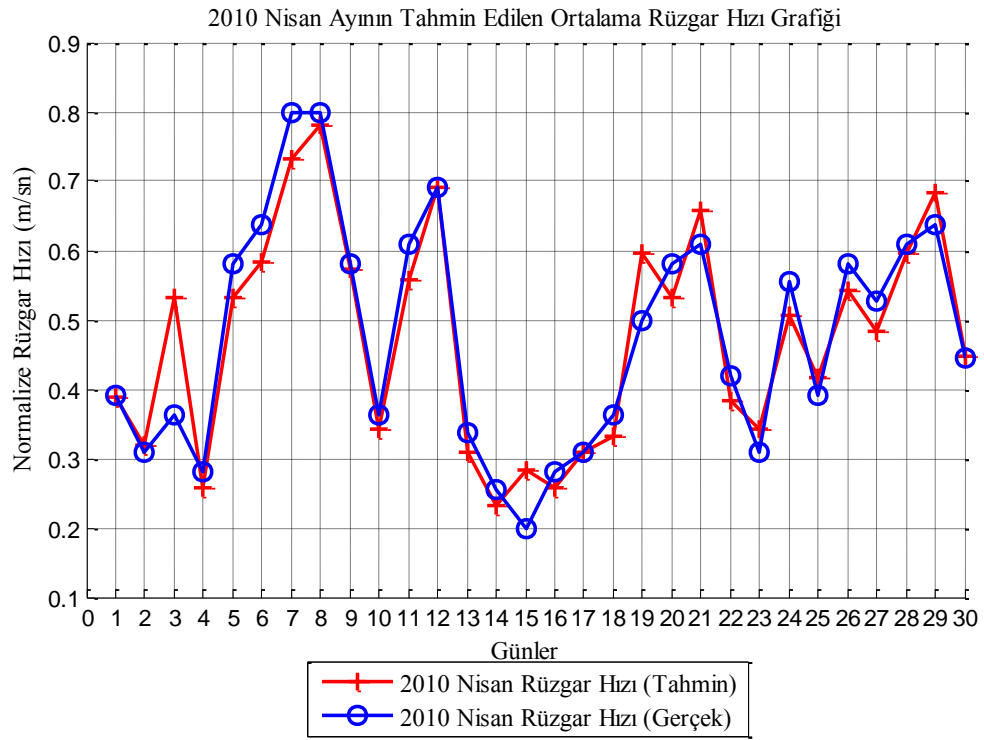
Şekil 4.13. 2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



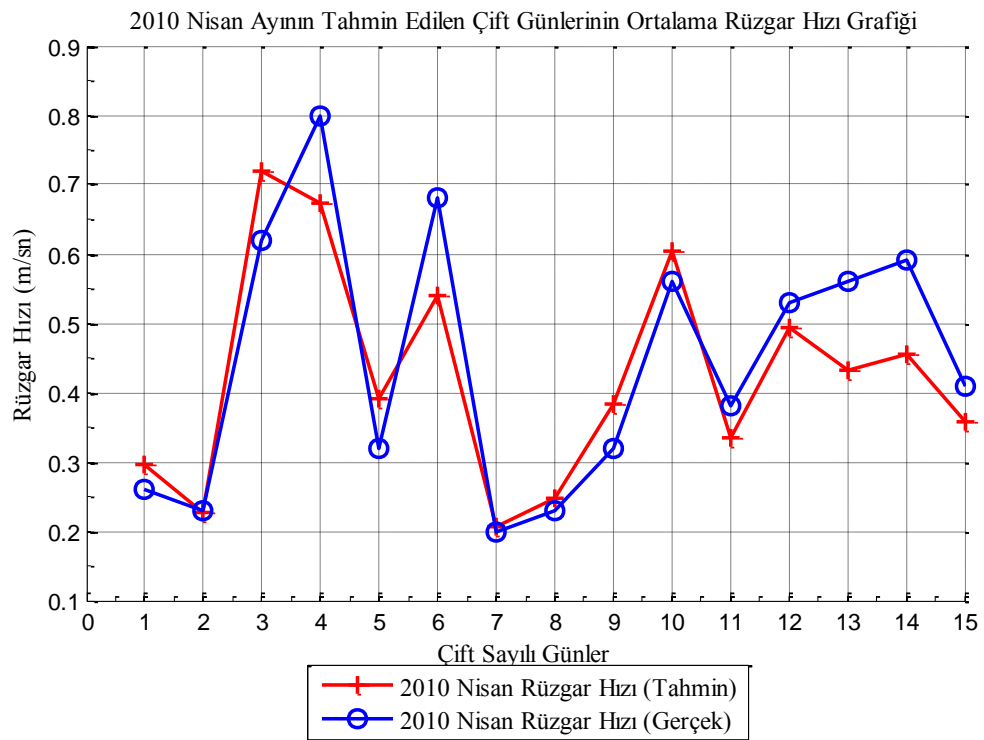
Şekil 4.14. 2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



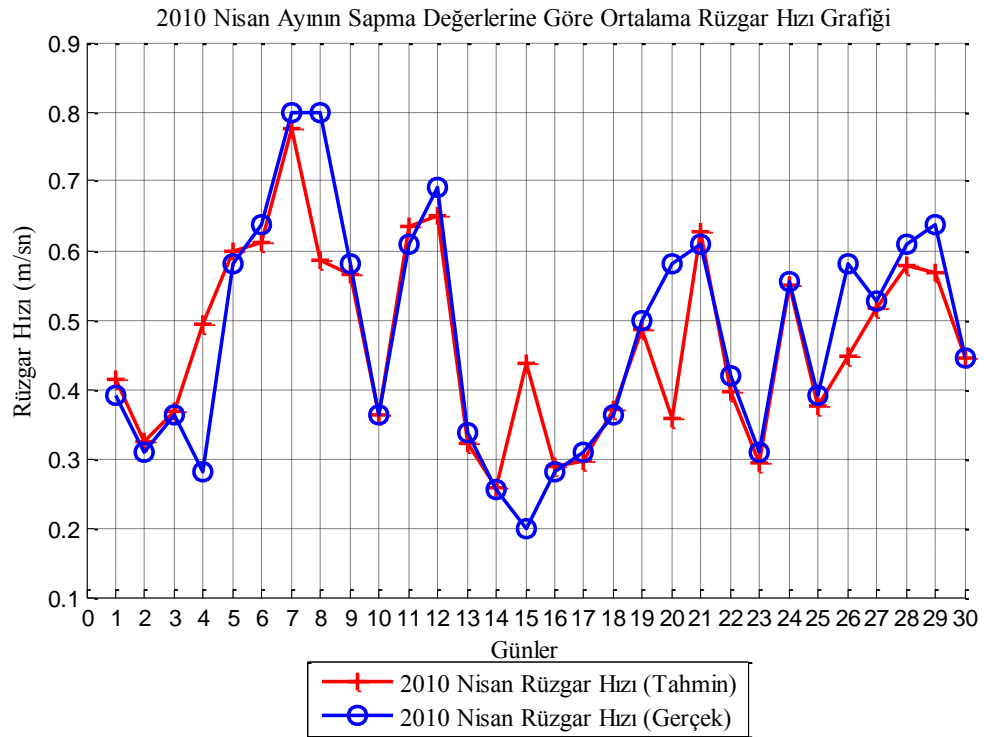
Şekil 4.15. 2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



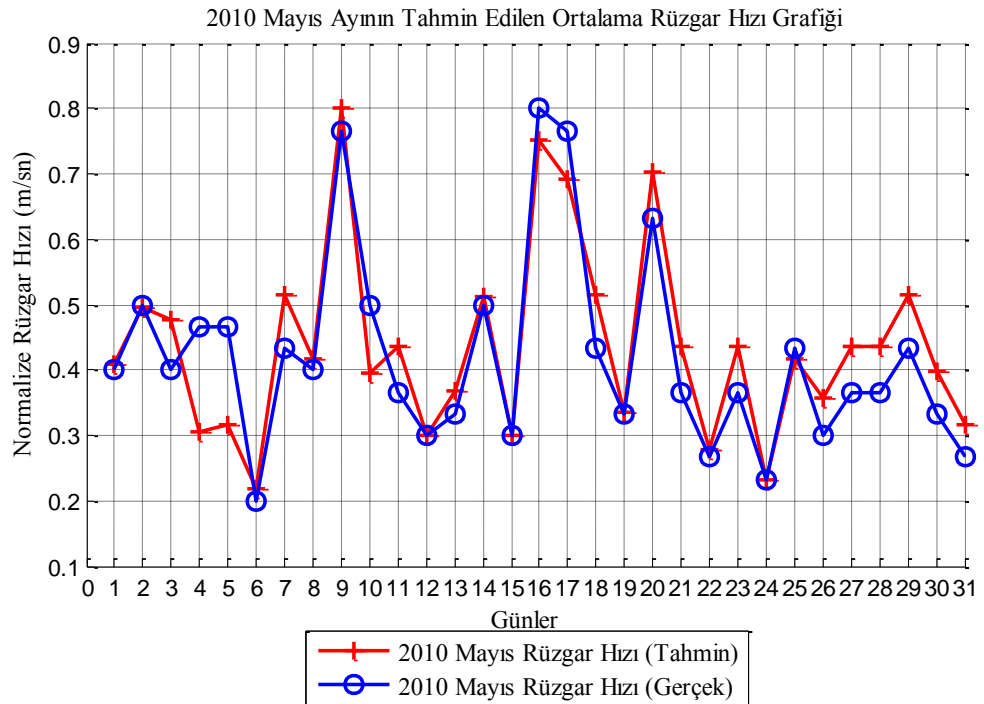
Şekil 4.16. 2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



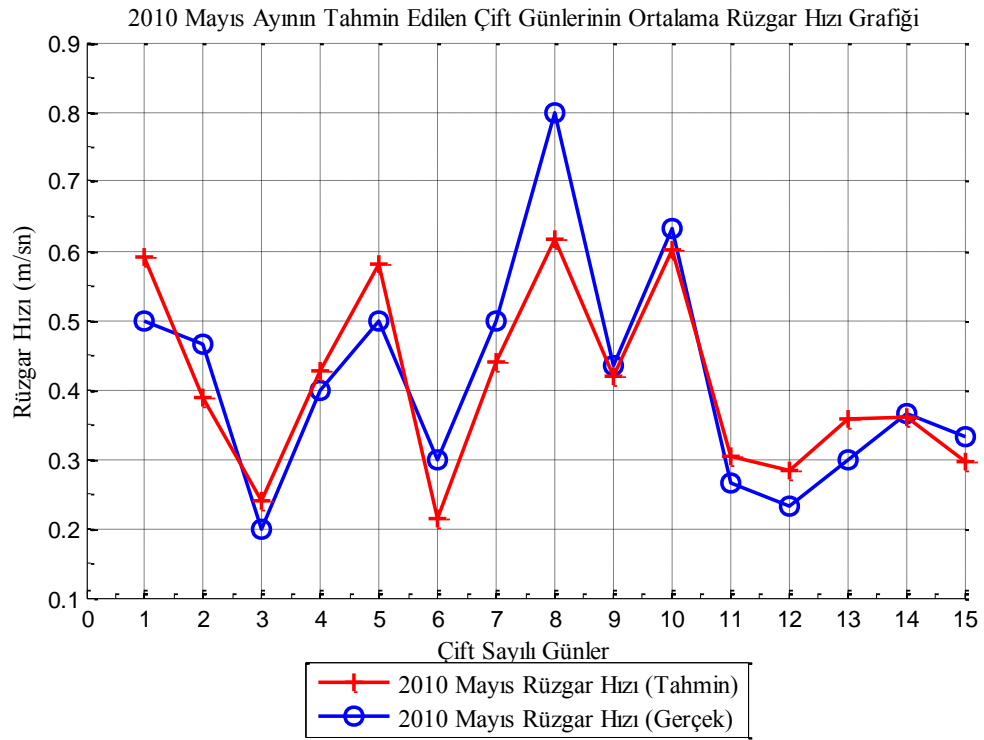
Şekil 4.17. 2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



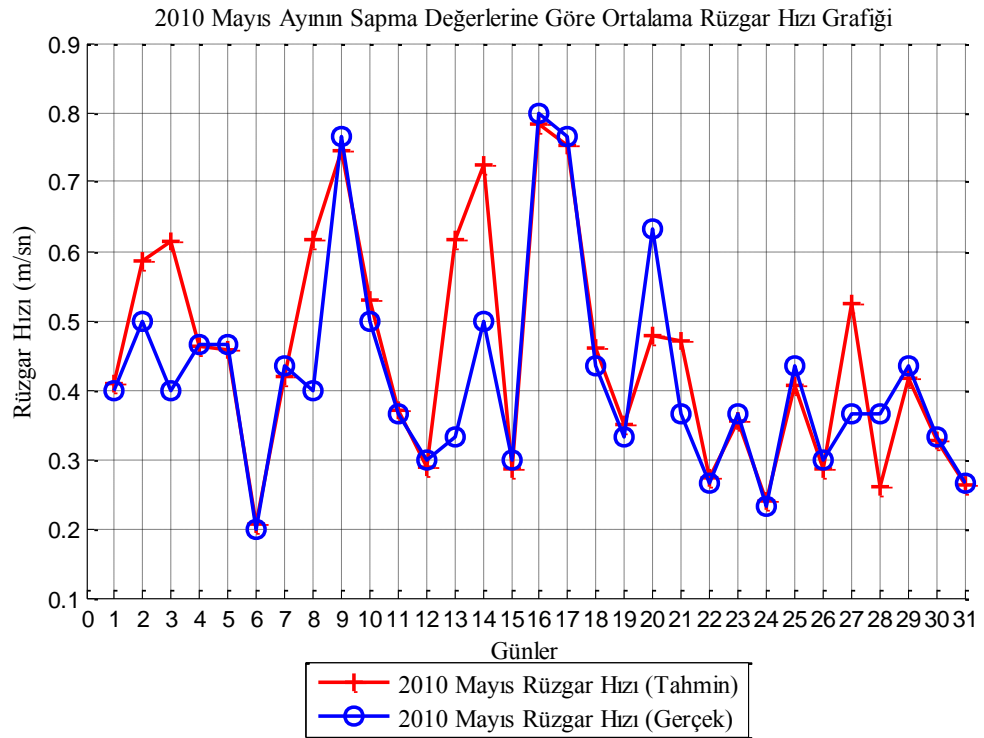
Şekil 4.18. 2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



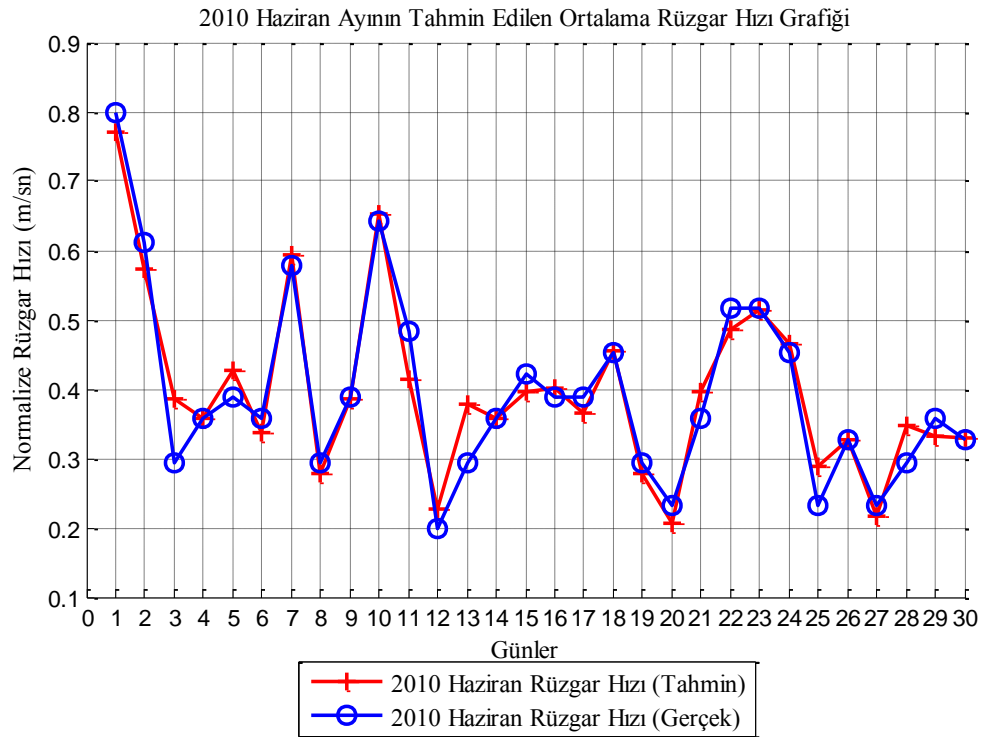
Şekil 4.19. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₁).



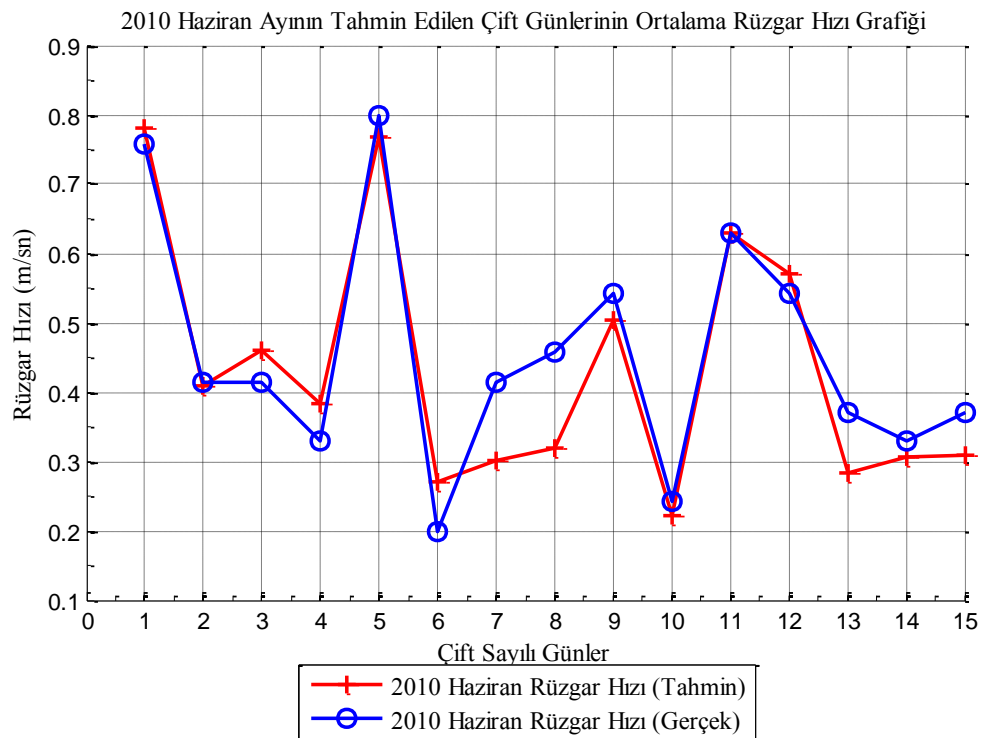
Şekil 4.20. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



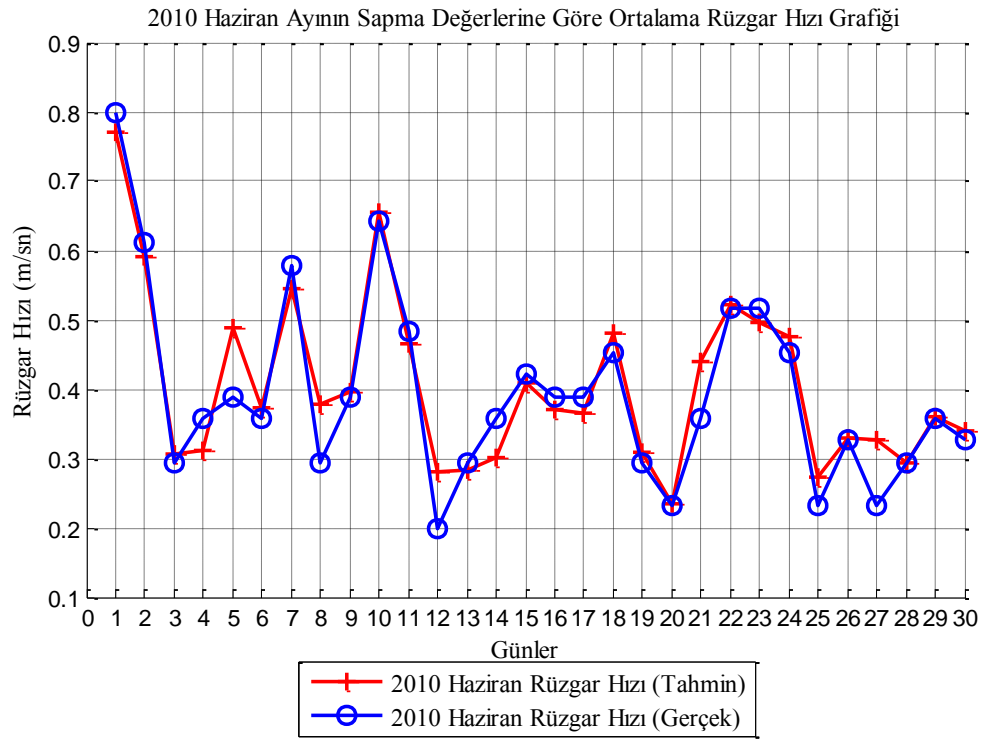
Şekil 4.21. 2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



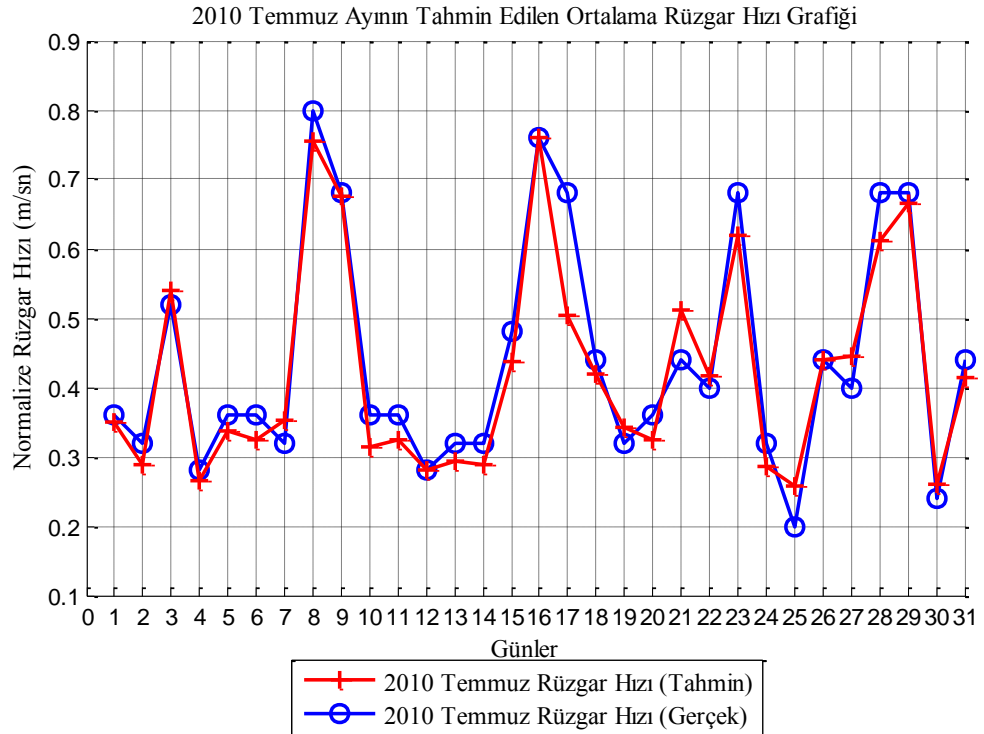
Şekil 4.22. 2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



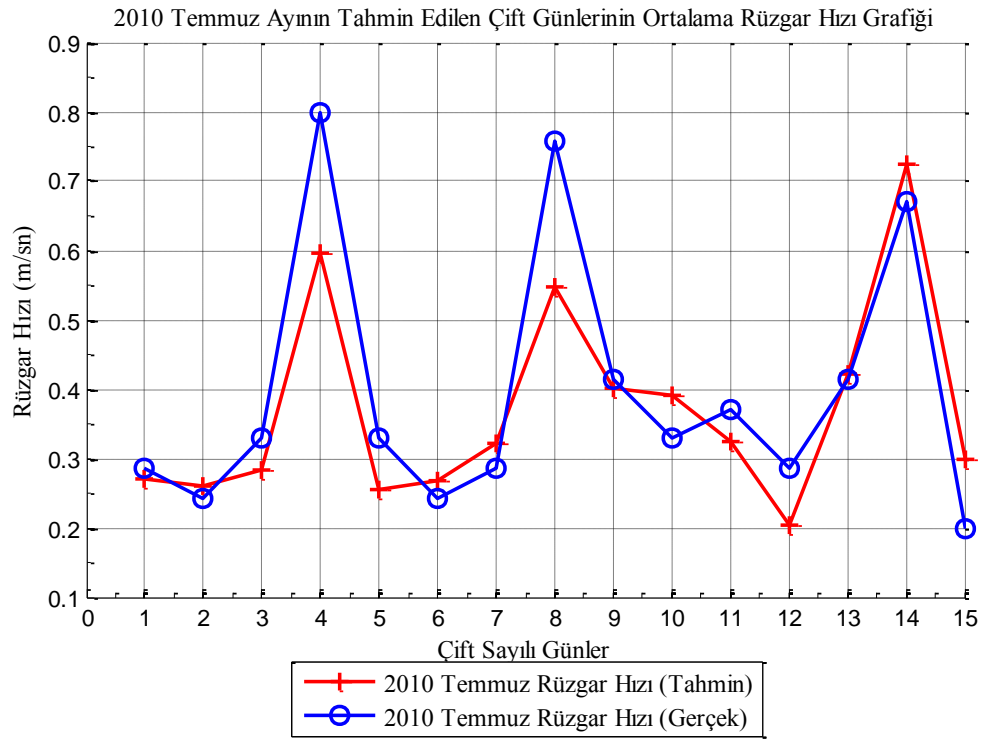
Şekil 4.23. 2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



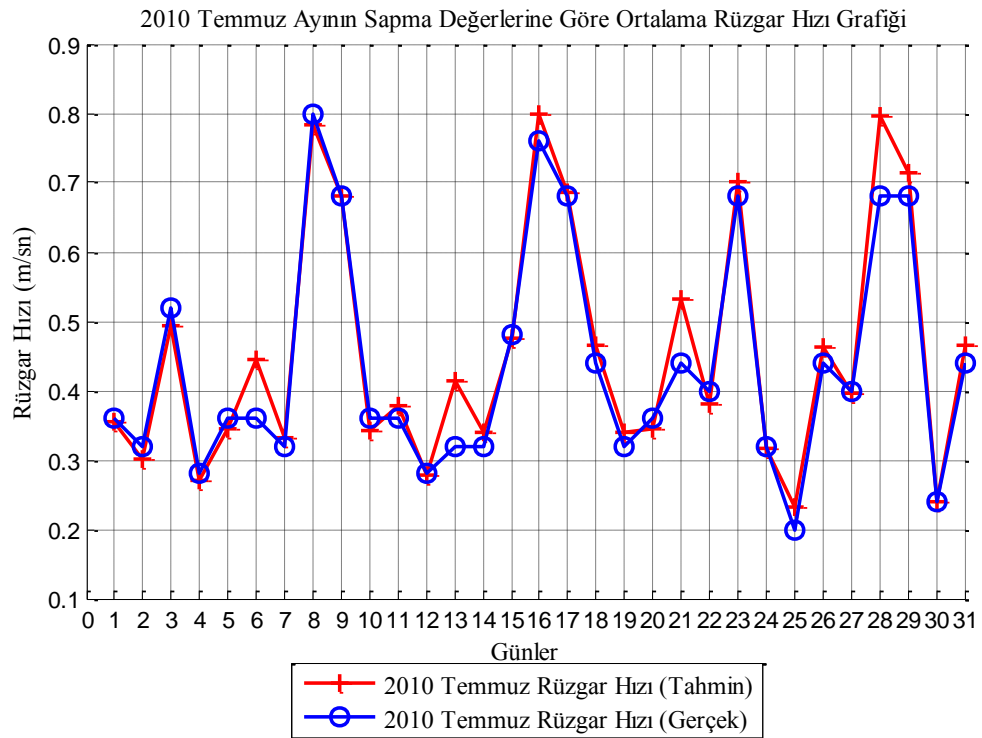
Şekil 4.24. 2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).



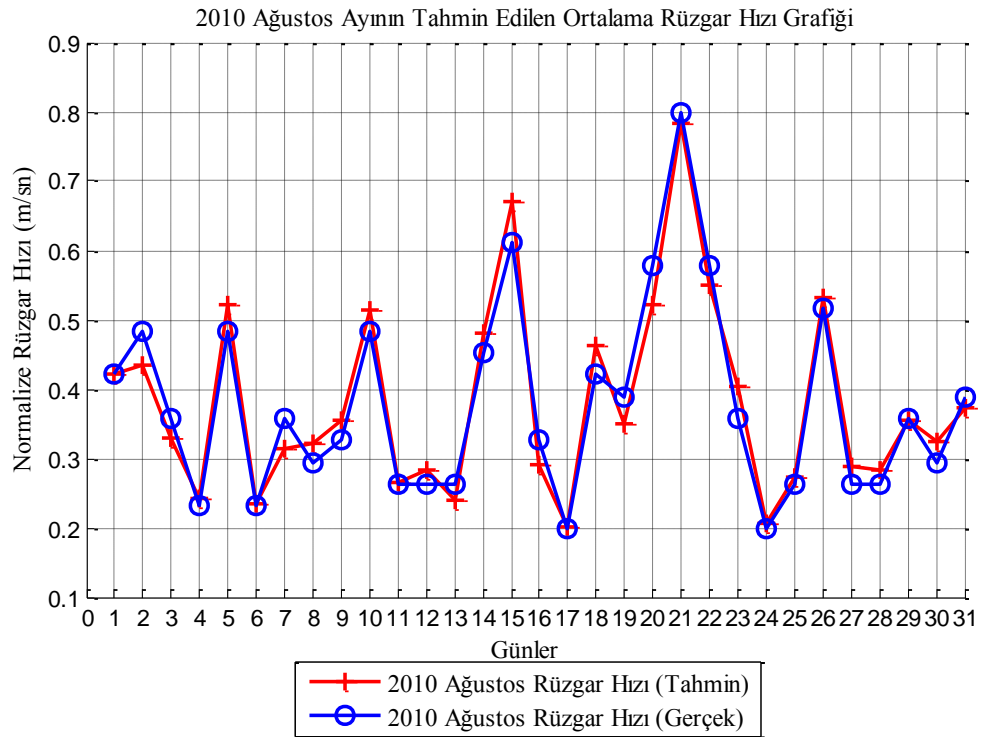
Şekil 4.25. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



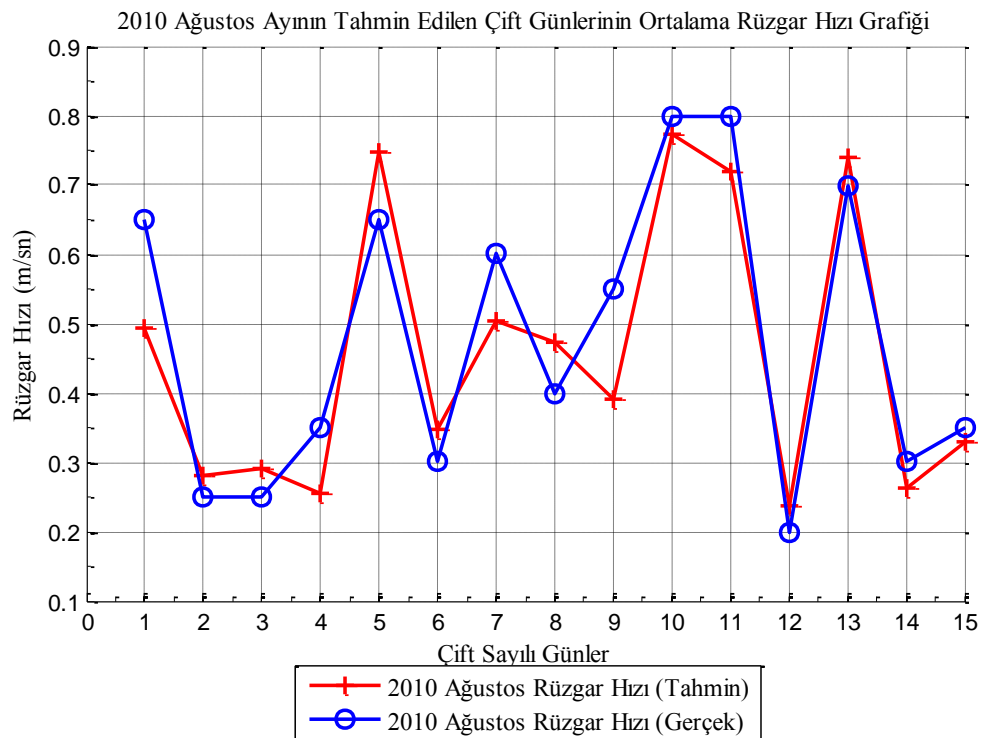
Şekil 4.26. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



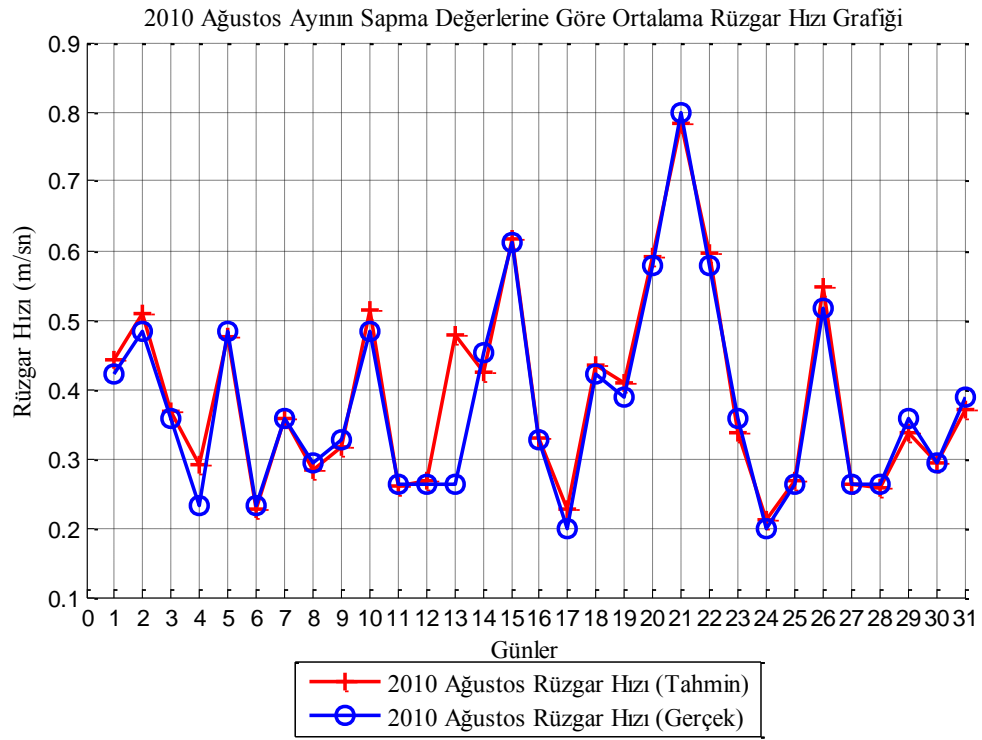
Şekil 4.27. 2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



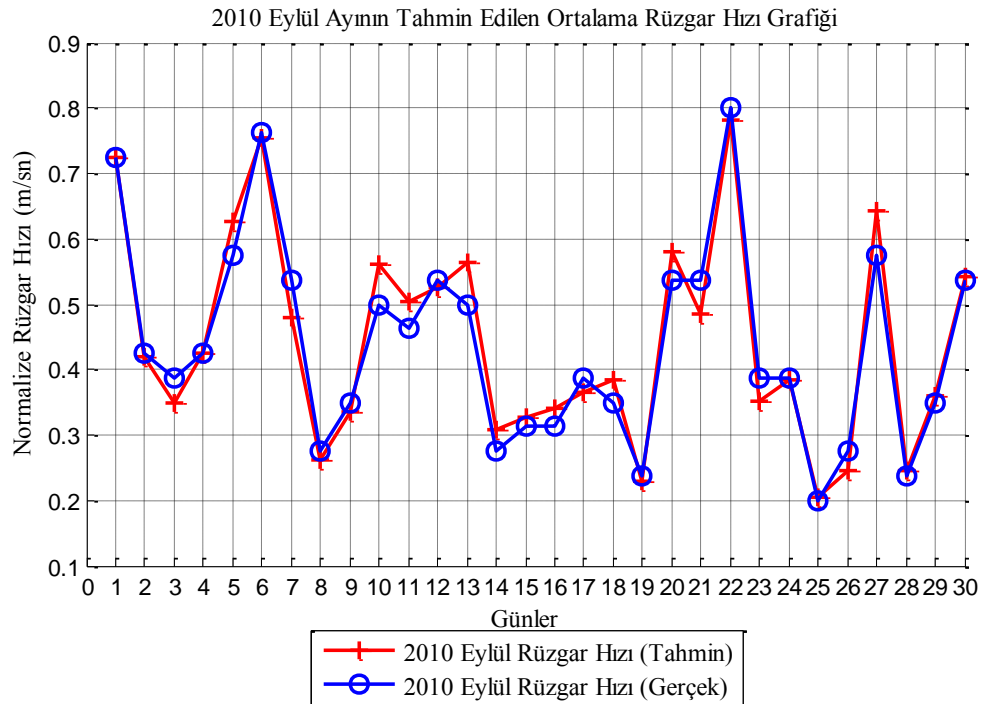
Şekil 4.28. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



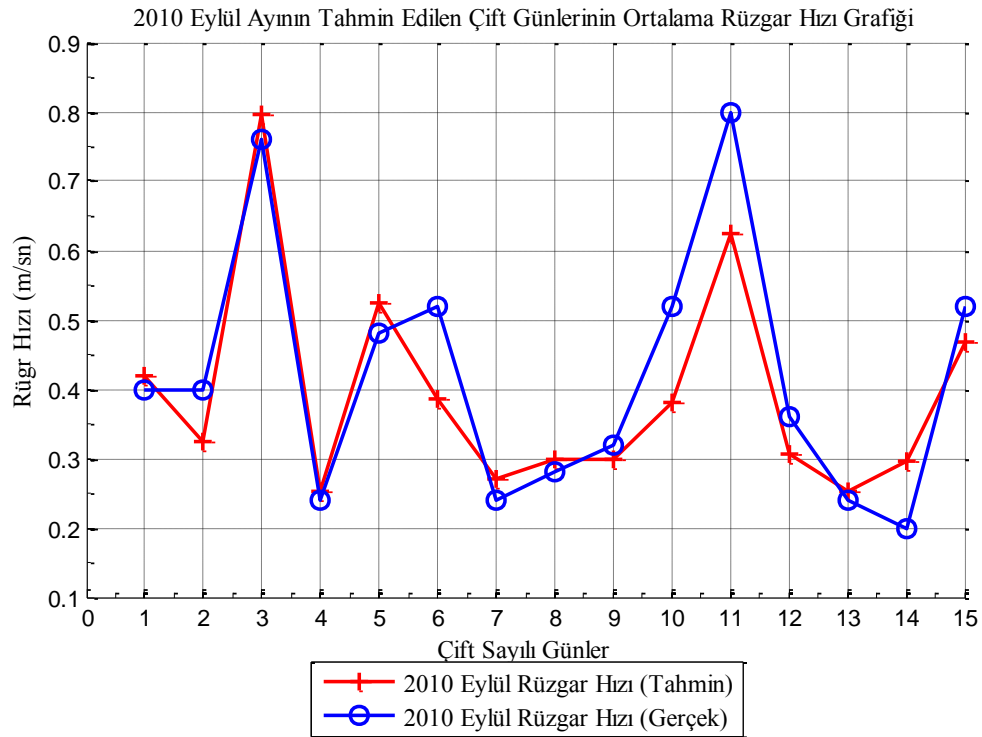
Şekil 4.29. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



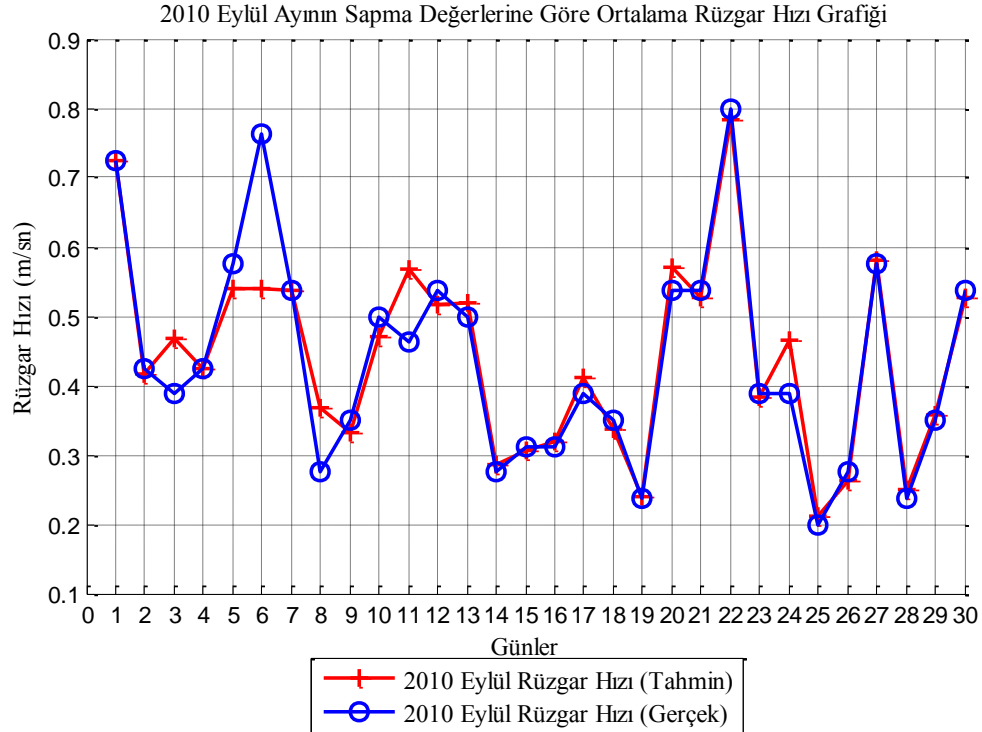
Şekil 4.30. 2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).



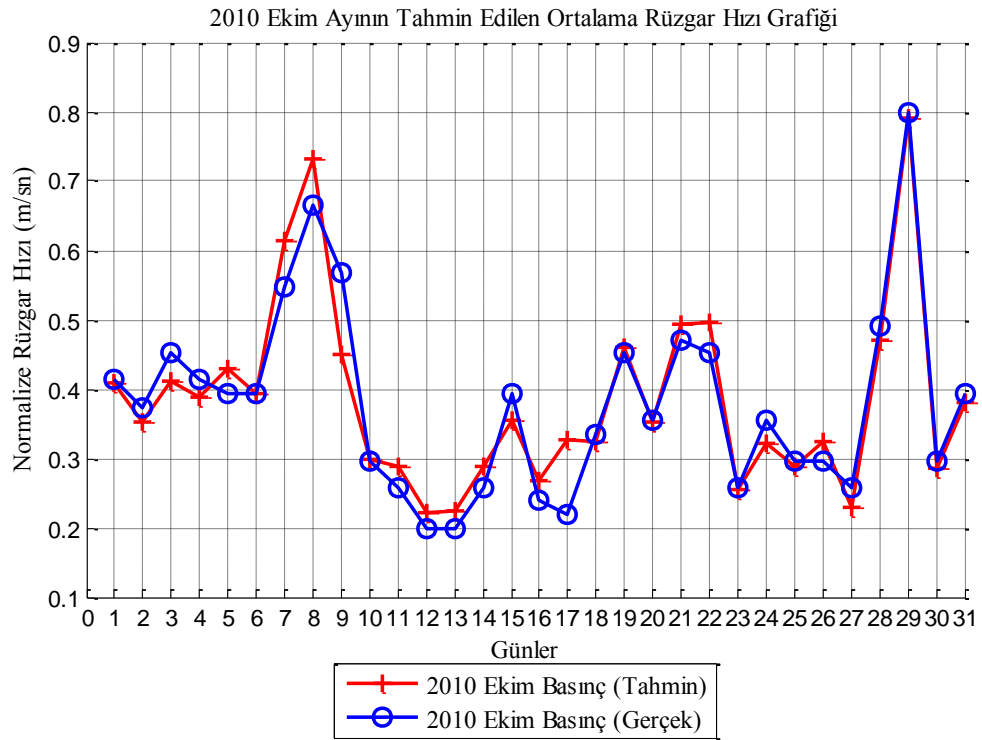
Şekil 4.31. 2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



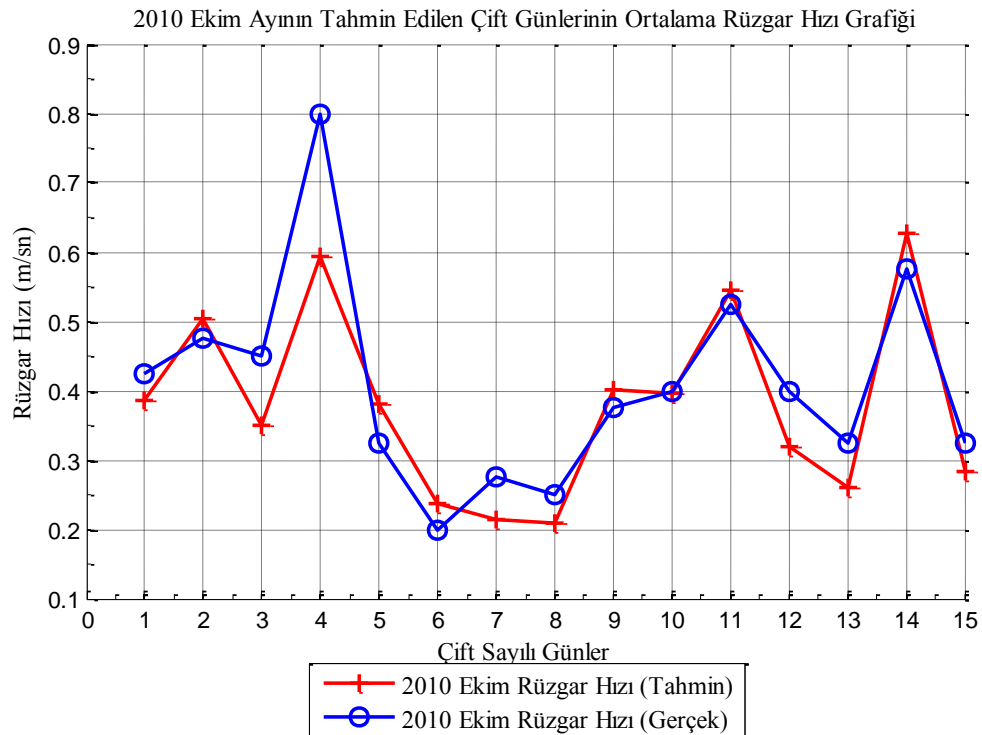
Şekil 4.32. 2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



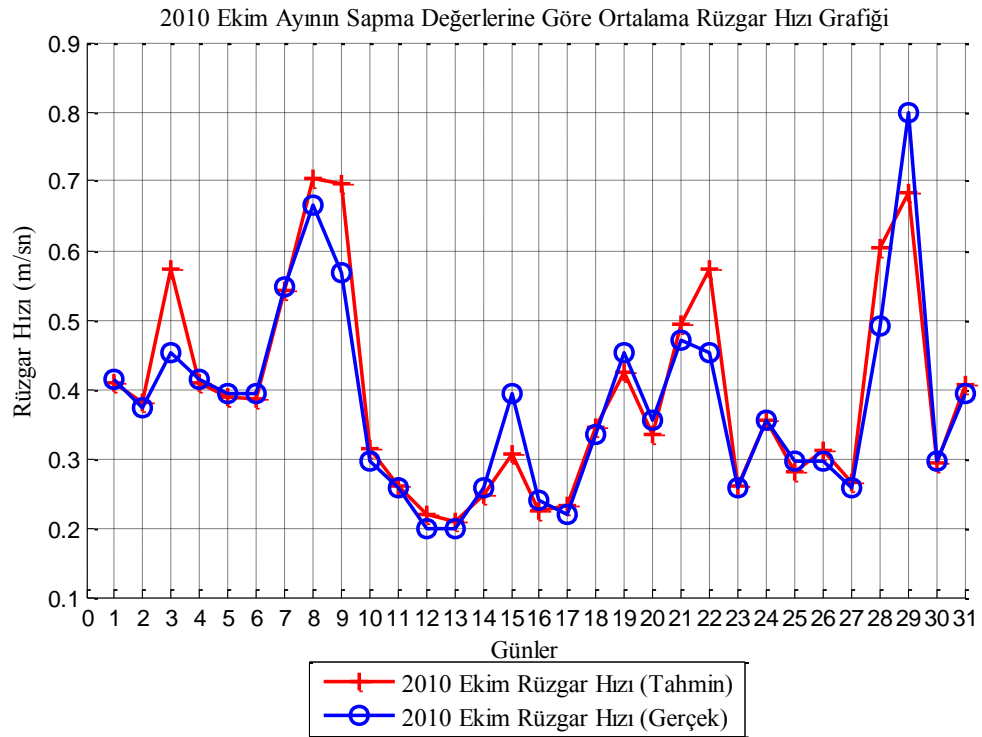
Şekil 4.33. 2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



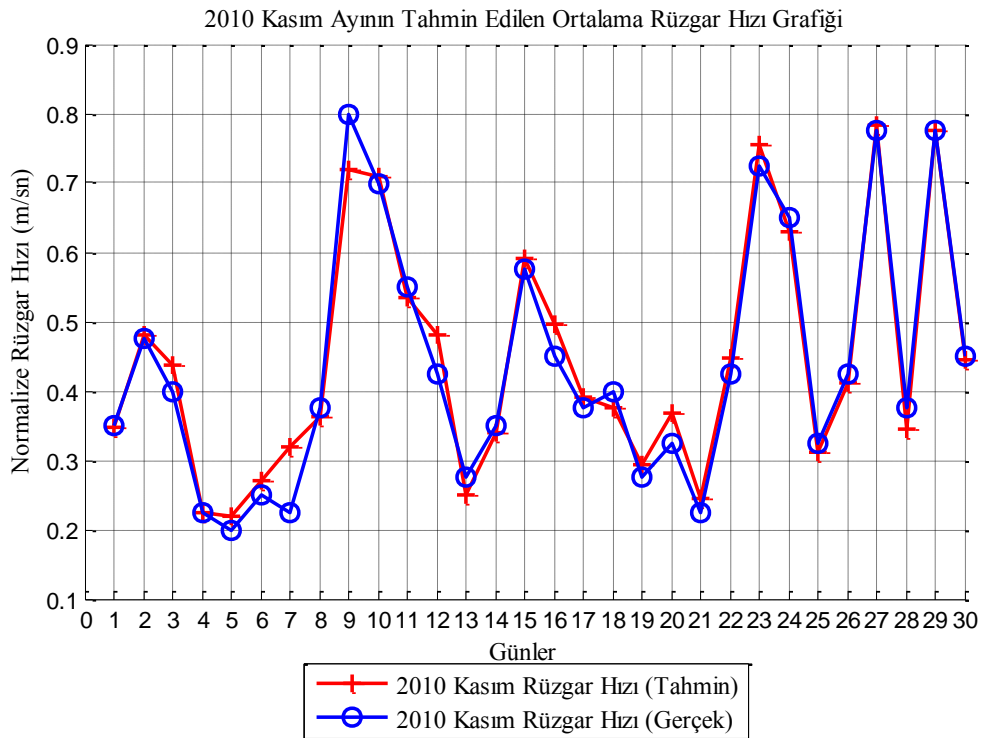
Şekil 4.34. 2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



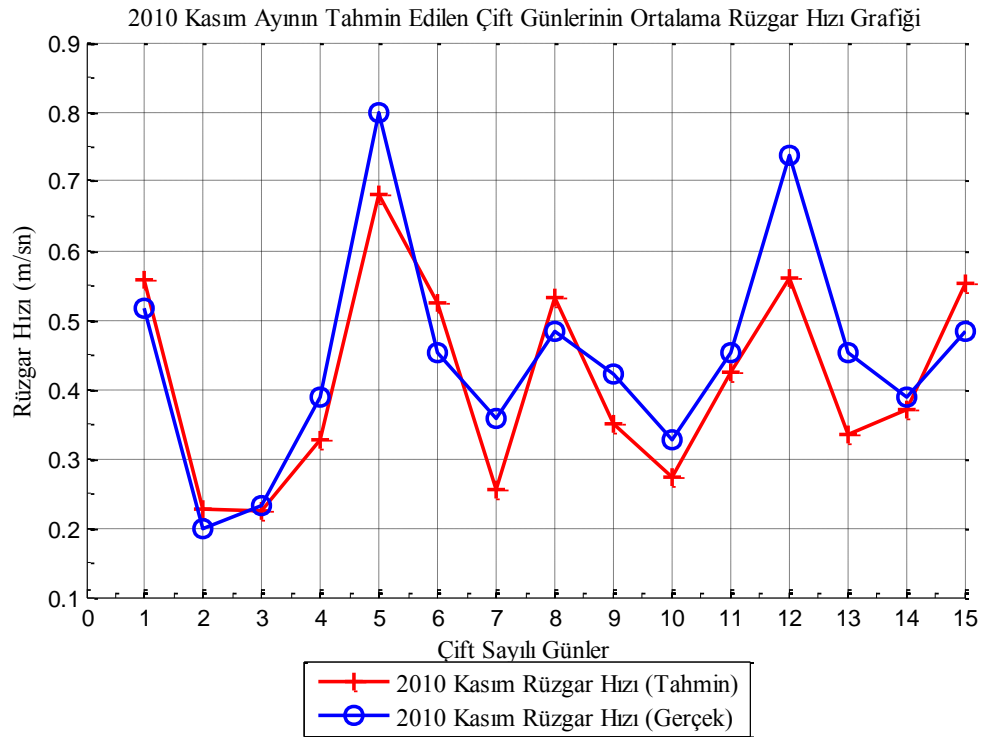
Şekil 4.35. 2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



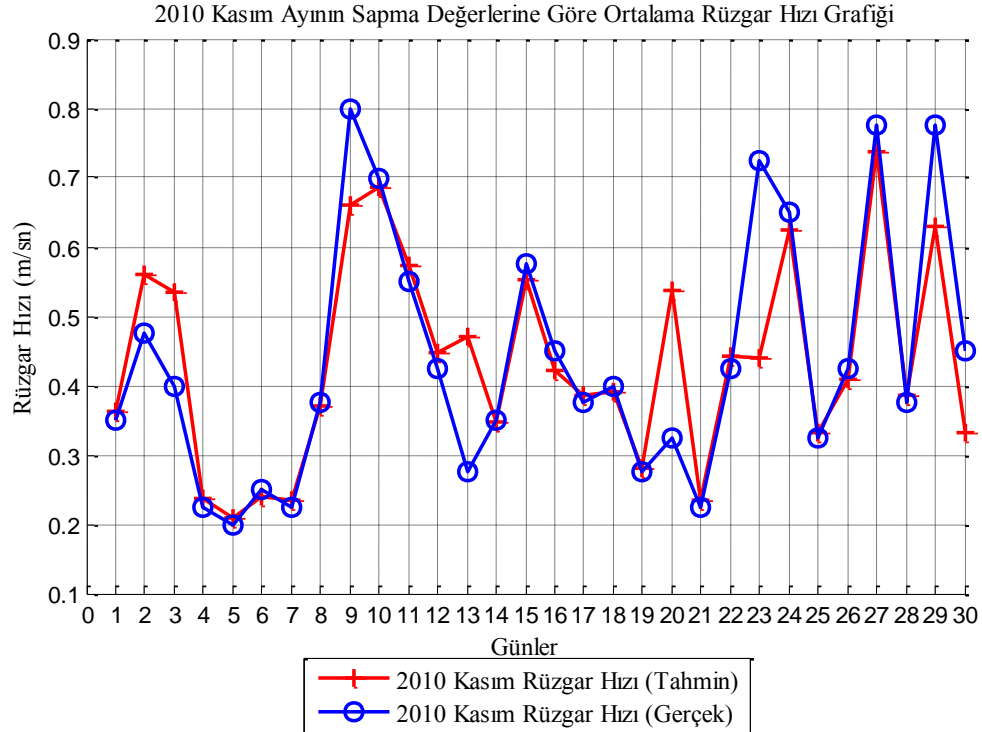
Şekil 4.36. 2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U3).



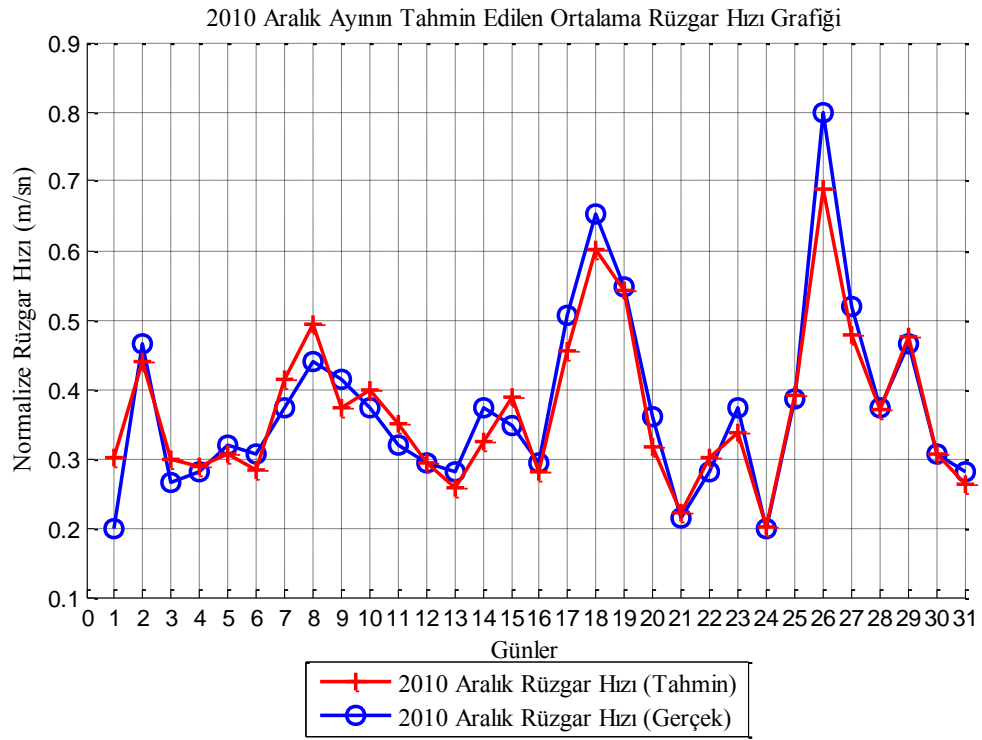
Şekil 4.37. 2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



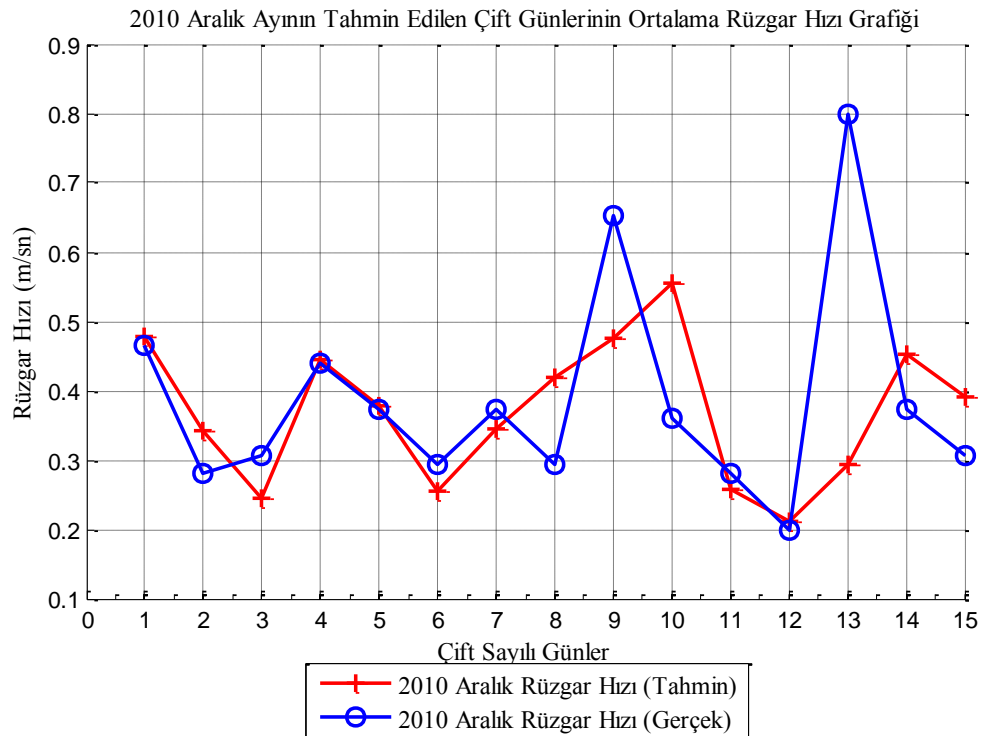
Şekil 4.38. 2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U₂).



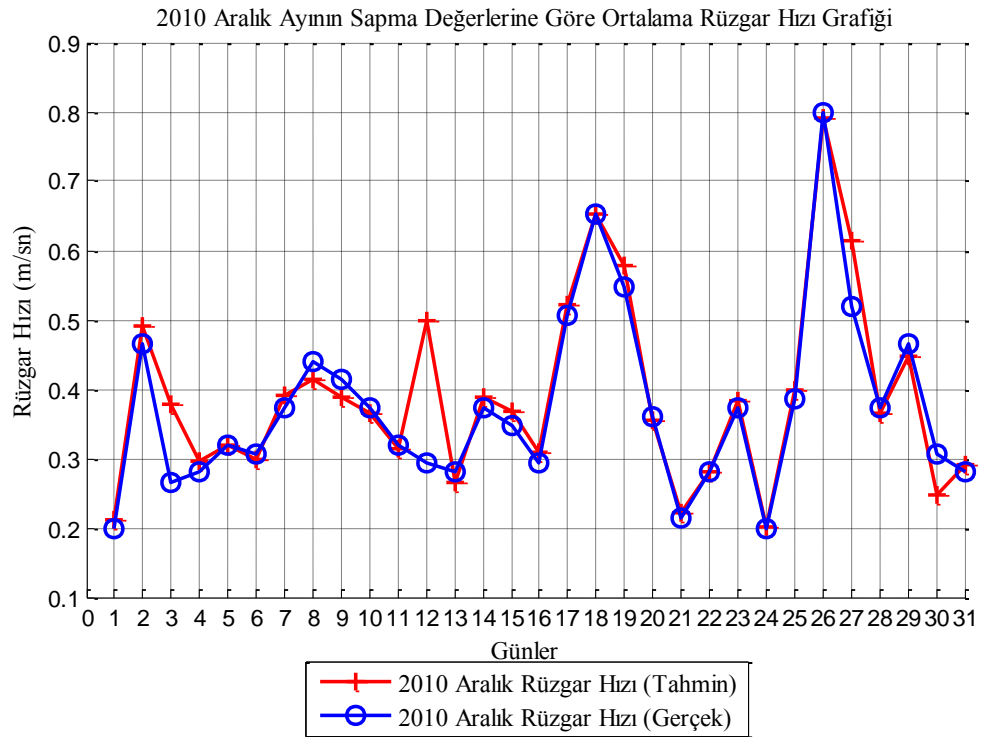
Şekil 4.39. 2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U₃).



Şekil 4.40. 2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı (U1).



Şekil 4.41. 2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U2).



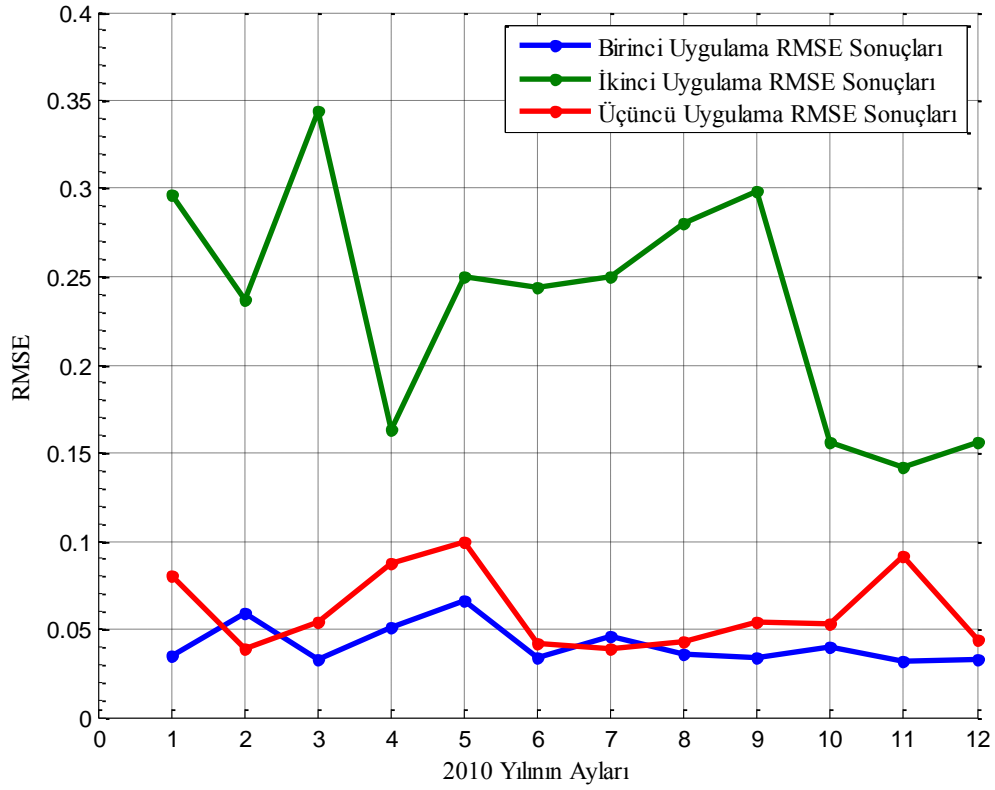
Şekil 4.42. 2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama rüzgâr hızı (U3).

Rüzgâr hızı için yapılan bu modellerde ocak, mart, nisan, mayıs, haziran, ağustos, eylül, ekim, kasım ve aralık ayları için birinci uygulama (U1), şubat ve temmuz ayları için ise üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar bulunmuştur. Tablo 4.1'de gösterildiği üzere daha düşük RMSE değerleri bulunarak, daha iyi tahmin yapılmıştır.

Tablo 4.1. 2010 yılının rüzgâr hızı tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.

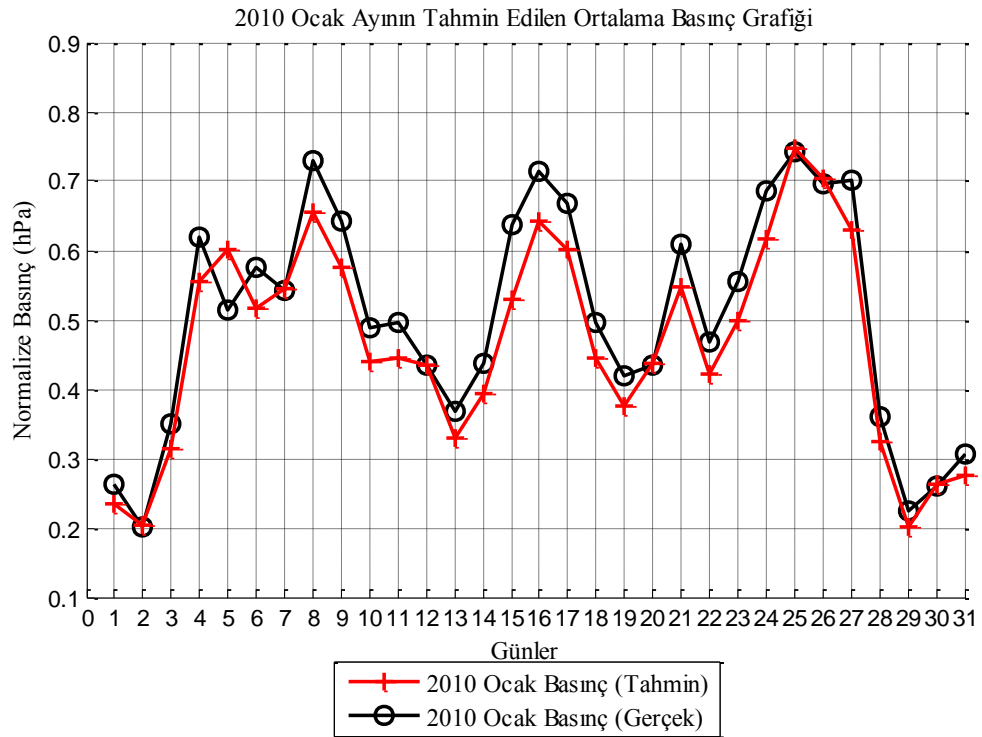
AYLAR	RÜZGÂR HIZI					
	U1		U2		U3	
	MSE	RMSE	MSE	RMSE	MSE	RMSE
OCAK	0,0012	0,0348	0,0881	0,2969	0,0065	0,0806
ŞUBAT	0,0035	0,0591	0,0563	0,2373	0,0015	0,0384
MART	0,0011	0,0325	0,1181	0,3437	0,0029	0,0537
NİSAN	0,0026	0,0509	0,0268	0,1636	0,0076	0,0871
MAYIS	0,0044	0,0664	0,0627	0,2504	0,0099	0,0995
HAZİRAN	0,0012	0,0341	0,0594	0,2436	0,0018	0,0420
TEMMUZ	0,0022	0,0464	0,0623	0,2495	0,0015	0,0393
AĞUSTOS	0,0013	0,0361	0,0785	0,2802	0,0019	0,0432
EYLÜL	0,0012	0,0338	0,0890	0,2983	0,0029	0,0541
EKİM	0,0016	0,0399	0,0244	0,1563	0,0028	0,0529
KASIM	0,0010	0,0319	0,0202	0,1420	0,0084	0,0915
ARALIK	0,0011	0,0332	0,0244	0,1563	0,0022	0,0436

Tahmin edilen ortalama rüzgâr hızı RMSE değerlerinin grafiği Şekil 4.43'de karşılaştırılarak gösterilmiştir.

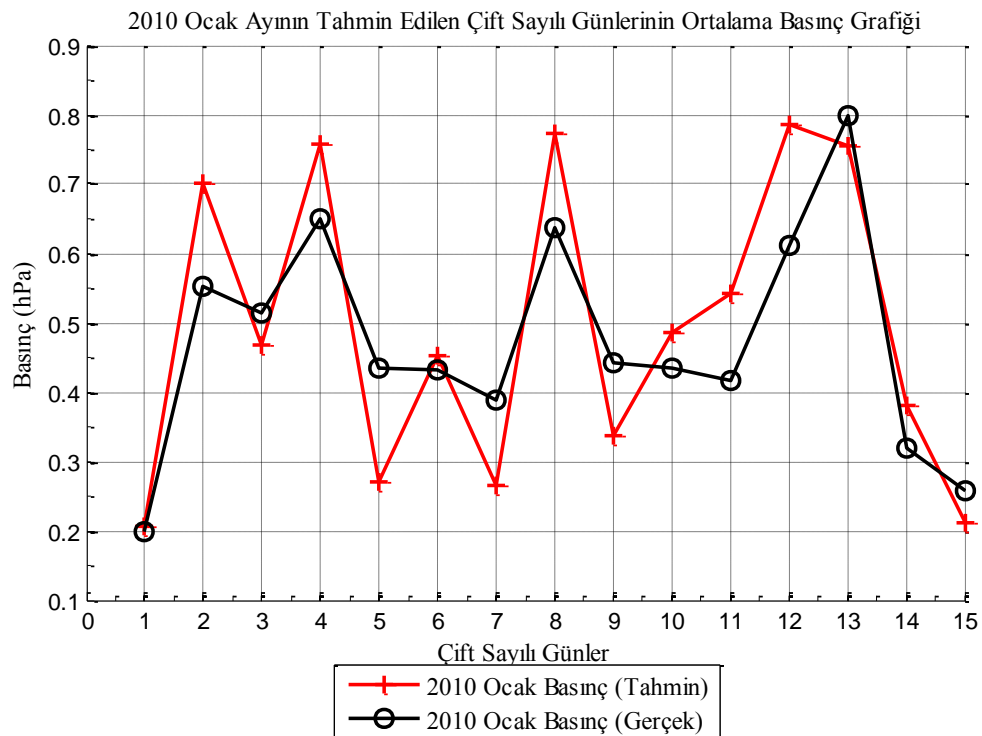


Şekil 4.43. Rüzgâr Hızı Tahmininde Elde Edilen RMSE Grafikleri

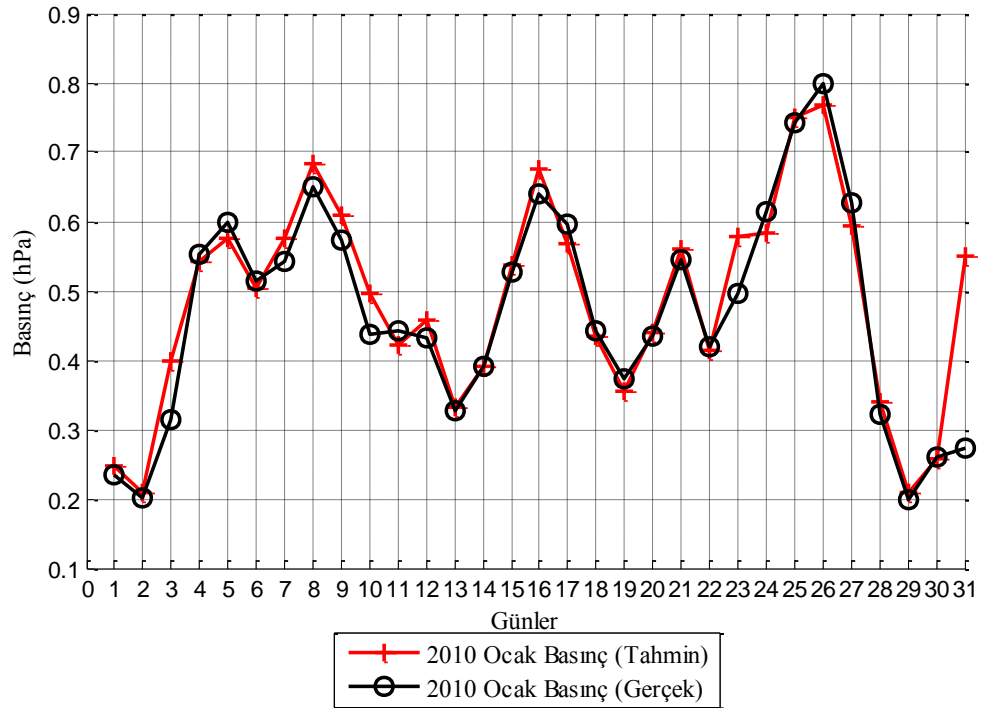
Rüzgâr hızının YSA da tahmin başarısını test etmek için son on yılın basınç ve sıcaklık verileri kullanılarak 2010 yılı aylarının ortalama basınçları ve sıcaklıkları tahmin edildi. Yapılan bu üç uygulamada elde edilen 2010 yılının ortalama basınç tahmin verilerinin gerçek verilerle karşılaştırılması; Şekil 4.44'den Şekil 4.79'a kadar grafikler ile gösterilmiştir. 2010 yılının ortalama sıcaklık tahmin verilerinin gerçek verilerle karşılaştırılması; Şekil 4.81'den Şekil 4.116'ya kadar grafikler ile gösterilmiştir.



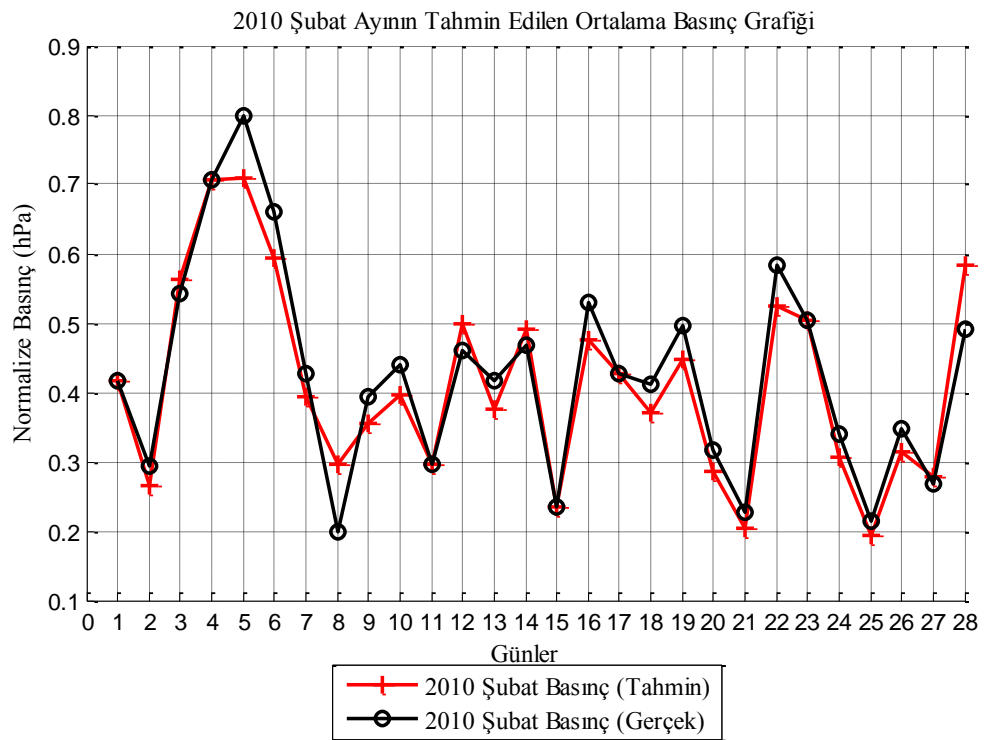
Şekil 4.44. 2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



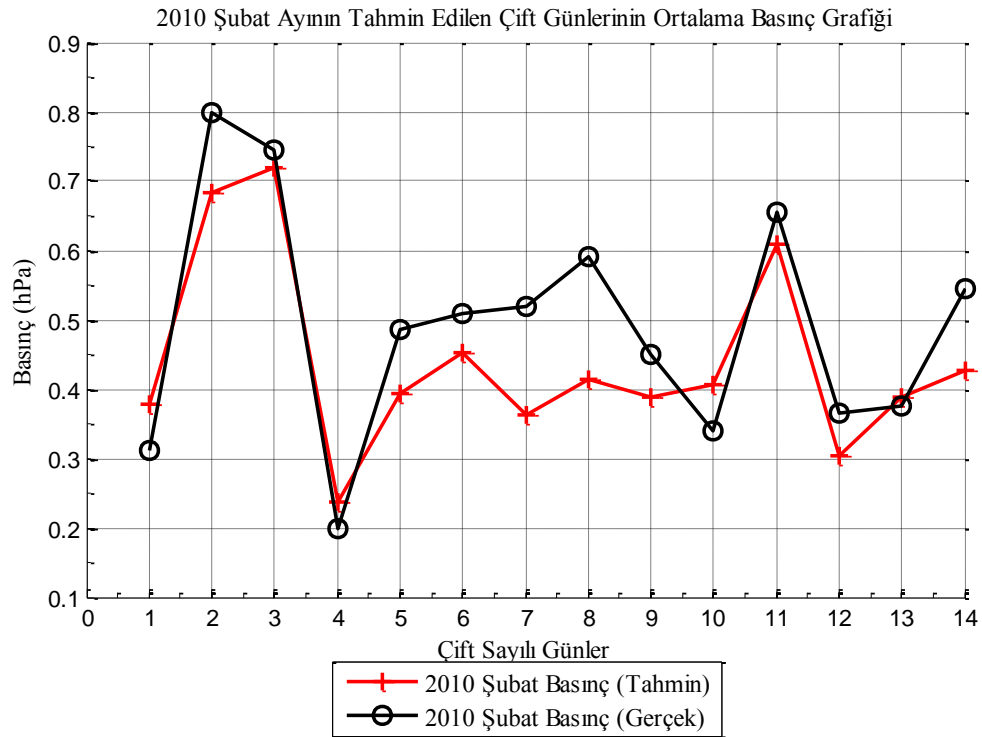
Şekil 4.45. 2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



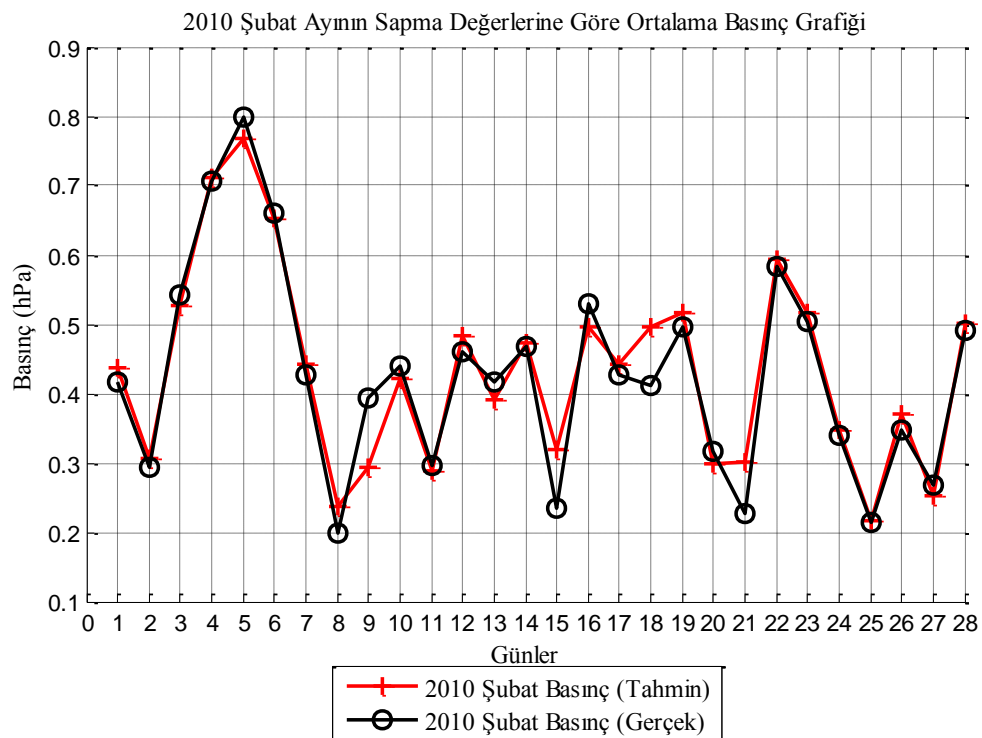
Şekil 4.46. 2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



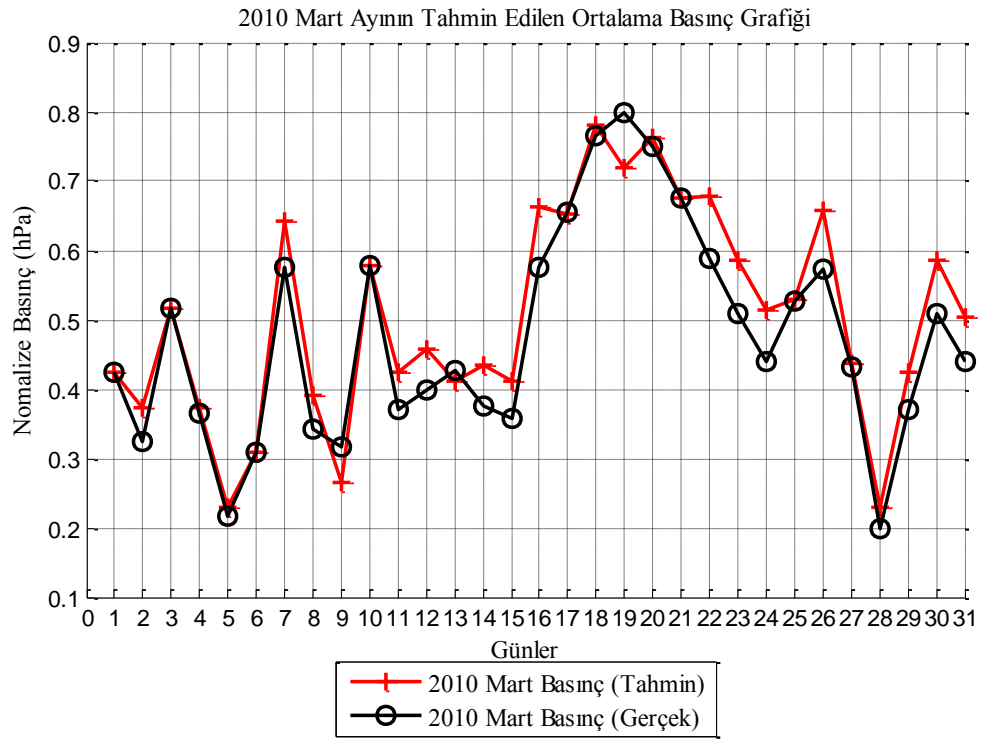
Şekil 4.47 2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



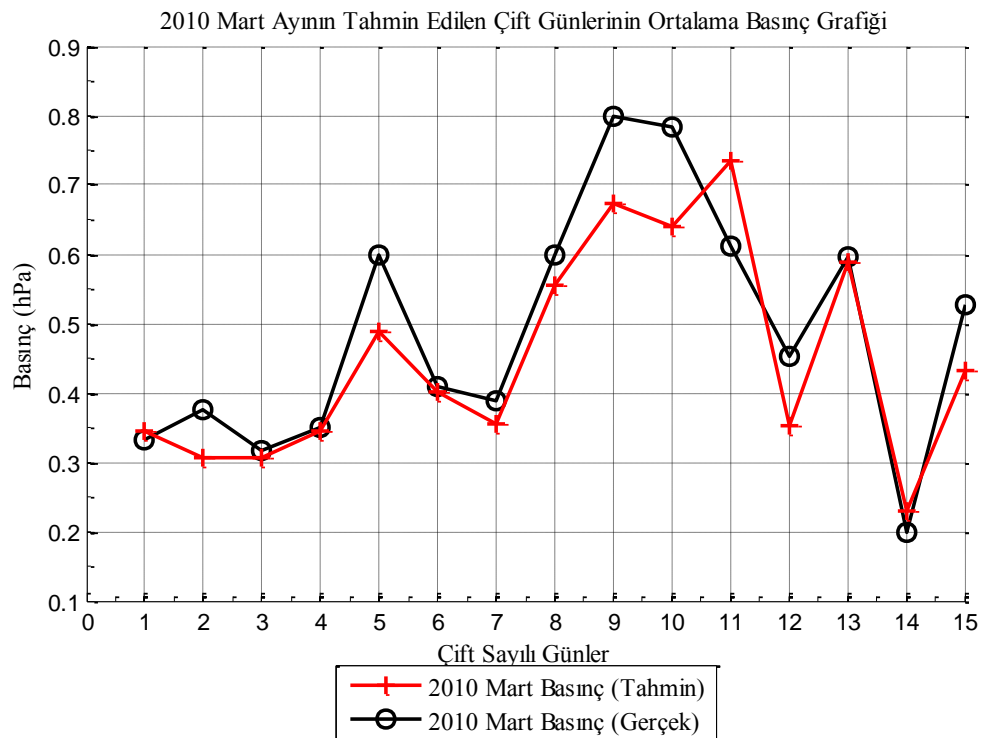
Şekil 4.48. 2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



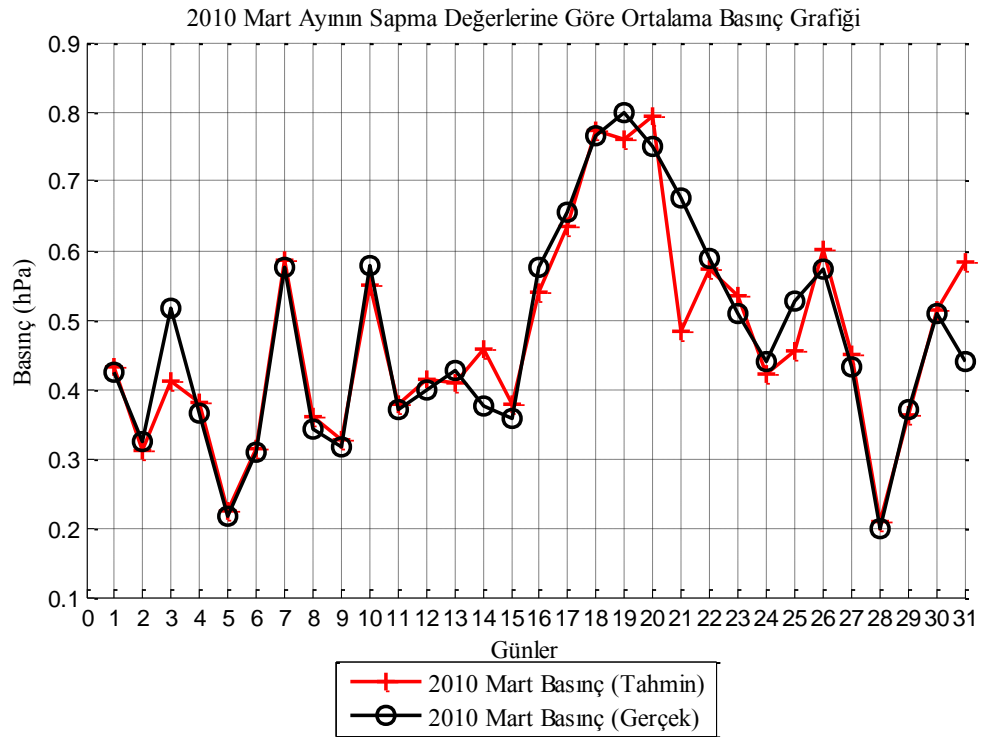
Şekil 4.49. 2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



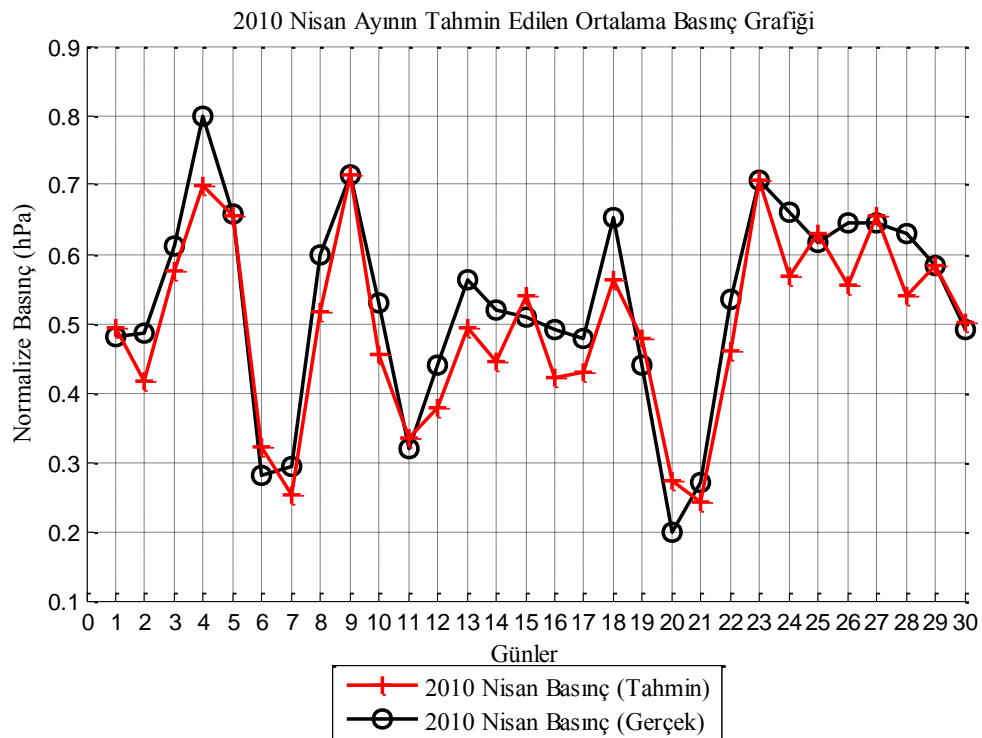
Şekil 4.50. 2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



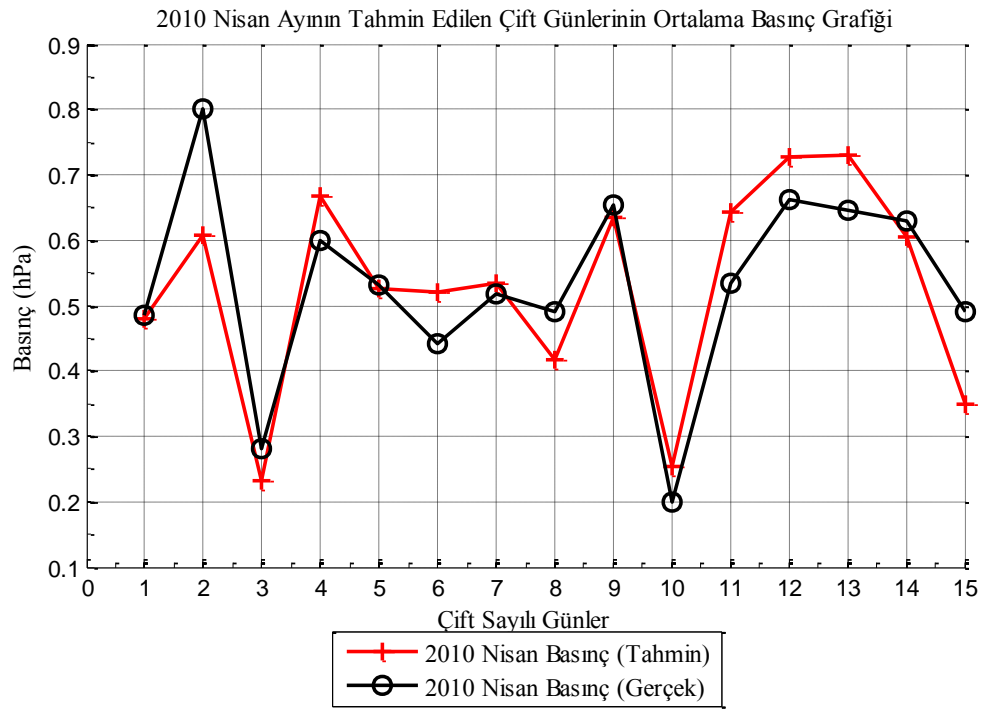
Şekil 4.51. 2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



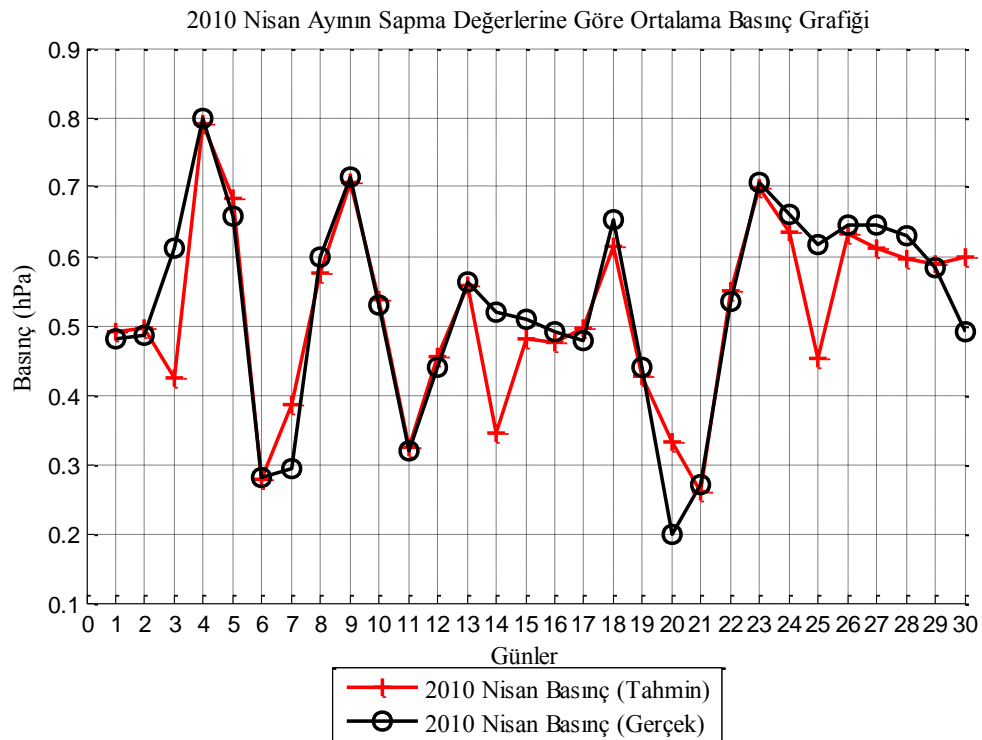
Şekil 4.52. 2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



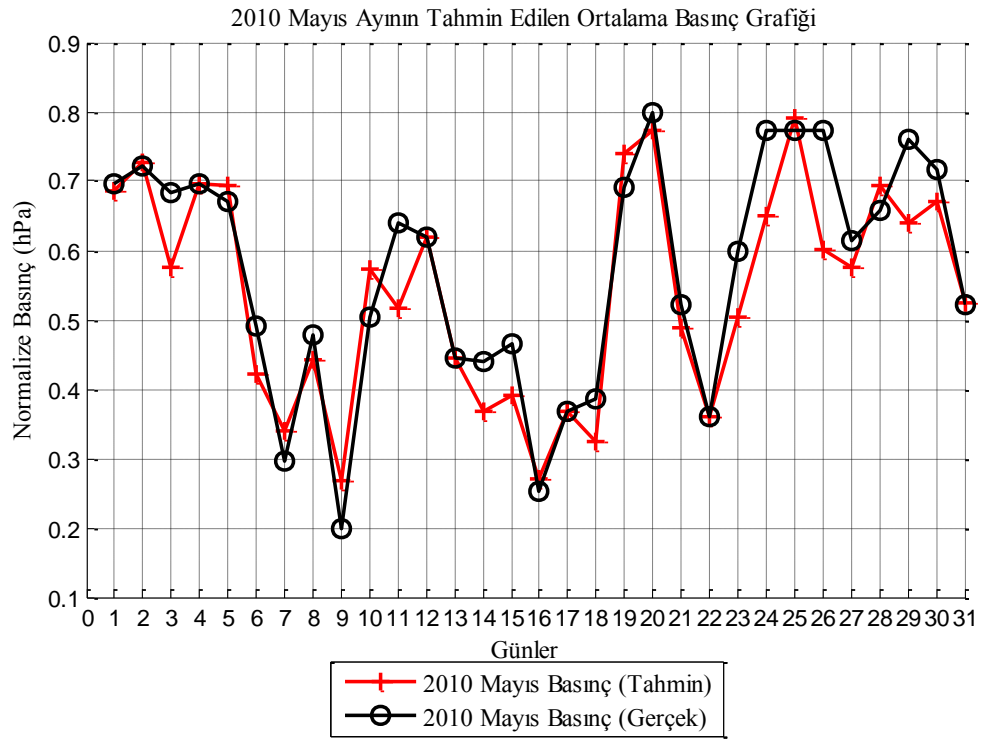
Şekil 4.53. 2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



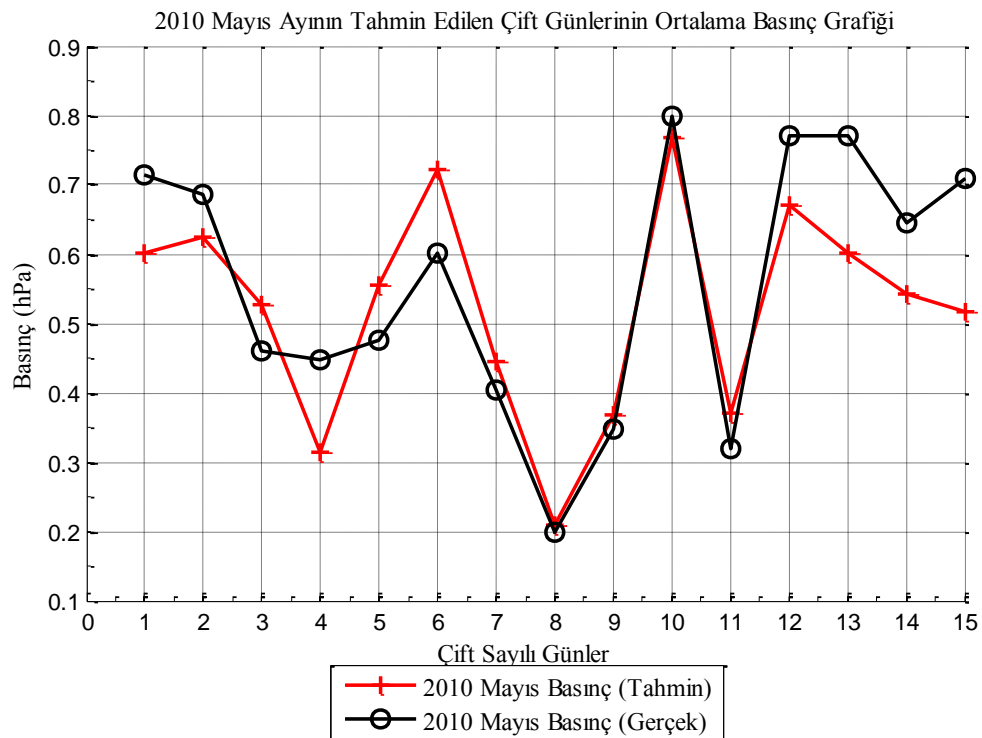
Şekil 4.54. 2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



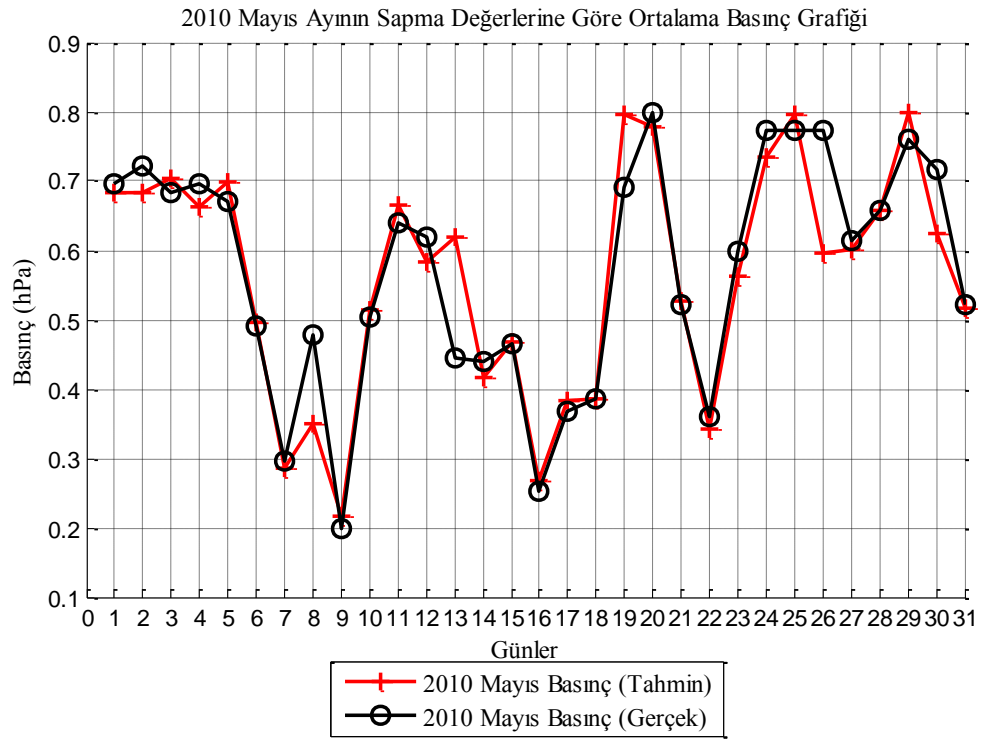
Şekil 4.55. 2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



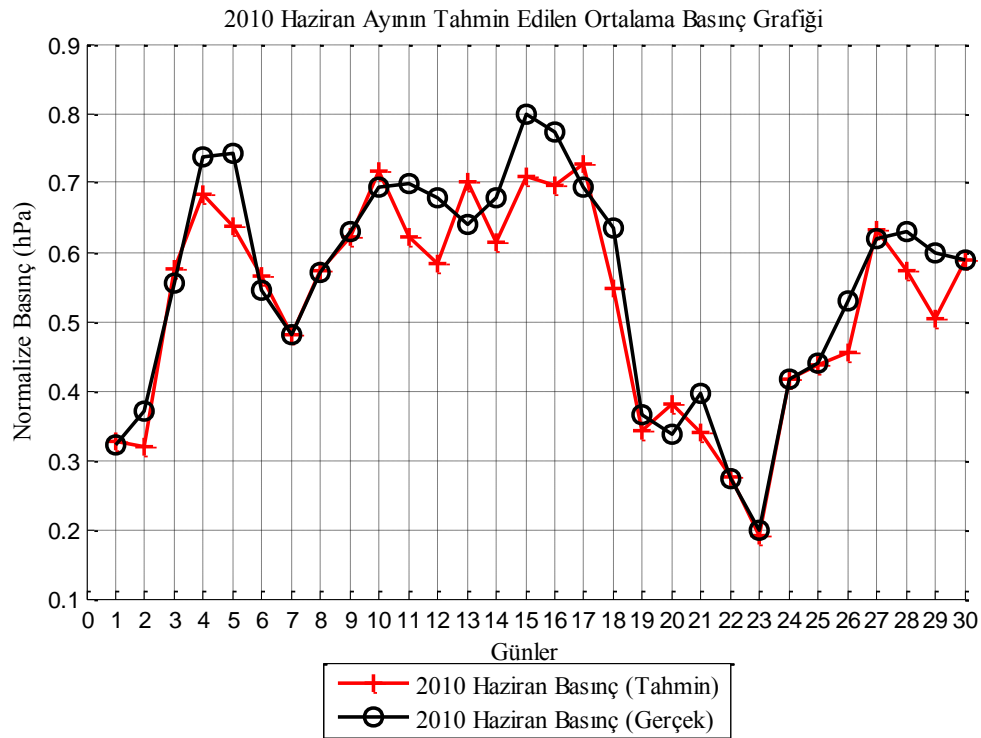
Şekil 4.56. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



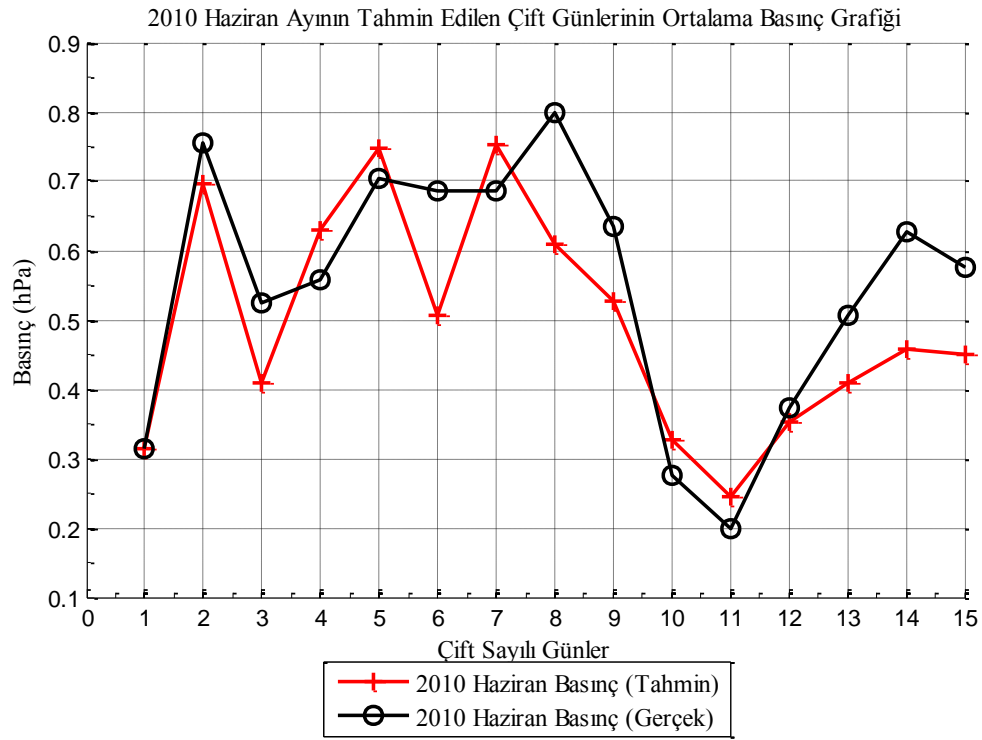
Şekil 4.57. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



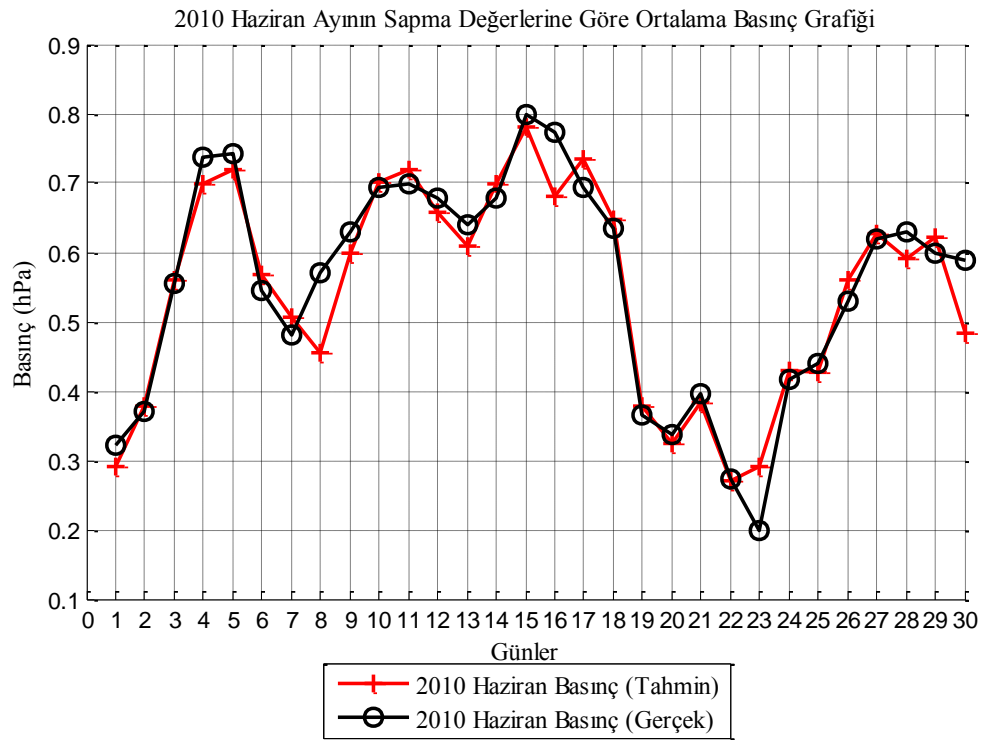
Şekil 4.58. 2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



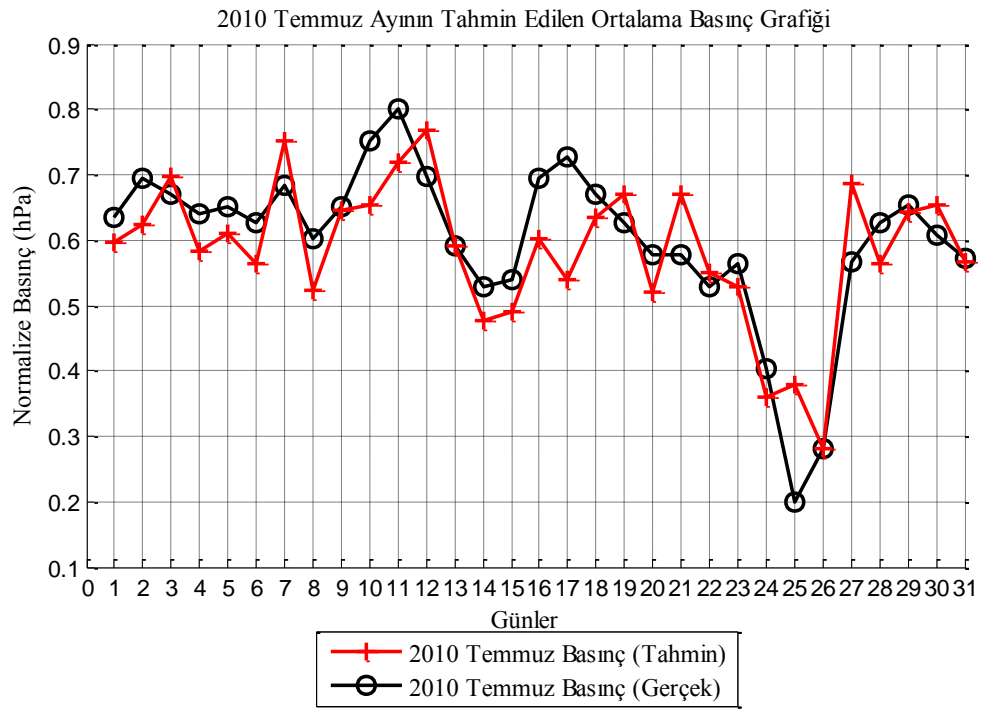
Şekil 4.59. 2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



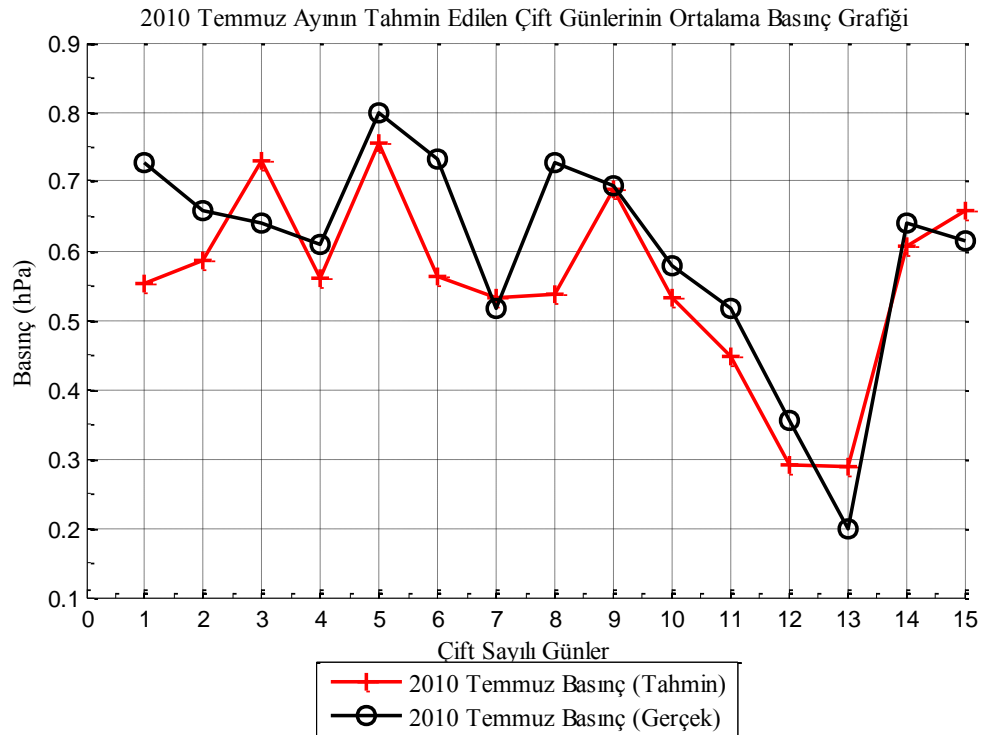
Şekil 4.60. 2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



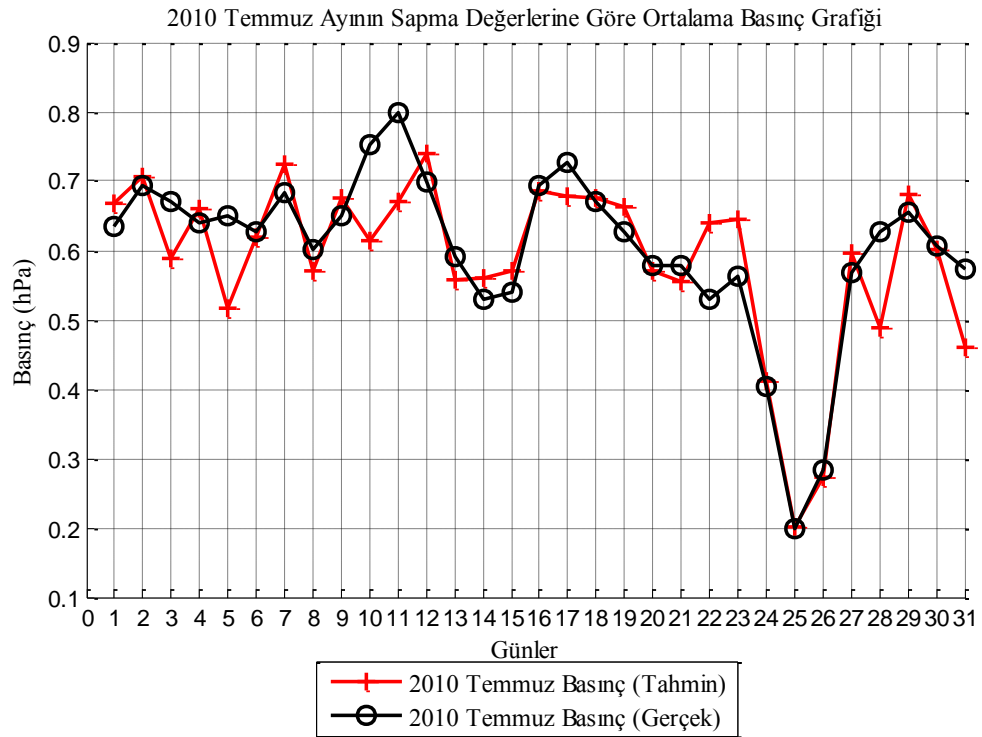
Şekil 4.61. 2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



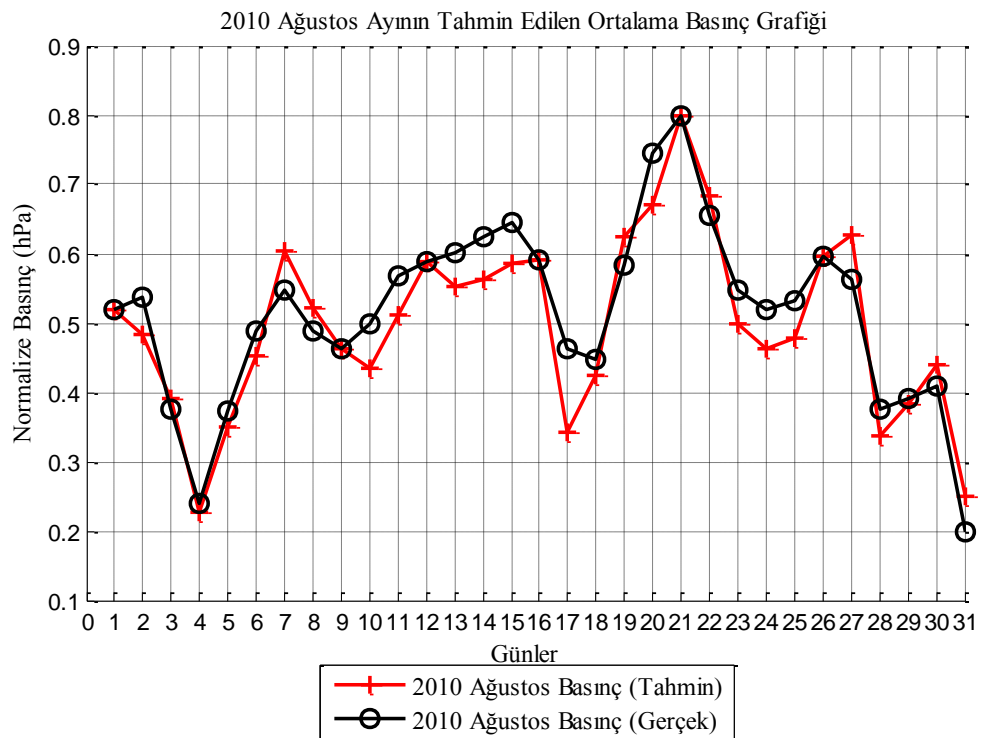
Şekil 4.62. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



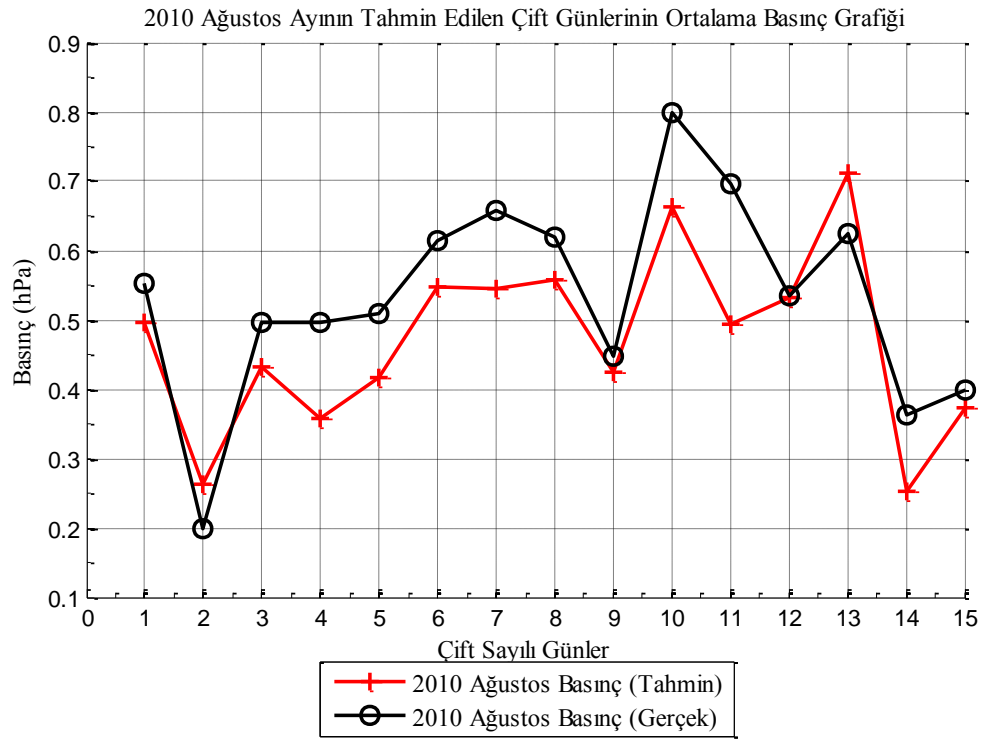
Şekil 4.63. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2)



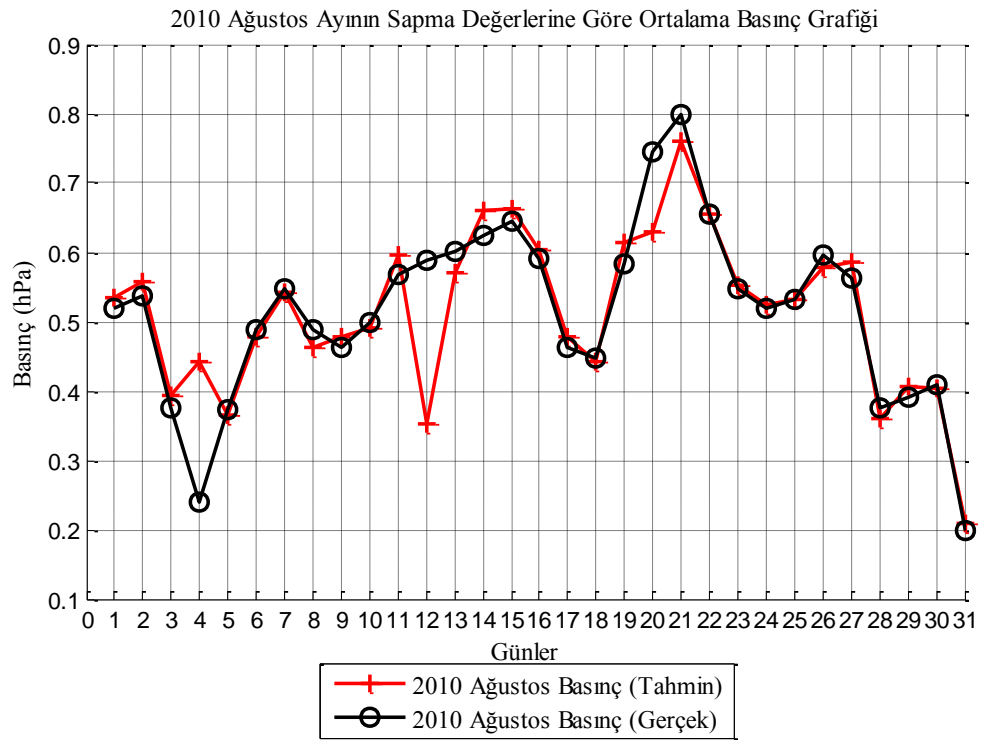
Şekil 4.64. 2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



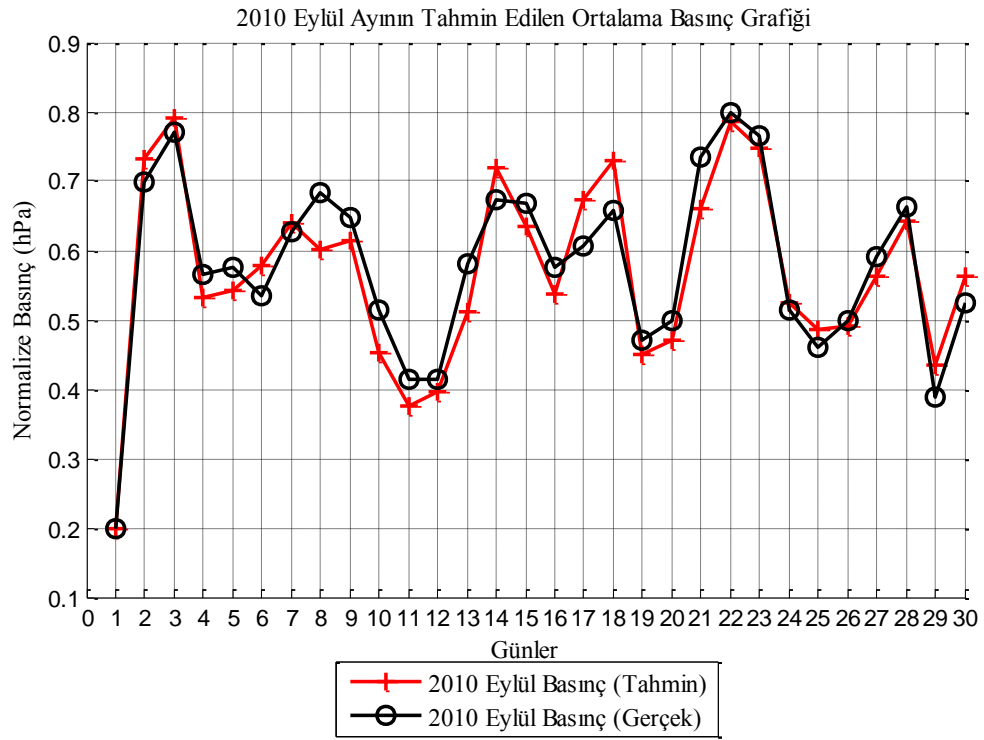
Şekil 4.65. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



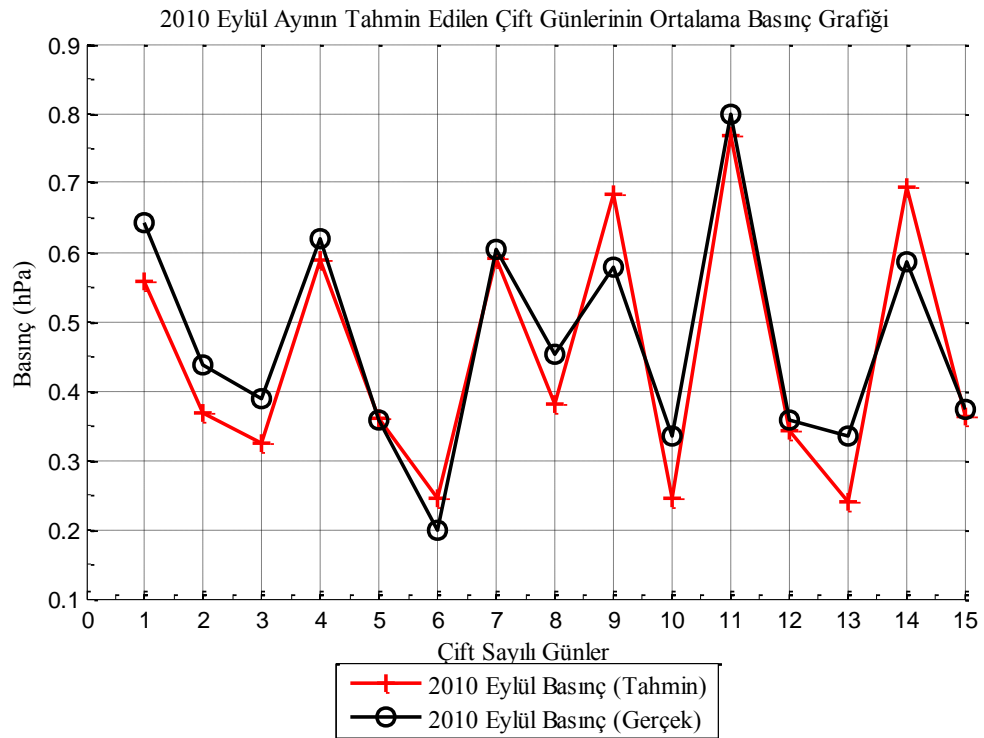
Şekil 4.66. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



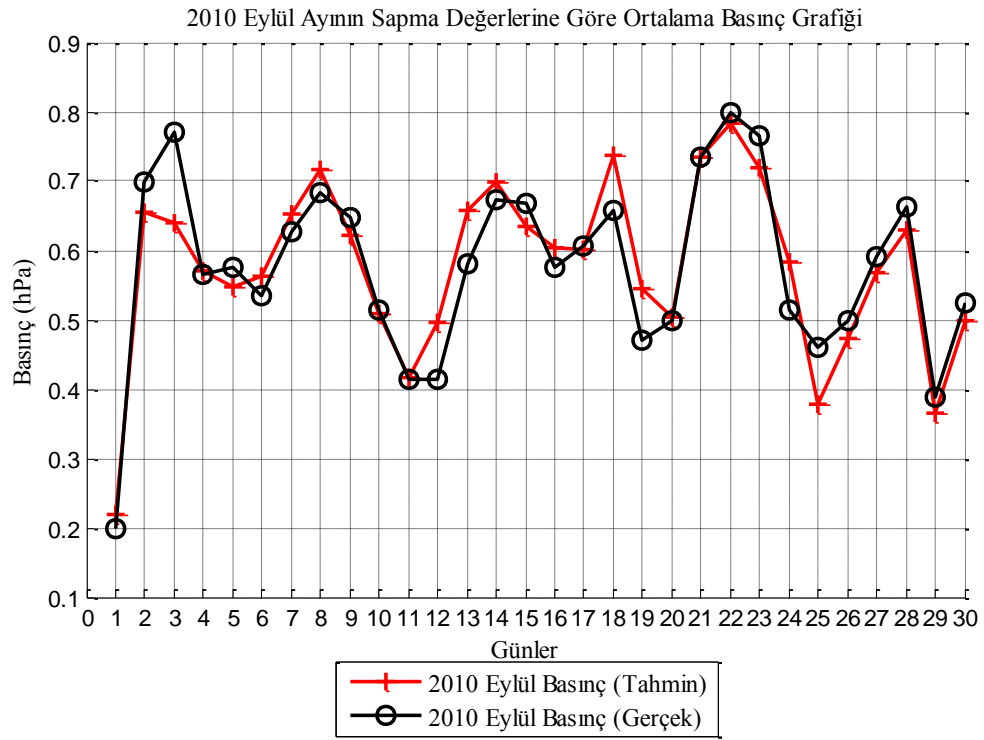
Şekil 4.67. 2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



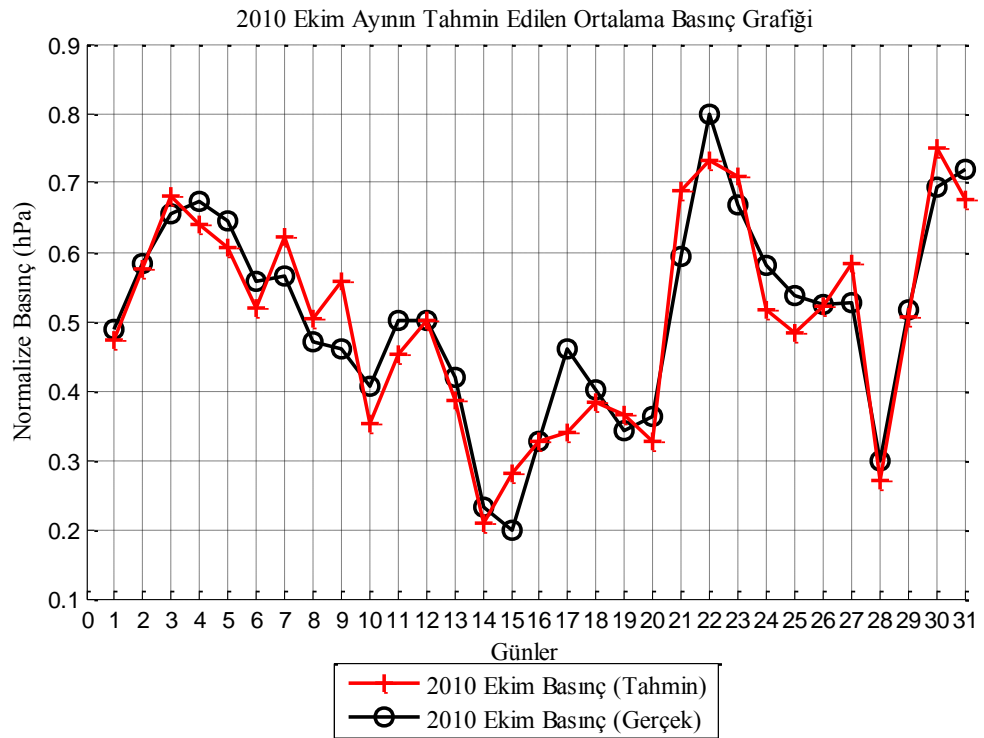
Şekil 4.68. 2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



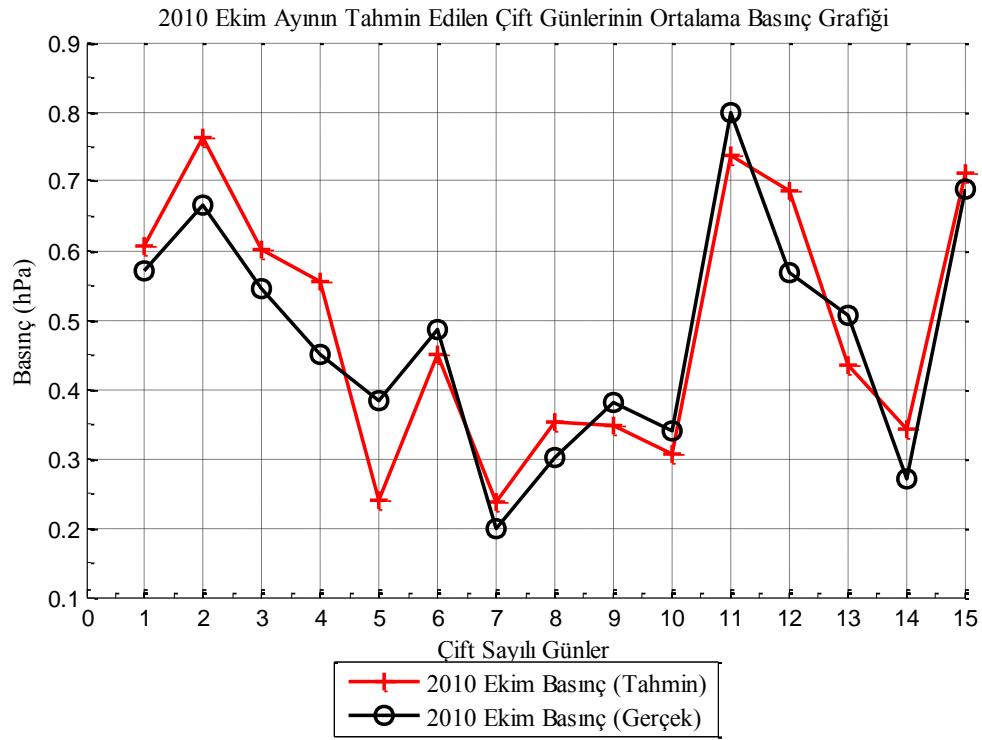
Şekil 4.69. 2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



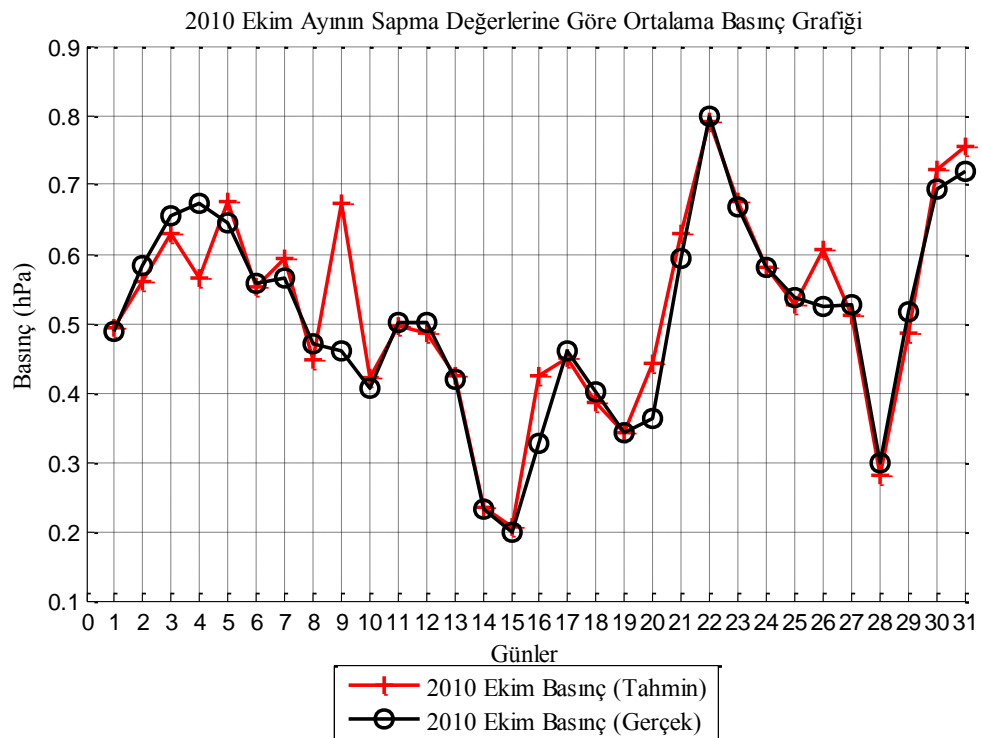
Şekil 4.70. 2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



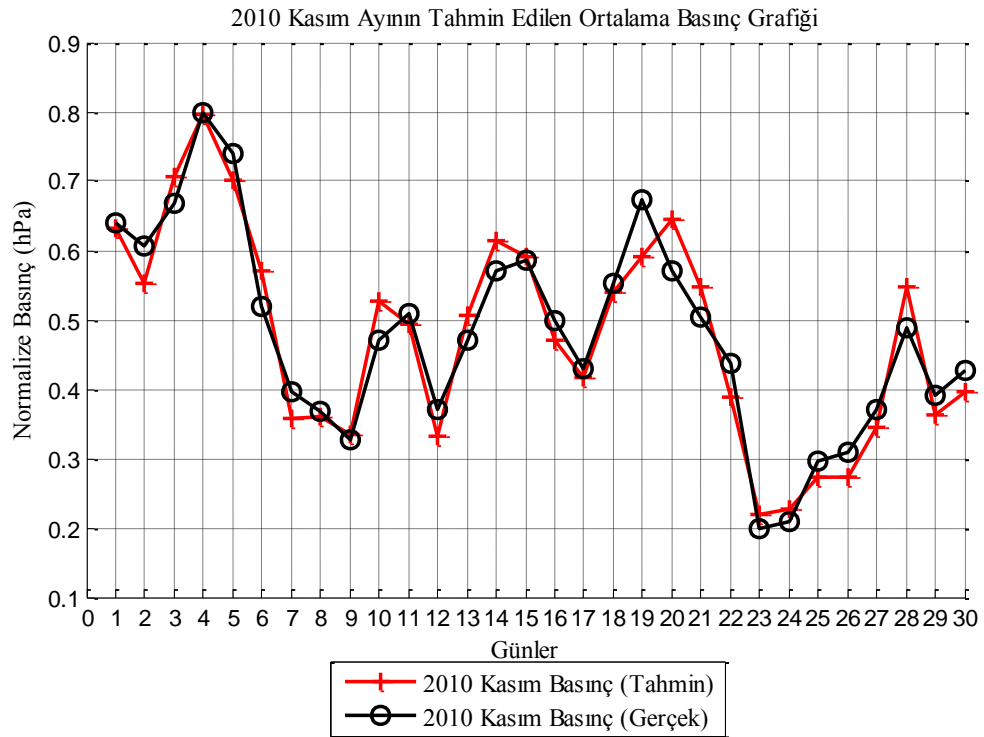
Şekil 4.71. 2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



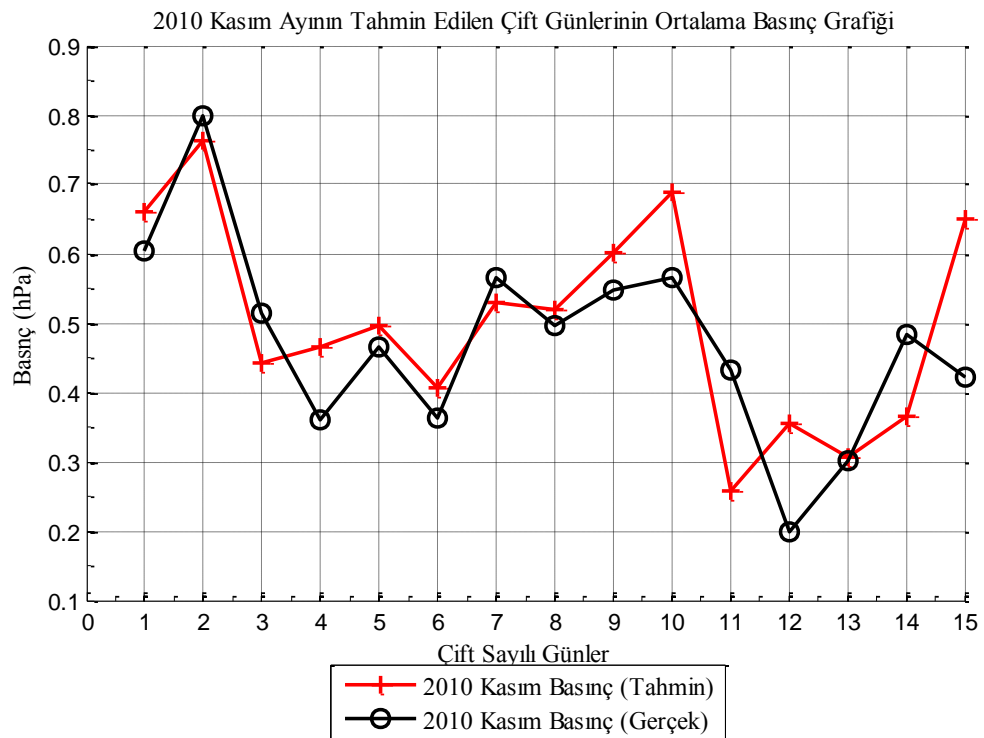
Şekil 4.68. 2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



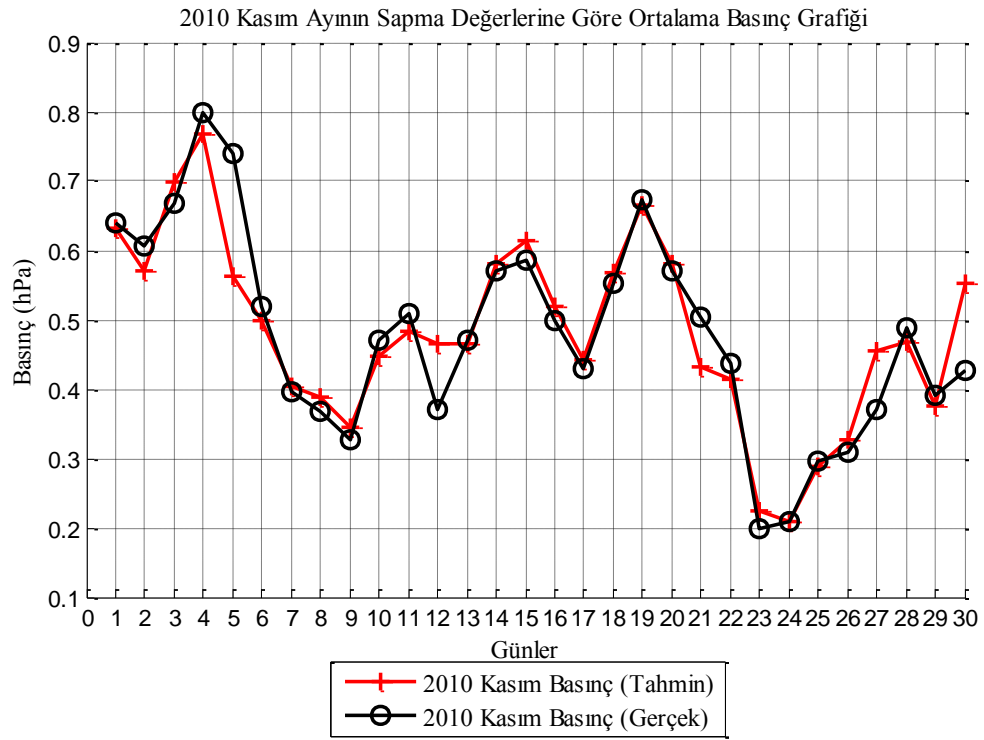
Şekil 4.72. 2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



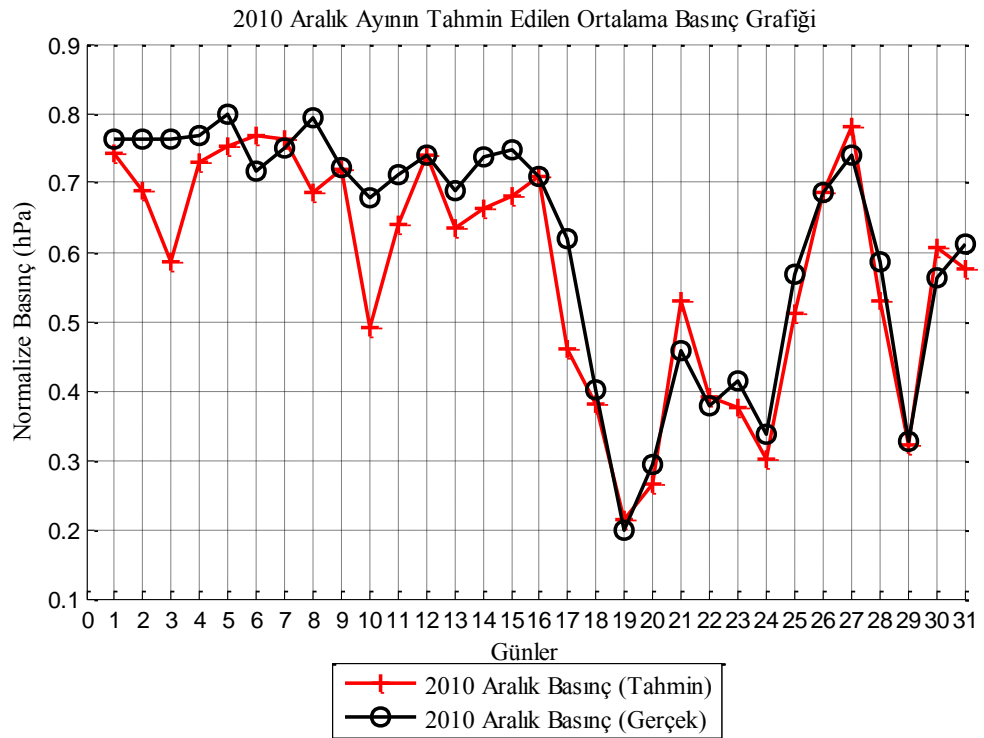
Şekil 4.73. 2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



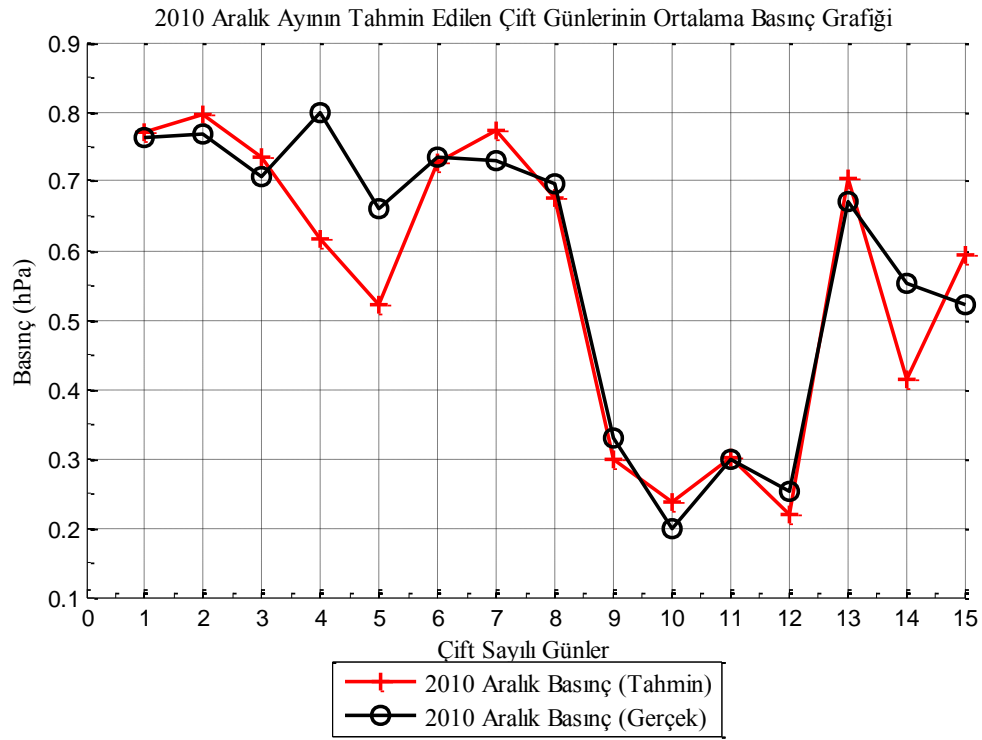
Şekil 4.75. 2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



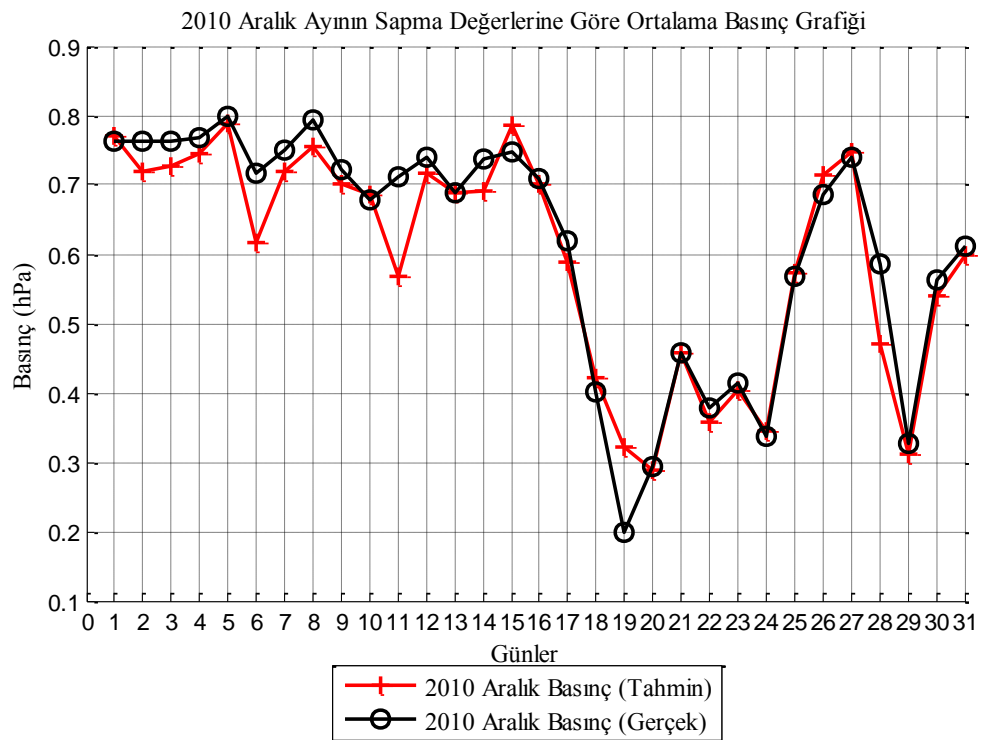
Şekil 4.76. 2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama basınç (U3).



Şekil 4.77. 2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama basınç (U1).



Şekil 4.78. 2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç (U2).



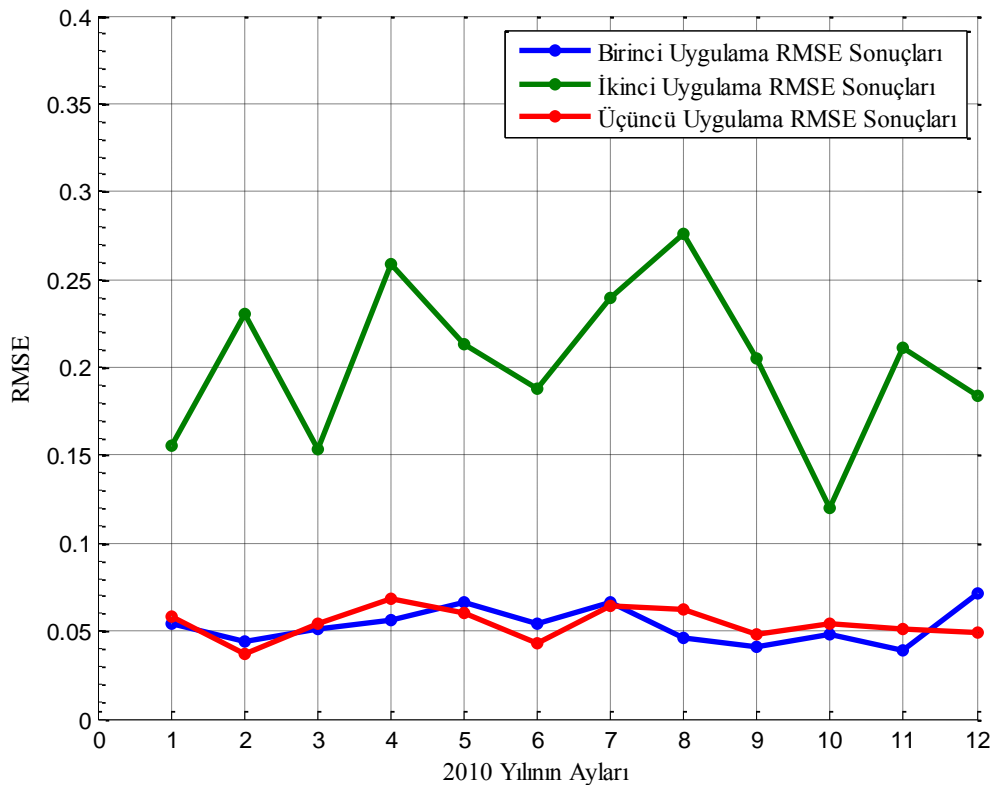
Şekil 4.79. 2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama basınç(U3).

Basınç için yapılan bu modellerde ise Tablo 4.2’de gösterildiği gibi ocak, mart, nisan, ağustos, eylül, ekim ve kasım ayları için birinci uygulama (U1), şubat, mayıs, haziran, temmuz ve aralık için üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar elde edilmiş olup daha düşük RMSE değerleri bulunarak daha iyi tahminler yapılmıştır

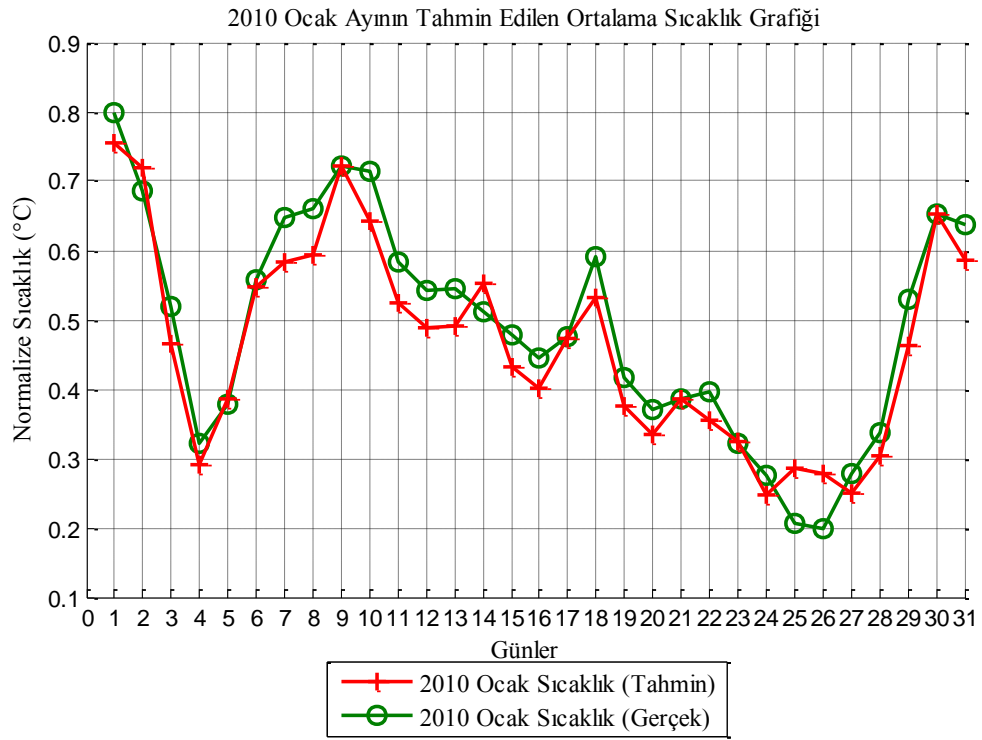
Tablo 4.2. 2010 yılının basınç tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.

AYLAR	BASINÇ					
	U1		U2		U3	
	MSE	RMSE	MSE	RMSE	MSE	RMSE
OCAK	0,0030	0,0544	0,0240	0,1550	0,0034	0,0586
ŞUBAT	0,0019	0,0441	0,0530	0,2303	0,0014	0,0371
MART	0,0026	0,0510	0,0234	0,1530	0,0030	0,0546
NİSAN	0,0032	0,0566	0,0670	0,2589	0,0046	0,0679
MAYIS	0,0045	0,0668	0,0453	0,2128	0,0036	0,0599
HAZİRAN	0,0029	0,0539	0,0352	0,1875	0,0018	0,0428
TEMMUZ	0,0044	0,0662	0,0571	0,2390	0,0041	0,0638
AĞUSTOS	0,0021	0,0463	0,0761	0,2759	0,0039	0,0621
EYLÜL	0,0017	0,0415	0,0421	0,2052	0,0023	0,0478
EKİM	0,0023	0,0478	0,0143	0,1197	0,0029	0,0537
KASIM	0,0015	0,0385	0,0446	0,2113	0,0026	0,0513
ARALIK	0,0051	0,0714	0,0337	0,1836	0,0024	0,0488

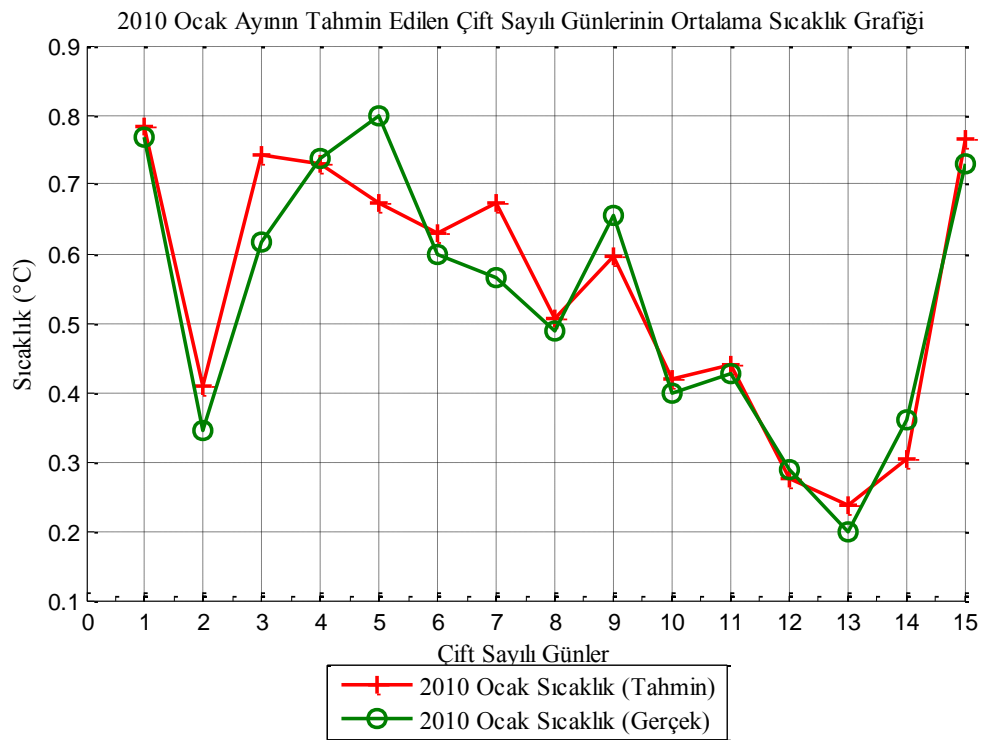
Tahmin edilen ortalama basınç RMSE değerlerinin grafiği Şekil 4.80’de karşılaştırılarak gösterilmiştir.



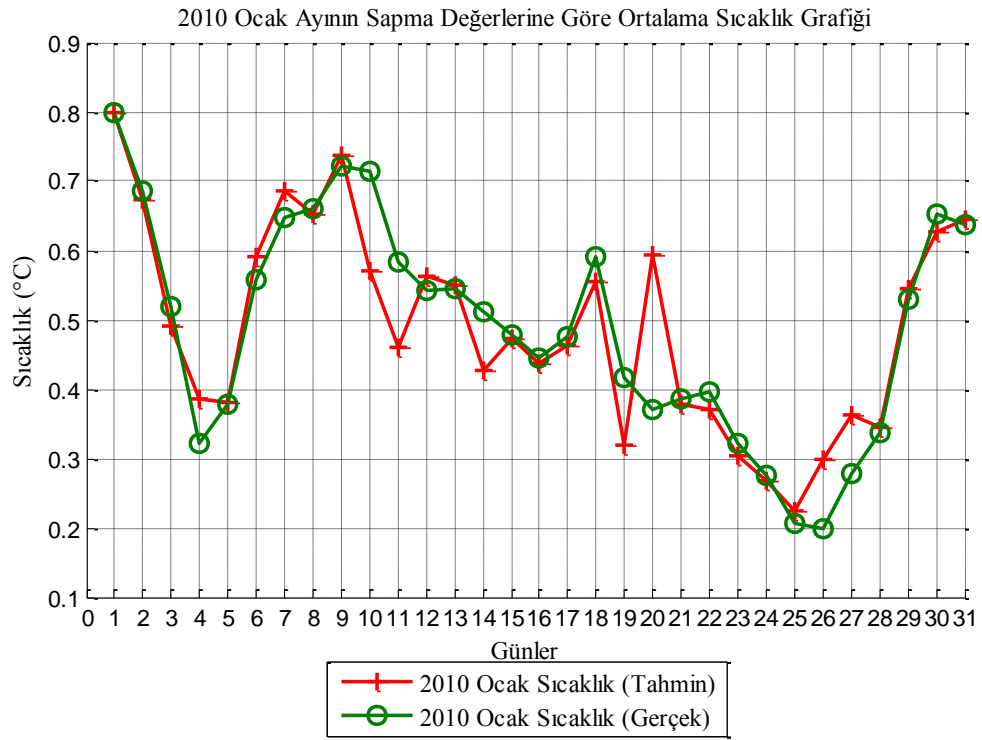
Şekil 4.80. Basınç Tahmininde Elde Edilen RMSE Grafikleri



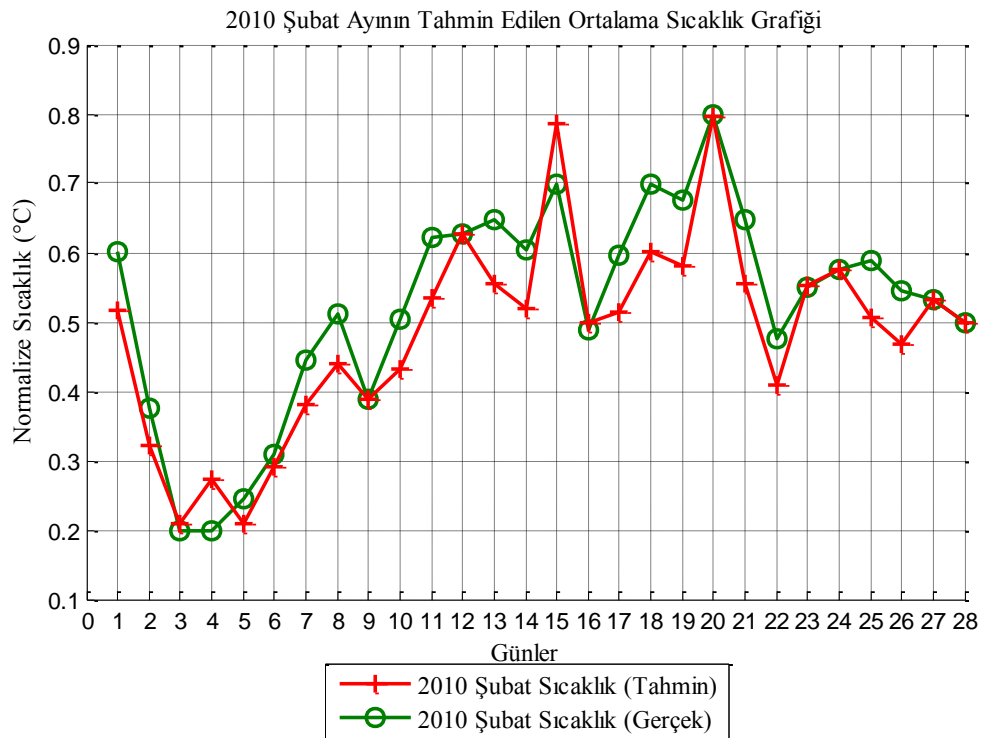
Şekil 4.81. 2010 Ocak ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



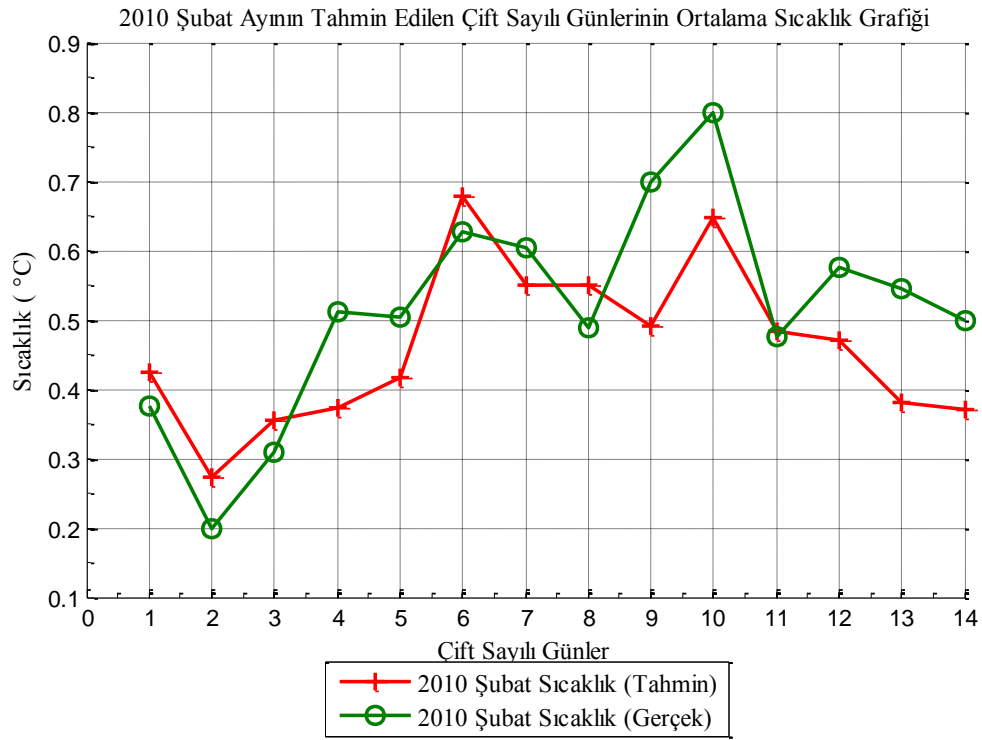
Şekil 4.82. 2010 Ocak ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



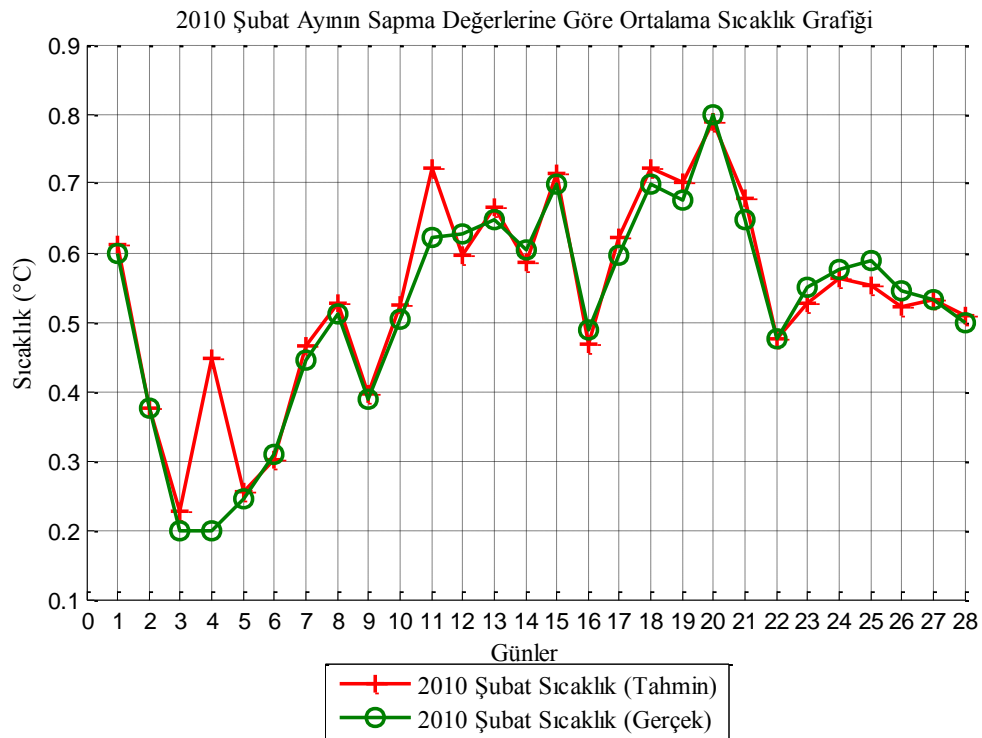
Şekil 4.83. 2010 Ocak ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



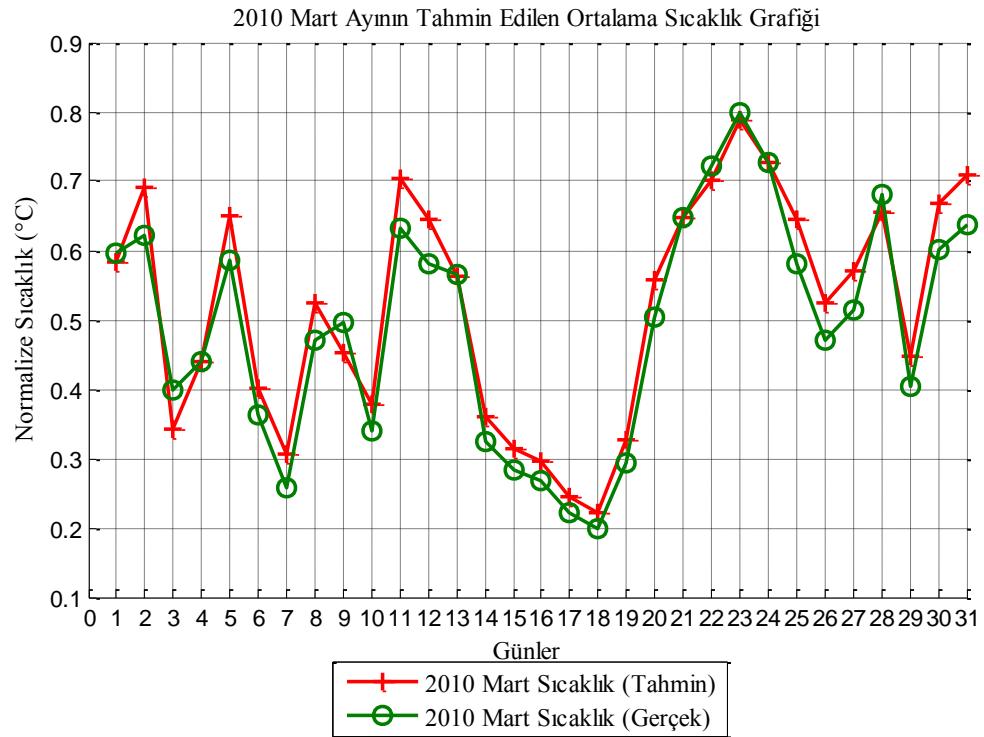
Şekil 4.84. 2010 Şubat ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



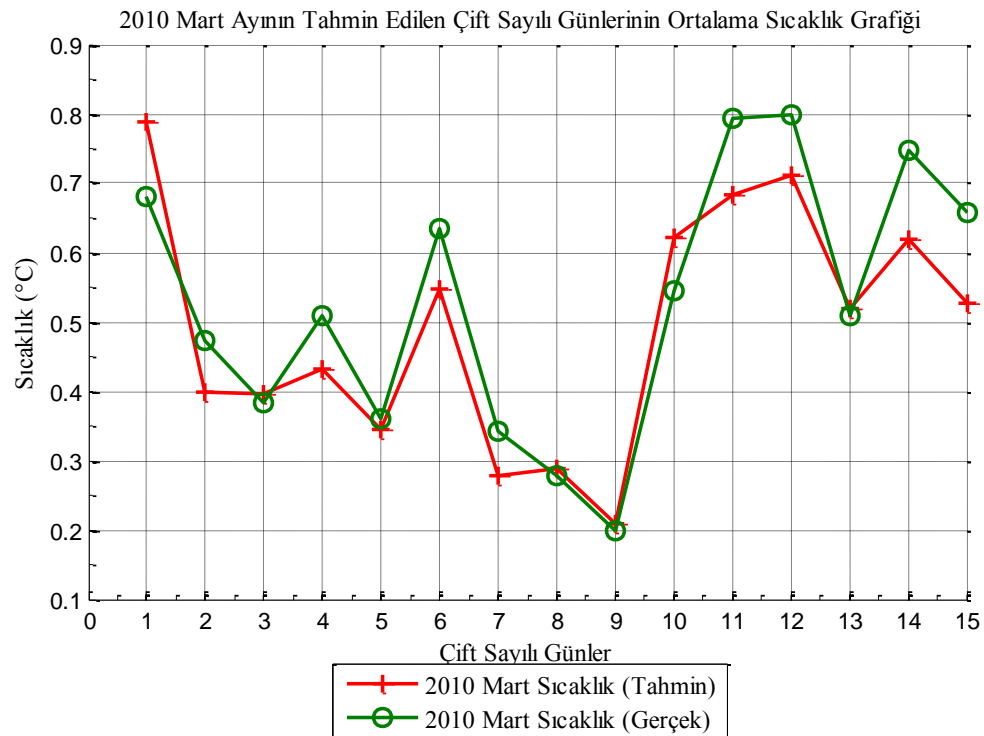
Şekil 4.85. 2010 Şubat ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



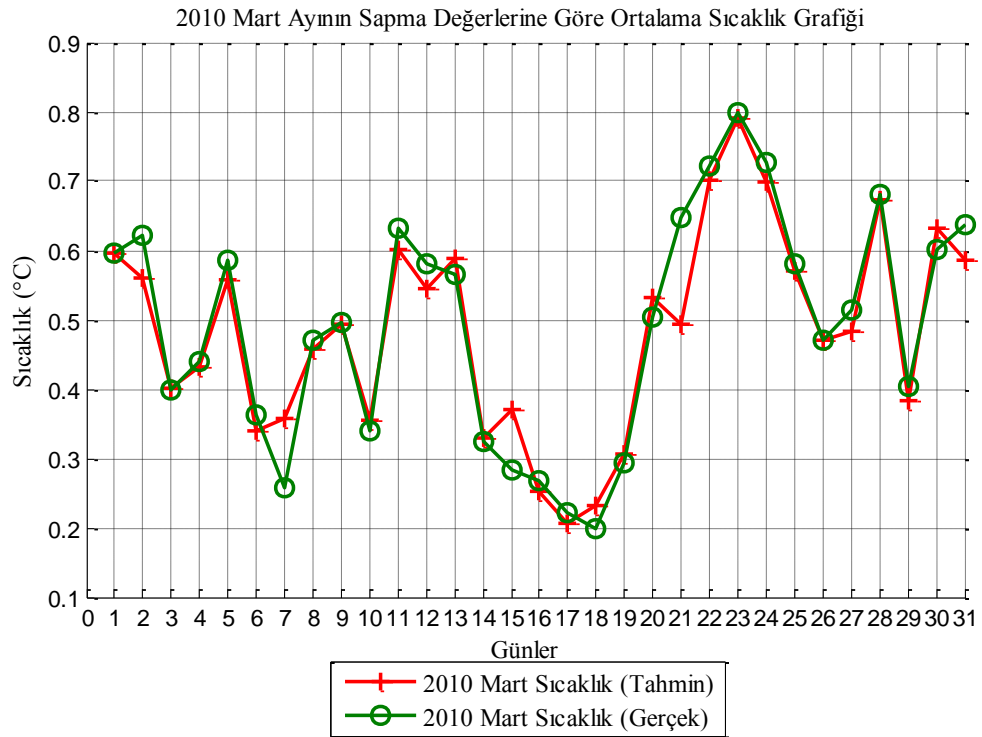
Şekil 4.86. 2010 Şubat ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



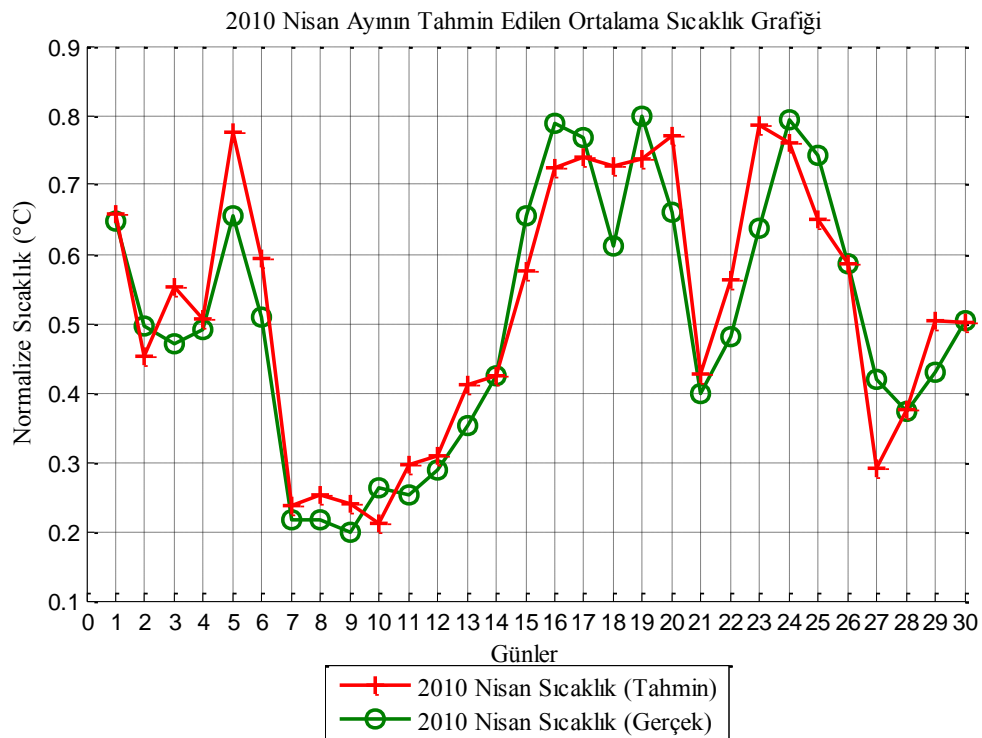
Şekil 4.87. 2010 Mart ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



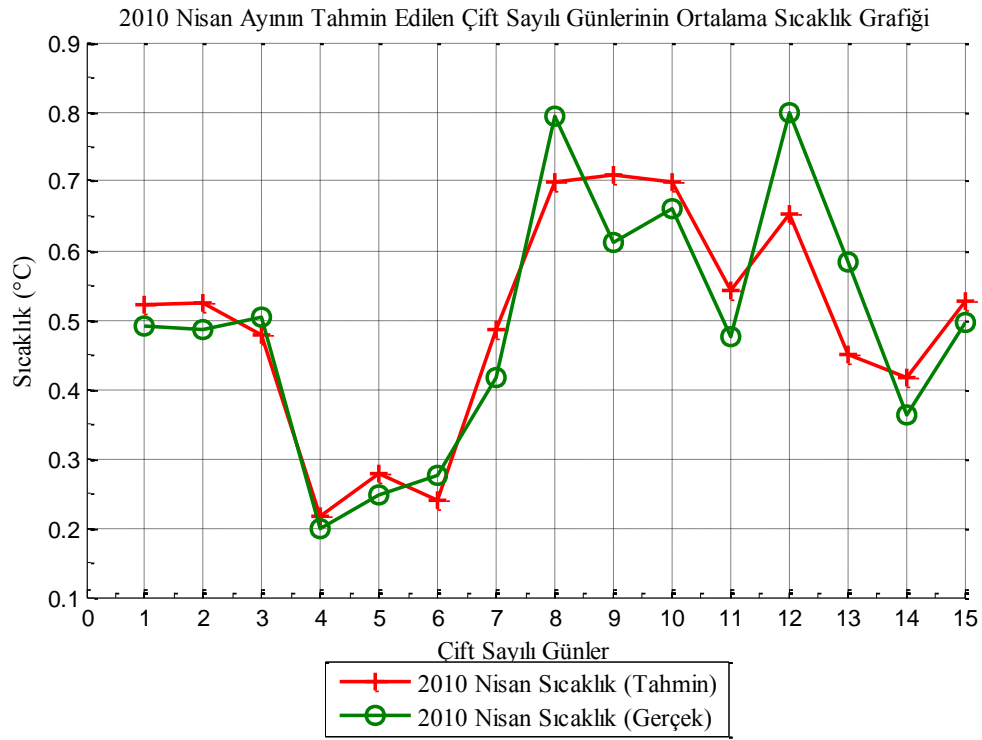
Şekil 4.88. 2010 Mart ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



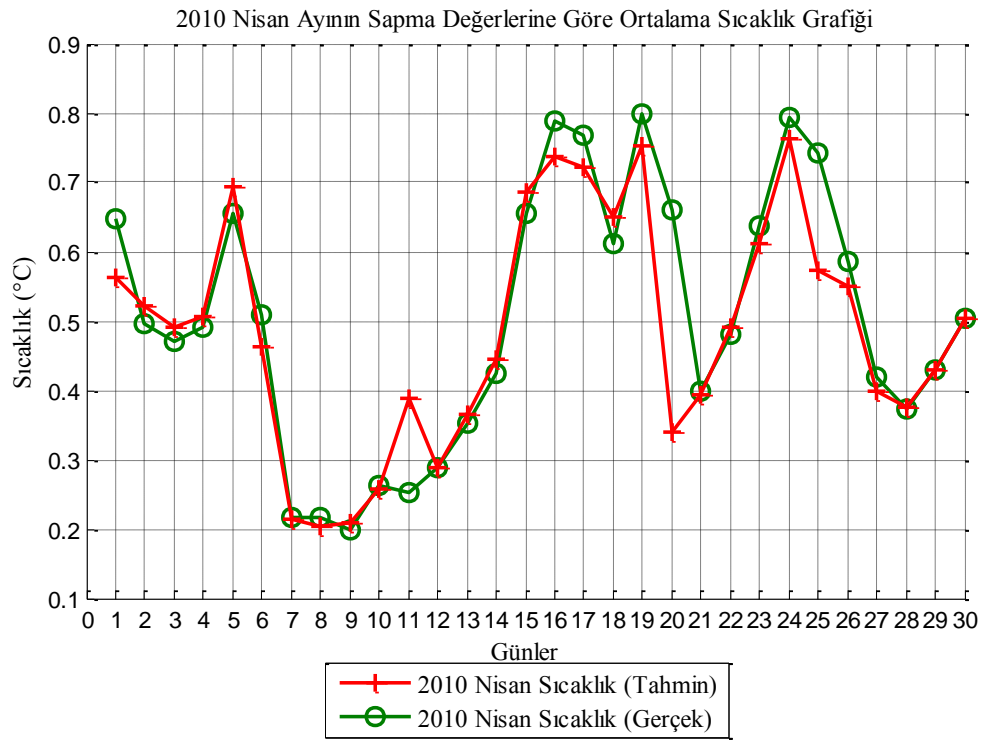
Şekil 4.89. 2010 Mart ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



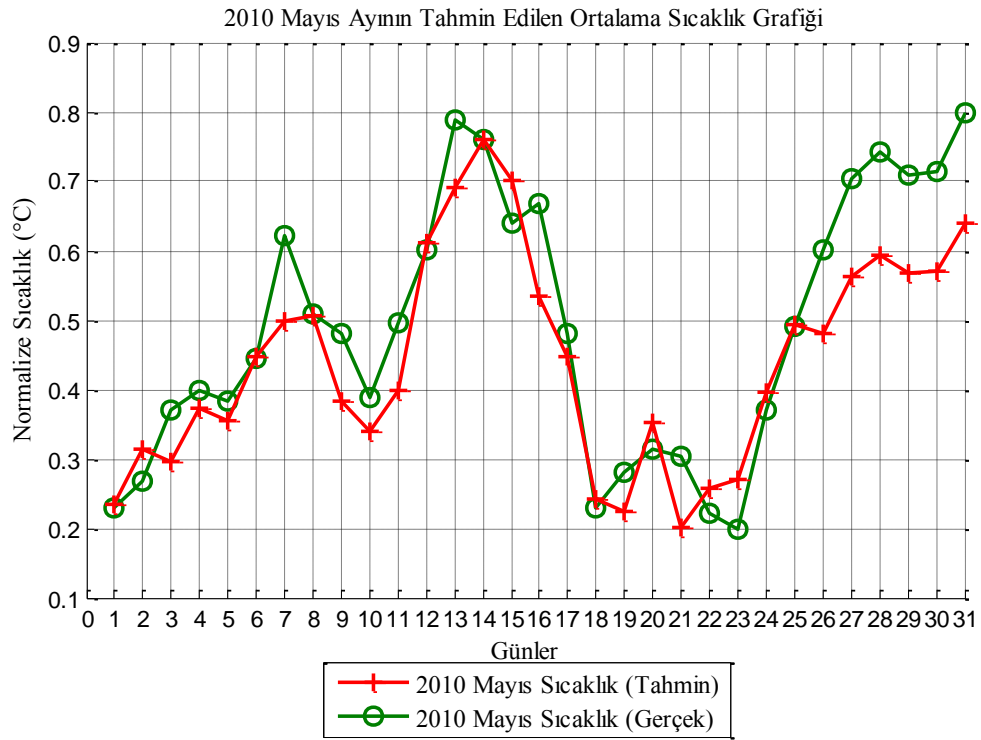
Şekil 4.90. 2010 Nisan ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



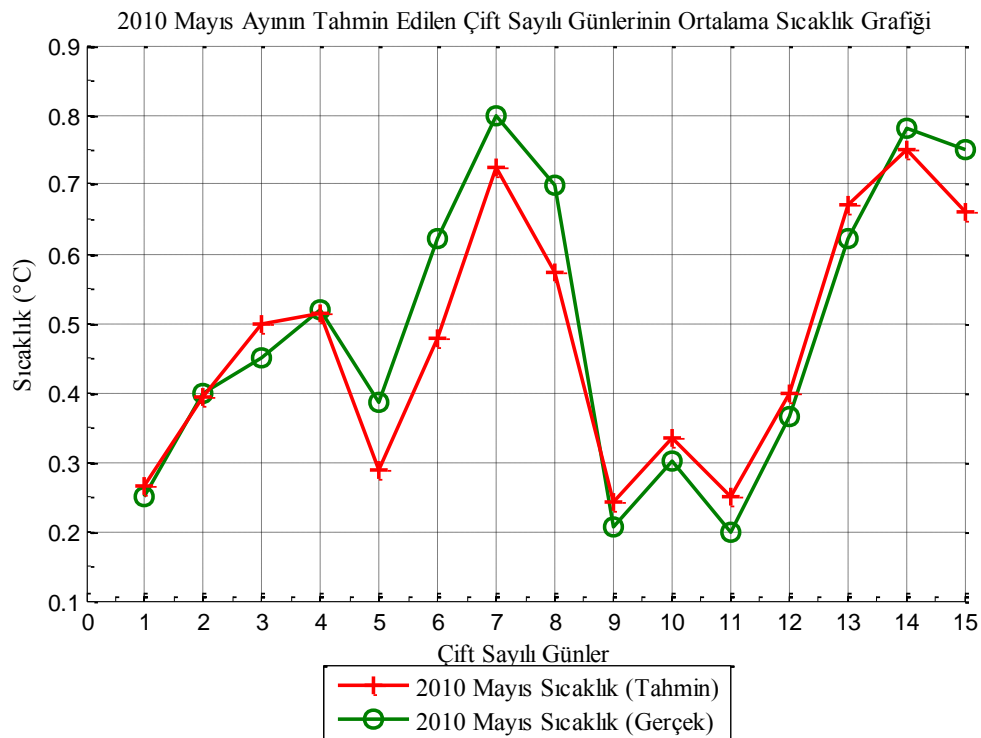
Şekil 4.91. 2010 Nisan ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama Sıcaklık (U2).



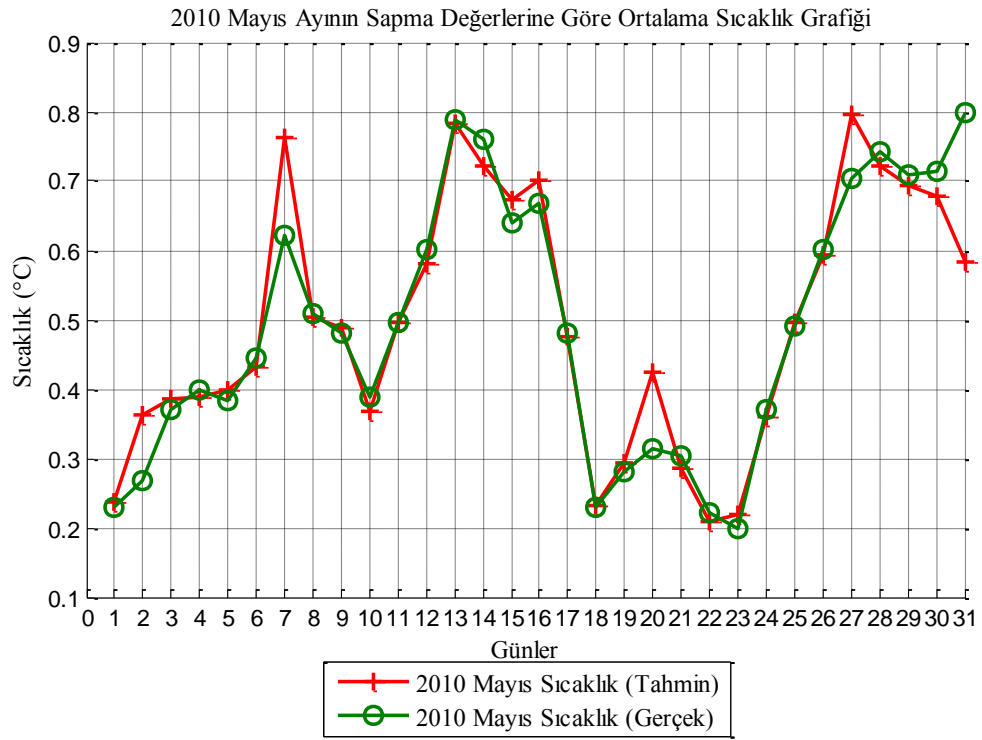
Şekil 4.92. 2010 Nisan ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



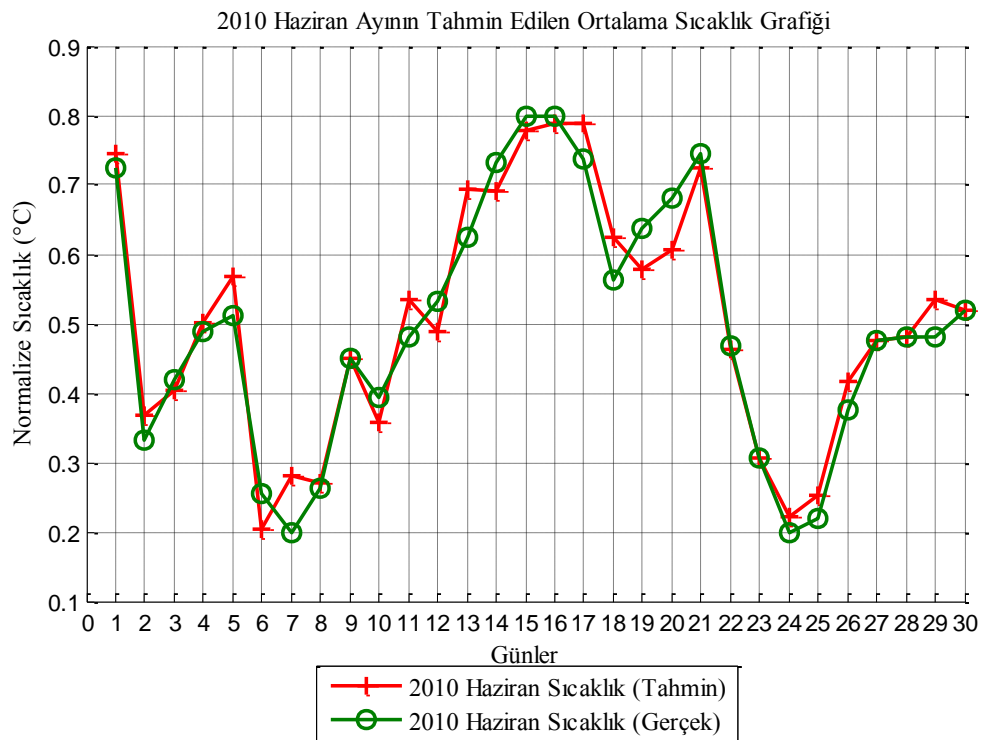
Şekil 4.93. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



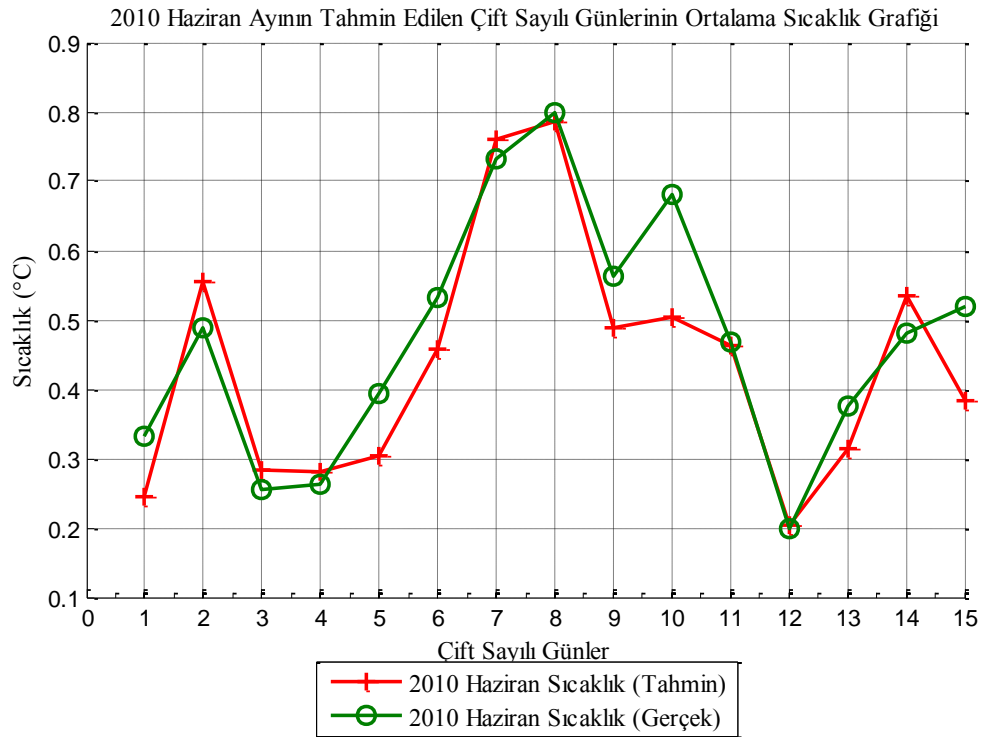
Şekil 4.94. 2010 Mayıs ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama Sıcaklık (U2).



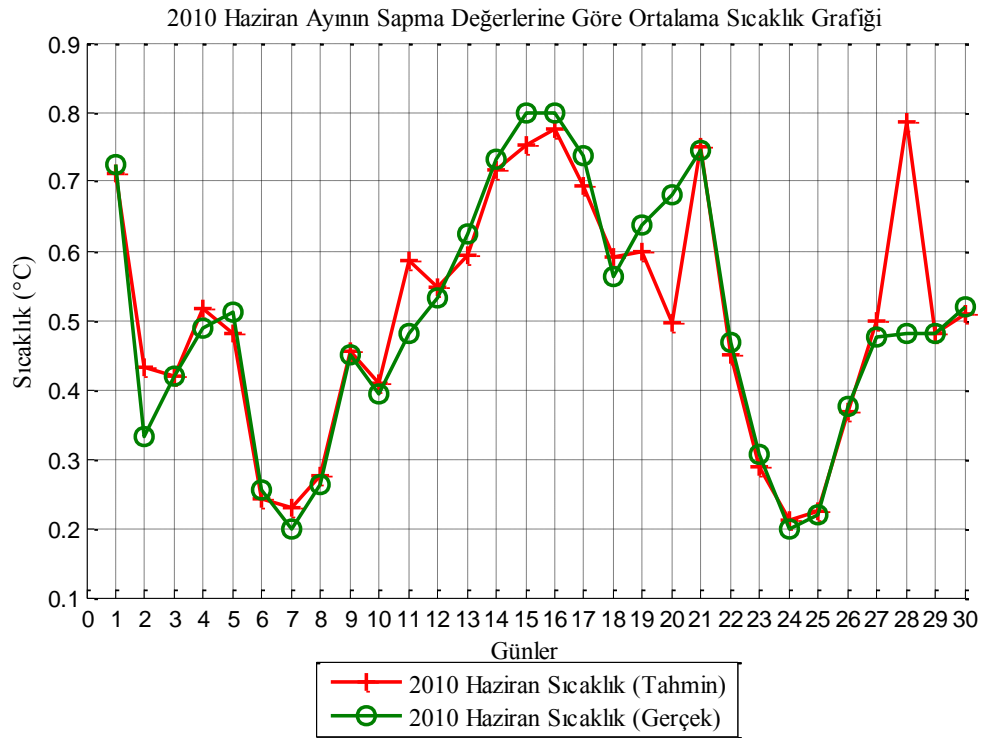
Şekil 4.95. 2010 Mayıs ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



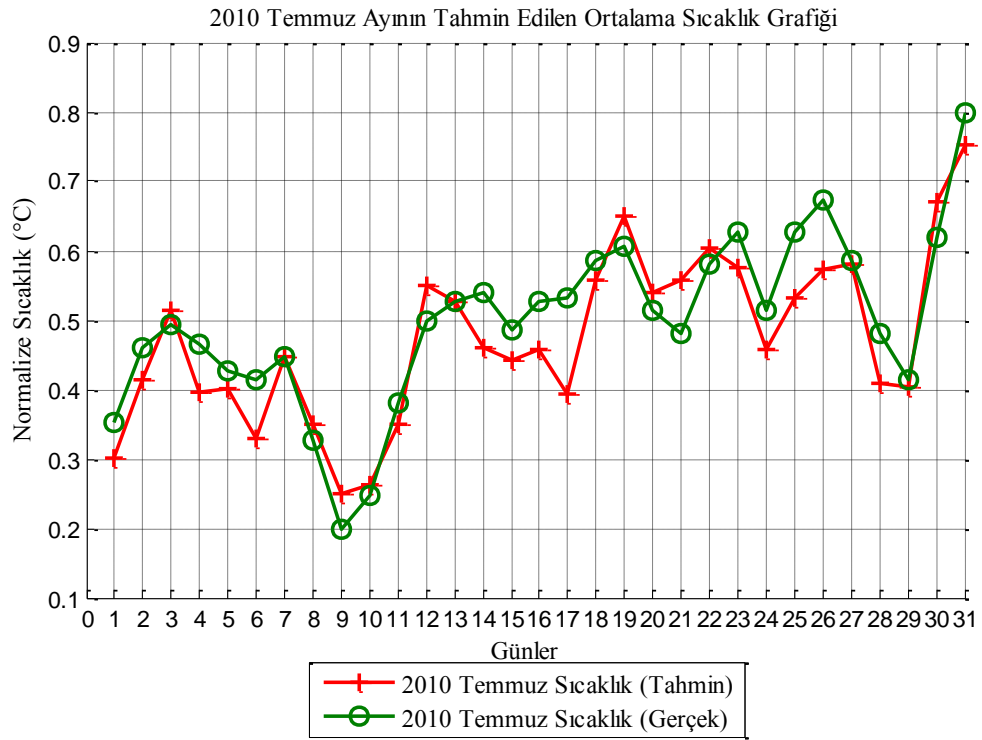
Şekil 4.96. 2010 Haziran ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



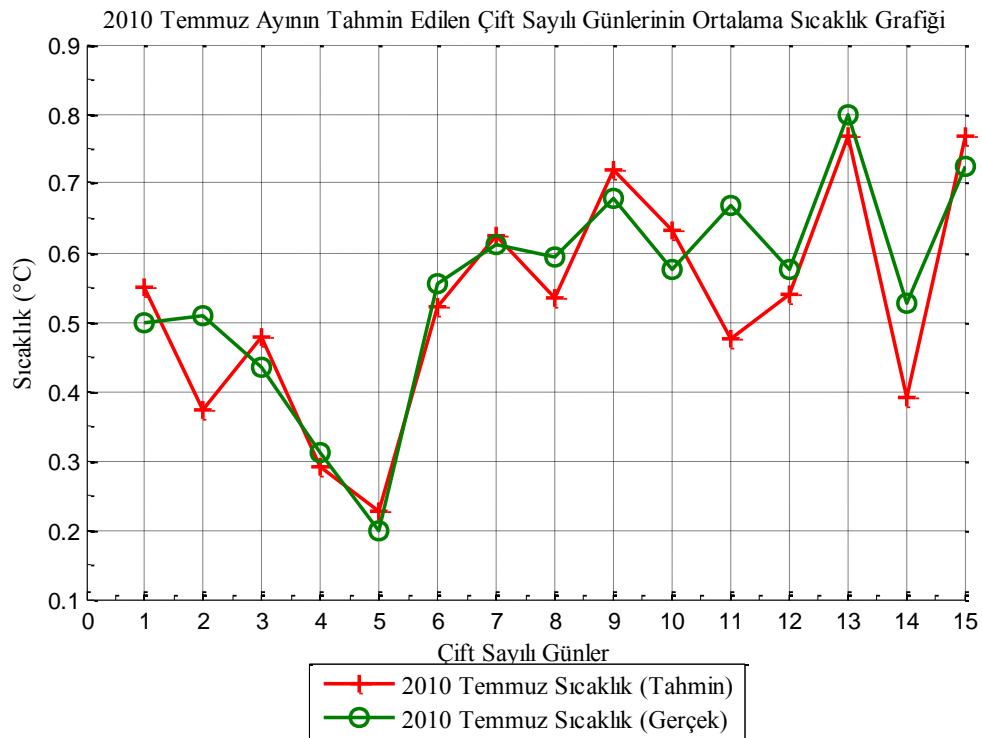
Şekil 4.97. 2010 Haziran ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



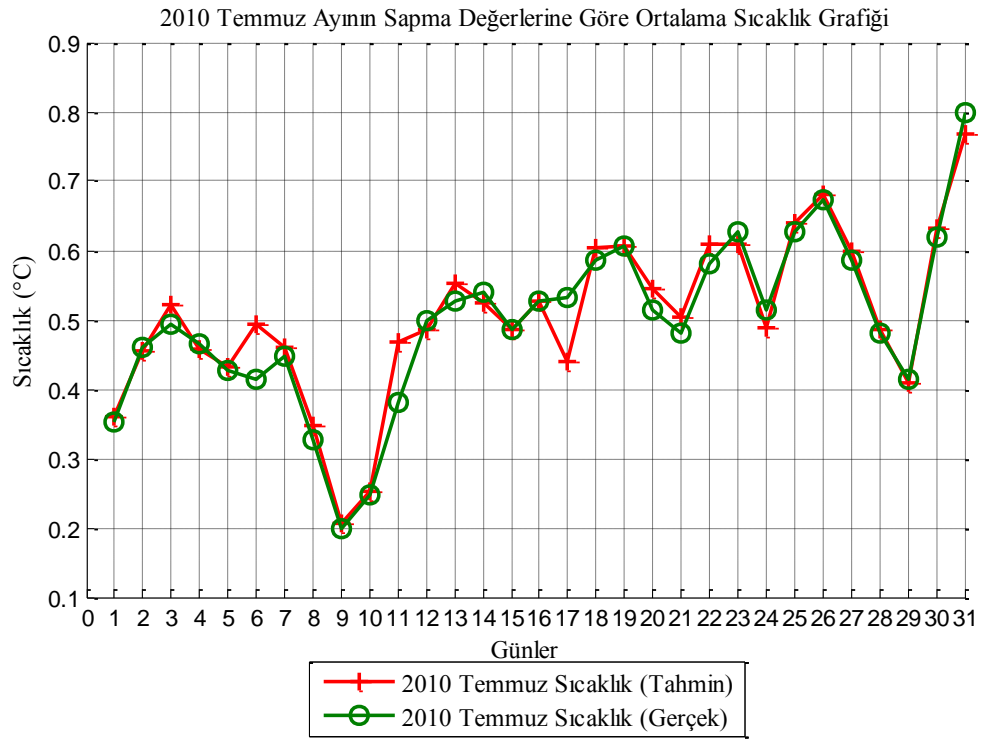
Şekil 4.98. 2010 Haziran ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık(U3).



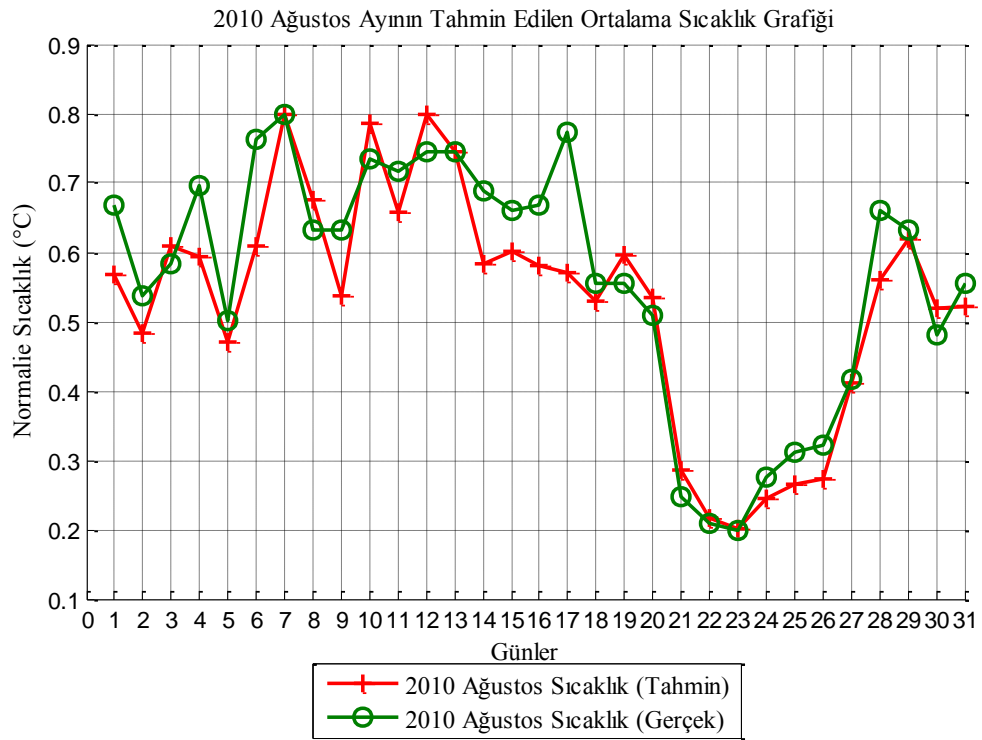
Şekil 4.99. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



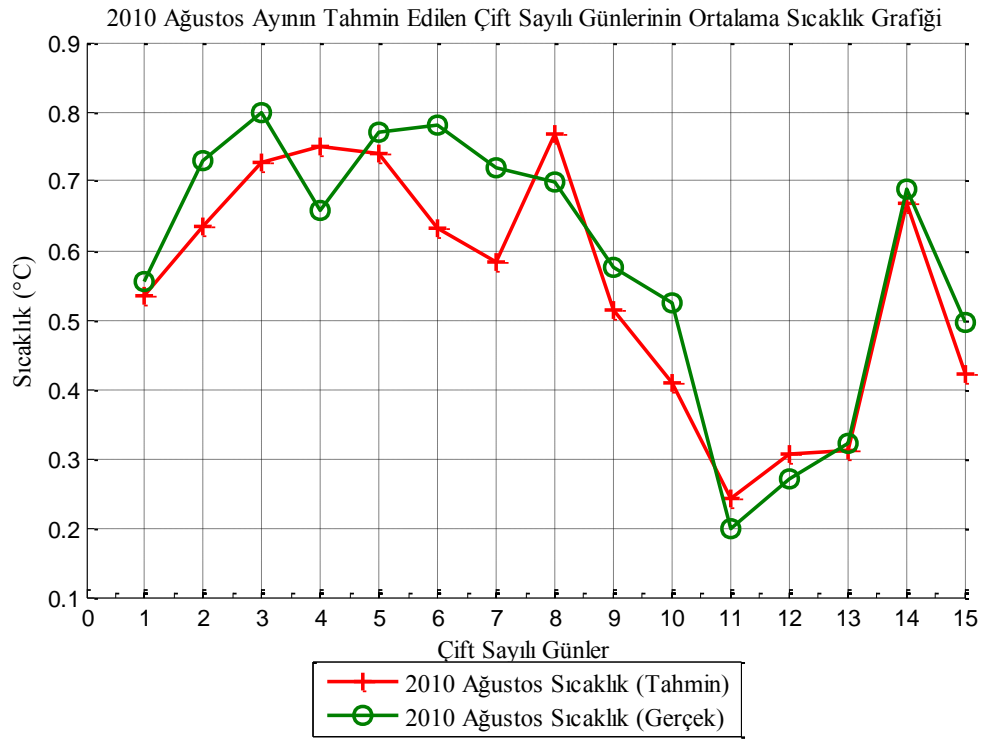
Şekil 4.100. 2010 Temmuz ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



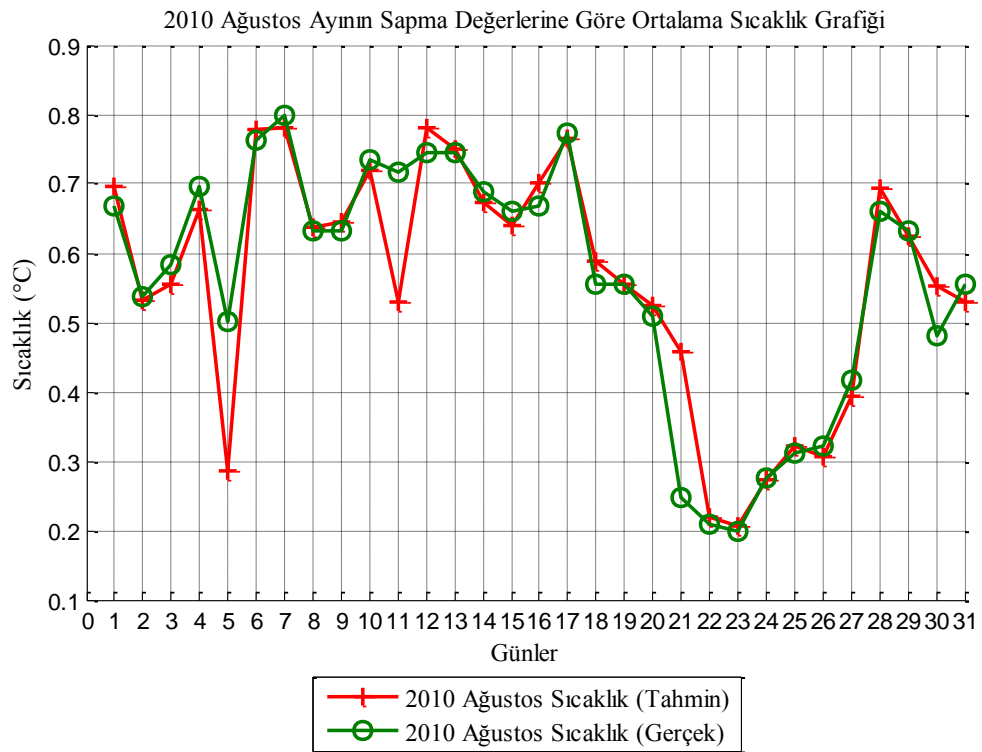
Şekil 4.101. 2010 Temmuz ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık(U3).



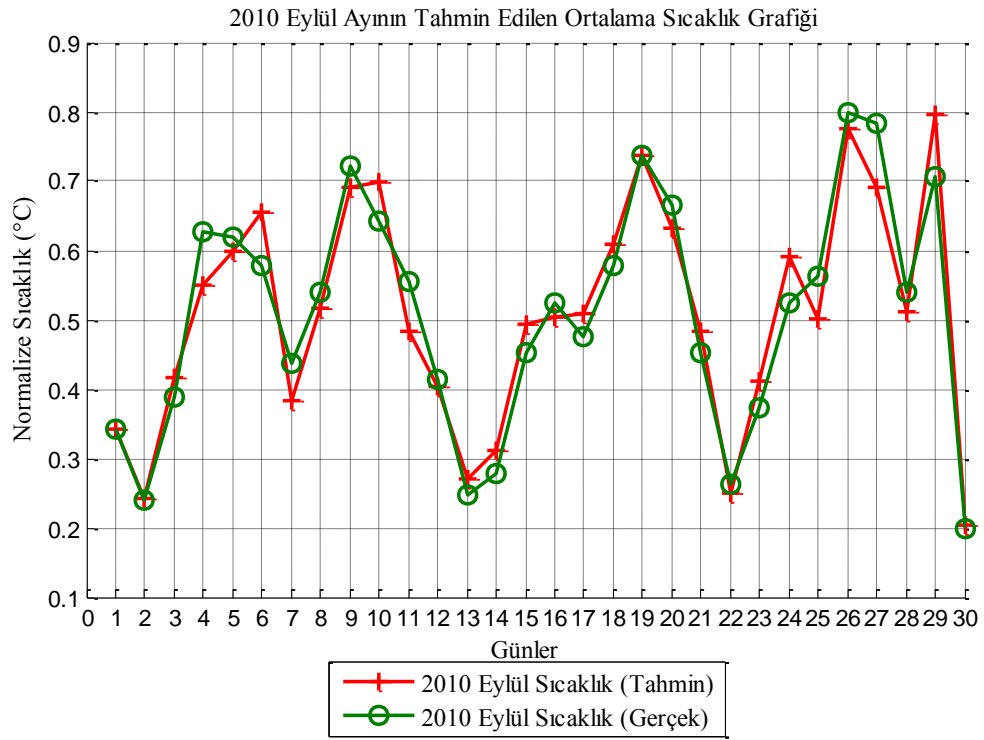
Şekil 4.102. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



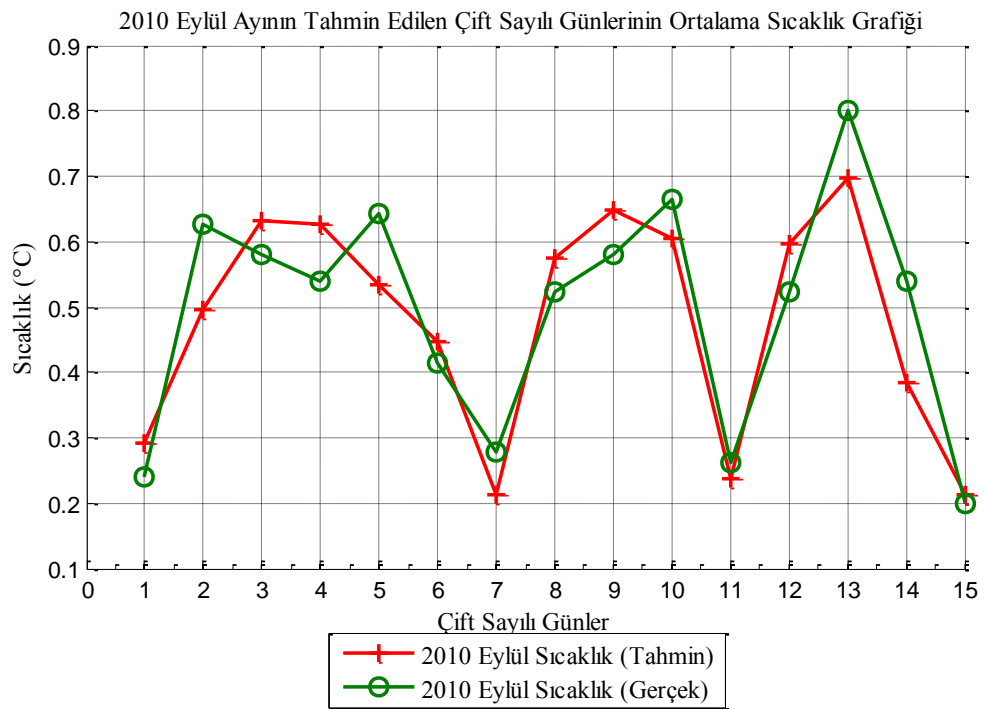
Şekil 4.103. 2010 Ağustos ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



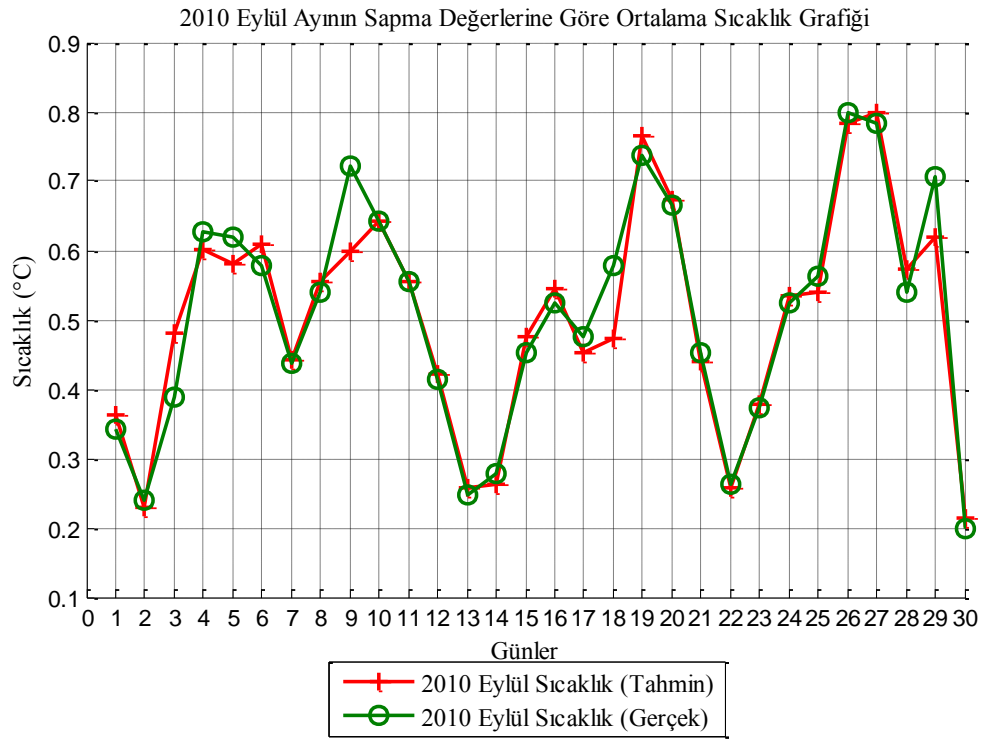
Şekil 4.104. 2010 Ağustos ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık(U3).



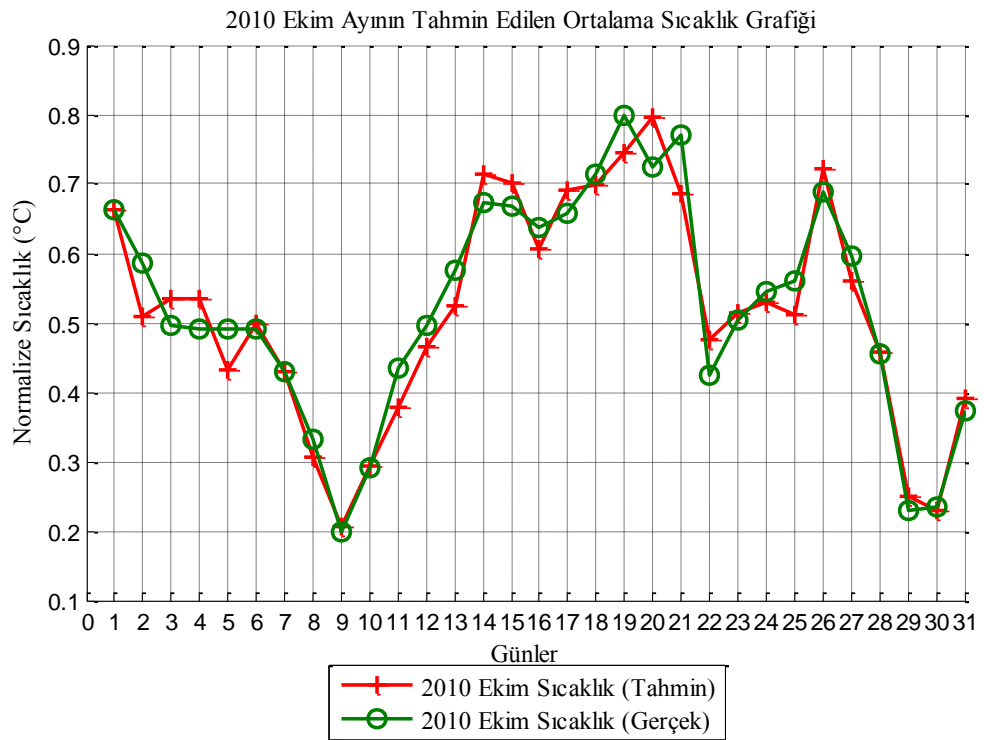
Şekil 4.105. 2010 Eylül ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



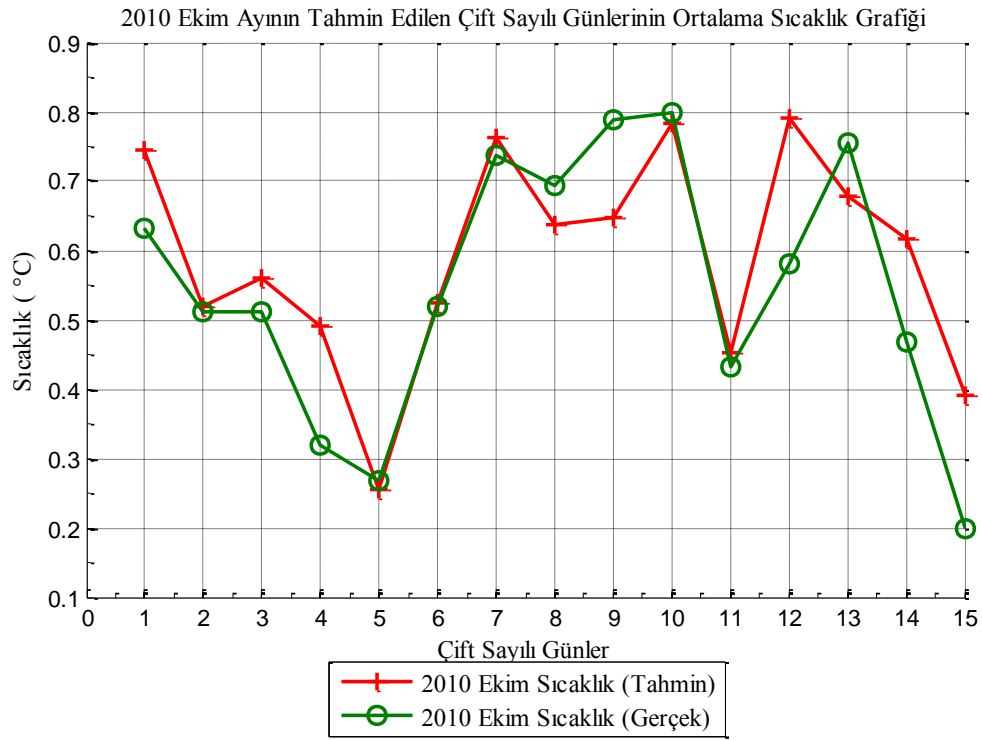
Şekil 4.106. 2010 Eylül ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



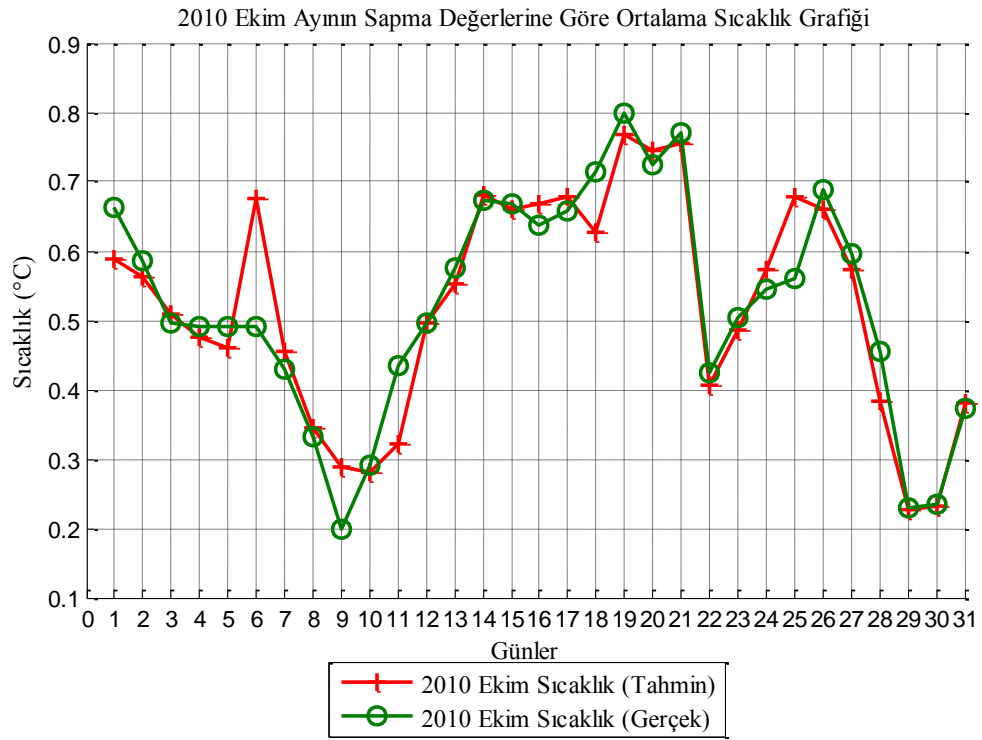
Şekil 4.107. 2010 Eylül ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



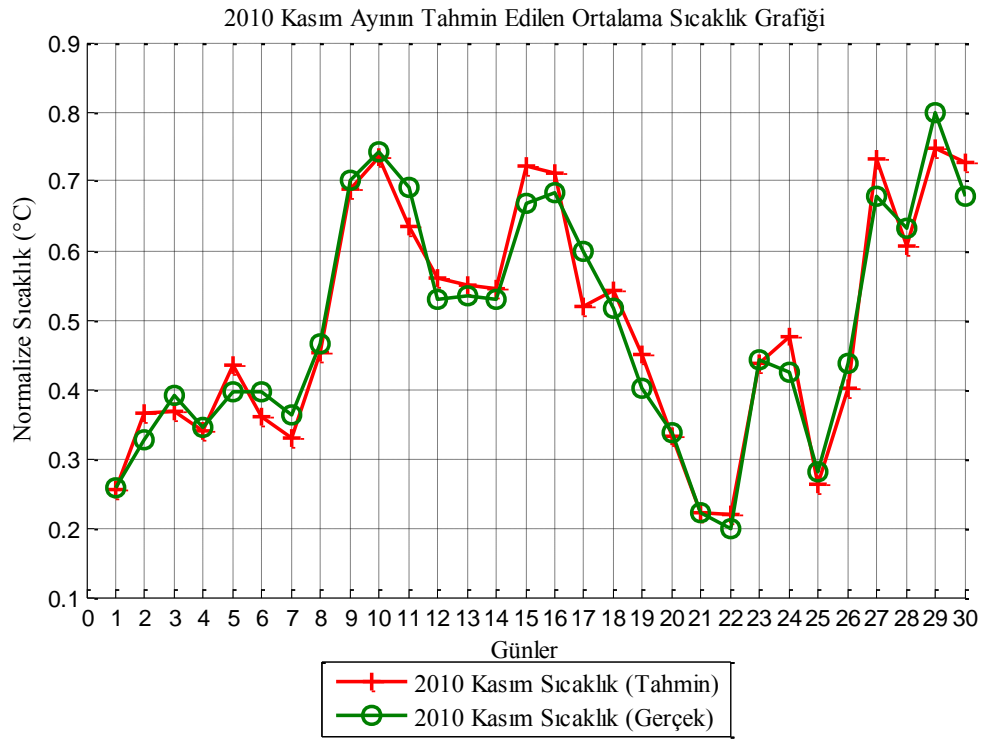
Şekil 4.108. 2010 Ekim ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



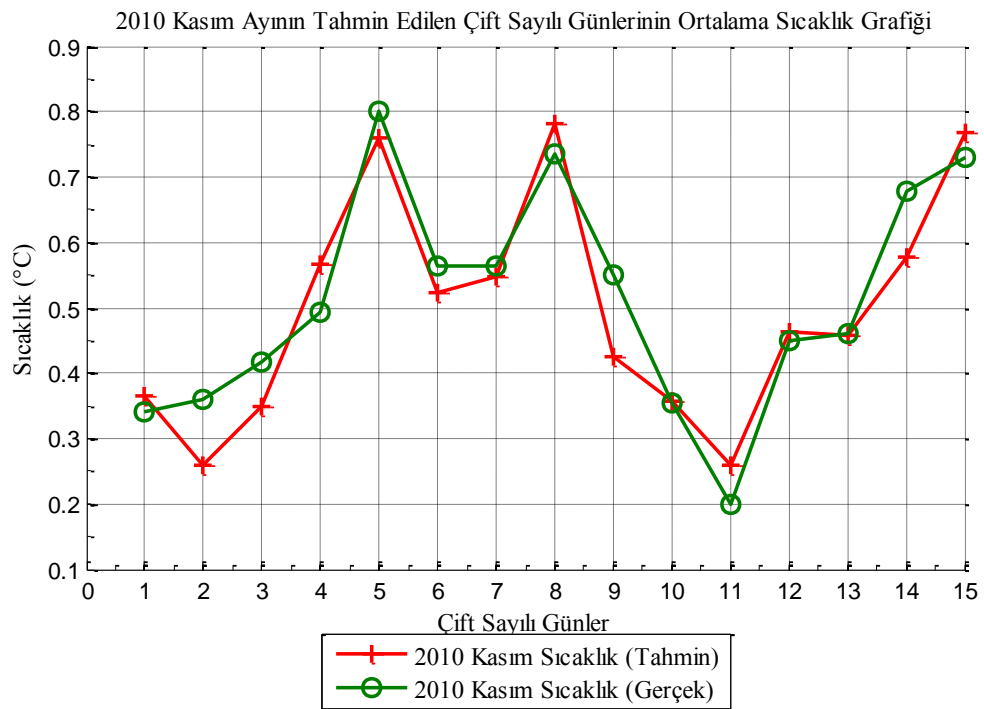
Şekil 4.109. 2010 Ekim ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



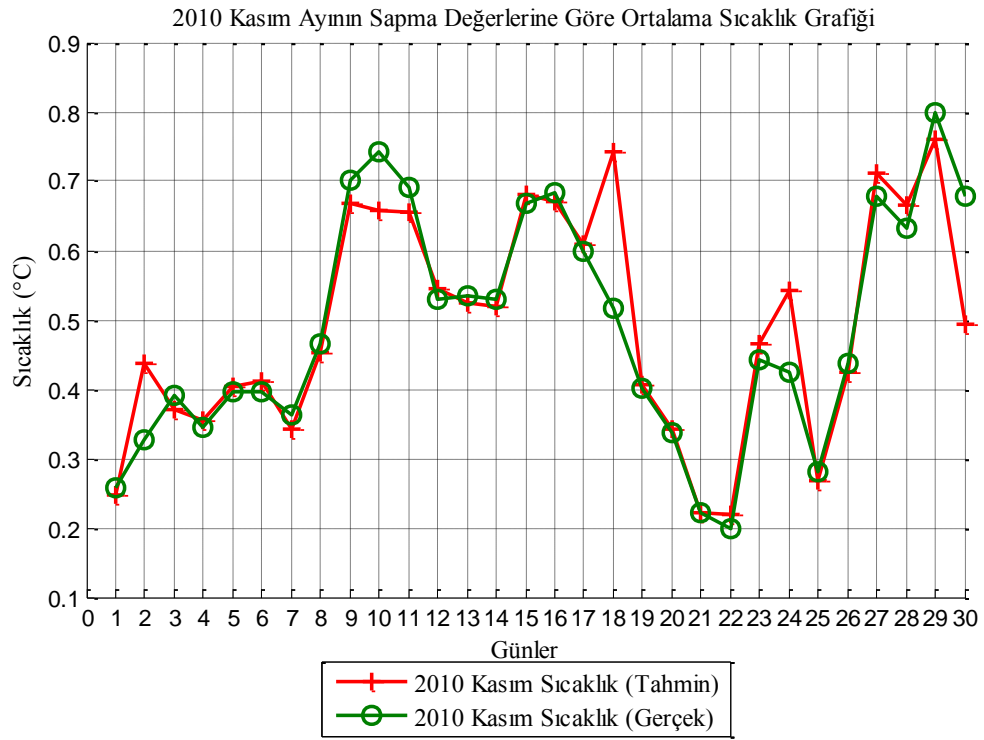
Şekil 4.110. 2010 Ekim ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).



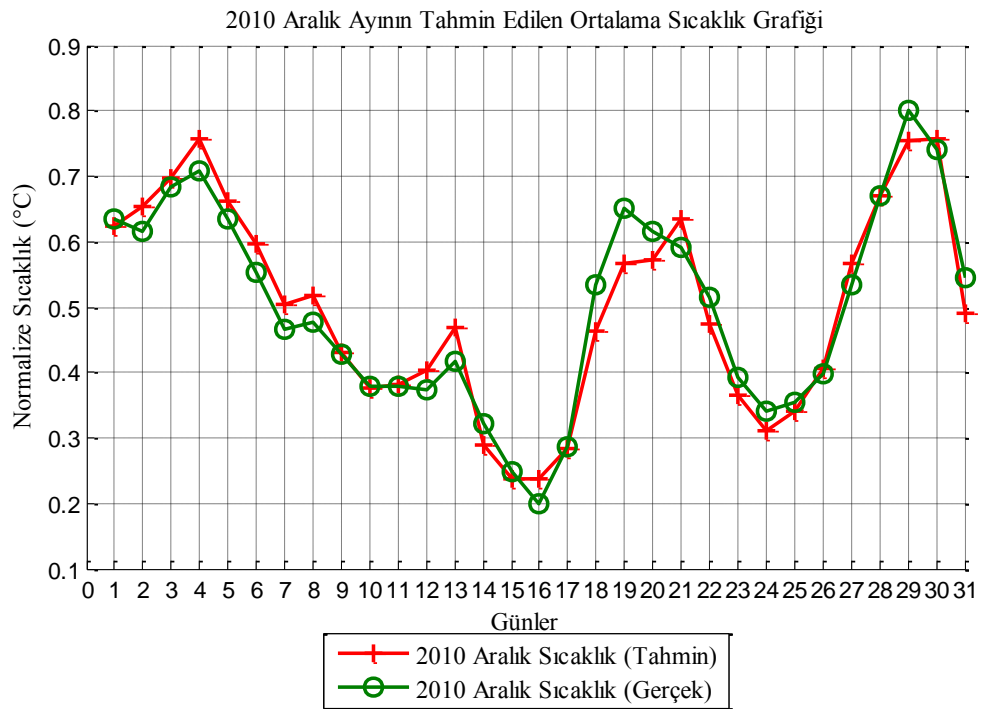
Şekil 4.111. 2010 Kasım ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



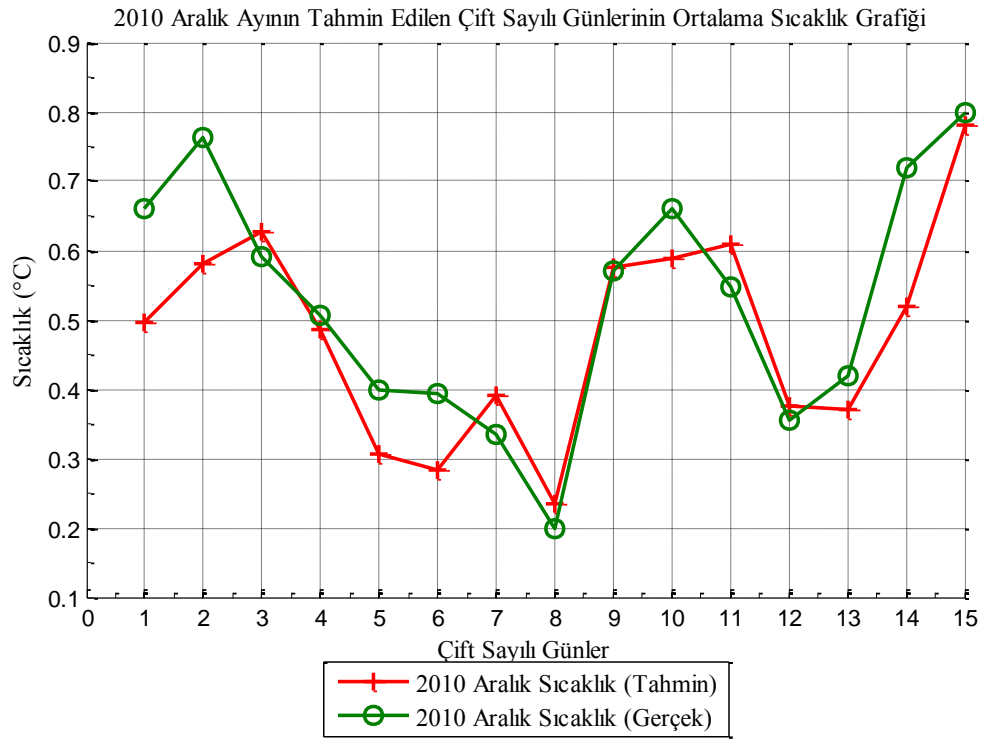
Şekil 4.112. 2010 Kasım ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



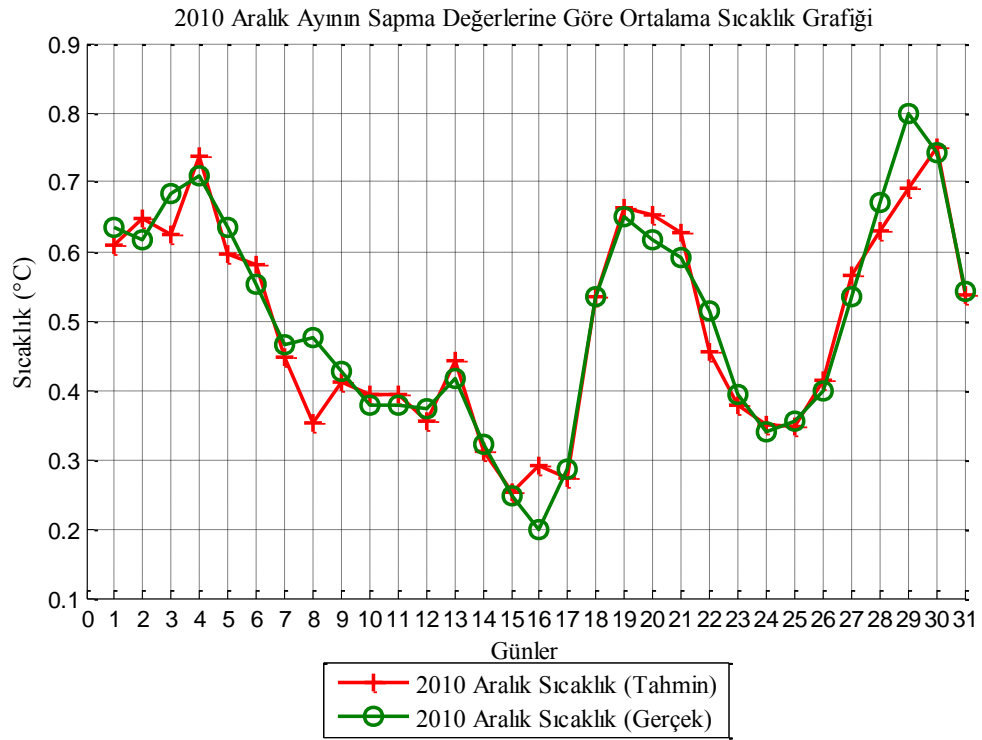
Şekil 4.113. 2010 Kasım ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık(U3).



Şekil 4.114. 2010 Aralık ayının tahmin edilen ortalama sıcaklık (U1).



Şekil 4.115. 2010 Aralık ayının tahmin edilen çift sayılı günlerinin ortalama sıcaklık (U2).



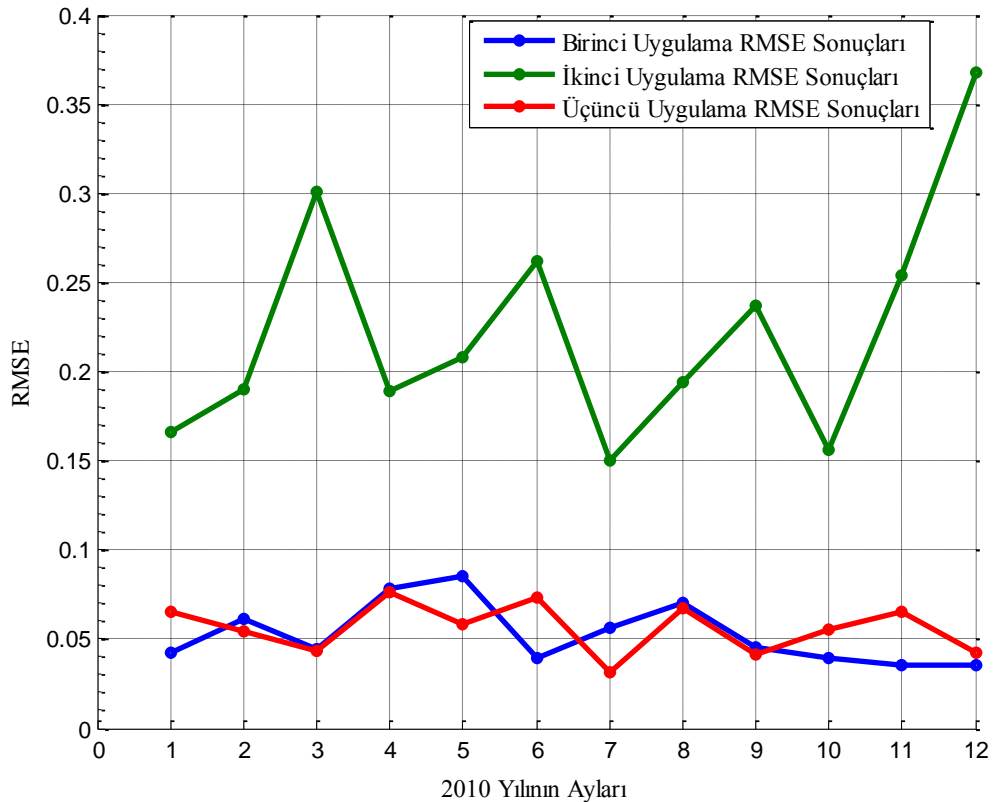
Şekil 4.116. 2010 Aralık ayının sapmalarına göre tahmin edilen ortalama sıcaklık (U3).

Sıcaklık için yapılan bu modellerde ocak, haziran, ekim, kasım ve aralık ayları için birinci uygulama (U1), şubat, mart, nisan, mayıs, temmuz, ağustos ve eylül ayları için üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar bulunmuştur. Tablo 4.3’de gösterildiği üzere daha düşük RMSE değerleri bulunarak, daha iyi tahmin yapılmıştır.

Tablo 4.3. 2010 yılının sıcaklık tahminlerinin MSE ve RMSE değerleri tablosu.

SICAKLIK						
AYLAR	U1		U2		U3	
	MSE	RMSE	MSE	RMSE	MSE	RMSE
OCAK	0,0018	0,0421	0,0276	0,1662	0,0042	0,0649
ŞUBAT	0,0038	0,0618	0,0362	0,1903	0,0029	0,0539
MART	0,0020	0,0447	0,0904	0,3007	0,0019	0,0437
NİSAN	0,0062	0,0787	0,0356	0,1886	0,0058	0,0765
MAYIS	0,0073	0,0852	0,0433	0,2082	0,0034	0,0580
HAZİRAN	0,0016	0,0394	0,0687	0,2622	0,0054	0,0735
TEMMUZ	0,0032	0,0567	0,0225	0,1499	0,0013	0,0317
AĞUSTOS	0,0049	0,0702	0,0375	0,1936	0,0045	0,0674
EYLÜL	0,0020	0,0453	0,0560	0,2366	0,0017	0,0412
EKİM	0,0015	0,0392	0,0243	0,1559	0,0031	0,0556
KASIM	0,0012	0,0350	0,0350	0,2541	0,0043	0,0655
ARALIK	0,0013	0,0357	0,1352	0,3678	0,0018	0,0423

Tahmin edilen ortalama sıcaklık RMSE değerlerinin grafiği Şekil 4.117’de karşılaştırılarak gösterilmiştir.



Şekil 4.117. Sıcaklık Tahmininde Elde Edilen RMSE Grafikleri

5. SONUÇLAR

Rüzgâr hızı değişken yapısı nedeni ile rüzgâr santrallerinin yerlerinin tespiti konusunda oldukça önemlidir. Uzun vadeli rüzgâr hızı tahmini, rüzgâr enerjisi santrallerinin enerji gücü hesaplamalarında ve kurulum yerlerin tespitinde kullanılmaktadır. Rüzgâr hızının elektrik enerjisine katkısı oldukça önemli olduğundan güç sistemleri için güç üretim tahmin yöntemleri üzerinde çalışmalara yol açmıştır. Rüzgâr enerjisinden elektrik üreten enerji santrallerinde planlama aşamasından üretime geçiş aşamasına kadar oluşan başlıca sorun, bölgedeki rüzgâr hızı verilerinin olması gereken değerleri, zamana bağlı varyasyonlar ve bu varyasyonların modellenmesinde yaşanan sıkıntılardır. Karmaşık meteorolojik modeller ve zaman serileri ile yapılan model çalışmalarında istenen doğruluk ve esneklik elde edilememiştir. Bu nedenle rüzgâr hızı tahmini için farklı araştırmalar yapılmıştır. YSA doğrusal olmayan denklemleri geçmişe dönük verilerle modelleyebilmekte ve uygulamada daha avantajlı olması nedeniyle bu çalışmada da uzun vadeli rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklık tahmini için YSA kullanılmıştır.

Tek değişkenli uzun vadeli rüzgâr hızı tahmininde iki katmanlı YSA ağ yapısı kurularak, her katman için tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Deneme yanılma ile tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonunun gerçek değerlere daha yakın tahminler çıkardığı görülmüştür. Oluşturulan bu YSA modelleri üç farklı uygulamayla test edilmiş ve en iyi modeller belirtilmiştir. Bu modellerde ocak, mart, nisan, mayıs, haziran, ağustos, eylül, ekim, kasım ve aralık ayları için birinci uygulama (U1), şubat ve temmuz ayları için ise üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar bulunmuştur.

YSA ile tek değişkenli tahmini ve oluşturduğumuz ağ yapılarının tahmin başarısını test etmek amacıyla son on yılın sıcaklık ve basınç verileri kullanılarak 2010 yılı aylarının ortalama basınçları ve sıcaklıkları tahmin edildi. Basınç tahmininde; ocak, mart, nisan, ağustos, eylül, ekim ve kasım ayları için birinci uygulama (U1), şubat, mayıs, haziran, temmuz ve aralık için üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Sıcaklık tahmininde ise ocak, haziran, ekim, kasım ve aralık ayları için birinci uygulama (U1), şubat, mart, nisan, mayıs, temmuz, ağustos ve eylül ayları için

üçüncü uygulamada (U3) daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Rüzgâr hızı, basınç ve sıcaklıkta elde edilen bu iyi sonuçlarda daha düşük RMSE değerleri bulunarak, daha iyi tahmin yapılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen verilerle rüzgâr türbinlerinde elde edilecek enerjinin önceden tespit edilerek enerji güvenilirliğinin artışı, sisteme girebilecek rüzgâr kaynaklı aşırı zorlamalar önceden öngörülerek sistem güvenliğini sağlayacaktır. Bilecik iline ait basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı verileri tahmini için oluşturulan Yapay Sinir Ağları farklı bir bölgenin herhangi bir gündeki basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızları tahmin edilebilir. Ayrıca rüzgâr enerjisi sağlayan sistemlerin, değişen atmosferik şartlara cevap vermesinin sağlanması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Akpınar, H., “Yapay Sinir Ağları Gelişimi ve Yapılarının İncelenmesi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 23(1): 41-78 (1994).
- Alawi, S.M. ve Hinai, H.A., “An ANN-Based Approach for Predicting Global Radiation in Locations with No Direct Measurement Instrumentation”, *Renewable Energy*, 14(1-4): 199-204 (1998).
- Anurag M. and Deo M.C, “Forecasting wind with neural networks”, *Marine Structures*, 16: 35-49 (2003).
- Avşar H., Çetinkaya K. ve Gökkaya H., “Afyon Yöresi Rüzgar Potansiyeli ve Elektrik Enerjisi Üretimi için Savonius Tasarımı”, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi kitabı*, Kayseri, 171-178 (2001).
- Barbounis, T.G. and Theocharis, J.B., “Locally recurrent neural networks for long-term wind speed and power prediction”, *Neurocomputing-IJON*, 69(4-6): 466-496 (2006).
- Chand, S. and Lan, M., "Neural Network Augmented Control for Nonlinear Systems", *Proc. of the 29th Conf. CDC*, Honolulu, HI, 1732-1734 (1990).
- Çolak, İ., Bayındır, R., Sefa, İ., Demirbaş, Ş. ve Ergen, H., “Alternatif Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, *III.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin, 19-25 (2005).
- Durak M., “Rüzgâr Ölçümlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar”, 2000.
- Durak, M. ve Özer, S., “Rüzgâr Enerjisi: Teori ve Uygulamaları”, Ankara, 16-540 (2007).
- Efe M. Ö. ve Kaynak O., “Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları”, *Boğaziçi Üniversitesi*, İstanbul, 1 (2004).
- Elmas, Ç., “Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 2003.
- Hanselman, D. and Littlefield, B., “Mastering Matlab 6. Prentice Hall”, New Jersey, 2001.
- Hau, E., “Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economisc, 2nd ed”, *Springer*, Berlin, Germany, 2006.

KAYNAKLAR(Devam ediyor)

- Hayashi, M. and Kermanshahi, B., “Application of Artificial Neural Network for Wind Speed Prediction and Determination of Wind Power Generation Output”, *Proceedings of ICEE 2001*, Xian, 34-43, 2001.
- Haykin S., “Neural Networks”, *Macmillan Collage Printing Company*, New Jersey, 41 (1994).
- IEA, The International Energy Agency, “Global Rnewable Energy Policies and Measures2009”, <http://www.iae.org/textbase/pm/grindex.aspx>, 2010.
- Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. and Schizas, C.N., “Artificial Neural Networks for the Estimation of the Performance of a Parabolic Trough Collector Steam Generation System”, *Proceedings of International Conference on Engineering Application of Neural 166 Networks - EANN’96*, Stockholm, 227-232 (1997).
- Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. and Schizas, C.N., “Artificial Neural Networks in Modeling the Heat-up Response of a Solar Steam Generating Plant”, *Proceedings of International Conference on Engineering Application of Neural Networks - EANN’96*, London, 20-26 (1996).
- Kandil, N., Wamkeue, R. and Saad, M., “An efficient approach for short term load forecasting using artificial neural networks”, *Electrical Power and Energy Systems*, 28: 525–530 (2006).
- Li, S., Wunsch, D.C. and Edgar, A.O., “Using Neural Networks to Estimate Wind turbine power generation”, *Energy Conversion IEEE Transaction on*, 16(3): 276-282 (2001).
- Liera, C. P., Baizan, M.C. F. ve Feito, J.L., “Local Short Term Prediction of Wind Speed: A Neural Network Analysis”, *Proceedings of the the International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)*, Lugano, Switzerland, 2002.
- Malkoç, Y., “Türkiye Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgâr Enerjisinin Yeri”, *EİE İdaresi Genel Müdürlüğü*, 3: 45–50 (2007).
- Manwell, J. F., McGowan, J. G. And Rogers A.L., “Wind Energy Explained, Theory, Desing and Application”, *John Wiley & Sons, Ltd*, Universty of Massachusetts, Amherst, USA, 2002.
- Martin T. H. and Mohammad B. M., “ Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm ”, *Ieee Transactions on neural networks*, 1994

KAYNAKLAR(Devam ediyor)

- Onduk, A., “Güç Jeneratörlerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Denetimi”, Doktora Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, 2002.
- Özdamar A., “Dünya ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 6 (2-3): 133.145 (2000).
- Özgener Ö., “Wind Energy Utilization In Turkey And The World”, **DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi**, 4(3): 159-173 (2002).
- Öztemel E., “Yapay Sinir Ağları”, **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 2003.
- Öztopal, A., “Artificial neural network approach to spatial estimation of wind velocity data”, **Energy Conversion and Management**, 47: 395–406 (2006).
- Pankaj, M., Benjamin, W.W., “Artificial Neural Networks Concepts and Theory”, **IEEE Computer Society Press**, Washington, 1992.
- Rebecca, M., “Wind Power”, **San Jose State University**, France, 2011.
- REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables Global Status Report: 2009 Update, REN21 Secretariat, Paris, France, 2009.
- Sadhy, D., “The Application of wind power to irrigation in Brazil”, **Wind Engineering**, 9(3), Brazil, 1995.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları”, **Ufuk Kitap Kirtasiye-Yayıncılık Tic. Ltd. Şti.**, Kayseri, 2003.
- Saraç, T., “Yapay Sinir Ağları”, **Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Seminer Projesi**, Ankara, 2004.
- Sen, Z., “Yapay Sinir Ağları İlkeleri”, **İstanbul: Su Vakfı Yayınları**, İstanbul, 2004.
- Sfetsos, A., “A Comparison of Various Forecasting Techniques Applied to Mean Hourly Wind Speed Time Series”, **Renewable Energy**, 21(1): 23-35 (2000).
- Subramanian, C., Manry, M.T., and Naccarino, J., “Reservoir Inflow Forecasting Using Neural Networks”, **Proceedings of the American Power Conference**, 226 (1999).
- Şaylan L., “Meteorolojik Aletler ve Gözlem Usulleri Dersi Notları”, 2009.

KAYNAKLAR(Devam ediyor)

Şen, Z. “İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ” *Su Vakfı Yayınları*, 272 (2009).

Türksoy, F.,“Rüzgâr Verisi Ölçümü Ve Analizi”, *Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 87-103 (2001).

U.S. Energy Information Administration, “Monthly Energy Review”, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/environment/emissions/carbon/>, 2010.

Valenca, M., and Ludermir, T., “Monthly Stream Flow Forecasting Using a Neural Fuzzy Network Model”, *Neural Networks, Proceedings of Sixth Brazilian Symposium on Neural Networks*, Rio de Janeiro, 117 -119 (2000).

Yılmaz, B., “İstatistik”, *Nobel Yayın*, İstanbul, 2006.

Yurtoğlu, H.,”Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, *DPT Uzmanlık Tezleri*, *DPT 2683*, 2005.

WMO, “Instruments and observing methods”, *Report No:87*, WMO, 2006.

Url-1 < <http://www.eia.doe.gov/co2>, 2010/>, 2010

Url- 2 < <http://www.iaa.org/textbase/pm/grindex.aspx>, 2010.>, .2010

Url-3 < <http://www.windpower.org/>>, 2011

Url-4 < http://tr.wikipedia.org/wiki/Coriolis_kuvveti/>, 2011

Url-5 < <http://tr.wikipedia.org/wiki/Basinç>>, 2011

Url-6 < <http://tr.wikipedia.org/wiki/Barometre>>, 2011

Url-7 < http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aneroid_Barometer>, 2011

Url-8 < <http://tr.wikipedia.org/wiki/Sıcaklık>>, 2011

Url-9 < <http://tr.wikipedia.org/wiki/Termometre>>, 2011

Url-10 < <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermometer#Temperature> >, 2011

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Yakup Osman YEŞİLNACAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa 21.11.1980



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri : -

İş Deneyimi

Stajlar : -
Projeleri : 2009 / 2010 Tübitak Formula G Yarışı Güneş Enerjili Araba Projesi (GOPSUN)(TOGATA)
Çalıştığı Kurumlar : Gaziosmanpaşa Üniversitesi Turhal MYO Öğretim Görevlisi

İletişim

Adres : Gaziosmanpaşa Üniv. Turhal Meslek Yüksekokulu
Turhal/TOKAT
Tel : 0531 797 55 69
E-Posta Adresi : yakupyesilnacar@yahoo.com

Diğer: -

Tarih: 03.06.2011

İmza: